

ISSN:2992-8222

AgrobioTecNM

"Los recursos genéticos de México, una prioridad su conservación"



Revista: Año 2, Volumen 1.

AgrobioTecNM es una Revista de publicación anual, se autoriza su reproducción total o parcial. Año de inicio de publicación: Noviembre 2024.

CONSEJO EDITORIAL

Presidente: Lizeth Rodríguez Gómez

Secretaria Técnico: Lourdes Deyanira Romero Amador

Comunicación y Difusión: Ana Sofía Ocampo Olivares y Erika Silva Campos (División de Estudios de Posgrado e Investigación)

MIEMBROS DEL COMITE EDITORIAL

Área I: Ciencias Pecuarias

Dra. Leticia E. Medina Esparza (ITEL), Dra. Mónica González Reyes (ITEL), Dr. Carlos R. Cruz Vázquez (ITEL), Dra. Irene V. Vitela (ITEL), Dr. Ignacio Mejía Haro (ITEL)

Área II: Biotecnología de plantas y alimentos

Dr. Catarino Perales Segovia (ITEL), Dra Silvia Flores Benítez (ITEL
Dr. Héctor Silos Espino (ITEL), Dr. Luis L. Valera Montero (ITEL)
Dr. Juan Florencio Gómez Leyva (ITTJ), Dr. Arturo Moises Chávez Rodríguez (ITTJ).
Irma G. López Muraira (ITTJ), Vania Sbeyde Farías Cervantes (ITTJ)

Área III: Recursos naturales

Dr. Héctor Flores Martínez (ITTJ), Mayra I. Montero (ITTJ)
Dr. Miguel Angel Segura Castruita (ITTJ), Dr. Adrián Gómez González (C. P., S.L.P.)

Área IV: Agronegocios

Dr. Ramón Fabio Ramirez Báez (ITEL)

Responsable de la edición: Dr. Héctor Silos Espino.

LISTA DE REVISORES AGROBIOTECNM 2(1)

NOMBRE	INSTITUCION
Luis Alberto Lara Pérez	IT Zona Maya, Yucatán
Pedro Salvador Morales	IT China, Campeche
Jesús Alberto Garza Ortega	IT de Matehuala, San Luis Potosí.
Ignacio Garay Peralta	IT de Úrsulo Galván, Veracruz.
Karla Yuritzi Amador Rodríguez	Universidad Autónoma de Aguascalientes
Adrián Gómez González	Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí
Víctor Arturo Maldonado Ruelas	Universidad Politécnica de Aguascalientes
Miroslava Cano Lara	IT Superior de Irapuato, Guanajuato
Juan Alejandro Montañez de la Torre	IT El Llano Aguascalientes
Francisco Chablé Moreno	IT de Roque Guanajuato
María del Carmen Ojeda Zacarías	Universidad Autónoma de Nuevo León
María Martínez del Alba	IT El Llano Aguascalientes
Silvia Flores Benítez	IT El Llano Aguascalientes
Mayra I. Montero Cortés	IT de Tlajomulco, Jalisco
Nibia Escalante García	IT de Pabellón de Hidalgo, Aguascalientes
Mónica González Reyes	IT El Llano Aguascalientes

CONTENIDO

Página

SECCIÓN: BIOTECNOLOGÍA DE PLANTAS

Evaluación de cuatro métodos de aislamiento de DNA a partir de tejido foliar en frijol común (*Phaseolus vulgaris* l.). 8

Caracterización bioquímica e identificación de compuestos nutraceúticos en accesiones de *Phaseolus vulgaris* l. 15

Análisis multi-residual de plaguicidas en una parcela de caña de azúcar, en Úrsulo Galván, Veracruz, México. 20

El CNRG como estrategia de conservación de los recursos genéticos mexicanos. 27

SECCIÓN: BIOTECNOLOGÍA ANIMAL

Valor nutritivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) a diferentes estados de floración en dietas para ovinos de engorda. 33

Bagazo de maguey en la alimentación animal como alternativas sostenibles en la zona norte de Aguascalientes. 39

Desarrollo de un tipo chorizo de carne de conejo con inflorescencias de chapay (*Astrocaryum mexicanum* liebm). 45

SECCIÓN: INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Comparación de sensores programados mediante arduino para el monitoreo en tiempo real del cultivo de *Bacillus subtilis* en biorreactor. 52

Comparación del uso de acolchados plástico y vegetal en la producción del cultivo lechuga (*lactuca sativa* l.) en invernadero monitoreado con sensores. 59

Prototipo para el monitoreo y registro de parámetros de calidad de suelo con soporte de internet de las cosas. 68

SECCIÓN: GESTIÓN ADMINISTRATIVA

Diseño de un programa de Ingeniería en Agronomía por medio de inteligencia artificial. 76

El rol de la tutoría en el bienestar emocional de los estudiantes del TecNM-Matehuala 86

ISSN: 2992-8222

SECCION: BIOTECNOLOGIA DE PLANTAS



EVALUACIÓN DE CUATRO MÉTODOS DE AISLAMIENTO DE DNA A PARTIR DE TEJIDO FOLIAR EN FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.)

L. F. Guzmán[1], C. I. Cruz Cárdenas[1*], M. A. Aragón Magadán[1] y F. F. Calvillo Aguilar[1]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP. Boulevard de la diversidad 400, Colonia Rancho de Las Cruces. Km 8 carretera Tepatitlán-Lagos de Moreno, C. P. 47600, Tepatitlán de Morelos, Jal., México.

*Autor de correspondencia: cruz.ivan@inifap.gob.mx ORCID: 0000-0002-1952-0191

Resumen

La obtención de ácidos nucleicos con concentración y calidad adecuadas está determinada por varios factores, entre los cuales está el protocolo aplicado. Actualmente existe gran cantidad de métodos de aislamiento de DNA vegetal reportado en la literatura, no obstante, se requiere estandarizar el mejor método de acuerdo con las condiciones propias del material, equipo y reactivos disponibles. El objetivo del presente trabajo fue evaluar cuatro métodos de aislamiento de DNA a partir de tejido foliar en frijol común con fines de secuenciación de DNA y para conservación. Cuatro métodos de aislamiento de DNA fueron evaluados en hoja de 50 accesiones de frijol, identificados como: a) método convencional con CTAB, b) método con CTAB, c) método con sarcosina y d) método comercial. La concentración y pureza del DNA fueron determinadas por espectrofotometría, mientras que, la integridad fue verificada por electroforesis. Un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey se realizó en las variables concentración, relación $A_{260/280}$ y relación $A_{260/230}$. Con el método con CTAB (Dellaporta y col., 1983) se obtuvieron en promedio la concentración [1,285 ±325 ng/μL] y la pureza (Relación $A_{260/280}$= 2.01 ±0.02 y relación $A_{260/230}$=2.00 ±0.07) más altas y presentó significancia en la comparación de medias con el resto de los métodos estudiados, mientras que la mayor integridad del DNA observada en el gel de agarosa se obtuvo con el método comercial. El DNA de frijol obtenido con el método con CTAB fue adecuado para secuenciación y conservación derivado de la concentración, pureza e integridad medidos.

Palabras clave: Frijol, extracción de DNA.

Abstract

Obtaining nucleic acids of adequate concentration and quality are determined by several factors, including the applied protocol. Currently, there are a large number of plant DNA isolation methods reported in the literature; however, it is necessary to standardize the best method according to the conditions of the material, equipment, and reagents available. The objective of this work was to evaluate four DNA isolation methods for common bean leaf tissue using DNA sequencing fines and for conservation. Four DNA isolation methods were evaluated in the leaves of 50 bean accessions: a) conventional method with CTAB, b) method with CTAB, c) method with sarcosine and d) commercial method. DNA concentration and purity were determined by spectrophotometry, and integrity was verified by electrophoresis. Tukey's analysis of variance and comparison of means were performed for the concentration, $A_{260/280}$ ratio, and $A_{260/230}$ ratio. With the CTAB method (Dellaporta y col., 1983), the highest average concentration [1,285 ±325 ng/μL] and purity ($A_{260/280}$ ratio= 2.01 ±0.02 and $A_{260/230}$ ratio=2.00 ±0.07) were obtained, and it was significant in the comparison of media with the rest of the methods studied, while the highest DNA integrity observed in the agarose gel was obtained with the commercial method. Bean DNA obtained using the CTAB method was suitable for sequencing and conservation based on its measured concentration, purity, and integrity.

Keywords: Beans, DNA extraction.

Introducción

El uso de DNA con calidad y concentración adecuadas es fundamental en estudios moleculares genómicos, fitomejoramiento, biotecnología y análisis filogenéticos, entre otros. No obstante, la eficiencia de las metodologías

utilizadas para su aislamiento varia significativamente dependiendo de varios factores, tales como el tipo de tejido vegetal, los reactivos químicos, la etapa de crecimiento de las plantas y la presencia de enfermedades o daños (Pokharel y col., 2023). En el caso del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), una especie de gran relevancia para la seguridad alimentaria mundial, la obtención de DNA de alta calidad y concentración son factores determinantes en la reproducibilidad y el éxito de experimentos moleculares como PCR, secuenciación de DNA y análisis de marcadores moleculares (Kim y col., 2016).

Varios métodos de aislamiento de DNA han sido adaptados para plantas a partir del protocolo convencional que utiliza una solución buffer con CTAB (bromuro de cetiltrimetilamonio) (Saghai-Maroof y col., 1984) y utilizados en plantas con alto contenido de polisacáridos y fenoles (Doyle y Doyle, 1987), hasta la generación y uso de métodos comerciales estandarizados, pero las características particulares de las hojas de frijol, las cuales, contienen altos niveles de metabolitos secundarios, compuestos fenólicos y polisacáridos, pueden interferir con la pureza y concentración del DNA aislado (Abdel-Latif y Osman, 2017; Aboul-Maaty y Oraby, 2019). Estos metabolitos secundarios tienden a extraerse junto con los ácidos nucleicos, lo que reduce la efectividad de las técnicas de extracción convencionales y, en algunos casos, dificulta su uso en análisis posteriores como la PCR y secuenciación, entre otras (Kiruthika y Padmanabha, 2018; Vilanova y col., 2020). Comprender los factores que afectan la calidad del DNA es fundamental para optimizar los protocolos de extracción.

Algunas modificaciones en los protocolos son la implementaron un paso adicional de precipitación con isopropanol, logrando reducir significativamente la cantidad de contaminantes fenólicos (Aboul-Maaty y Oraby, 2019) y el uso de antioxidantes como el ácido ascórbico o polivinilpirrolidona durante el proceso de maceración de las hojas mejoró la pureza del DNA, permitiendo su uso en análisis moleculares sin inhibición de la amplificación (Johnson, 2019; Pokharel y col., 2023). También se ha realizado modificación en la concentración de CTAB y en la temperatura de incubación lo cual, permitió obtener DNA de alta calidad en muestras foliares (Dellaporta y col., 1983).

No obstante, no existe un consenso sobre un único protocolo que garantice un DNA de alta calidad y concentración en todos los materiales de frijol y bajo todas las condiciones experimentales. La variación en la concentración y calidad DNA aislado a partir de la hoja de la planta subraya la necesidad de adaptar los métodos de aislamiento a las características particulares de los tejidos vegetales. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar cuatro métodos de aislamiento de DNA a partir de tejido foliar en frijol común con el fin de aplicarse en secuenciación de DNA y para conservación.

Materiales y métodos

Fuente vegetal

Las semillas de 50 accesiones de frijol, de la colección de semillas ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos, se sembraron en cajas de germinación con *peat moss* y se germinaron a 26 °C ±1.0°C de temperatura y 70 % ± 10 % de humedad relativa en un cuarto de germinación con 16 y 8 h de luz y oscuridad, respectivamente durante 15 días. El tejido foliar se colectó de hojas verdaderas, sanas, limpias y libres de plagas, verificado visualmente y se colocaron en tubos de microcentrífuga de 2 mL.

Conservación de muestras vegetales

Las muestras se congelaron a -80 °C durante dos días en un equipo ultracongelador (Thermo Scientific Forma serie 88000). Después, el tejido se liofilizó a temperatura de -84 °C y una presión mínima de 0.120 mBar por cinco días en un equipo de liofilización (Labconco Freezone 12 plus). La pulverización del tejido liofilizado se realizó mecánicamente a 350 Hz durante 60 s en un equipo Tissue Lyser II (Qiagen). Los tubos se mantuvieron cerrados a temperatura ambiente y protegidos de la luz solar directa y humedad hasta el aislamiento del DNA.

Extracción de DNA

El DNA se obtuvo de 100 mg de tejido liofilizado y pulverizado a través de cuatro métodos de aislamiento previamente reportados, con modificaciones: a) método convencional con CTAB (Saghai-Maroof y col., 1984), b) método con CTAB (Dellaporta y col., 1983), c) método con sarcosina (Lopes y col., 1995) y d) método comercial MagMAX™ (ThermoFisher

Scientific). Las diferencias entre los métodos que utilizan solución buffer con CTAB son la concentración de CTAB al 3 % y 1.5 % y la concentración de PVP al 3 % y 1.0 en a) método convencional con CTAB (Saghai-Maroof y col., 1984), b) método con CTAB (Dellaporta y col., 1983), respectivamente. Además, del uso de una solución de fenol:cloroformo:octanol (25:24:1) y acetato de sodio 3M pH=5.2 en las fases de separación y precipitación, respectivamente en el método b) método con CTAB (Dellaporta y col., 1983).

En el DNA aislado con los cuatro métodos se evaluaron concentración, pureza e integridad. La concentración y pureza del DNA se evaluaron por espectrofotometría en un equipo Nanodrop 2000 (Thermo Scientific). La concentración se determinó con la densidad óptica a 260 nm de longitud de onda, mientras que la pureza con las relaciones de absorbancia $A_{260/280}$ y $A_{260/230}$. La integridad se comprobó por electroforesis de ácidos nucleicos a 80 V por 30 min en gel de agarosa al 1 % teñido con GelRed (Biotium Inc., Haward, CA, USA); se aplicaron 100 ng de DNA de cada muestra más 3 µL de solución buffer de carga SGB. El marcador de peso molecular utilizado como referencia fue de **λ** DNA [100 ng]. Las bandas se visualizaron con luz UV en un equipo transiluminador (Carestream).

Análisis experimental

El diseño experimental utilizado fue el diseño simple completamente al azar. El análisis estadístico fue ANOVA simple con α=0.05 y la comparación de medias se realizó con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$). Los tratamientos evaluados fueron los métodos de aislamiento de DNA y las variables de respuesta fueron la concentración de DNA, relación $A_{260/280}$ y relación $A_{260/230}$. El análisis se realizó en Rstudio versión 4.3.0 y la librería agricolae (RStudio Team, 2024).

Resultados y discusión

Concentración y pureza del DNA

En el cuadro 1 se observan la concentración [ng/µL] y pureza con las relaciones A260/280 y A260/230 de los ácidos nucleicos obtenidos con cuatro métodos de extracción de DNA. El valor de la concentración media más alto se obtuvo con el método b) CTAB [1,285 ±325.0 ng/µL], seguido de c) Sarcosina [343.6 ±177.0 ng/µL], d) comercial [229.4 ±91.2 ng/µL] y a) convencional con CTAB [176.9 ±97.4 ng/µL] (Cuadro 1).

En cuanto a la pureza, los valores medios en la relación A260/280 fueron b) CTAB [2.01 ±0.02], c) sarcosina [1.94 ±0.13], a) convencional con CTAB [1.91 ±0.14] y d) comercial [1.86 ±0.03], mientras que, los valores medios de la relación A260/230 fueron b) CTAB [2.00 ±0.07], c) sarcosina [1.82 ±0.40], d) comercial [1.63 ±0.16] y a) convencional con CTAB [0.57 ±0.27].

La concentración mínima requerida para realizar secuenciación de DNA y para conservación es de 100 ng/µL (Guzmán y col., 2018) por lo que en promedio con los cuatro métodos se cumple este criterio, no obstante, únicamente con b) CTAB se obtuvo en el 100 % de las muestras, mientras que no se alcanzó esta concentración en 10 (20.0 %) del método a) convencional con CTAB, 1 (2.0 %) con c) sarcosina y 1 (2.0 %) con d) comercial.

Los valores de excelente pureza en la relación $A_{260/280}$ son de 1.80 a 2.00 y de la relación $A_{260/230}$ son de 2.00 a 2.20 (Guzmán y col., 2018; Pokharel y col., 2023), por lo que en promedio los cuatro métodos cumplen con la relación $A_{260/280}$ pero, en la relación $A_{260/230}$ se cumplió únicamente con el método b) CTAB. En la relación $A_{260/280}$ todos los valores fueron superiores a 1.8 en b) CTAB mientras que, se presentaron valores inferiores a 1.8 en 7 (14.0 %) del método a) convencional con CTAB, 5 (10.0 %) con c) sarcosina y 1 (2.0 %) con d) comercial. Los valores inferiores a los valores de referencia no indican que son de mala pureza y que la muestras deben descartarse, al contrario, pueden utilizarse siempre que no sean valores menores a 1.6 (Guzmán y col., 2018).

En la relación $A_{260/230}$ se observaron valores superiores a 2.0 en 26 (52 %) b) CTAB, 20 (40.0 %) con c) sarcosina, mientras que con el método a) convencional con CTAB y d) comercial todos fueron inferiores a 2.0. Las muestras con valores menores a 2.0 contenían la presencia de residuos de polifenoles y carbohidratos contaminantes (Guzmán, y col., 2018; Pokharel y col., 2023). Las lecturas de la concentración de DNA pueden ser influenciado por la presencia de sustancias como ADN de cadena simple, fenoles, sales, hidratos de carbono, ARN y nucleótidos, las cuales no son distinguibles del ADN de cadena doble. Esto coincide con los valores de la relación $A_{260/230}$ inferiores observados en algunas muestras,

principalmente con el método a) convencional con CTAB y d) comercial lo cual dificulta la determinación precisa de la cantidad de ácidos nucleicos (Guzmán y col., 2018).

Cuadro 1. Concentración y pureza de DNA de frijol aislado con cuatro métodos.

Método	a) Convencional con CTAB			b) CTAB			c) Sarcosina			d) Comercial		
Muestra	Conc.	$A_{260/280}$	$A_{260/230}$	Conc.	$A_{260/280}$	$A_{260/230}$	Conc.	$A_{260/280}$	$A_{260/230}$	Conc.	$A_{260/280}$	$A_{260/230}$
1	337	1.84	0.72	1,522	1.99	1.94	504	1.97	2.27	319	1.88	1.68
2	249	1.82	0.56	1,331	2.01	1.92	421	2.53	1.34	354	1.87	1.60
3	229	1.85	0.58	1,145	2.02	2.05	340	1.91	1.81	267	1.90	1.68
4	238	1.84	0.58	1,205	2.04	2.09	425	1.92	1.89	236	1.88	1.65
5	385	1.87	0.62	1,302	2.02	1.93	586	1.92	2.28	334	1.90	1.80
6	223	1.89	0.71	1,170	2.01	2.06	529	1.95	2.30	92	1.90	1.44
7	146	1.77	0.76	1,501	2.03	1.94	364	2.00	1.58	268	1.88	1.66
8	144	1.79	0.78	903	1.98	1.93	385	1.99	1.51	229	1.87	1.63
9	209	1.82	0.57	1,276	2.02	1.90	245	1.90	1.50	203	1.88	1.66
10	298	1.88	0.67	879	1.99	2.09	284	2.32	1.56	122	1.87	1.52
11	281	1.84	0.69	971	2.03	2.04	137	1.88	1.67	190	1.87	1.58
12	330	1.92	0.76	943	1.99	1.93	112	1.74	1.23	227	1.84	1.40
13	290	1.83	0.77	1,298	2.07	2.17	260	1.77	1.29	157	1.91	1.63
14	230	1.88	0.71	955	1.97	1.88	472	1.85	1.49	115	1.92	1.66
15	98	1.79	0.76	1,811	1.98	1.86	371	1.80	1.24	185	1.90	1.73
16	128	1.83	0.62	722	2.00	1.99	175	1.99	1.94	195	1.89	1.69
17	292	1.85	0.79	1,493	2.01	2.03	275	1.72	1.24	220	1.84	1.70
18	166	1.84	0.69	892	2.01	1.92	117	1.95	1.91	240	1.86	1.76
19	396	1.83	0.68	1,157	2.00	1.91	122	1.70	1.19	243	1.88	1.81
20	243	1.78	0.76	1,535	2.01	2.03	364	1.97	2.16	178	1.87	1.75
21	136	1.77	0.65	1,320	1.98	1.96	264	1.94	1.66	314	1.87	1.49
22	137	1.80	0.77	944	2.03	2.03	118	1.94	1.74	153	1.82	1.44
23	370	1.67	0.58	1,351	2.00	1.97	187	1.95	1.70	289	1.83	1.73
24	306	1.86	0.62	1,174	2.03	2.02	154	1.96	1.58	604	1.82	1.16
25	132	1.88	0.65	1,003	2.03	2.09	184	1.95	1.66	229	1.85	1.68
26	118	1.86	0.83	1,378	2.01	2.05	263	1.91	1.54	321	1.86	1.65
27	276	1.83	0.77	1,097	2.00	1.89	205	1.77	0.74	184	1.84	1.80
28	171	1.82	0.79	1,827	2.03	2.09	144	1.81	1.05	215	1.80	1.38
29	148	1.86	1.07	1,663	2.02	2.01	598	2.10	2.22	463	1.87	1.85
30	164	1.81	0.61	879	2.00	1.88	787	1.96	2.08	128	1.82	1.59
31	115	1.83	0.88	1,800	2.00	2.04	362	1.96	1.64	240	1.83	1.65
32	61	1.74	0.07	1,411	2.00	2.01	651	1.93	2.36	118	1.81	1.63
33	90	2.28	0.12	1,511	2.03	2.06	308	1.97	1.92	212	1.85	1.77
34	55	2.02	0.06	1,647	2.04	2.08	356	1.89	1.52	193	1.85	1.80
35	66	2.05	0.08	2,654	2.01	2.15	640	1.94	2.02	232	1.88	1.90

36	193	1.98	0.56	1,595	2.02	2.02	584	1.88	1.76	202	1.86	1.80
37	145	1.83	0.53	1,319	2.00	1.99	403	1.96	2.10	233	1.86	1.68
38	132	1.85	0.62	1,338	2.02	2.04	273	1.97	1.98	194	1.86	1.85
39	138	2.24	0.32	1,268	2.01	2.01	497	1.98	2.01	207	1.86	1.84
40	57	2.24	0.07	1,245	2.02	1.99	366	1.99	2.45	223	1.85	1.70
41	69	2.13	0.09	1,060	1.99	1.94	420	1.94	2.30	237	1.86	1.59
42	71	1.99	0.09	1,240	2.02	2.03	260	1.93	2.28	155	1.80	1.45
43	5	2.16	0.03	1,137	1.99	1.99	201	1.94	2.31	219	1.87	1.67
44	10	2.13	0.03	1,198	1.98	1.96	179	1.93	2.19	423	1.82	1.64
45	110	2.10	0.15	1,102	1.96	2.01	127	1.92	2.29	252	1.79	1.52
46	132	1.98	0.52	1,228	2.01	1.93	375	1.95	2.17	145	1.83	1.19
47	125	1.82	0.88	958	1.99	1.93	479	1.95	2.22	163	1.83	1.45
48	142	2.13	0.92	1,320	2.00	2.03	718	1.89	2.07	202	1.81	1.48
49	115	2.10	0.62	1,298	2.01	2.02	536	1.94	2.27	148	1.83	1.54
50	143	1.86	0.50	1,276	1.98	1.96	51	1.88	1.95	200	1.84	1.42
$\bar{x}$	176.9	1.91	0.57	1,285.0	2.01	2.00	343.6	1.94	1.82	229.4	1.86	1.63
s	97.4	0.14	0.27	325.0	0.02	0.07	177.0	0.13	0.40	91.2	0.03	0.16

*Conc: Concentración [ng/μL]. $A_{260/280}$: Relación $A_{260/280}$. $A_{260/230}$: Relación $A_{260/230}$. $\bar{x}$: Media. s: Desviación estándar.

Integridad del DNA

La integridad del DNA evaluada por corrimiento electroforético sobre gel de agarosa al 1 % se presenta en la Figura no. 1. En dicha figura se observa la electroforesis de 10 muestras de ácidos nucleicos de frijol obtenidos con: a) método convencional con CTAB, b) método con CTAB, c) método con sarcosina y d) método comercial MagMAX™ (ThermoFisher Scientific. En los cuatro métodos utilizados, las bandas migran aproximadamente a la misma distancia del marcador molecular lambda DNA (46 Kb).

En el a) método convencional con CTAB. Las bandas presentan alta intensidad y variabilidad entre las muestras, además, retención en los pozos, lo cual puede ser indicativo de presencia de contaminantes. Con el b) método con CTAB se observa mayor homogeneidad en la intensidad de las bandas, pero con barrido tenue en algunas de las muestras. En el c) método con sarcosina la mitad de las muestras presentan bandas con intensidad similar al marcador de peso molecular mientras que la otra mitad con muy baja intensidad, además en la imagen se observa barrido en todas las muestras; el barrido puede deberse a la presencia de residuos de sales y ácidos nucleicos con degradación. Con el d) método comercial MagMAX™ todas las muestras presentan bandas con buena intensidad y sin la presencia de barrido.

Análisis de varianza y comparación de medias

En el análisis de varianza se presentaron diferencias significativas en las variables concentración ($p<0.0001$), relación $A_{260/280}$ ($p<0.0001$) y relación $A_{260/230}$ ($p<0.0001$). La comparación de medias con Tukey se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Comparación de medias con Tukey ($p\leq0.05$) de la concentración y pureza en DNA de frijol.

Método	Concentración	Relación $A_{260/280}$	Relación $A_{260/230}$
a) Convencional con CTAB	176.9±13.78 c	1.91±0.020 b	0.57±0.039 d
b) CTAB	1,285.0±25.03 a	2.01±0.003 a	2.00±0.010 a
c) Sarcosina	343.6±45.96 b	1.94±0.018 b	1.82±0.057 b
d) Comercial	229.4±12.89 c	1.86±0.004 c	1.63±0.023 c

*Los valores presentados son media ± error estándar.
† Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

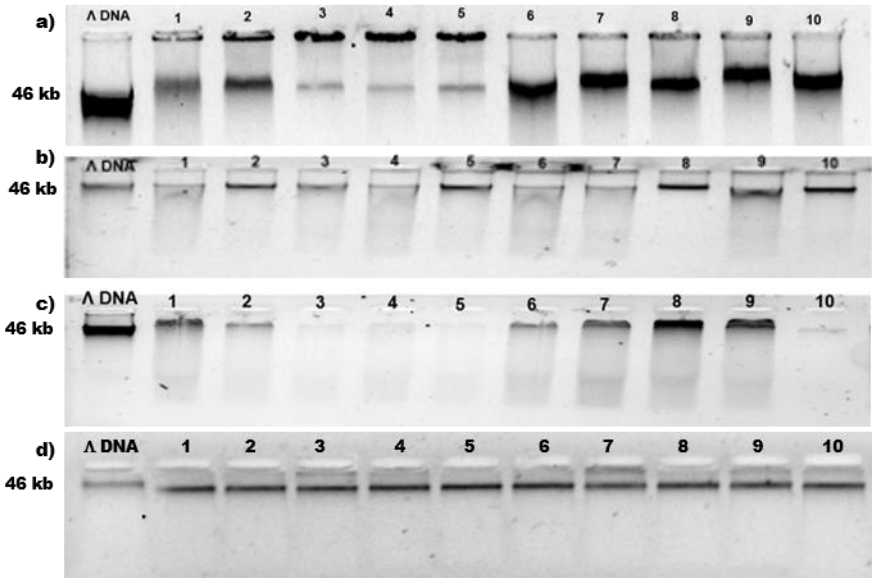


Figura 1. Electroforesis en agarosa al 1 % de DNA de frijol obtenido con cuatro métodos. a) método convencional con CTAB (Saghai-Maroof y col., 1984), b) método con CTAB (Dellaporta y col., 1983), c) método con sarcosina (Lopes y col., 1995) y d) método comercial MagMAX™ (ThermoFisher Scientific).

En la variable de respuesta concentración, no presentaron significancia los métodos a) convencional con CTAB y d) comercial, pero si fueron diferentes con el resto de los métodos. El valor medio de la concentración más alta se presentó con el b) método con CTAB. En la relación $A_{260/280}$ los métodos a) convencional con CTAB y c) sarcosina no presentaron significancia, pero si con el resto de los métodos. En la relación $A_{260/230}$ la media de todos métodos fue significativamente diferente, presentando el valor más alto y dentro del rango esperado con el b) método con CTAB (Cuadro 2).

En la selección del método más adecuado se deben considerar todas las variables estudiadas en conjunto para obtener los mejores resultados. Las muestras con mayor rendimiento de concentración y mejor pureza se fueron obtenidas con el método b) CTAB (Cuadro 1) además, en el análisis de varianza y comparación de medias de Tukey este método fue significativamente diferente con respecto a los otros métodos evaluados (Cuadro 2). A pesar que, la mejor integridad de ácidos nucleicos revelada con el corrimiento electroforético fue obtenida con d) método comercial, la integridad que presentaron las muestras obtenidas con el método b) CTAB es aceptable para secuenciación y conservación, derivado de las tres variables estudiadas: concentración, pureza e integridad.

Conclusiones

El DNA de frijol obtenido con el método con CTAB (Dellaporta y col., 1983) fue adecuado para secuenciación y conservación derivado de la concentración, pureza e integridad medidos.

Referencias

Abdel-Latif, A. y Osman, G. (2017). Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize. Plant Methods. 13(1), 1-9.

Aboul-Maaty, N., A., F. y Oraby, H., A., S. (2019). Extraction of high-quality genomic DNA from different plant orders applying a modified CTAB-based method. Bulletin of the National Research Centre, 43(1), 25.

RStudio Team. (2024). Posit Support. https://support.posit.co/hc/en-us/articles/206212048-Citing-RStudio

Dellaporta, S., L., Wood, J. y Hicks, J., B. (1983). A plant DNA minipreparation: Version II. Plant Molecular Biology Reporter, 1(4), 19-21.

Doyle, J., J. y Doyle J., L. (1987). A Rapid DNA Isolation Procedure for Small Quantities of Fresh Leaf Tissue. Phytochemical Bulletin, 19(1), 11-15.

Guzmán, L., F.„ Cortés-Cruz, M., A., Pichardo-González, J., M. y Arteaga-Garibay, R., I. (2018). Comparación de protocolos de aislamiento de DNA a partir de semilla de soya. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(8), 1691-1701.

Johnson, G. (2019). High throughput DNA extraction of legume root nodules for rhizobial metagenomics. AMB Express, 9(1), 1-6.

Kim, S., R., Yang, J., A., G. y Jena, K. (2016). A Simple DNA Preparation Method for High Quality Polymerase Chain Reaction in Rice. Plant Breeding and Biotechnology, 4, 99-106.

Kiruthika, S. y Padmanabha, B., V. (2018). Simple and quick method of DNA extraction from different parts of plant for PCR amplification. Electronic Journal of Plant Breeding, 9(1), 372.

Lopes, M., A., Takasaki, K., Bostwick, D., E., Helentjaris, T. y Larkins, B. A. (1995). Identification of two opaque2 modifier loci in Quality Protein Maize. Molecular and General Genetics MGG, 247(5), 603-613.

Pokharel, S., Khanal, B., C., Basnet, A., Pandey, G., R., y Basnet, S. (2023). DNA Extraction and PCR Optimization for DNA Barcode Analysis of Commercially-Grown Coffee Varieties in Nepal. Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology, 17(1), 1-7.

Saghai-Maroof, M., A., Soliman, K., M., Jorgensen, R., A., y Allard, R., W. (1984). Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 81(24), 8014-8018.

Vilanova, S., Alonso, D., Gramazio, P., Plazas, M., García-Fortea, E., Ferrante, P., Schmidt, M., Díez, M. J., Usadel, B., Giuliano, G., y Prohens, J. (2020). SILEX: A fast and inexpensive high-quality DNA extraction method suitable for multiple sequencing platforms and recalcitrant plant species. Plant Methods, 16(1), 110.

CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA E IDENTICICACIÓN DE COMPUESTOS NUTRACEUTICOS EN ACCESIONES DE *Phaseolus vulgaris* L.

C. I. Cruz Cárdenas[1], L., F. Guzmán[1], M. A. Aragón Magadán[1], F. F. Calvillo Aguilar[1] y G. Sandoval Cancino[1]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP. Boulevard de la diversidad 400, Colonia Rancho de Las Cruces. Km 8 carretera Tepatitlán-Lagos de Moreno, C. P. 47600, Tepatitlán de Morelos, Jal., México.

*Autor de correspondencia: cruz.ivan@inifap.gob.mx ORCID: 0000-0002-1952-0191

Resumen

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más importantes en México, por la superficie sembrada y la producción obtenida; se siembra en todas las regiones agrícolas del país y es componente fundamental de la dieta del mexicano. El frijol representa un cultivo clave en la dieta nacional; el consumo anual per cápita es de 9.9 kg y la producción nacional cubre casi la totalidad de los requerimientos del consumo de los mexicanos. El frijol común es una de las leguminosas más importantes para el consumo humano directo, es considerado como una fuente económica y esencial de proteínas, minerales como hierro y zinc, y carbohidratos como fibra dietaría y oligosacáridos. Adicionalmente, su consumo humano es importantes para mantener la seguridad alimentaria, el conocimiento de sus propiedades tanto bioquímicas bioactivas como nutricionales permitiría sustentar a la comunidad y/o región donde son consumidas. El frijol es el segundo cultivo más importante en México, por lo tanto, generar información sobre las características bioquímicas y nutricionales de las accesiones promisorias e importantes, ayudará a desarrollar nuevas estrategias para poder aprovechar su uso de una manera más sostenible y la inclusión de estas accesiones en programas de mejoramiento dirigidos a la biofortificación para la obtención de variedades con mejores características nutricionales para la población de nuestro país.

Palabras clave: Frijol, nutraceúticos, minerales.

Abstract

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most important crops in Mexico, due to the area sown and the production obtained; it is planted in all agricultural regions of the country and is a fundamental component of the Mexican diet. According to FAO data, the world area planted with beans is estimated at 36 million hectares, producing 32.1 million tons per year on average from 2012 to 2018. The bean represents a key crop in the national diet; annual per capita consumption is 9.9 kg and national production covers almost all of the consumption requirements of Mexicans. The common bean is one of the most important legumes for direct human consumption; it is considered an economic and essential source of proteins, minerals such as iron and zinc, and carbohydrates such as dietary fiber and oligosaccharides. Additionally, its human consumption is important to maintain food security, and knowledge of its biochemical, bioactive and nutritional properties would allow sustaining the community and/or region where it is consumed. Beans are the second most important crop in Mexico, therefore, generating information on the biochemical and nutritional characteristics of promising and important accessions will help develop new strategies to take advantage of their use in a more sustainable way and the inclusion of these accessions in breeding programs aimed at biofortification to obtain varieties with better nutritional characteristics for the population of our country.

Keywords: Beans, Nutraceuticals, minerals.

Introducción

El cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) "desde su domesticación ha sido combinado con el maíz para constituir la base de la alimentación de los mexicanos" (Castellanos et al, 1997). Dado su alto contenido en proteína, fibra, carbohidratos complejos, vitaminas y micronutrientes, el frijol representa una excelente opción para ayudar a combatir los problemas de

alimentación en México. Debido a las condiciones económicas de una gran parte de la población mexicana, la proteína vegetal es la única opción de consumo, por ello el frijol ha llegado a constituir hasta el 15 % de la dieta en las zonas más marginadas (el maíz aporta hasta el 65 %).

Las especies de Phaseolus de consumo humano son importantes para mantener la seguridad alimentaria, como fuente de alimento y nutrición, el conocimiento de sus propiedades tanto bioquímicas bioactivas como nutricionales permitiría sustentar el valor e importancia nutricional real que aportan a la comunidad y/o región donde son consumidas. "Ya que en la actualidad se ha reconocido que los alimentos y las dietas diversas no solo proporcionan nutrientes sino además mejoran la salud física y mental y ayudan a prevenir enfermedades relacionadas con la nutrición o padecimientos crónicos" (Granato y col.., 2010).

El frijol es el segundo cultivo nutricional y económicamente más importante en México, por lo tanto, generar información sobre las características bioquímicas y nutricionales de las accesiones promisorias e importantes, ayudará a desarrollar nuevas estrategias para poder aprovechar su uso de una manera más sostenible y la inclusión de estas accesiones en programas de mejoramiento dirigidos a la biofortificación para la obtención de variedades con mejores características nutricionales para la población de nuestro país. Este trabajo tuvo como objetivo analizar la diversidad bioquímica y nutricional de 10 accesiones de Phaseolus vulgaris L. con potencial de aprovechamiento en programas de mejoramiento genético dirigido a la biofortificación.

Materiales y métodos

Muestras vegetales

Las semillas de 10 accesiones de frijol de la colección de semillas ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos, se recolectaron: 1121800225 (Accesión 1), 1121800019 (Accesión 2), 1121800049 (Accesión 3), 1121800016 (Accesión 4), 1121800168 (Accesión 5), 1121800023 (Accesión 6), 1121800169 (Accesión 7), 1121800238 (Accesión 8), 1121800166 (Accesión 9), 1121800239 (Accesión 10). El tejido eran semillas sanas, limpias y libres de plagas, verificado visualmente y se colocaron en tubos de microcentrífuga de 2 mL. Las muestras se congelaron a -80 °C durante dos días en un equipo ultracongelador (Thermo Scientific Forma serie 88000). Después, el tejido (semillas) se liofilizó a temperatura de -84 °C y una presión mínima de 0.120 mBar por cinco días en un equipo de liofilización (Labconco Freezone 12 plus). La pulverización del tejido liofilizado se realizó mecánicamente a 350 Hz durante 60 s en un equipo Tissue Lyser II (Qiagen). Los tubos se mantuvieron cerrados a temperatura ambiente y protegidos de la luz solar directa y humedad hasta los análisis siguientes.

Extracción de metabolitos:

Una vez obtenida la semilla molida y libre de humedad, se colocaron 250 mg de cada muestra por triplicado en tubos Eppendorf con una capacidad de 2 mL, a los cuales se prosiguió a adicionar 1.5 mL. de solvente (Agua Tipo I, Metanol 50 %, Etanol 100 %), estos fueron homogeneizados e incubados a una temperatura de 60 °C con agitación constante durante 15 minutos en oscuridad. Transcurrido el tiempo, se dejaron enfriar los tubos y se centrifugaron 15 minutos a 3000 rpm. Se tomó el sobrenadante y se conservó para los análisis posteriores.

Fenoles totales

Se determinaron los compuestos fenólicos totales en equivalentes de ácido gálico (EAG) a partir de una curva de concentraciones, con una solución estándar de 0.1 mg/ml, acorde al basándonos en el método de (Nazish y col., 2016). Se añadieron 125 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich) 1N a 250 µL de la muestra o estándares, seguido de una incubación por 5 min. Después se adicionarán 625 µL de Na_2CO_3 al 20 %. La mezcla obtenida se incubará por 2 h en oscuridad, una vez finalizado el periodo de reacción se registrará la absorbancia a 750 nm en el espectrofotómetro (Multiskan Go Thermoseco). Los valores fueron expresados en mg EAG g^{-1} PS. Los valores observados se analizaron en el software SAS 9.4 ® para el análisis de varianza.

Identificación de metabolitos por espectrofotometría de masas DART (DART-MS)

El análisis metabólico de las semillas de frijol se realizó en un espectrómetro JMS-T100LP AccuTOF LC-PLUS, JEOL (Tokio, Japón) con una fuente de iones DART SVP100, Ion sense (Saugus, MA, USA). La fuente de iones DART31 fue operada con helio para el análisis y nitrógeno para el modo estándar, la temperatura del gas fue de 300 °C y se utilizó un voltaje de ±600 V para el modo de ion positivo. La adquisición de los espectros de masas será registrada con el software Mass Center System Version 1.5.0 k. (Lesiak y col., 2015). Los compuestos observados fueron identificados mediante la base de datos de masa molecular del equipo. Se utilizó en software SAS 9.4 ® para el Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) se tomaron la totalidad de picos del espectro de masas en las diferentes accesiones involucradas en el estudio.
El diseño experimental utilizado fue el diseño simple completamente al azar. El análisis estadístico fue ANOVA simple con α=0.05 y la comparación de medias se realizó con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Fenoles totales

Los resultados del análisis de compuestos fenólicos totales muestran una estrecha relación entre la presencia de coloración (Pigmentos) con la presencia de mayor concentración en mg de equivalentes de ácido gálico (mg EAG g^{-1} PS), siendo las accesiones 1, 5, 7 y 10 las que presentaron la mayor cantidad de compuestos fenólicos en un rango de 142.61 a 164.32 mg EAG g^{-1} PS siendo la accesión 1 de coloración negra la que tiene los valores más altos de fenoles totales; por otro lado las accesiones que no tiene presencia de coloración son las que muestran la concentración más baja de fenoles totales siendo la accesión 4 de coloración blanca la que tiene la menor cantidad de fenoles totales con 43.38 mg EAG g^{-1} PS. Cuadro 1. Concentración y pureza de DNA de frijol aislado con cuatro métodos.

Cuadro 1. Concentración de compuestos fenólicos totales presente en accesiones de *Phaseolus vulgaris* L.

NO. ACCESIÓN		COLOR	POLIFENOLES TOTALES (mg EAG g^{-1} PS)	
1	1121800225		164.32	a
2	1121800019		97.01	c
3	1121800049		123.18	b
4	1121800016		43.38	d
5	1121800168		155.08	a
6	1121800023		107.01	bc
7	1121800169		156.83	a
8	1121800238		132.79	b
9	1121800166		119.48	b
10	1121800239		142.61	a

Identificación de metabolitos por Espectrofotometría de masas DART (DART-MS)

Durante la identificación de metabolitos mediante el análisis de espectrofotometría de masas DART (DART-MS) se encontró una relación directa de la presencia de mayor cantidad de metabolitos en aquellas accesiones con mayor contenido de fenoles totales, pudiéndose identificar metabolitos con interés nutraceutico como Luteína, Beta-carotenos, ácido p-cumárico, procianidina que se sabe que tienen efectos beneficos en la salud humana (Cuadro 2 y Figura 1).

Cuadro 2. Metabolitos identificados mediante el análisis de espectrofotometría de masas DART (DART-MS) en accesiones de *Phaseolus vulgaris* L.

COMPUESTO NUTRACEUTICO DETECTADO	MASA MOLECULAR ESTABLECIDA (MS [M – H]) en g/mol
Prolina	116.071
Isoleucina	134.026
Ácido cinámico	143.430
Ácido p-cumárico	164.040
Ácido linoleico	179.051
Ácido ferúlico	194.045
Daidzeina	255.234
Genisteina	271.153
Naringenina	272.254
Catequina	290.122
Taxifolina	304.250
Epigalocatequina	306.089
Dihidroquercetina	308.122
Ácido rosmarínico:	360.310
Galato de epicatequina	443.333
Beta-Caroteno	536.880
Luteína	568,871
Procianidina	578.520

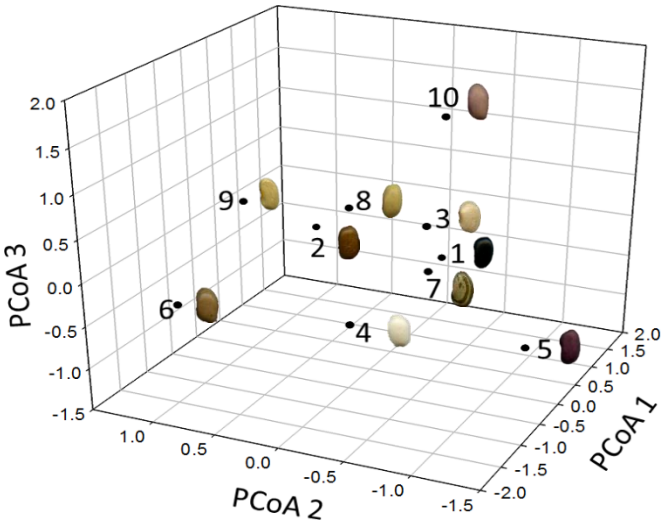


Figura 1. Distribución de compuesto de valor nutraceútico.

Conclusiones

La caracterización bioquímica y nutricional de las accesiones permitió conocer las accesiones con la mayor cantidad de compuestos bioactivos que podrían ser utilizados para incluirse en programas de mejoramiento dirigidos hacia la biofortificación siendo las accesiones 1 (negro), 5 (morado) y 7 (pinto) las que cuentan con la presencia de compuestos de interés nutraceutico.

Referencias

Castellanos JZ, Guzmán-Maldonado SH, González de Mejía E y Acosta-Gallegos JA. 1995. Efecto de la localidad de siembra sobre la aceptación sensorial y otras características nutricionales y de calidad del grano en frijol común. Arch Latinoamer Nutr. 45(1):50-55.

D. Granato, Branco GF, Nazzaro F, Cruz AG and Faria JA. 2010. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products," Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol. 9, no. 3, pp. 292–302.

Nazish I, Ansari SH, Arora P & Ahmad A. 2016. Antiobesity activity of Zingiber officinale. Pharmacognosy Journal. 8(5).

Prior, R. L., Fan, E., Ji, H., Howell, A., Nio, C., Paynef, M. J., & Reed, J. (2010). Multi-laboratory validation of a standard method for quantifying proanthocyanidins in cranberry powders. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(9), 1473–1478. https://doi.org/10.1002/jsfa.3966

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, *299*, 152–178. https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Benzie, I. F. F., & Szeto, Y. T. (1999). Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant power assay. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(2), 633–636. https://doi.org/10.1021/jf9807768

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. Journal of Food and Drug Analysis, 10(3), 178–182. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748

ANÁLISIS MULTI-RESIDUAL DE PLAGUICIDAS EN UNA PARCELA DE CAÑA DE AZÚCAR, EN ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ, MÉXICO

I. Garay-Peralta[1]*, A. Díaz-Criollo[1], J. Herrera-Alarcón[1], L. A. Montes -Gutiérrez[1]. L. C. Escudero-Ramírez[1]. P. J. Perdomo-Alpides[2].

[1]Tecnológico Nacional de México [TecNM]-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Carretera Cardel-Chachalacas. Km 4.5. Col. Campestre. En Úrsulo Galván, Veracruz. CP. 91637. México.[2]Alumno del TecNM-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Carretera Cardel-Chachalacas. Km 4.5. Col. Campestre. En Úrsulo Galván, Veracruz. CP. 91637. México.

*Autor de correspondencia: ignacio.gp@ugalvan.tecnm.mx ORCID: 0000-0003-3091-5255

Resumen

El presente estudio se enfoca en el análisis multi-residual de plaguicidas en una parcela comercial (unidad o área que se dedica a la producción) de caña de azúcar, con una superficie de 1 ha^{-1}, ubicada en Úrsulo Galván, Veracruz, México, una región de alta productividad agrícola. El objetivo principal de la investigación fue evaluar la presencia y concentración de residuos de pesticidas en el suelo y el cultivo, mediante técnicas avanzadas de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). Se recolectaron muestras de suelo empleando un muestreo de suelos, por el método de Zig-Zag, para asegurar la representatividad de los datos. Los resultados no indicaron la presencia de compuestos organofosforados, piretroides y herbicidas comunes en la región, debido a que no superaron los límites máximos permitidos por las normativas internacionales (Convenio d Estocolmo). Por lo que al menos para esta parcela la persistencia de estos compuestos en el suelo y su posible absorción por la caña de azúcar queda descartada, debido a que no se contamina el ambiente, así como la salud humana, al no realizarse la detección de estos elementos. El estudio concluye con recomendaciones para seguir empleando este tipo de muestreos, pues si bien una parcela experimental experimental no representa la superficie total del municipio cultivada de caña de azúcar, si es una referencia para utilizarse e incorporar a más productores a realizar este tipo de estudios. Asimismo, se sugiere realizar monitoreos periódicos y estudios adicionales para evaluar en diferentes fechas de muestreo debido a que este análisis se realizó previo a la cosecha cuando ya tenía algunos meses que no se aplicaban plaguicidas, lo anterior con la intención de asegurar la salud pública y la conservación de los ecosistemas locales.

Palabras clave: Plaguicidas, suelo, caña de azúcar.

Abstract

The present study focuses on the multi-residual analysis of pesticides in a commercial sugarcane plot (unit or area dedicated to production), with an area of 1 ha-1, located in Ursulo Galvan, Veracruz, Mexico, a region of high agricultural productivity. The main objective of the research was to evaluate the presence and concentration of pesticide residues in the soil and crop, using advanced gas chromatography techniques coupled to mass spectrometry (GC-MS). Soil samples were collected using Zig-Zag soil sampling to ensure the data was representative. The results did not indicate the presence of organophosphorous compounds, pyrethroids, and herbicides common in the region, because they did not exceed the maximum limits allowed by international regulations (Stockholm Convention). Therefore, at least for this plot, the persistence of these compounds in the soil and their possible absorption by the sugarcane is ruled out, since the environment is not contaminated, as well as human health, since these elements were not detected. The study concludes with recommendations to continue using this type of sampling because although an experimental plot does not represent the total area of the municipality cultivated with sugarcane, it is a reference to be used and to incorporate more producers to carry out this type of study. It is also suggested to carry out periodic monitoring and additional studies to evaluate

different sampling dates. This analysis was carried out before the harvest when pesticides had not been applied for several months, to ensure public health and the conservation of local ecosystems.

Keywords: Pesticides, soil, sugarcane.

Introducción

Hoy en día se tienen plaguicidas altamente tóxicos, los cuales pueden permanecer dispersos en el ambiente, lo anterior es debido a la alta persistencia, así como la lenta degradación y su alta estabilidad química (Pelosi y col., 2017). La contaminación ambiental es un problema invisible para la mayoría de los individuos, sin embargo, los científicos utilizan seres vivos sensibles a los cambios de condiciones de hábitat para que esta sea detectada (Racero-Casarrubia y col., 2021). La producción de alimentos inocuos, tiene un papel muy importante, pues de acuerdo con Zuñiga-carrasco & Caro-Lozano (2017. p. 96) "En los países en vías de desarrollo es frecuente la incidencia de diversas enfermedades causadas por la ingesta de alimentos que no reúnen la calidad e inocuidad apropiadas, esta situación prevalece desde la colecta del alimento hasta el consumo del producto, ya que está sujeto a una serie de exposiciones y operaciones que sin control adecuado pueden convertir el alimento en un elemento nocivo y de riesgo para la salud".

Sin embargo, esta actividad es cada vez más incierta, debido a que no se respetan las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, lo anterior es fundamentado en que no se realizan análisis multi-residual de pesticidas, para determinar los contenidos de ingredientes activos que puede tener un suelo, al momento en que se establece o se desarrolla el sistema productivo (Garay-Peralta y col., 2022). En la actualidad y según lo publicado por Aparicio y col., (2015. p. 14) "el control de los plaguicidas ha cobrado una mayor importancia para la sociedad debido a una mayor difusión y conocimiento de los potenciales peligros que se asocian a su utilización. En este aspecto lo anterior se deriva de una legislación ambiental mundial que establece o determina los límites máximos que se permiten de residuos de plaguicidas en suelo, agua o alimentos, siendo cada vez más estrictos".

La consecuencia de un uso irracional y desmedido de agroquímicos ha propiciado la contaminación de los suelos, ambiente, agua, de lo anterior existen reportes que demuestran algunas de las enfermedades ocasionadas por estos productos, entre ellas se encuentran; cáncer, nacimientos con malformaciones, abortos, entre otras (Moreno, 2017).

Por ello, la contaminación de los suelos constituye una problemática de alcance global, debido a que la corteza terrestre es degradad a gran velocidad, lo anterior es originado por las prácticas relacionadas a las actividades agrícolas, pues el exceso de productos químicos, así como la toxicidad de estos afecta o daña considerablemente y contamina de forma acelerad (Mantilla-Ballesteros y Garzón-Rueda, 2021).

Aunado a lo anterior, existen investigaciones donde se cuenta con estudios realizados a animales que son utilizados para experimentación, así como en cultivos de tejidos neuronales, los cuales proporcionan indicios de que al exponerse a sustancias tóxicas se puede afectar el sistema nervioso central (Benítez-Díaz y Miranda-Contreras, 2009; Peña-Contreras y col., 2016 y Rojas-Fernández y col., 2019).

Mientras que o Bascopé-Zanabria *et al.,* (2019. p. 387), menciona que una de las problemáticas que tienen mayor riesgo en la salud humana, así como en el ambiente y que no cuenta con tanta divulgación es el alto uso de plaguicidas de uso agrícola (PQUA). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), a nivel mundial se emplean más de 1,000 sustancias de uso agrícola para que los cultivos expresen su máximo potencial genético y puedan tolerar las plagas y enfermedades, incluso existen productos como dicloro difenil tricloro etano (DDT), el cual, ha sido ampliamente estudiado sobre su residualidad en suelo y agua (OMS, 2022).

Siendo así que, el objetivo de este estudio fue realizar un análisis multi-residual de plaguicidas en suelo de parcelas comerciales de caña de azúcar en la región de Úrsulo Galván, Veracruz, México en los monocultivos de esta zona.

Materiales y Métodos

Localización de las áreas de estudio

La investigación se desarrolló en la localidad de Porvenir del municipio de Úrsulo Galván, en el estado de Veracruz. Específicamente en la parcela comercial o experimental de caña de azúcar con las coordenadas (19° 27' 00" latitud Norte y 96° 21' 18" Longitud Oeste).

Muestreo de suelos

La técnica de muestreo empleada fue; cinco de oro, que consiste en tomar 5 submuestras de cada punto del terreno, una en cada esquina y otra en el centro. La profundidad de las submuestras se efectuó a 30 cm, para llevar a cabo el proceso, debemos contar con cava Hoyos, una cubeta, bolsas para colectar la muestra, y guantes para no alterar la muestra, se debe obtener un promedio de 3 kg de suelo (Adzawla et al., 2024). De las cinco submuestras colectadas se hizo una compuesta y fue la que se mandó a analizar.

Tipo de investigación

Se empleo un estudio exploratorio-descriptivo para poder desarrollar la metodología y llevar a cabo en proceso de obtención de datos.

Análisis de muestras

GISENALlabs (grupo integral de servicios fitosanitarios ENA. SA. De C.V. Emiliano zapata No.10, San Luis Huexotla, Texcoco, estado de México C.P 56250, Tels: 01(595)928 4178, 931 3960, 931 39 61, 928 40 77 e-mail: gisenalabs@gisena.com.mx Laboratorio de residuos tóxicos en vegetales. El cual se encuentra certificado en: sanidad agropecuaria y Alimentos por la "ema" (La entidad mexicana de acreditación, a.c.), así como: aprobación laboratorio fitosanitario, aprobación Constatación CONST-027, aprobación sanidad acuícola D-001, aprobación residuo de plaguicidas en vegetales, autorización constatación Auto-Const-002 y actualización control de calidad interno C.C074, por SENASICA.

Resultados con Discusión

Los resultados obtenidos demuestran que no se detectó la presencia de ingredientes activos de plaguicidas en el suelo de una parcela comercial de cultivo de caña de azúcar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados de análisis multi-residual de plaguicidas en suelo de parcelas de caña de azúcar.

INGREDIENTE	INGREDIENTE	INGREDIENTE	Resultado
2-amino n-isopropyl benzamine	Diniconazole		ND
2-Monuron	Dinitramine	Monocrotophos	ND
4,4-dichlorobenzophenone	Dioxacarb	Monolinuron	ND
6-Bencilaminopurine	Diphenamid	Moxidectin	ND
Abamectin (B1a)	Diphenylamine	Napropamide	ND
Atephate	Disulfoton-sulfone	Myclobutanil	ND
Acetamiprid	Ditalimfos	Neburon	ND
Acibenzolar-s-methyl	Dithiopyr	Nitenpyram	ND
Aclonifen	Diuron	Nitralin	ND
Alachlor	Dodemorph	Novaluron	ND
Albendazole	Doramectin	Nuarimol	ND
Aldicarb	Edifenphos	O.O-dimethyl phosphoramidothionate	ND
Aldicarb Sulfone	Emmamectin benzoate	Ofurace	ND
Allethrin	EPN	Omethoate	ND
	Epoxiconazole		ND

Allidochlor	EPTC	Orizalin	ND
Ametoctradin	Ethidimuron	Oxadiazon	ND
Ametryn	Ethiobencarb	Oxadiy	ND
Aminocarb	Ethion	Oxamyl	ND
Asulam	Ethiprole	Oxasulfuron	ND
Atrazine	Ethirimol	Oxycarboxin	ND
Azaconazole	Ethofenprox	Oxydemeton-methyl	ND
Azamethiphos	Ethofumesate	Paraoxon	ND
Azimsulfuron	Ethoprophos	Parathion-methyl	ND
Azobenzene	Etoxazole	Penconazole	ND
Azoxystrobin	Famoxadone	Pencycuron	ND
EDMC	Famphur	Pendimetalin	ND
Benalaxyl	Febendazole	Penthiopyrad	ND
Bendiocarb	Fenamidone	Permethrin	ND
Benodanil	Fenamiphos	Phenmedioham	ND
Benoxacor	Fenarimol	Phorate	ND
Sensulfuron Methyl	Fenazaqui	Phorate Oxon sulfone	ND
Sensulide	Fenbuconazolen	Phorate sulfone	ND
Bentazon Methyl	Fenfuram	Phorate sulfoxide	ND
Bentazone	Fenhexamid	Phosalone	ND
Benzoximate	Fenoxaprop-p Ethyl	Phosmet	ND
Bifenazate	Fenoxycarb	Phosphamidon	ND
Bifenthrin 39 Bitertanol	Fenpropidin	Phoxim	ND
Bonzi (Paclobutrazol)	Fenpropimorph	Picolinaten	ND
Boscalid	Fenthion	Picoxystrobin	ND
Brodifacoum	Flamprop Methyl	Piperonyl butoxide Piperophos	ND
Bromacil	Flazasulfuron	Pirimicarb	ND
Bromadiolone (super rozol)	Flonicamid	Procioraz	ND
Bromophos methyl	Flubendiamide	Prafenofos	ND
Bromuconazole	Flucitrinate	Promecarb	ND
Bupirimate	Flufenacet	Prometon	ND
Buprofezin	Flufenaxuron	Propachior	ND
Butachlor	Fluometuron	Prometryn	ND
Butafenacil	Fluopicolide	Propamocarb	ND
Butocarboxim Butocarboxim	Fluoroglycofen Ethyl	Propanil	ND
sulfoxide	Fluoxostrobin	Propaquizafop	ND
Butoxycarboxim	Fluquinconazole	Propargite	ND
Buturon	Fluridone	Propazine	ND
Butylate	Flusilazole	Propetamphos	ND
Cadusafos	Flutolanil	Propham	ND
Cambendazole	Fonofos (Difonate)	Propiconazole	ND
Carbaryl	Fuberidazole	Propoxur	ND
Carbendazim	Furathiocarb	Propyzamide	ND
Carbetamide	Halofenozide	Presulfocarb	ND
Carbofuran	Halosulfuron methyl	Prosulfuron	ND
Carbofuran-3-hydroxy	Haloxyfop	Pymetrozine	ND
Carbophenothion	Haloxyfep-methyl F	Pyracarbolid	ND
Carboxin	Hepterophos	Pyraciostrobin	ND
Carfentrazone ethyl	Hexaconazole	Pyrazophos	ND
Chinomethionate	Hexaflumuron	Pyridaben	ND

Chlorantraniliprole	Hexazinone	Pyridalyl	ND
Chlorbromuron	Hexythiazox	Pyndaphenthion	ND
Chlorfenvinpos	Imazalil	Pyridate	ND
Chlorfluazuron	Imazapir	Pyrifenax	ND
Chloridazon	Imazaquino	Pyrimethanil	ND
Chloroxuron	Imidacloprid	Pyriproxyfen	ND
Chlorpirifos methyl	Indaziflam	Pyroquilon	ND
Chlorpropham	Odoxacarb	Quinalphos	ND
Chlorpyrifos	lodosulfuron methyl	Quinoxyfen	ND
Chlorsulfuron	Ipconazole	Resmetrin	ND
Chlortoluron	Iprobenphos	Rotenone	ND
Cinosulfuron	Prodione	Saflufenacil	ND
Ciprodinil Clodinafop-propargyl	Iprovalicarb	Sebuthylazin-desethyl	ND
	Isazophos	Secbumeten	ND
Clofentezine	Isofenphos	Sethoxydim	ND
Clomazone	Isoprocarb	Siduron	ND
Cloquintocet-mexyl	Isopropalin	Simazine	ND
Clothianidin	Isoproturon	S-metolachlor	ND
Coumaphos	Isoxaben	Spinetoram (Jy L)	ND
Crimidine	Isoxaflutole	Spinosad (A y D)	ND
Crufomarte	Isoxathion	Spirodiclofen	ND
Cyanazine	Ivermectin	Spiromesifen	ND
Cyanofenphos	Lenacil	Spirotetramat	ND
Cyanophos	Linuron	Spiroxamine	ND
Cyazofamid	Lufenuron	Sulfallate	ND
Cycloate	Malaoxon	Sulfentrazone	ND
Cycloxidime	Malathion	Sulfotep	ND
Cyflufenamid	Mandipropamid	Sulfoxaflor	ND
Cyhexatin	Mebendazole	Sulprofos (bolstar)	ND
Cymiazol	(MBZ)	Tebuconazole	ND
Cymoxanil	Mecarbam	Tebufenozide	ND
Cyprazine	Mefenacet	Tebufenpyrad	ND
Cypermetrin	Mephosfolan	Tebupirimifos	ND
Cyromazine	Mepronil	Tebuthiuron	ND
Deltamethrin	Metalaxyl	Temephos (Abate)	ND
Demethon O	Mesosulfuron-methyl	Terbufos	ND
Demeton S	Metamitron	Terbuthylazine	ND
Demeton-S-methyl-sulfone	Metazachlor	Terbutryn	ND
Desmetryn	Metconazole	Tetrachlorvinphos	ND
Dialifos	Methabenzthiazuron	Tetraconazole	ND
Diallate	Methacriphos	Thiabendazole	ND
Diazinon	Methamidophos	Thiacloprid	ND
Dibrom (Naled)	Methidathion	Thiamethoxam	ND
Dichlofuanid	Methiocarb	Thichlorphon	ND
Dichlorvos	Methiocarb Sulfoxide	Thiobencarb	ND
Diclobutrazol	Methomyl	Thiodicarb	ND
Diclofop Methyl	Methoxyfenozide	Thiophanate methyl Tolciofos	ND
Dicrothopos	Metolcarb	methyl	ND
Diethatyl Ethyl 116	Metoxuron	Triadimefon	ND
Diethofencarb	Metrafenone	Triadimenol	ND

Difenoconazole	Metribuzin	Triallate	ND
Difenoxuron	Metsulfuron methyl	Triasulfuron	ND
Diflubenzuron	Mevinphos Molinate	Triazophos	ND
Dimefuron		Triclocarban	ND
Dimetachlor Dimethametryn (Dimepax)		Tricyclazole	ND
		Zoxamide	ND
Dimethenamid			ND
Dimethoate			ND
Dimethomorph			

ND= no detectable.

Fuente: elaboración propia, 2022.

De acuerdo al análisis multiresidual de pesticidas, no se detecta la presencia de al menos ninguno de los 355 ingredientes activos. Estos resultados no coincide con lo publicado por Ramírez-Mora, *et al.,* (2018). Pues el cultivo de caña de azúcar involucra gran diversidad de plaguicidas. Por tanto, se requiere conocer su estatus de uso e identificar el nivel de riesgo en la salud de la población ocupacionalmente expuesta. El objetivo fue identificar los plaguicidas utilizados en los últimos 30 años en este agroecosistema en el Distrito de Riego 035 "La Antigua", Veracruz, México, y sus efectos potenciales en salud humana. En el año 2011 se realizó una revisión de archivos históricos y se aplicó una encuesta a productores de los ingenios El Modelo y La Gloria. Se registraron los plaguicidas utilizados del año 1980 al 2012. Se documentó la aplicación de 28 ingredientes activos. Destacan los insecticidas carbofurán y monocrotofós y los herbicidas triazinas, 2,4-D y metano arsonato monosodio. Los plaguicidas utilizados a la fecha tienen efecto en la salud humana como disrupción endócrina e inmunitaria, daños al sistema nervioso central y periférico, y carcinogénesis. Mientras que para Rojas-Fernández *et al.* (2019, p. 313), "Tenemos que ellos detectaron residuos de plaguicidas de diversos grupos en el suelo de uso agrícola de la microcuenca Los Zarzales, ubicada en el municipio Rivas Dávila del estado Mérida, Venezuela, las cantidades y tipos de productos puede variar dependiendo la etapa de los cultivos y puede haber una disminución importante en la época de cosecha. Por lo que es muy importante la fecha de muestreo y por ello pudo ser que no se detectó la presencia de estos ingredientes activos.

Conclusiones

Durante este estudio no se detectaron residuos de plaguicidas en suelo en una parcela de caña de azúcar en Úrsulo Galván, Veracruz. Estos resultados sugieren que, bajo las condiciones actuales de manejo agrícola y en el periodo de muestreo considerado, el uso de pesticidas en esta parcela no ha generado acumulación detectable de residuos en el cultivo.

Este hallazgo es relevante para la sustentabilidad agrícola de la región, ya que indica una ausencia de contaminación por pesticidas en la parcela estudiada, lo que está relacionado con prácticas de manejo responsable y con la implementación de técnicas de agricultura más sostenibles. No obstante, es importante considerar que la ausencia de residuos en este estudio no descarta completamente la posibilidad de contaminación en otras parcelas o en diferentes periodos de tiempo, por lo que se recomienda la realización de estudios complementarios y monitoreos periódicos para asegurar que estas condiciones se mantengan a lo largo del tiempo. Además, los resultados refuerzan la importancia de continuar promoviendo buenas prácticas agrícolas que minimicen el uso innecesario de pesticidas y favorezcan el equilibrio ecológico del suelo y los cultivos.

Referencias

Aparicio, V. De Gerónimo, E. Hernández Guijarro, K. Pérez, D. Portocarrero, R. y Vidal, C. (2015). Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_plaguicidas_agregados_al_suelo_2015.pdf

Adzawla, W., Setsoafia, ED, Setsoafia, ED, Amoabeng-Nimako, S., Atakora, WK, Camara, O., ... y Bindraban, PS (2024). Eficiencia en el uso de fertilizantes y viabilidad económica en la producción de maíz en la sabana y las zonas de transición de Ghana. Frontiers in Sustainable Food Systems, 8, 1340927.

Bascopé Zanabria, R. Bickel, U. & Jacobi, J. (2019). Plaguicidas químicos usados en el cultivo de soya en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia: riesgos para la salud humana y toxicidad ambiental. Acta Nova, 9(3), 386-416. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892019000300005&lng=es&tlng=es

Benítez-Díaz P. y Miranda-Contreras L. (2009). Efectos de la exposición prenatal a paraquat sobre el desarrollo de la transmisión sináptica aminoacídica en la corteza cerebral parietal del ratón. Investigación Clínica. 50 (4), 465-478.

Garay-Peralta, I., Herrera-Alarcón, J., Fernández-Viveros, J. A., Díaz-Criollo, A., & Domínguez-Vázquez, E. Y. (2022). Contaminación en el suelo por uso irracional de agroquímicos y sus repercusiones en la salud. In Actas del Congreso de Investigación, Desarrollo e Innovación (pp. 213-219).

Mantilla-Ballesteros, M. L., & Garzón-Rueda, L. D. (2021). Alternativas para el proceso de recuperación de suelos contaminados por el uso de agroquímicos en el cultivo del tomate en el municipio de Gramalote departamento Norte de Santander Colombia. [Monografía]. Repositorio Institucional UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/41349

Moreno, N. M. (2017). Agrohomeopatía como alternativa a los agroquímicos. Revista Médica de Homeopatía, 10(1), 9-13.

Organización Mundial de la Salud. (OMS). (2022). Residuos de plaguicidas en los alimentos. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food

Pelosi, C., Barriuso, E., Bedos, C., Benoit, P., Mamy, y Mougin, C. (2017). Fate and impact of pesticides: new directions to explore. Environment and Science Pollution Research, 24: 6841-6843. DOI10.1007/s11356-017-8383-0

Peña-Contreras Z., Miranda-Contreras L., MoralesOvalles Y., Colmenares-Sulbarán L., Dávila-Vera D., Balza-Quintero A., Salem S. y Mendoza-Briceño R. (2016). Atrazine and mancozeb induce excitotoxicity and cytotoxicity in primary cultures of mouse cerebellar cortex. Toxicol. Environ. Chem. 98 (8), 958-976. DOI: 10.1080/02772248.2016.1151020.

Racero-Casarrubia, J. A., Ballesteros, J., Marrugo-Negrete, J., Pinedo-Hernández, J. (2021). Plaguicidas organoclorados en murciélagos (Chiroptera) asociados al bosque húmedo tropical en Córdoba, Colombia. Caldasia 43(2):320-330. doi: https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n2.84862

Rojas-Fernández, J. A., Benítez-Díaz, P. R., Rivas-Rojas, E. A., & Miranda-Contreras, L. (2019). Residuos de Plaguicidas en Suelos de Uso Agrícola y Riesgo de Exposición en la Microcuenca Los Zarzales, Municipio Rivas Dávila, Estado Mérida, Venezuela. Revista internacional de contaminación ambiental, 35(2), 307-315. https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v35n2/0188-4999-rica-35-02-307.pdf

Ramírez-Mora, E., Pérez-Vázquez, A., Landeros-Sánchez, C., Martínez-Dávila, J. P., Villanueva-Jiménez, J. A., & Lagunes-Espinoza, L. D. C. (2018). Uso histórico de 36 plaguicidas en caña de azúcar del DR035 La Antigua, Veracruz. Acta universitaria, 28(4), 42-49.

Zúñiga-Carrasco, I. R., & Caro-Lozano, J. (2017). Enfermedades transmitidas por los alimentos: una mirada puntual para el personal de salud. Enfermedades infecciosas y Microbiología, 37(3), 95-104.

EL CNRG COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS MEXICANOS

G. Sandoval Cancino[1], C. I. Cruz Cárdenas[1*], L. F. Guzmán[1], M. A. Aragón Magadán[1], F. F. Calvillo Aguilar[1] y C. H. Avendaño.

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP. Boulevard de la diversidad 400, Colonia Rancho de Las Cruces. Km 8 carretera Tepatitlán-Lagos de Moreno, C. P. 47600, Tepatitlán de Morelos, Jal., México.

Autor de correspondencia: cruz.ivan@inifap.gob.mx ORCID: 0000-0002-1952-0191

Resumen

El Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) se inauguró en marzo de 2012. A doce años de su creación, el CNRG-INIFAP continúa realizando labores de resguardo de germoplasma y trabajos científicos enfocados a mejorar las técnicas de adquisición, documentación, caracterización, evaluación, acondicionamiento y conservación de los recursos genéticos importantes para México.

Palabras clave: CNRG, INIFAP, Conservación, Genéticos.

Abstract

The National Center for Genetic Resources (CNRG) was inaugurated in March 2012. Twelve years after its creation, the CNRG-INIFAP continues the germplasm storage and scientific work focused on improving techniques for the acquisition, documentation, characterization, evaluation, conditioning, and conservation of genetic resources important to Mexico.

Keywords: CNRG, INIFAP, Conservation, Gentics resources.

Introducción

México es un país megadiverso, se encuentra entre los 17 países que en conjunto reúnen el 70 % de la riqueza mundial de especies, y se estima que posee entre el 10 y 12 % de la diversidad genética del mundo (Mittermeier et al., 1997; Sarukhán et al., 2009). México posee una gran diversidad de especies forestales, mamíferos, insectos y moluscos. Lo anterior, no solo es motivo de orgullo nacional, sino que también significa una gran responsabilidad, frente al acelerado proceso de erosión genética que se experimenta actualmente en el mundo. El nivel de esta responsabilidad se magnifica si consideramos el hecho de que México es lugar de origen de géneros y especies animales y vegetales de importancia económica, social, ambiental y cultural.

México es altamente susceptible al cambio climático (SEMARNAT-INECC, 2016). En los próximos años se estima un incremento en la temperatura de hasta 4.5°C en algunas partes del país, mientras que se espera una reducción de hasta 40% en la precipitación. El cambio climático y la pérdida del hábitat, entre otros factores, contribuye la erosión genética de los recursos genéticos mexicanos.

La implementación de estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* de los recursos genéticos puede contribuir a reducir los riesgos de pérdida de los cultivos y de esta manera mantener los caracteres adaptativos que pueden ser aprovechados en el mejoramiento de los cultivos (Maxted and Kell, 2009). La Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal (EMCV) 2012-2030 (CONABIO, 2012), que se deriva de la Convención sobre Diversidad Biológica, reconoce la necesidad de un mayor conocimiento sobre la diversidad vegetal de México, lo que permitirá la definición de sistemas efectivos para la conservación y uso sustentable de los recursos genéticos. Además, el Objetivo 9 de la Estrategia Global para la Conservación Vegetal (GSPC por sus siglas en inglés), establece que la conservación del 70% de la diversidad de cultivos

y otras especies de importancia socio-económica debe alcanzarse, por lo que se deben fortalecer las acciones de conservación, caracterización y evaluación de los recursos fitogenéticos. De esta manera, centros de investigación y conservación de los recursos genéticos como el Centro Nacional de Recursos Genéticos, como parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, son de suma importancia para estas metas y brindar la posibilidad de un porvenir estable a las naciones.

El Centro Nacional de Recursos Genéticos como estrategia de conservación:

"Resguardo de la riqueza genética de México para las generaciones presentes y futuras"

El establecimiento del Centro Nacional de Recursos Genéticos fue propuesto como un componente central del Sistema Nacional de Recursos Genéticos (SINARGEN) con el propósito de preservar de manera apropiada y sistemática, las colecciones de germoplasma (semillas, plántulas, tejidos, células somáticas, gametos, embriones, ácidos nucleicos, microorganismos, entre otros) como reserva estratégica para la conservación, mejoramiento e investigación, para el uso racional en beneficio de la sociedad, y en el caso de un evento catastrófico, prevenir la pérdida de genes además de asegurar la sobrevivencia de especies útiles.

El CNRG es resultado de un esfuerzo nacional, multi-institucional que se enfoca en la conservación a largo plazo de especies mexicanas e introducidas relacionadas a la agricultura. El CNRG se encuentra articulado con SINARGEN y otros bancos de Germoplasma Nacionales e Internacionales; además mantiene colaboración con proyectos de investigación, posee bases de datos compatibles para intercambiar y compartir información, de tal manera que logra un intercambio de materiales a nivel nacional e internacional en materia de seguridad alimentaria y resguardo de germoplasma de importancia mundial.

Por lo anterior el CNRG surgió como parte de la estrategia nacional para el resguardo de la seguridad agroalimentaria y ambiental al salvaguardar de forma apropiada y sistematizada los recursos genéticos más importantes de México y del mundo; esto mediante el desarrollo y aplicación de tecnologías de vanguardia. Además de permitir que las colecciones de germoplasma tales como semillas, plantas, gametos (espermatozoides, ovocitos), embriones, cepas, esporas y ADN están disponibles para el desarrollo de sistemas de producción sustentables y competitivos. Inaugurado el 17 de marzo del 2012 por el entonces Presidente de la Republica C. Felipe Calderón Hinojosa, es el primer centro de su tipo en México y está llamado a ser uno de los más importantes bancos de germoplasma del mundo. Con la misión de conservar y preservar los recursos genéticos del país con el fin de garantizar el bienestar de las presentes y futuras generaciones.

Esta mega estructura arquitectónica fue desarrollada con una inversión del Gobierno Federal de $396.5 millones de pesos. El proyecto corrió a cargo de la Facultad de Arquitectura de la UNAM con una visión contemporánea fusionando elementos simbólicos que representan el medio ambiente y las más altas tecnologías con las que está equipado este refugio para garantizar la investigación y el resguardo de miles de muestras de especies agrícolas, forestales, microbianas, pecuarias y acuáticas a largo plazo en un mismo espacio (Figura 1).

Los objetivos del CNRG son:

a) Preservar y proteger los recursos genéticos de importancia para México.

b) Contribuir y propiciar su uso ordenado, racional y sostenible

c) Coadyuvar las acciones de colecta, caracterización, potenciación, uso y preservación del SINARGEN.

d) Difundir la importancia estratégica de la conservación de los recursos genéticos mexicanos como garante de nuestras políticas agro-alimentarias y de conservación del medio ambiente, entre la comunidad científica y la población en general.

La creación del CNRG proporciona a México y el mundo beneficios como impacto sobre la reducción en la erosión genética de poblaciones con características de valor actual y potencial, el mantenimiento de la diversidad genética para cubrir las necesidades actuales y futuras, proporciona opciones de adaptación a condiciones ambientales cambiantes, apoya los

sistemas de producción sostenibles para la seguridad alimentaria, provee recursos genéticos para cruzamientos y para el desarrollo de nuevas variedades, provee opciones que cubran las demandas de nuevos mercados de productos y servicios del sector primario, ayuda a preservar germoplasma con valor histórico y cultural, sostiene el valor del germoplasma como un patrimonio para las siguientes generaciones y garantiza el derecho de un recurso genético actual de continuar existiendo.



Figura 1. Instalaciones del Centro Nacional de Recursos Genéticos.

Resultados de más de 12 años de trabajo

El CNRG actualmente sostiene la vinculación nacional para el intercambio y conservación de recursos genéticos con otros países, ya que, para preservar los recursos genéticos de México, el CNRG colabora en programas y acuerdos de intercambio de germoplasma con otros centros de recursos genéticos/bancos de germoplasma nacionales, que mantienen colecciones activas en lugares estratégicos en diversas instituciones de investigación y enseñanza. Estos centros tienen la responsabilidad de reproducir el material genético proveniente de las regiones agroecológicas donde se ubican. El intercambio de germoplasma con dichos centros se regula por mecanismos jurídicos apropiados para tal

fin. La vinculación con bancos de germoplasma es la base para racionalizar la existencia y operación de bancos de germoplasma que existen actualmente y detectar funciones duplicadas. El CNRG tiene la función de respaldar mediante la adecuada conservación a largo plazo, las colecciones activas de estos bancos.

Además, por medio del CNRG se mantiene vinculación internacional para el intercambio y conservación de recursos genéticos. Se propuso al CNRG como punto focal para el intercambio de germoplasma entre México y otros países utilizando convenios y acuerdos que aseguren la protección y complementen los recursos genéticos nacionales. Como parte de esta función, se busca la vinculación con entidades internacionales homologas al CNRG como: el CENARGEN (Brasil), Millenium Seed Bank (Reino Unido), NCGRP (EUA), NARO Gene Bank (Japón), la Cámara Global de Conservación de Semillas (Svalbard Global Seed Vault), los centros del CGIAR (CIMMYT, CIAT, ICRISAT, ICARDA, IRRI, World Fish Center, etc.), entre otros. Se han establecido convenios de colaboración que incluyen actividades conjuntas en materia de recursos genéticos con el National Center for Genetic Resources Preservation USDA-ARS en Fort Collins, CO, EEUU; el Millennium Seed Bank ubicado en Kew Wakehurst Place, en el Reino Unido; el National Agriculture and Food Research Organization ubicado en Tsukuba, Japón; la Universidad de Tottori de Japón; el EMBRAPA de Brasil y el INTA de Argentina.

En el CNRG se conservan ya miles de muestras de especies auténticamente mexicanas como: amaranto, jitomate, calabaza, chile, maíz, cacao, aguacate, entre otras, además de las forestales como: cactáceas, pino azul, pino piñonero, guanacastle, pino ayacahuite entre otras. Con respecto a especies animales preservan muestras de abulón rojo, ostión del Pacífico, trucha de San Pedro Mártir, totoaba, lenguado, tres razas criollas de bovino (coreño, criollo del norte y chinampo), dos razas criollas de ovinos (borrego Chiapas y borrego obispo o de cuatro cuernos) y razas especializadas de ganado bovino (Holstein y Simmental).

Hasta octubre del año 2022 el inventario de resguardo del CNRG en la suma de todas las accesiones resguardadas es de más de 26,000 accesiones. Las accesiones están conservadas en los diferentes laboratorios (Figura 2). El laboratorio Agrícola Forestal Sección Semillas Ortodoxas del CNRG-INIFAP cuenta con la infraestructura y equipo requerido para realizar caracterización morfológica, evaluaciones de calidad física y fisiológica, y acondicionamiento de las semillas ingresadas para su conservación a largo plazo. Cuenta con la acreditación ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) del ensayo “Evaluación de la calidad física y fisiológica de semillas” en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 (ensayos de laboratorio), con lo que se asegura que los análisis de calidad de semilla y la conservación cumplan con los estándares nacionales. El banco de germoplasma de semillas ortodoxas del CNRG-INIFAP cuenta con cámaras frías (-18 °C) para la conservación a largo plazo de germoplasma vegetal. El Laboratorio de ADN y Genómicas cuenta con la infraestructura y equipo requerido para realizar análisis de la diversidad genética de especies vegetales utilizando diversos marcadores moleculares. Dentro de los diferentes proyectos de investigación, resalta por su importancia los estudios de diversidad genética que se están realizando en materiales de agave azul, comparando los niveles de diversidad presentes en plantas madre y en los hijuelos, de diferentes parcelas comerciales de la zona de denominación de origen (publicación en preparación). El Laboratorio de Cultivo *in vitro* y criopreservación cuenta con una biofábrica con la infraestructura y equipos requeridos para la conservación en crecimiento mínimo y criopreservación de especies vegetales. El laboratorio de recursos genéticos Acuatico-Pecuarios cuenta con tanques de nitrógeno líquido a -196 °C donde se conservan accesiones ovocitos, semen y embriones de especies animales de importancia nacional. Por su parte, el Laboratorio de Recursos Genéticos Microbianos del CNRG-INIFAP ha implementado diversas estrategias y metodologías para la obtención, evaluación, caracterización, cuantificación, identificación, criopreservación y liofilización de organismos y/o comunidades microbianas, principalmente de cepas o comunidades microbianas de importancia en la seguridad alimentaria del país. Además, la Colección de Microorganismos del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CM-CNRG) cumple con los objetivos y lineamientos de la Federación Mundial de Colecciones de Cultivo (WFCC siglas en ingles) y cuenta con el número de registro 1006 del Centro Mundial de Datos de Microorganismos de la WFCC (WDCM siglas en ingles), además también cuenta con el registro ante la Federación Latinoamericana de Colecciones de Cultivo (SI-56), La Colección de Microorganismos del CNRG INIFAP (CMCNRG) fue creada para desarrollar la estrategia de conservación del microrganismos de importancia agroalimentaria que han sido clasificados y preservados conforme a las directrices de FAO.



Figura 2. Técnicas de conservación de los Laboratorios de conservación del Centro Nacional de Recursos Genéticos.

Referencias

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2012). Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal, 2012-2030. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 94 p.

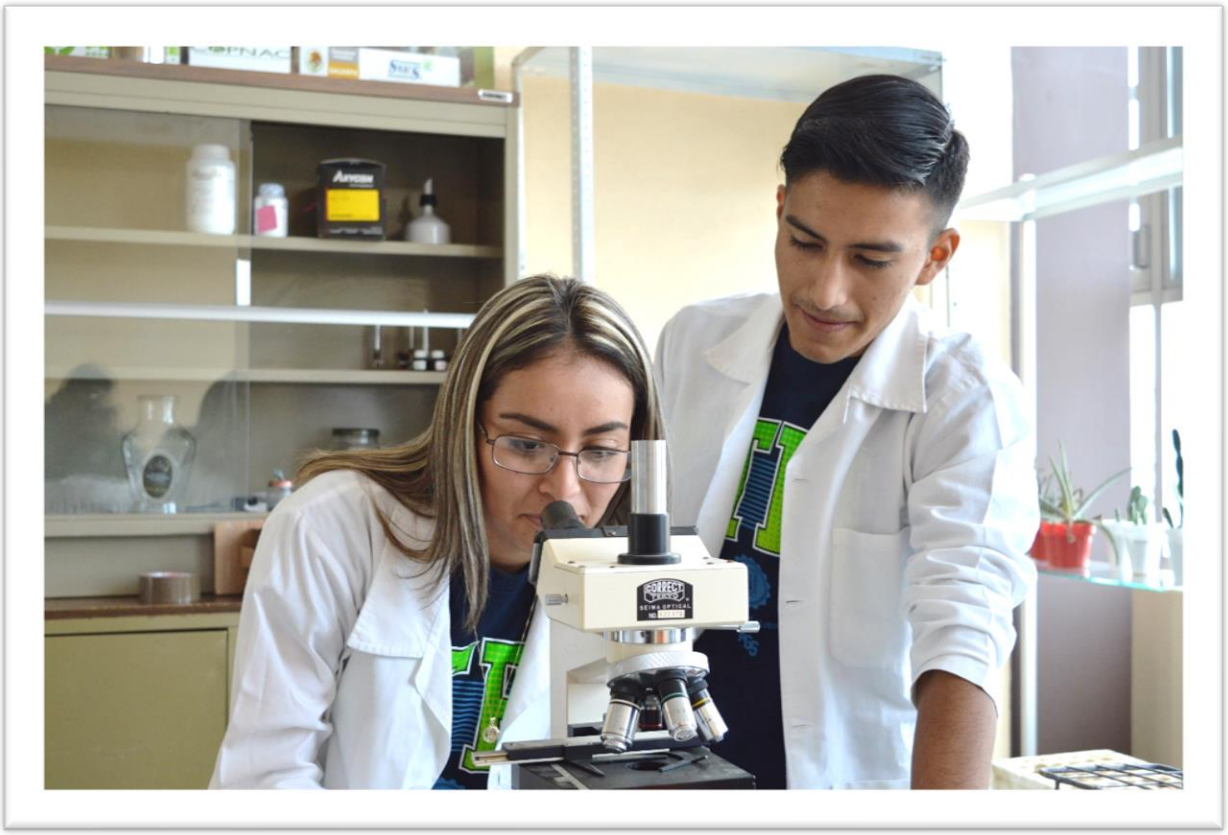
Maxted, N., Kell, S., (2009). Establishment of a Global Network for the In Situ Conservation of Crop Wild Relatives: Status and Needs. Background Study Paper No. 39. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome

Mittermeier RA, Gil PR, Mittermeier CG. (1997). Megadiversity: earth's biologically wealthiest nations. CEMEX, Mexico.

Sarukhán J, Koleff P, Carabias J, Soberón J, Dirzo R, Llorente-Bousquets J, y col. (2009). Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 100.

SEMARNAT, INECC. (2016). Mexico's Climate Change Mid - Century Strategy. Ministry of Environment and Natural Resources (SEMARNAT) and National Institute of Ecology and Climate Change (INECC). Consultado el 21 de octubre de 2022. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/mexico_mcs_final_cop22nov16_red.pdf

SECCION: BIOTECNOLOGIA ANIMAL



VALOR NUTRITIVO DE LA ALFALFA (*Medicago sativa*) A DIFERENTES ESTADOS DE FLORACIÓN EN DIETAS PARA OVINOS DE ENGORDA

M. González-Reyes[1*], A. Z. Arellano-Floreano[2], S. Flores-Benítez[1], E. Silva Campos, M. I. De Velasco-Reyes[1], M. G. González-Maldonado[3], C. E. Sotelo-Resendez[2]

[1*]Laboratorio de Análisis de Forrajes y alimentos del Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km. 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330.2. [2]Estudiante del Doctorado en Ciencias en Biotecnología en Procesos Agropecuarios Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330. [3]Investigador Posdoctoral CONAHCyT. Laboratorio de Bioprocesos. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330.

*Autor de correspondencia: monica.gr@llano.tecnm.mx ORCID: 0000-0002-2057-0102

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el contenido nutricional de alfalfa (*Medicago sativa*) en tres estados fenológicos 0, 20 y 100 % de floración y evaluar su inclusión en la dieta de corderos sobre el comportamiento productivo, durante 14 semanas. Se utilizaron 30 corderos machos de Katahdin-Dorper de 2 meses de edad, en estabulación, con un peso promedio de 21 kg, distribuidos homogéneamente en tres grupos de 10 animales como repetición, los cuales fueron distribuidos al azar en cada uno de tres tratamientos evaluados: 0, 20 y 100 % de floración de alfalfa (base seca). Se utilizó un diseño completamente al azar, utilizando el Proc GLM y se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey. Se determinó consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia. Se observaron diferencias ($p<0.05$) para todas las variables productivas. El consumo de MS fue mayor en el T2, 1.206 kg animal d^{-1}, respecto al resto de los tratamientos: T1; 1.098, T3; 1.777. Para las ganancias GDP el T2 mostro un mejor valor, donde las medias de los tratamientos: T1, 296.88 g $d^{-1;}$ T2 317.33 g d^{-1}, T3, 275.22 g d^{-1}. Para la conversión alimenticia (CoA) el T1, 3.70 y T2. 3.80, no mostraron diferencias entre ellos, pero si fueron mejores con respecto a T3:4.32. Incluir alfalfa con 20% de floración en la dieta de corderos, ofrece ventajas en la ganancia de peso, consumo de alimento, esto se relaciona con una mayor contenido y biodisponibilidad de nutrientes digestibles totales en la planta.

Palabras clave: Alfalfa, ganancia de pesos vivo, conversión alimenticia y contenido bromatológico.

Abstract

The objective of the present study was to determine the nutritional content of alfalfa (*Medicago sativa*) at three phenological stages 0, 20 and 100 % (flowering) and, to evaluate its inclusion in the diet of lamb sheep on productive behavior, during 14 weeks. Thirty 2-month-old male Katahdin-Dorper lambs were used, in stabling, with an average weight of 21 kg, homogeneously distributed in three groups of 10 animals as repetition, which were randomly distributed in each of the three treatments evaluated: 0, 20 and 100 % alfalfa flowering (dry basis). A completely randomized design was used, using Proc GLM, and a comparison of means was performed using Tukey's test. Feed intake, weight gain and feed conversion were determined. Differences ($p<0.05$) were observed for all productive variables. DM consumption was higher in T2, 1.206 kg animal d-1, with respect to the rest of the treatments: T1; 1.098, T3; 1.777. For GDP gains, T2 showed a better value, where the means of the treatments: T1, 296.88 g d-1; T2 317.33 g d-1, T3, 275.22 g d-1. For feed conversion (CoA), T1, 3.70 and T2, 3.80, showed no differences. 3.80, showed no differences between them, but they were

better than T3:4.32. Including alfalfa with 20 % flowering in the diet of lambs, offers advantages in weight gain, feed intake, this is related to a higher content and bioavailability of total digestible nutrients in the plant.

Keywords: Alfalfa, live weight gain, feed conversion and bromatological content.

Introducción

En la región templada y semiárida de México donde se dispone de riego, el cultivo de alfalfa tiene importancia acentuada, ya que es un forraje que apoya en la alimentación del ganado pues es uno de los forrajes básicos en la formulación de dietas para el ganado, además de tener un rendimiento aceptable por hectárea pudiendo alcanzar hasta 35 toneladas anuales en promedio de 10 cortes (CONAGUA, 2009). La alfalfa es un excelente alimento para bovinos y además se utiliza en varias especies pecuarias. Esta puede ser ofrecida al ganado para su alimentación de diversas formas; pastoreo, ensilado, henificado, deshidratado o peletizada (Rosales, 2008). El uso de alfalfa en la alimentación de ovinos en la región de el llano no es muy frecuente, la alimentación es a base de pastoreo y subproductos agrícolas como el rastrojo de maíz, en producciones extensivas y poco tecnificadas, cabe mencionar que algunos productores más tecnificados si la utilizan en la formulación de las raciones para animales de engorde y en cierta medida en vientres (Arias, 1993). Otros estudios mencionan que es posible la adición de hasta un 40 % del total de la ración con alfalfa ofrecida a ovinos en proceso de ceba, pudiendo mejorar el beneficio económico, ya que por su contenido nutricio puede sustituir a los granos y cereales, en regiones que esto lo permita, teniendo como resultado secundario un aumento en características nutricionales y organolépticas de la carne ya que la utilización de la alfalfa en la dieta ovina aumenta de manera significativa el porcentaje de proteína y disminución del mismo en la carne que va directamente al consumo humano, se debe tomar en cuenta que en los últimos tiempos la tendencia por alimentos más sanos va en aumento en la sociedad, (Reséndiz, 2011). La digestibilidad de las pajas depende del grado de lignificación de las paredes celulares ya que ello determina el mayor o menor acceso de los enzimas celulíticos del rumen a los polisacáridos de la pared celular (Chesson, 1988). La lignina al estar unida químicamente a la celulosa y sobre todo a la hemicelulosa limita igualmente la eficacia de acción de los microorganismos del rumen (Van Soest, 1982), ya que estos se fijan poco o nada sobre paredes fuertemente lignificadas (Malherbe, 2002). El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido bromatológico y la calidad forrajera de la alfalfa de distintos estados fenológicos producida en el municipio de El Llano Aguascalientes, mediante el análisis de laboratorio antes de la floración, floración al 20 y floración al 100 % incluidas en dietas para ovinos en engorda.

Materiales y métodos

Área de experimentación

Para el desarrollo del experimento se realizó la siembra de 1 ha de alfalfa, dentro del campo agrícola del Sector de Fomento Productivo del Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, se dividió en tres sub-parcelas en partes iguales con dimensiones 33 metros por 100 metros, donde se colocaron banderines en cada vértice de estas separaciones. Se aplicó fertilizante químico a base de nitrógeno y fosforo (30-100 kg ha), a los diez días posteriores a la siembra. La alfalfa fue cortada de acuerdo al porcentaje de floración (0, 20 y 100 %) utilizando maquinaria cortadores mecánicos agrícola, se dejó secar en campo durante dos días y posteriormente fue molida en molino de martillo con criba de media pulgada y se almaceno fue en costales para su posterior uso en las ditas de los borregos.

Composición nutricional de alfalfa

Se realizó un análisis bromatológico y la determinar la fibra detérgete neutra, fibra detergente acida y lignina acido detergente de la alfalfa cortada a diferentes estados de floración (Cuadro 1), para conocer su composición nutricional para realizar las dietas experimentales muestra los principales indicadores de calidad de cada ingrediente.

Cuadro 1. Composición nutricional de la alfalfa en diferentes estados de floración.

% expresado en base seca	0 Floración	20 Floración	100 Floración
Humedad	7.8	6.7	6.5
Proteína cruda	20.2	18.9	12.2
Extracto etéreo	2.3	2.15	1.63
Fibra detergente ácido	29.8	32.2	50.3
Fibra detergente neutro	38	40.2	68.9
Lignina ácido detergente	6.3	8.2	7.8
Cenizas	14.89	11.25	10.2

Manejo de animales

Se utilizaron 30 borregos machos sin castrar, de encaste Katahdin-Dorper con un peso vivo aproximado de 20 kg, de una edad promedio de dos meses. Al inicio del experimento los animales fueron identificados con arete de plástico bajo numeración consecutiva, desparasitados con Levamisol adicionado con vitaminas A, D y E, así como también inmunizados con vacuna para vías respiratorias. Los animales fueron distribuidos homogéneamente de acuerdo a su peso vivo en tres tratamientos y alojados en corraletas individuales en piso elevado, fabricadas en metal, con dimensiones de 1.10X1.00X1.03 m de largo, ancho y alto respectivamente, y equipadas con comederos y bebederos individuales. Se asignaron diez borregos por tratamiento experimental, siendo cada animal una unidad experimental.

Tratamientos

Se utilizaron 3 tratamientos (dietas experimentales), las cuales se formularon de acuerdo con los requerimientos nutricionales para ovinos (NRC, 2007), usando el software UFFDA (User Friendly-Feed Formulation). Se registró diariamente el consumo y rechazo de alimento cada 24 horas de forma individual, con agua ad libitum, con un periodo de adaptación de 15 días. El alimento se ofreció dos veces al día: 9:00 am a 12:00 pm, en una proporción de 60 y 40 % respectivamente. Los tratamientos a evaluar consistieron en la sustitución del tipo de alfalfa de acuerdo a su porcentaje de floración, dentro de una dieta balanceada de acuerdo a las necesidades nutricionales de los ovinos (Cuadro 2).

Variables de medición

Las variables medidas fueron: peso inicial, peso final, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. El peso inicial y final se obtuvieron al entrar y salir de la fase experimental. El consumo de alimento fue la diferencia de la cantidad de alimento ofrecido y el rechazado diariamente. La ganancia diaria de peso se calculó con base al promedio de la ganancia diaria de peso de 6 pesajes realizados durante la fase experimental, realizadas cada 15 días. La conversión alimenticia se calculó dividiendo el consumo de materia seca entre la ganancia diaria de peso, y la eficiencia alimenticia, dividiendo la ganancia diaria de peso entre el consumo diario de materia seca.

Análisis de datos

Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 10 repeticiones tomando el peso vivo inicial como covariable, considerando a cada animal como la unidad experimental, el peso promedio de los corderos al iniciar el experimento fue de 21 kg. Los datos fueron evaluados mediante análisis de varianza y prueba de comparación de múltiple de medidas (tukey) utilizando el paquete computacional SAS, 2014. Se empleó el siguiente modelo estadístico: $Yij = m + ti + b(Xij - x..) + eij$. Donde Yij= variable de respuesta; m= media general; ti= efecto del i-ésimo tratamiento; b= coeficiente de regresión; Xij= covariable (peso vivo inicial) y eij= error experimental.

Cuadro 2. Ingredientes y composición química de las dietas base seca de las dietas experimentales consumidas por los borregos en engorda.

	Porcentaje de floración		
Ingredientes de inclusión	0	20	100
Alfalfa	15.04	15.04	15.04
Harina de vaina de mezquite	9.21	9.21	9.21
Pasta de soya protegida	3.57	3.57	3.57
Melaza	5.85	5.85	5.85
Grasa de sobrepaso	1.37	1.37	1.37
Maíz rolado	6.86	6.86	6.86
Microminerales	0.05	0.05	0.05
Ensilaje de manzana	50.67	50.67	50.67
Pollinaza	6.15	6.15	6.15
Sal común	0.16	0.16	0.16
Bicarbonato de sodio	0.37	0.37	0.37
Agua	0.54	0.54	0.54
Aluminosilicatos	0.16	0.16	0.16
TOTAL	100	100	100
Composición nutrimental calculada (%)			
Materia seca	51	55	58
Proteína cruda	17.01	17.02	17.00
Grasa cruda	2.8	6.1	6.8
FDN	28	29.5	29
FDA	21	22	22
EM (Mcal/kg)	2.406	2.394	2.396
Calcio	0.84	1.17	1.28
Fosforo	0.43	0.44	0.44

FDN= fibra detergente neutra, FDA= fibra detergente acida, EM=energía metabolizable

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en este experimento se muestran en el Cuadro 3. El análisis estadístico realizado a Peso vivo final reveló diferencias entre tratamientos ($P<0.0191$) presentando las mayores ganancias de peso en tratamiento con el 20 % de floración de alfalfa, en donde T1 y T2 tuvieron medias de pesos similares 39.58 kg y 40.97 kg respectivamente, y T3 con una media de 38.10 kg que es el tratamiento en el que se expresa una mayor diferencia.

Las variaciones y diferencias estadísticas en cuanto al consumo de materia seca entre tratamientos posiblemente este influenciado por el contenido de materia seca (MS) presente en los distintos tipos de alfalfa utilizada, diversos autores demostraron que la calidad de la alfalfa depende del estado fenológico en el que se encuentre el forraje al momento del corte. (Reséndiz, 2011) evaluó el efecto de diferentes niveles de alfalfa 0, 20, 30 y 40 % (base seca) en la dieta de corderos sobre el comportamiento productivo, durante 11 semanas, y concluyeron que se puede sugerir la alfalfa como un ingrediente base en la alimentación ovina incluyendo hasta un 40 % de matera seca, ya que puede mejorar la rentabilidad sin afectar las variables productivas. Cozzi y col. (2005) evaluaron dietas basadas en heno de alfalfa con diferentes estados de madurez, al inicio y al final de la floración en vacas lecheras; estudio que demostró que el contenido de proteína cruda (PC) disminuyo en un 5 % y la fibra detergente neutro (FDN) aumento 11 % en el heno en floración total mientras que la madurez de la planta no afecto el consumo. En otro estudio, Lagasse y col., (1990) descubrieron una correlación

entre la calidad del forraje consumido y el consumo, el heno de alfalfa tuvo una menor cantidad de FDN en comparación con pasto Bermuda (*Cynodon dactilon*) y ovillo (*Dactylis glomerata L.*), el consumo del forraje aumento de 12 a 17 % al sustituir 15 a 30 % de bermuda con heno de alfalfa, pero no hubo diferencia al sustituir al pasto ovillo. Los resultados obtenidos dentro de esta investigación se asemejan con los reportados, pues si bien las dietas ofrecidas durante el experimento contenían la misma cantidad de heno de alfalfa el porcentaje de FDN difería entre los 3 estados fenológicos utilizados de la alfalfa, este elemento está relacionado con el llenado del tracto gastrointestinal de los animales pues una alta concentración de FDN se asocia a un menor consumo de alimento (Leonardi y col., 2003). Este razonamiento dejaría clara la diferencia entre los consumos de los tratamientos 2 (1206.1 g/día) y 3 (1177.1 g/día) pues la diferencia de FDN entre estos estados fenológicos es de casi 29 unidades (T2, 20 % floración FDN 40.2 y T3, 100 % floración FDN 68.9) justificando así el menor consumo de T3 y de igual forma del T1 pues los porcentajes de MS incluida en la alfalfa es menor a los anteriores y el consumo no podría ser el mismo en base seca. Weder y col. (1999) también obtuvieron resultados semejantes en un experimento en bovinos, alimentados en praderas de gramíneas y un suplemento con heno de alfalfa de alta calidad (al inicio de la floración) y de mala calidad (fin de floración), aumento el consumo de MS en 18 y 30% así como la digestibilidad 56 y 54 %.

Cuadro 3. Parámetros productivos de ovinos en engorda alimentados con diferentes niveles de floración de alfalfa en la dieta.

	Tratamiento (% de floración de la alfalfa)					
Variable	0	20	100	CV	DE	Sig.
Peso vivo inicial (kg)	19.20	18.93	20.05		---	---
Pesos vivo final (kg)	39.58^{ab}	40.97^{a}	38.10^{b}	5.89	0.43	0.0191
Consumo de alimento MS g/día	1098.7^{b}	1206.1^{a}	1177.1^{ab}	6.20	0.17	0.0130
Ganancia diaria de peso g	296.88^{ab}	317.33^{a}	275.22^{b}	11.55	0.52	0.0011
Conversión Alimenticia	3.73^{b}	3.80^{b}	4.32^{a}	10.04	0.32	0.0151

CV= coeficiente de variación, DE=desviación estándar, Sig.=significancia.
ab En cada fila, cifras con letras distintas son significativamente diferentes.

Conclusiones

Incluir alfalfa en diferente estado fenológico en dietas para corderos en crecimiento, tiene efecto sobre las variables productivas, obteniéndose en este experimento mejores parámetros con la alfalfa al 20 % de floración. Esto se relaciona con una mayor biodisponibilidad de principios nutritivos y el porcentaje de nutrientes digestibles totales en la planta, además de otorgar un mayor rendimiento en porcentaje de Materia seca, justificada por el desarrollo fisiológico de la planta representado por una correlación inversa entre la cantidad de nutrientes y el porcentaje de MS, observando equilibrio dentro de este porcentaje de floración de corte.

Referencias

Arias, M. P. Z. (1993). Caracterización de los sistemas ejidales de producción ovina y caprina en el estado de Aguascalientes. Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, (10), 67-72.

AOAC. (1984). Official Methods of Analysis. 5 a ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. EE.UU.

CONAGUA, (2009). Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2008-2009.Disponible en: www.conagua.gob.mx/CONGUA/Publicaciones/libroEADR2008-09.pdf.

Chesson, A. (1988). Lignin-polysaccharide complexes of the plant cell wall and their effect on microbial degradation in the rumen. Animal Feed Science and Technology, 21(2-4), 219-228.

Cozzi, G., M. Dorigo, F. Gottardo, P. Berzaghi, I. Andrighetto. (2005). Effects of alfalfa germplasm and stage of maturity on digestive process and productive response of dairy cows fed alfalfa hay-based diets. Italian Journal of Animal Science, 4(3), 211-221.

Lagasse, M. P., A. Goetsch, K. Landis, L. Forster (1990). Effects of supplemental alfalfa hay on feed intake and digestion by Holstein steers consuming high-quality bermudagrass or orchardgrass hay. Journal of animal science, 68(9), 2839-2847.

Leonardi, C., L. E. Armentano. (2003). Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. Journal of Dairy Science, 86(2), 557-564.

Malherbe, S., T. E. Cloete. (2002). Lignocellulose biodegradation: Fundamentals and applications. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, 1(2), 105-114.

NRC. 2007. Nutrient requeriments of sheep. National Academy Press. 6 th Rev Ed. Washington, D.C USA.

Reséndiz Cruz, V. (2011). Finalización de borregos Pelibuey utilizando dietas con diferentes niveles de alfalfa: respuesta en producción y calidad de la carne (Master's thesis).

Rosales Martínez, G. N. (2008). Caracteristicas digestivas del heno de alfalfa (Medicago sativa), producida en el valle de Mexicali durante dos épocas de corte.

Van Soest, P. J. (1982). Nutritional ecology of the ruminant. Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and chemistry of forages and plant fibers. O & B Books Inc. 24 p.

Weder, C. E., T. Del Curto, T. Svejcar, J. R. Jaeger, R. K. Bailey (1999). Influence of supplemental alfalfa quality on the intake, use, and subsequent performance of beef cattle consuming low-quality roughages. Journal of animal science, 77(5), 1266-1276.

BAGAZO DE MAGUEY EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL COMO ALTERNATIVAS SOSTENIBLES EN LA ZONA NORTE DE AGUASCALIENTES.

A. Z. Arellano-Floreano[1]*, M. González-Reyes[1], E. Silva-Campos[1], H. Flores Martínez[1].

[1]Estudiante del Doctorado en Ciencias en Biotecnología en Procesos Agropecuarios Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330.

*Autor de correspondencia: amaya.af@llano.tecnm.mx ORCID:0009-0004-6324-3189

Resumen

En la actualidad los productores pecuarios presentan la problemática de alimentar al ganado durante largos periodos de sequias y baja disponibilidad de forrajes, por ello los recursos forrajeros nativos de cada región, se han pensado como alternativa de alimento, tal es el caso del maguey y/o los subproductos que resultan de este. El bagazo de agave es el residuo sólido lignocelulósico que se origina después de que las piñas son sometidas a cocción y exprimidas para extraerle los azúcares fermentables para la obtención de los mostos. Existen diversas alternativas que se han utilizado para el manejo del bagazo, una de ellas es el uso potencial como parte en la dieta de rumiantes empleando técnicas que permitan su fácil degradación y asimilación como lo es el ensilado y la adición de compuestos que mejoren su valor nutricional nutricional. El presente manuscrito es una revision de información publicada en articulos científicos sobre el valor nutritivo del bagazo de maguey en la alimentación de rumiantes.

Palabras clave: Agave, bagazo, forraje.

Abstract

Currently, livestock producers have the problem of feeding livestock during long periods of drought and low availability of fodder, so the native fodder resources of each region have been considered as an alternative food, such is the case of maguey and/or the by-products resulting from it. *Agave* bagasse is the solid lignocellulosic residue that originates after the Agave s are cooked and squeezed to extract fermentable sugars to finally, obtain an alcohol beverage. There are several alternatives that have been used for bagasse management, one of them is, the potential use as part of the ruminant diet by techniques that allow its easy degradation and assimilation such as ensiling and the addition of compounds that improve its nutritional value. This manuscript is a review of information published in scientific articles on the nutritional value of maguey bagasse in ruminant diets.

Keywords: Agave, bagasse, forage.

Introducción

En México se genera una gran cantidad de residuos agroindustriales en relación de 0.8 kg de bagazo /litro de tequila fabricado, que pueden ser aprovechados para obtener productos de valor agregado. La industria del mezcal ha tenido un crecimiento significativo en los últimos años lo que la llevo a posicionarse como uno de los grandes productores de bebidas alcohólicas mexicanas. La trasformación industrial a través de la materia prima de fabricación genera dos productos principales: el jugo de azucares que es utilizado para la obtención del mezcal y el bagazo residuo solido lignocelulósico de la extracción, (Ramírez y col., 2012) este último representa un problema para su disposición final, pues generalmente se deposita en lugares no aptos y sin ninguna utilización posterior. Por ello se buscan nuevas técnicas como el ensilaje para la utilización del bagazo como fuentes adicionales de alimento para animales, pues permite utilizarse como alimento enriquecido y con características nutricionales mejoradas al adicionar diferentes compuestos alcalinos (Ramírez y col., 2012) los cuales bajan considerablemente los niveles de lignina y con ello se eleve la digestibilidad, por otra parte la adición de urea eleva el contenido de proteína cruda (García 2021; Reyes, 2022), lo que representa una buena alternativa viable para la alimentación de rumiantes principalmente en estaciones secas. El suministro de maguey como alimento forrajero ha animales rumiantes, no es una actividad reciente, desde que existe la

ganadería en el país, pues en lugares donde se cultiva y existe de manera natural esta especie vegetal se ha proporcionado como alimento emergente en periodos de estiaje (Castro y col., 2016). Sin embargo, resulta importante resaltar las propiedades nutrimentales, desde diferentes perspectivas y técnicas que permitan la descripción de los componentes del mismo.

El cultivo del agave es de suma relevancia para México ya que representa una importante fuente de ingresos para los productores, industrializadores y comercializadores debido a que es considerado la materia prima principal para la elaboración del tequila y mezcal; de la cual México posee la denominación de origen. En 2020 la producción de agave en México fue de 1,913,026 toneladas (+7.0 % en comparación con 2019), las cuales fueron obtenidas de 25,741 hectáreas cosechadas (+6.1 %), por lo que el rendimiento promedio nacional quedó en 74.3 toneladas por hectárea (+0.9 %). En 2020 el estado de Jalisco fue el principal productor de agave en México con 1,146,833 toneladas (59.9 %), seguido por Guanajuato con 273,586 toneladas (14.3 %) y Oaxaca con 183,514 toneladas (9.6 %), por lo que estas tres entidades representaron el 83.8 % de la producción nacional. Jalisco, Guanajuato y Oaxaca fueron los estados con mayor superficie cosechada, con 12,995, 3,471 y 2,800 hectáreas, respectivamente el 50.5 %, 13.5 % y 10.9 % del total nacional. Mientras que Zacatecas, Jalisco y Puebla tuvieron el mayor rendimiento promedio, con 90.8, 88.3 y 84.3 toneladas por hectárea. En cuanto al valor de la producción, el estado de Jalisco generó 24,788 millones de pesos (74.2 %), seguido por Guanajuato con 4,794 millones de pesos (14.4 %) y Nayarit con 1.117 millones de pesos (3.3 %), siendo el valor total de la producción nacional de agave de 33,404 millones de pesos. De acuerdo con cifras del Consejo Regulador del Tequila, en el 2021 hubo un incremento del 41.2 % en la producción del tequila respecto al año anterior, alcanzando los 487.3 millones de litros producidos. Además, el consumo de agave creció a la par de la producción de tequila presentando un incremento del 43.5 % en el periodo enero-noviembre 2021 vs enero-noviembre 2020 llegando a 1 millón 866 mil toneladas de agave consumidos. De toda esta producción se generan residuos que actualmente son de poca importancia en la agroindustria, pero con amplia repercusión ambiental. El primero de ellos son las hojas, seguidas por el bagazo. El bagazo de agave es el residuo fibroso que queda después de que las cabezas de agave 'piñas' son troceadas, cocidas, enjuagadas y exprimidas para obtener los azucares fermentables para la obtención de los mostos que serán utilizados en la producción. Existen diversas alternativas que se han utilizado para el manejo del bagazo en la industria del tequila y proporcionan a la misma sustentabilidad ambiental, una de ellas es el uso potencial como parte en la dieta de rumiantes empleando técnicas que incrementen la degradación y asimilación como lo es el ensilado y la adición de compuestos, lo que permitirá que el bagazo sea utilizado en periodos de estiaje donde el alimento escasea y se eleva en costos. Se han reportado los valores nutricionales del bagazo de diferentes especies de maguey, lo que permitirá utilizar estos sub productos en la ganadería, el bagazo de *Agave salmiana* pude llegar a contener 2.25 % de proteína cruda, y 22.15 % de fibra cruda, en tanto que presenta el 47 % de celulosa, 13 % de hemicelulosa y 10 % de lignina, de acuerdo a los requerimientos de los ovinos este material vegetal se puede utilizar en combinación con forrajes, en cuanto a la composición mineral se han establecido valores para el calcio de 3. 46 % en *Agave salmiana* y 1.95 % en A*gave tequilana* lo que cubriría los requerimientos en los ovinos en mantenimiento que están reportados en 2.4 %.

Los forrajes constituyen la fuente más económica de nutrientes para el ganado. Se cuenta con diversas especies forrajeras adaptadas a las diferentes zonas agroecológicas, pero con deficiencia en su aprovechamiento. Existen algunas tecnologías para la conservación y almacenamiento de forrajes que permiten su utilización en la época apropiada. (Herrera y col., 2007).

El suministrar maguey como alimento o forraje para los animales, no es una actividad reciente, desde que existe se ha proporcionado como alimento emergente en épocas de estiaje, incluso los mismos animales ramonean a los magueyes cuando están en la etapa de formación del meristemo de floración. (Castro, y col 2016). Esta planta perenne es originaria de México, altamente productiva en áreas ecológicas limitadas por la escasez de agua y suelo. Posee, además, alta producción de biomasa (±25 t MS/ha/año), de la que se utilizan las hojas, como es el caso de la piña (Figura 1). Sus residuos se aprovechan como suplemento para el ganado, convirtiéndose en un alimento que proporciona energía, minerales y agua. (Zamudio y col., 2009).



Figura 1. Residuos vegetales del proceso de elaboración de bebidas alcohólicas usando como fuente diversas especies de Maguey.

Aprovechamiento forrajero del maguey

Los forrajes constituyen la fuente más económica de nutrientes para el ganado. Se cuenta con diversas especies forrajeras adaptadas a las diferentes zonas agroecológicas, pero con deficiencia en su aprovechamiento. Existen algunas tecnologías para la conservación y almacenamiento de forrajes que permiten su utilización en la época apropiada. (Herrera y col., 2007).

El suministrar maguey como alimento o forraje para los animales, no es una actividad reciente, desde que existe se ha proporcionado como alimento emergente en épocas de estiaje, incluso los mismos animales ramonean a los magueyes cuando están en la etapa de formación del meristemo de floración. (Castro, 2016). Esta planta perenne es originaria de México, altamente productiva en áreas ecológicas limitadas por la escasez de agua y suelo. Posee, además, alta producción de biomasa (±25 t MS/ha/año), de la que se utilizan las hojas, como es el caso de la piña. Sus residuos se aprovechan como suplemento para el ganado, convirtiéndose en un alimento que proporciona energía, minerales y agua. (Zamudio y col., 2009).

Bagazo de maguey

En el mundo, los subproductos agroindustriales, en su generalidad, constituyen contaminantes ambientales, pero que en la actualidad se han utilizado en la alimentación de rumiantes en sustitución de forraje en períodos de estiaje, aunque debido a su bajo valor nutritivo se deben complementar con otros ingredientes. (Gutiérrez y col., 2018). El creciente interés por utilizar estas fuentes de forraje, se ha canalizado en una serie de investigaciones tendientes a buscar una mejor utilización de estos materiales y productos (Mata y col., 2011).

El bagazo de maguey, residuo agroindustrial de las fábricas de tequila y mezcal, es producido en una relación de 0.8 Kg de bagazo/litro de tequila fabricado. Actualmente es depositado en lugares específicos sin ningún tratamiento ni valorización. Este residuo está compuesto de material fibroso heterogéneo y de un material orgánico no fibroso en forma de partículas finas. El bagazo está compuesto de material lignocelulósico, azúcares y otros compuestos que por sus características físico- químicas puede ser utilizado para la elaboración de diversos productos de interés económico. (Ramírez, 2012). Análisis químicos han reportado que presenta un contenido de celulosa 42 %, lignina 14 %, hemicelulosas 18.5 %, en base FDN, nitrógeno total 2.6 %, pectinas 0.8 %, grasas y aceites 1.2 %, azucares reductores totales 6.2 %, cenizas 6.7 % en base MS. De acuerdo a estos análisis se vio que la hemicelulosa, celulosa y los azúcares pueden ser utilizados como complemento de alimento animal. (Ramírez y col., 2008). Para el bagazo de *Agave fourcroydes* se han reportado valores de 12.55 % de materia seca, 85.39 % de materia orgánica, 84 % de proteína cruda y 23. 60 de fibra bruta. (Gutiérrez, y col 2020). (Delgadillo y col., 2015) obtuvieron valores para los macro minerales mostrando que, el

bagazo de agave puede representar una fuente natural de calcio. Las plantas de agave son de hoja perenne xerófitas que contienen cristales de oxalato de calcio en el mesófilo, en el Cuadro 1 se puede observar los datos correspondientes a su trabajo.

Cuadro 1. Composición proximal del bagazo de *Agave salmiana* y *Agave webery* Cela.

Componente Principal.	*Agave salmiana* (Delgadillo-Ruiz y col., 2015).	*Agave wevery* cela (Delgadillo-Ruiz y col., 2015).	*Agave tequilana* W. cv azul (Ramírez-Cortina y col., 2008).	*Agave tequilana* W. (Ramírez-Cortina y col., 2012).	*Agave fourcroydes* (Gutiérrez y col., 2018).
Materia seca	28.37	25.80	38	/	/
Ceniza	2.14	1.81	2	/	14.61
Fibra cruda	22.15	16.58	/	77	/
Extracto etéreo	0.27	0.27	/	/	/
Proteína cruda	2.25	2.73	/	/	8.84
FDN	45.45	52.95	/	/	/
pH	4.5	4.3	/		/
Celulosa	/	/	41	56	/
Hemicelulosas	/	/	18	24.5	/
Lignina	/	/	12	19.5	/

Cuadro. 2. Contenido de minerales en bagazo tratados quimicamente usando cono fuente diferente especie.

Mineral.	*A. salmiana* .	*A. webery* cela.
Nitrógeno total %	0.54	0.73
Fosforo %	0.03	0.02
Potasio %	0.43	0.08
Calcio %	3.46	1.95
Magnesio %	0.12	0.08
Sulfuro %	0.21	0.53
Hierro, ppm %	79.1	485
Zinc, ppm	38.5	25.9
Manganeso, ppm	8.16	7.81
Cobre, ppm	1.89	5.17

Ensilaje de bagazo de maguey

El ensilaje es un método de conservación de forrajes, residuos agrícolas o subproductos agroindustriales a través de proceso de fermentación natural, los cuales constituyen una alimentación sana y nutritiva. (Triana y col., 2014), además es un método de preservación para el forraje húmedo y su objetivo es la conservación del valor nutritivo del alimento durante el almacenamiento. Inicialmente, el objetivo de esta técnica fue la conservación del forraje húmedo en óptimas condiciones y sin alterar sus nutrimentos. A pesar de ello, no solo se emplea para ese propósito, sino también para la preservación de los subproductos agroindustriales de yuca, pescado, plátano, caña, maíz y sorgo, entre otros. (Valencia-Castillo y col., 2011). En las ganaderías modernas los forrajes son segados en la fase donde el rendimiento y el valor nutritivo están al máximo y se ensilan para asegurar un suministro continuo de alimento durante el año. En la actualidad el alto desarrollo de la industria conlleva a la generación de residuos de igual forma que al perfeccionamiento e implementación de nuevas técnicas o métodos para su aprovechamiento, los residuos utilizables se definen como aquellos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial. (Borrero-Manrique y col., 2010). El ensilaje de maguey permite bajar los niveles de saponinas y cristales de oxalato de calcio, pues tienden a degradarse por medio de la fermentación. (Álvarez-Fuentes y col., 2015), lo que permite mejorar digestión de los rumiantes al consumirlo.



Figura 2. Procedimiento experimental para tratamiento de bagazo de Agave para eficientar su aprovechamiento forrajero.

Referencias

Álvarez-Fuentes G., García-López J.C., Pinos-Rodríguez J.M., Jasso- Pineda Y., Tristán-Patiño F.M., González-Garduño R. (2015). Maguey (*Agave* spp) silage production whit either alfalfa or mesquite pod meal as protein source. Journal of Animal &Plant Sciences. Vol 24. No 1. Pp 3714-3721.

Borrero-Manrique, K. Cujia-Mendinueta, C. Gutiérrez-Castañeda (2010). Ensilado de mango y lacto suero: una alternativa de alimento en vacas lecheras. Vol. 6. Pp 26-37.

Castro-Riveral R., Aguilar-Benítez G., Solís-Oba M.M. (2016). Ensilado de maguey, una alternativa para alimentación animal en zonas áridas y semiáridas. Revista frontera biotecnológica. Vol. 4.

Delgadillo-Ruiz L., Bañuelos-Valenzuela R., Esparza-Ibarra E.L., Gutiérrez-Bañuelos H., Cabral-Arellano F.J., Muro-Reyes A. (2015). Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimentación para rumiantes. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Vol. 11. Pp. 2099-2103.

García P., Reyes S., Frías J., Arredondo M., Gutiérrez A., Gutiérrez D. (2021). Evaluación nutricional del ensilado de *Agave salmiana y Agave americana* enriquecidos con urea. AIDA. XIX Jornadas sobre Producción Animal, 104.

Gutiérrez G.D., Elías A, Lima O.R., Tuero O., Monteagudo F., Mediana L.B. (2018). Degradabilidad ruminal in situ de la materia seca del bagazo de henequén (*Agave foucroydes*). Cuban Journal of Agricultural Science. Nota técnica. Vol. 52. No. 1.

Mata-E M.A., Torres-C M.G., Hernández-I G., Cobos-P M.A Rodríguez- S., G., A. Luevano-L, Guzmán-G D.R., Gámez-A M.M. (2011). Degradación *in vitro* de *Agave mapisaga*, A*gave salmiana* var. y *Agave salmiana* var. ferox. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, vol. 10. No. 2. Pp. 123-129.

Ramírez-Cortina C.R., Alonso-Gutiérrez M.S., Rigal L. (2012). Valorización de residuos agroindustriales del tequila para la alimentación de rumiantes. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente.

Ramírez-Cortina C.R., Alonso-Gutiérrez M.D. L. S. (2011). Tratamiento alcalino de los residuos agroindustriales de la producción del tequila, para su uso como complemento de alimento de rumiantes. AIDIS. Vol. 5. No. 2. Pp. 69-77.

Ramírez-Cortina C.R., Alonso-Gutiérrez M.D. L. S (2008). Tratamiento biológico con *Phanerochaete chrysosporium* de los residuos agroindustriales de la industria del Tequila, para el aumento de su digestibilidad como complemento del alimento de rumiantes. AIDIS. Vol. 1. No 4.

Reyes-Castro S., Valencia-Posada M., Gutiérrez-Arenas D. A., Ruiz- Aguilar G.M., Gutiérrez –Chávez A. J., Isidrón-Pérez M.F, Núñez-Palenius H.G. (2022). Uso del ensilado de *Agave tequiliana* weber c.v. azul en la alimentación de ovinos en crecimiento. Brazilian Journal of animal and Environmental Research. Vol. 5. No. 2. Pp. 2137-2148.

Triana E., Leal F., Campo Y., Lizcano H. (2014). Evaluación de ensilaje a partir de los subproductos agroindustriales (cascara de naranja y plátano rechazado) para alimentación de ganado ovino. Revista alimentos hoy. Vol. 22. No 31.

Valencia-Castillo A., Hernández -Beltrán A., López-Buen L. (2011). El ensilaje: ¿Qué es y para qué sirve? Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana Vol. 24, No 2.

Zamudio D.M, Pinos-Rodríguez J.M., González S.S., Robinson P.H., García J.C., Montañez O. (2010). Effects of *Agave salmiana* otto Ex salm-Dyck silage as forage on ruminal fermentation and growth in goats. Vol 148. No 1. Pp 1-9.

DESARROLLO DE UN TIPO CHORIZO DE CARNE DE CONEJO CON INFLORESCENCIAS DE CHAPAY (*Astrocaryum mexicanum* Liebm)

J. S. Castellanos Romero[1], E. G. Ceballos Falcón[2], A. L. Luna Jiménez[2], R. Jiménez Vera[2], J. L. Álvarez Arellano[3], N. González Cortés[2]

[1]Estudiante del Programa Educativo de Ingeniera en Alimentos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Campus Tenosique. [2]Profesores e Investigadores de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Campus Tenosique. Carr. Tenosique-Estapilla km 1, Col. Solidaridad CP 86901 Tenosique Tabasco, México.
[3]Profesor del Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios Núm. 249, Niños Héroes LB, Héroe de Nacozari, CP 86904 Tenosique de Pino Suárez, Tab.

*Autor de correspondencia: nicolas.gonzalez@ujat.mx ORCID: 0000-0001-7336-4524

Resumen

Existe un enorme reto para alcanzar el objetivo de hambre cero, principalmente en las zonas más pobres y marginadas. La cunicultura es una actividad sustentable para la producción de carne de excelente calidad nutricional. El objetivo de este estudio fue desarrollar de un tipo chorizo de carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) con inflorescencias chapay (*Astrocaryum mexicanum* Liebm, Arecaceae) como estrategia de seguridad alimentaria en comunidades marginadas de Tabasco, México. Para la elaboración de este tipo de chorizo se le adicionó inflorescencias de chapay finamente picadas en segmentos menores de 0.5 cm, luego se pusieron chiles guajillo sin semilla a hervir por 7 min, después se licuaron, adicionando ajo, vinagre y especias hasta obtener una pasta. Esta mezcla fue adicionada a la carne de conejo, dejando reposar en refrigeración a 4 °C por 24 horas, luego se dividió en tres tratamientos con 0, 5 y 10 % de inflorescencias de chapay. Los resultados indican que el chorizo de carne de conejo tuvo entre 46.16 a 38.5 % de proteína; 8.46 % más que el chorizo de cerdo, por lo que indica claramente que el chorizo de conejo es más rico en proteína. En cuanto al nivel de agrado, se tuvo que la aceptación del chorizo de conejo es muy similar al chorizo de cerdo, incluso en cuanto a sabor, el chorizo de conejo superó al chorizo de cerdo. Se concluye que el chorizo de carne de conejo adicionado con inflorescencias de chapay es más rico en proteína y muy bien aceptado por el consumido.

Palabras clave: tipo chorizo, cunicultura, seguridad alimentaria, innovación alimentaria.

Abstract

There is a huge challenge to reach the goal of zero hunger, mainly in the poorest and most marginalized areas. Rabbit farming is a sustainable activity that produces meat of excellent nutritional quality. The objective of this study was to develop a type of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) meat chorizo with chapay inflorescences (*Astrocaryum mexicanum Liebm, Arecaceae*) as a food security strategy in marginalized communities of Tabasco, Mexico. For the preparation of this type of chorizo, finely chopped chapay inflorescences were added in segments smaller than 0.5 cm, then seedless guajillo chiles were boiled for 7 min, then liquefied, adding garlic, vinegar and spices until a paste was obtained. This mixture was added to the rabbit meat and kept in refrigeration at 4 °C for 24 hours, then divided into three treatments with 0, 5, and 10 % chapay inflorescences. The results indicate that the rabbit meat chorizo had between 46.16 and 38.5 % protein; 8.46 % more than the pork chorizo, clearly indicating that the rabbit chorizo is richer in protein. As for the level of liking, it was found that the acceptance of rabbit chorizo is very similar to pork chorizo, and, even in terms of flavor, rabbit chorizo surpassed pork chorizo. We concluded that the rabbit meat chorizo added with chapay inflorescences is richer in protein and very well accepted by consumers.

Keywords: Pork chorizo, *Astrocaryum*, rabbit, meet.

Introducción

En los últimos años, las condiciones extremas del clima, factores socioeconómicos y de salud son de mayor frecuencia e intensidad, los cuales van desviado al mundo de la senda que lleva a poner fin al hambre y la malnutrición mundial en todas sus formas para 2030. Las dificultades han aumentado a raíz de la pandemia de la COVID-19 y los altos costos de los alimentos, dando lugar a que millones de personas en el mundo padecen inseguridad alimentaria y distintas formas de malnutrición porque no se pueden permitir el costo de las dietas saludables (FAO 2021).

La cunicultura es la crianza de conejos, donde los costos de inversión y mano de obra son pocos, y los miembros más vulnerables de las familias pueden ocuparse de cuidarlos. Este sistema es muy productivo, porque tienen hasta 11 crías al año, en comparación con 0.8 del ganado vacuno y 1.4 del ovino (FAO 1999). La carne de conejo es blanca, rica en proteínas, de grasa escasa y baja en colesterol, tras la ingestión de esta carne la producción de ácido úrico es menor en el cuerpo humano. Es una magnifica alternativa alimentaria de gran valor dietético, y de alto contenido nutricional, por lo tanto, las características físico químicas de la carne la hacen auténticamente ligera. Así mismo la carne de conejo contiene proteína 20.2 %; grasa 3.7 %; cenizas 1.24 %, con aminoácidos como la lisina, metionina, triptófano que son muy importantes para el cuerpo, y que no se obtienen de otras fuentes alimenticias (Castillo y col., 2013*).* Aunado la carne de conejo se puede procesar en varios productos como jamón, salchicha, carne para hamburguesa o chorizo.

La comercialización del chorizo en México se lleva a cabo principalmente en carnicerías (41 %) y centrales de abasto mayoristas (40 %), supermercados (12 %) y mercados rurales (7 %) (Consejo Mexicano de la Carne 2011). El lugar de comercialización se corresponde con el tipo de elaborador: grandes industrias que sustentan una marca registrada cuyos chorizos se venden en supermercados, medianas empresas de ámbito regional que elaboran y distribuyen el chorizo en centrales de abasto mayoristas, carniceros locales minoristas, y pequeños productores de ganado, en el ámbito rural y familiar (González-Tenorio y col., 2013). Este embutido es ampliamente consumido en la dieta mexicana. El chorizo mexicano es generalmente elaborado con carne y grasa de cerdo y se comercializa normalmente fresco (Kuri y col., 1995; Escartin y col., 1999). Actualmente existe la tendencia de hacer embutidos más saludables al adicionarle colorantes naturales con funciones antioxidantes o al agregarles otros componentes vegetales específicos. Moreno y col., (2020) elaboraron un embutido de pasta gruesa con adición de fibra alimentaria de feijoa (*Acca sellowiana* Berg).



Figura 1. La Cunicultura: una estrategia de seguridad alimentaria rural. a) alimentación de conejos con forraje verde hidropónico, b) faenado de conejos y c) conejo en barbacoa blanca.

El chapay (*Astrocaryum mexicanum*) es una palma que forma parte de los ecosistemas tropicales y en el flujo del nitrógeno y fosforo de los suelos. Por otra parte, las inflorescencias tienen mucha importancia en la alimentación de comunidades rurales principalmente de Chiapas y Tabasco (Guadarrama y col., 2013). Pero existe la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías para desarrollo de nuevos productos para un consumo y mercado regional y nacional. Considerando que las flores de chapay contienen 20 a 24 % de proteína, 10.63 % de fibra, 3.93 % extracto etéreo, 8.71 % de cenizas y 47.27 % de extracto libre de nitrógeno (Cruz, 2005; Centurión y col., 2009). Por lo anterior, el objetivo **de este**

estudio fue desarrollar un chorizo de carne de conejo con tres niveles de chapay, como estrategia de seguridad alimentaria para comunidades altamente marginadas del sureste mexicano.

Materiales y métodos

Recolección de chapay

La inflorescencia de chapay se recolecto en la zona sierra del municipio de Tenosique, el cual se localiza en la región de los Ríos, al sur del estado de Tabasco, entre los paralelos 17° 28.5' de latitud norte y los 91° 25.6' de longitud oeste, y a 20 msnm, colindando al sur con el país de Guatemala (INEGI, 2015). El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias todo el año con precipitación promedio anual de 2614 mm, acentuándose en verano y tiene una temperatura media anual de 30.5 °C (Arreola y col., 2002).

Figu



de



Figura 3. Inflorescencias de chapay (*Astrocaryum mexicanum*): a) inflorescencias con espinas, b) inflorescencias sin corteza y c) inflorescencia desgranada.

Elaboración del tipo chorizo de conejo con chapay

Para la elaboración del chorizo de conejo se utilizaron tres porcentajes de inflorescencias chapay maduras picadas finamente. Primero se hidrataron los chiles guajillo sin semilla en agua hirviendo, una vez hidratados se licuaron junto a los ajos, el vinagre y el resto de las especias hasta obtener una pasta. Esta mezcla fue adicionada a la carne de conejo dejando reposar en refrigeración por 24 horas para luego ser dividida en tres tratamientos, en los cuales a cada uno se le adicionaron las cantidades de chapay (Cuadro 1). Cada tratamiento fue pasado por un molino industrial Fuerpla® donde

la carne en conjunto con el chapay quedó debidamente molida para pasar a ser embutida haciendo uso de la embutidora industrial de marca Fuerpla®.

Cuadro 1. Especificaciones de cantidades de carne de conejo y chapay (*Astrocaryum mexicanum*) para la elaboración de chorizo.

Tratamiento	Carne conejo (g)	Chapay (g)	% Chapay
1	1000	0	0
2	950	50	5
3	900	100	10

Las variables para medir fueron: contenido de proteína y grasa, también se realizó un análisis sensorial (30 consumidores convencionales, usando la escala hedónica de 5 puntos), con la finalidad de analizar el nivel de aceptación del producto, con relación a un chorizo de cerdo. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva.

Resultados

Elaboración del chorizo y valor nutricional

El chorizo de carne de conejo es una opción viable para cubrir las demandas cualitativas y nutricionales de los consumidores actuales, sobre todo de poblaciones con alta pobreza alimentaria. En este estudio se logró desarrollar un chorizo con carne de conejo adicionado con inflorescencia de chapay rica en fibra (Figura 4).



Figura 4. Desarrollo de un tipo chorizo de carne de conejo con tres niveles de chapay (*Astrocaryum mexicanum*), de izquierda a derecha, con 0, 5 y 10 % de inflorescencias de chapay.

El chorizo de carne de conejo obtenido en este estudio presentó alto contenido proteico. Los resultados indican que el chorizo de carne de conejo va entre 46.16 a 38.5 en comparación con el chorizo de cerdo que contiene entre 41.9 a 33.37 %, por lo que indica claramente que el chorizo de conejo es más nutritivo en cuanto a nivel de proteína (Cuadro 2). Por tanto, es importante divulgar las características nutricionales, esta carne, y es necesario desarrollar más productos que favorezcan su consumo para subsanar los problemas nutricionales en poblaciones vulnerables como son los niños, mujeres embarazadas y personas de la tercera edad que habitan en regiones altamente marginadas.

Cuadro 2. Contenido de proteína y grasa de dos tipos de chorizo de carne de conejo y cerdo con tres niveles de chapay (*Astrocaryum mexicanum*).

Tratamiento	Carne de conejo (%)	(% chapay)	Proteína (%)	Grasa (%)
1	100	0	46.16 % ±0.55	36.56 % ±0.35
2	95	5	41.98 % ±2.43	34.45 % ±0.28
3	90	10	38.5 % ±0.52	34.42 % ±0.71

Análisis sensorial

Los resultados indican que la aceptación del chorizo de conejo es muy similar al chorizo de cerdo (tratamiento control, dado que es el embutido con mayor nivel de aceptación en el mercado, Velasco y col., 2014); incluso en cuanto a sabor, el chorizo de conejo tiene mayor aceptación que el chorizo de cerdo. Por otra parte, se observó que disminuye ligeramente el nivel de aceptación del chorizo de conejo en cuanto a textura, color y olor a medida que se incrementa el contenido de inflorescencia de chapay. Esto se puede mejorar, dando un tratamiento de escalde a las inflorescencias del chapay antes de mezclarla a la carne de conejo, esto con la finalidad mejorar los atributos de textura, color y sabor, aunado a dejar madúralo por más de ocho días para reducir la actividad de agua. En la siguiente figura se presentan los resultados del análisis sensorial de chorizo de carne de conejo con tres niveles de inflorescencias de chapay, en comparación con el chorizo de carne de cerdo.

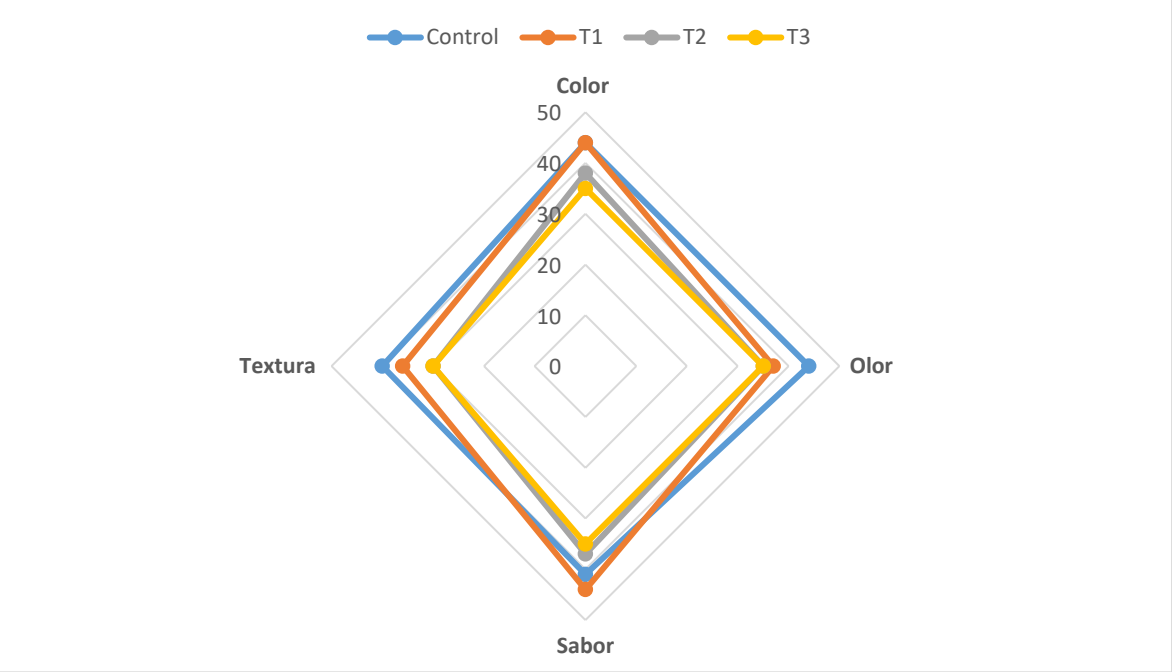


Figura 5. Resultados del análisis sensorial del chorizo de carne de conejo con tres niveles de chapay (*Astrocaryum mexicanum*).

Cruz-Bacab y col., (2018) realizaron pruebas sensoriales para evaluar la aceptación de un embutido tipo chorizo elaborado a base de carne de conejo, los aspectos evaluados fueron: color, olor, sabor y textura, y concluyen que este tipo de embutido fue aceptado sobre todo el embutido que tuvo 216 horas de maduración. Por otra parte, Moreno y col., (2020) establecieron una la receta estándar con su respectivo proceso en para la elaboración del embutido de pasta gruesa con la adición de feijoa (*Acca sellowiana* Berg), además determinaron el grado de aceptación del embutido, definiendo así la formulación final, también se realizó un análisis bromatológico y microbiológico, para garantizar la inocuidad del producto. Este trabajo demuestra que la fibra de feijoa es un producto variable, debido a que se integra perfectamente con los productos cárnicos, en el proceso de elaboración de embutidos, aportándoles propiedades nutricionales, destacando su aroma, sabor y textura.

Conclusión

El tipo chorizo de carne de conejo con 10 % inflorescencias de chapay (*Astrocaryum mexicanum*) incrementa significativamente el contiene de proteína, mientras que con el 5 % el nivel de aceptación es casi similar al chorizo de cerdo. Por tanto, el tipo chorizo de carne de conejo, solo o con inflorescencias de chapay, se convierte en una estrategia viable de alimentación para comunidades rurales.

Referencias

Álvarez-Sánchez, J., Barajas-Guzmán, G., Campo, Julio y León, Ricardo (2016). Nitrógeno y fósforo inorgánicos en el tallo de la palma *Astrocaryum mexicanum* Liebm. Ubicado en Los Tuxtlas, México. Ecología tropical, 57 (1), 45-55.

Arreola Muñoz A., Reyes Barrón .M.C., Segura Betrollini E.C., López de Llergo Juárez J.G., y Hernández Zarate C.O. (2002). Ordenamiento territorial de la microrregión cañón del Usumacinta, municipio de Tenosique Tabasco. Secretaria de Recursos Naturales y Protección ambiental Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica A.C. Villahermosa, Tabasco, México, 122 p.

Castillo Arteaga M. G., Cruz García I. A., García Ramírez D. A., González Sánchez M. S., Tapia Cardona I. Y. y Vargas Sierra M. (2013). Carne de conejo, alternativa a favor de la salud. Boletín Científico, publicación semestral. vida científica No. 2:

Centurión-Hidalgo, D., Alor-Chávez, M. J., Espinosa-Moreno, J., Gómez-García, **E**., Solano, M. L., y Poot-Matu, J. E. (2009). Contenido nutricional de inflorescencias de palmas en la sierra del estado de Tabasco. Universidad y ciencia, 25(3), 193-199.

Cruz-Bacab, L., Baeza-Mendoza, L., Pérez-Robles, L., y Martínez-Molina, I. (2018). Evaluación sensorial de embutido tipo chorizo a base de carne de conejo. Abanico veterinario, 8(1), 102-111.

Cruz C.A.J. (2025). Alternativa de un alimento no convencional propio de la región. Edición Especial No. 10-2005. Revista RESPYN.

Escartin, E.F., Castillo, A., Hinojosa-Puga, A., Saldaña-Lozano, J. (1999). Prevalence of *Salmonella* in chorizo and its survival under different storage temperatures. Food Microbiology, 16, 479-486.

FAO, 1999. Internet: http://APPS.FAO.org.

FAO (2021). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Disponible: https://www.fao.org/publications/sofi/2021/es/

González-Tenorio R, Totosaus A., Caro I. y Mateo J. (2013). Caracterización de propiedades qqímicas y fisicoquímicas de chorizos comercializados en la zona Centro de México. Información Tecnológica, Vol. 24 (2): 3-14.

Guadarrama, L. M., Trabanino, F., y Roque, A. C. (2013). Tres Perspectivas en torno al uso comestible de las inflorescencias de las palmas pacay (a) y chapay (a) en Chiapas, México: enfoques paleoetnobotánico, nutricional y lingüístico. Estudios de Cultura Maya, 41(41), 175-199.

Kuri, V., Madden, R.H., Collins, M.A. (1995). Hygienic quality of raw pork and chorizo (raw pork sausage) on retail sale in Mexico city. Journal of Food Protection, 59, No. 2, 141-145.

Moreno Avilés, K. E., y Valencia Caicedo, Y. N. (2020). Extracción de fibra de feijoa (*Acca Sellowiana* Berg) y su aplicación en embutido de pasta gruesa (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).

Velasco, J. E. C., Simental, S. S., Rodríguez, R. H. A., Álvarez, G. A., Pastrana, B. R. R., & Tenorio, R. G. (2014). Evaluación de parámetros de calidad de chorizos elaborados con carne de conejo, cordero y cerdo, adicionados con fibra de trigo. Nacameh, 8(1), 50-64.

ISSN: 2992-8222

SECCION: INNOVACION TECNOLOGICA



COMPARACIÓN DE SENSORES PROGRAMADOS MEDIANTE ARDUINO PARA EL MONITOREO EN TIEMPO REAL DEL CULTIVO DE *Bacillus subtilis* EN BIORREACTOR

J. Saucedo Díaz[1*], M. A. Vázquez Gutiérrez[1], L. L. Valera Montero[1], S. Flores Benítez[1] y J. Suárez Sánchez[2]

[1]Laboratorio de Biotecnología Aplicada del Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes. Km. 18 carretera Aguascalientes-San Luis Potosí, México. C. P. 20330. [2]Facultad de Agrobiología. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Benito Juárez 3 Tlaxco de Morelos, 90250 Tlaxco, Tlaxcala, México.

Autor de correspondencia: (jonathan.sd@llano.tecnm.mx J: Saucedo Díaz). ORCID: 0009-0001-8427-8645.

Resumen

El cultivo de *Bacillus subtilis* presenta disminución en calidad de producción debido a mecanismos metabolismo de dicho microorganismo "canibalismo y esporulación", los cuales disminuyen cantidad de bacterias viables, por lo cual es indispensable monitorear los factores que intervienen en la producción de dicho microorganismo. Por lo anterior el objetivo del presente estudio fué construir un sistema de cultivo complementario con un dispositivo electrónico de sensores para medir densidad poblacional bacteriana, pH y temperatura. Los sensores, se compararon con equipos de laboratorio, evaluando precisión y exactitud, mediante el coeficiente de variación, error absoluto y pruebas T-Student. Los resultados obtenidos en el sensor de turbidez indican un CV para el sensor programado mediante Arduino y equipo de laboratorio de 4.66 % y 5. 23 % respectivamente, mientras que la prueba de T-Student resultó en $\mu 1 \neq \mu 2$. En el caso del sensor de temperatura programado mediante Arduino y equipo de laboratorio se obtuvo un CV de 4.66 % y 5.23 % respectivamente, mientras que la prueba T-Student resultó en $\mu 1 \neq \mu 2$. En el sensor de pH programado mediante Arduino y equipo de laboratorio el error absoluto fué de -0.036 y 0.037 respectivamente, mientras que el CV promedio obtenido en el equipo programado mediante Arduino y el equipo de laboratorio fue de 0.73 % y 0.82 % respectivamente, mientras que la prueba de medias mediante T-Student resultó en dos medias $\mu 1 = \mu 2$ y una media $\mu 1 \neq \mu 2$. Con esto se demostró que los sensores propuestos presentan valores con una alta precisión comparados con equipos de uso en laboratorio.

Palabras clave: Biorreactor, *Bacillus,* esporulación, densidad óptica y turbidez.

Abstract

The culture of *Bacillus subtilis* presents a decrease in production quality due to the metabolism mechanisms of this microorganism "cannibalism and sporulation", which decrease the amount of viable bacteria, so it is essential to monitor the factors involved in the production of this microorganism. Therefore, the objective of the present study was to build a complementary culture system with an electronic sensor device to measure bacterial population density, pH, and temperature. The sensors were compared with laboratory equipment, evaluating precision and accuracy using the coefficient of variation, absolute error, and T-Student tests. The results obtained in the turbidity sensor indicate a CV for the sensor programmed using Arduino and laboratory equipment of 4.66 % and 5. 23 % respectively, while the T-Student test resulted in $\mu 1 \neq \mu 2$. In the case of the temperature sensor programmed using Arduino and laboratory equipment, a CV of 4.66 % and 5.23 % was obtained, respectively, while the T-Student test resulted in $\mu 1 \neq \mu 2$. In the pH sensor programmed using Arduino and laboratory equipment the absolute error was -0.036 and 0.037 respectively, while the average CV obtained in the equipment programmed using Arduino and laboratory equipment was 0.73 % and 0.82 % respectively, while the mean test using T-Student resulted in two means $\mu 1 = \mu 2$ and one mean $\mu 1 \neq \mu 2$. With this, it was demonstrated that the proposed sensors present values with high accuracy compared to laboratory-use equipment.

Keywords: Bioreactor, *Bacillus*, sporulation, sporulation, optical density and turbidity.

Introducción

El uso de la bacteria *Bacillus subtilis* ha ido en incremento en la agricultura mundial, debido a la gran efectividad en el control de una amplia variedad de enfermedades, en al menos veintitrés cultivos de importancia económica (De la Cruz-De la Cruz y col., 2016; Gutiérrez y Gutiérrez, 2020; Mendoza-León, 2016; Soto-Deza y col., 2012). Sin embargo, su reproducción a nivel industrial se ve limitada por los mecanismos de canibalismo y esporulación propios del metabolismo de dicha bacteria, lo que disminuye el número de organismos viables (González-Pastor, 2010). Por lo cual se vuelve indispensable monitorear en tiempo real la densidad poblacional bacteriana, para asegurar un estándar de calidad cualitativo y cuantitativo del biofermento. Sin embargo, el costo de los equipos necesarios para su monitoreo y control tiene un costo elevado en el mercado, además son equipos de monitoreo manuales, lo cual dificulta el análisis en tiempo real de manera autónoma (Marroquin-Fandiño, 2010). Actualmente el uso de la automatización digital ha permitido el desarrollo de equipos altamente adaptables a diferentes necesidades biotecnológicas, como es el caso del Software Arduino, el cual permite desarrollar proyectos de alta complejidad, para la toma, procesamiento de datos y autonomía de los sistemas para la toma de decisiones reduciendo el costo en un 80 % o más comparados con equipos comerciales. La tarjeta de programación Arduino cuenta con el desarrollo de múltiples sensores, con alta fiabilidad en sus resultados los cuales se pueden encontrar en el mercado o se pueden diseñar según la necesidad del proyecto (Zambrano-de la Torre y col. 2020). Por lo cual, el presente trabajo tiene como objetivo automatizar un biorreactor casero tipo Airlift modificado, mediante sensores digitales con el programa Arduino para el monitoreo, procesamiento de datos y automatización del equipo para monitoreo de la densidad poblacional bacteriana, asegurando con ello la calidad en la producción de dichos microorganismos a escalas industriales, con una baja inversión económica y minimizando el uso de capital humano para su funcionamiento.

Materiales y métodos

Diseño de equipo de monitoreo

El equipo fue programado mediante el leguaje de programación C^{++}, mientras que el diseño del hardware se realizó en una placa de programación Arduino Uno, insertando sensores de temperatura Ds18b20, pH modelo MW y sensor de turbidez LDR para medir densidad poblacional indirectamente mediante espectrofotometría a una absorbancia de 600 nm, para la visualización de los datos se instaló una pantalla LCD (Figura 1). El sistema para medir turbidez tiene un diseño propio debido a que no se encontró un equipo en el mercado con las características deseadas, como receptor de luz se utilizó un sensor de luminosidad Ldr, mientras que como fuente de emisión de luz se utilizó un LED ultravioleta color naranja, cuenta con un sistema de electroválvulas para la toma de muestra y calibración del equipo (Figura 2).

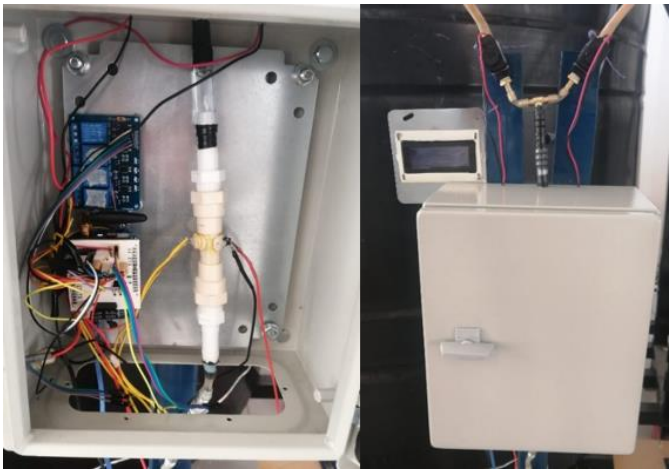


Figura 1. Prototipo de sensores para analizar en tiempo real pH, temperatura y turbidez para monitorear indirectamente densidad poblacional bacteriana.

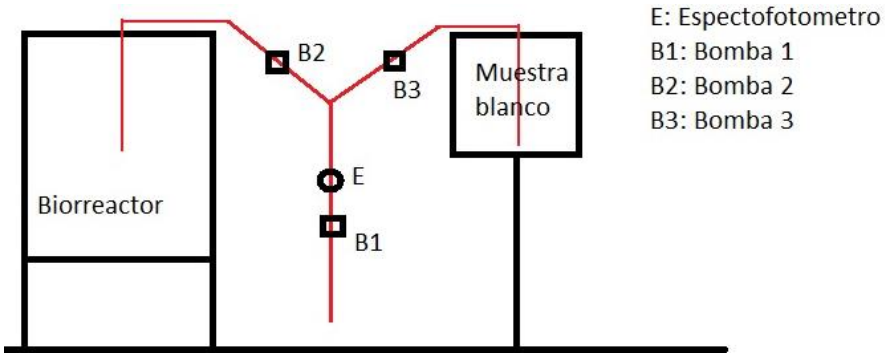


Figura 2. Sistema de electroválvulas y mangueras para la toma de muestra autónoma para medir turbidez.

Descripción de pruebas realizadas

Para comprobar el funcionamiento de los sensores propuestos en la presente investigación se comparó su funcionamiento con equipos de uso común a nivel laboratorio:

A) Sensor de temperatura: se comparó con un equipo marca Hanna modelo HI98127, que mide pH y temperatura, se realizaron pruebas con ambos equipos en el cultivo de *Bacillus subtilis* a distintas temperaturas, para observar el comportamiento de los datos, posteriormente se realizó una corrida bilógica de cultivo bacteriano a temperatura ambiente en la cual se monitoreo la temperatura durante todo el proceso de producción, como se describe a continuación.

B) Sensor de pH: se comparó con un peachímetro marca Hanna modelo HI98127, en primera instancia se desarrollaron pruebas en distintos Buffer de pH (4, 7 y 10), posteriormente se realizó una corrida bilógica de cultivo bacteriano en la cual se monitoreo la temperatura durante todo el proceso de producción.

C) Sensor de turbidez: se comparó con un espectrofotómetro de laboratorio Milton Roy, modelo Spectronic 20D se evaluaron siete niveles de densidad óptica (0.00 a 0.3) a intervalos de 0.05, a una absorbancia de 600 nm, usando como muestra el cultivo de *Bacillus subtilis* en el medio de cultivo L22 descrito por (Valera-Montero y col., 2021).

Análisis estadístico

Para evaluar la efectividad de los distintos sensores aquí propuestos comparados con los equipos de uso común en laboratorio, se evaluó la precisión mediante el coeficiente de variación porcentual, mientras que para comparar las medias de los datos obtenidos con los distintos sensores se utilizó una prueba de t-student con 24 repeticiones de cada una de las muestras evaluadas. Para el caso del sensor de pH se evaluó además la exactitud mediante el error absoluto debido a que en este caso se contaba con Buffers de pH que son valores estándares conocidos.

Resultados y discusión

Sensor de temperatura:

El análisis de distintas muestras del cultivo de *Bacillus subtilis* a distintas temperaturas, mostró un alto coeficiente de determinación entre los datos de obtenidos con ambos equipos (Figura 3), mientras que el coeficiente de variación porcentual fue de 4.66 % para el sensor programado con Arduino y 5.23 % para el equipo de laboratorio Hanna modelo HI98127. Valores que representan una alta precisión de ambos equipos, debido a que estadísticamente valores menores a 10 % son valores con una variabilidad despreciable. Mientras que la prueba de medias mediante t-student para dos muestras independientes mostró una diferencia significativa (Figura 4), esto sucede debido a que las desviaciones estándar son relativamente pequeñas σ=0.17 y σ=0.13 sensor programado mediante Arduino y equipo de laboratorio Hanna modelo HI98127 respectivamente, por lo cual deja muy poco margen de error para la prueba de t-student. Cómo se puede analizar los datos generados mediante el sensor de temperatura tienen una alta correlación con los datos generados mediante equipos digitales de temperatura de uso a nivel laboratorio, así como un CV, muy cercano lo cual

concuerda con los resultados obtenidos por (Calvillo y col., 2019), los cuales mencionan que este sensor tiende a mostrar datos con alta precisión y poca variabilidad a pesar de estar activados durante un largo periodo de tiempo.

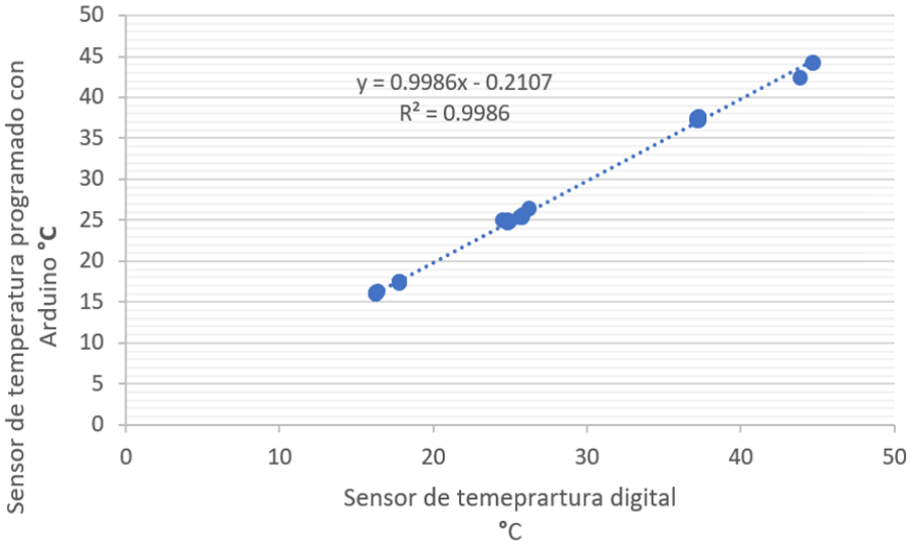


Figura 3. Temperatura en ºC que muestro el sensor de temperatura DS18B20 y sensor de pH Hanna en cultivo de *Bacillus subtillis* a tres temperaturas distintas.

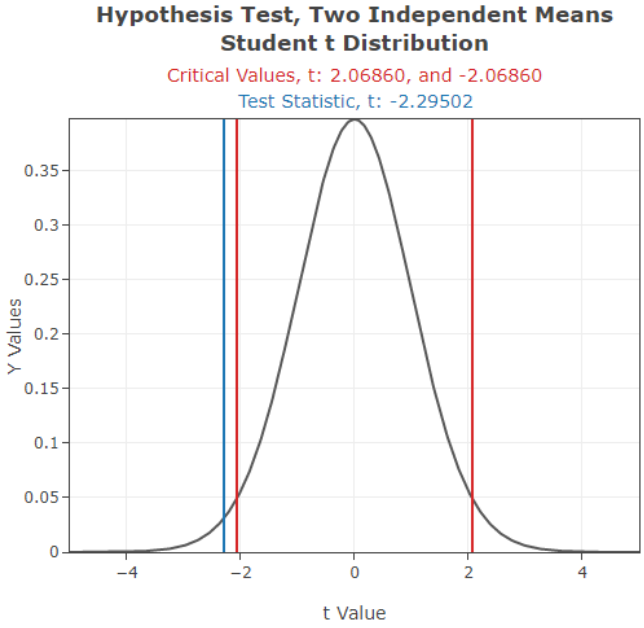


Figura 4. Prueba de t-Student realizada en cultivo de *Bacillus subtilis* a temperatura ambiente (18-27 °C).

Sensor de pH:

El análisis de exactitud mediante el error absoluto muestra un valor promedio similar apara ambos equipos, pero en sentido contrario (Cuadro 1), mientras que el análisis de precisión de los equipos representado mediante el CV % es menor al 10% lo cual indica una alta precisión de los equipos (Cuadro 1), en el caso de las pruebas de medias para dos muestras independientes realizadas en buffer de 4, 7 y 10 (Cuadro 2,), se puede observar en la mayoría de los casos una igualdad de medias, sin embargo, esto no ocurrió en todos los casos debido a que los datos presentan una desviación estándar muy baja, lo cual indica una alta precisión de los equipos (Cuadro 3), cuyos resultados concuerdan con los estudios realizados por (Irawan y col. 2021), donde se concluyó la efectividad del uso del sensor de pH programado mediante Arduino en el monitoreo de procesos ambientales.

Cuadro 1. Exactitud representada mediante el error absoluto y precisión representado por el CV de equipos para medir pH.

		Exactitud			Precisión	
Buffer	Arduino	E absoluto	Laboratorio	E absoluto	Sensor de pH Arduino	Sensor de pH marca Hanna
4	4.02	0.02	4.053166667	0.053166667	0.75 %	1.6%
7	6.99	-0.01	7.0635	0.0635	0.72 %	0.45 %
10	9.88	-0.12	9.997	-0.003	0.74 %	0.42 %
Promedio		-0.03666		0.037888889	0.73 %	0.82 %

Cuadro 2. Prueba de t-Student realizada con buffer de 4, 7 y 10 pH, mediante el uso de peachimetro marca Hanna y sensor de pH programado mediante Arduino (Derecha). 2.80734

Buffer de pH	Prueba estadística en los datos del potenciómetro marca Hanna	Prueba estadística en los datos del sensor de pH programado mediante Arduino
4	-6.70180	1.62148
7	2.38975	30.14757
10	-3.67423	0.0000

Cuadro 3. Desviaciones estándar de pruebas de medias para muestras independientes realizadas en distintos buffers de pH.

	Desviación estándar	
Buffer	Peachimetro marca Hanna	Peachimentro Arduino
pH 4	0.0503	0.0201
pH 7	0.0414	0.0133
pH 10	0.0204	0.0247

Sensor de turbidez:

Las distintas pruebas de turbidez realizadas en el cultivo de *Bacillus subtilis*, demostraron en todos los casos un coeficiente de determinación muy cercano a uno, mientras que el coeficiente de variación obtenido con ambos sistemas para medir turbidez mediante espectrofotometría presentan valores promedios por debajo del 10 % lo cual indica poca variabilidad estadística (Cuadro 4), para el caso de la prueba de medias para dos muestras independientes se tiene en tres casos diferencias de medias y en otros tres caso igualdad de medias, esto se debe a que existe una desviación estándar baja en todos los casos (Cuadro 5), concordando con los resultados encontrados por (Flores-Ávila y col., 2021), encontró una alta correlación entre distintas concentraciones de analito y los valores obtenidos mediante un espectrofotómetro con un receptor de luz LRD.

Cuadro 4. Precisión promedio de equipos para medir turbidez en el cultivo de *Bacillus subtilis*.

Muestra	Formula	R^2	Espectrofotómetro experimental CV (%)	Espectrofotómetro comercial CV (%)
1er	y = 1.0129x + 0.0095	0.97	6.56	5.41
2do	y = 0.897x + 0.0055	0.96	10.51	2.46
3er	y = 1.0154x + 0.0042	0.97	6.75	2.84
4to	y = 0.8992x - 0.0192	0.99	4.45	3.32
Promedio		0.97	7	3.5

Cuadro 5. Pruebas de t-Student para dos medias independientes para equipos de espectrofotometría.

Densidad óptica de 24 muestras			Desviación estándar		Prueba de hipótesis mediante t student para dos medias independientes		
Densidad óptica	Laboratorio	Arduino	Laboratorio	Arduino	Li	Ls	T
0.05	0.05	0.08	0.007	0.013	-2.80	2.80	-10.96
0.1	0.11	0.11	0.009	0.007	-2.80	2.80	-1.33*
0.15	0.13	0.14	0.013	0.015	-2.80	2.80	-4.09
0.2	0.1	0.25	0.011	0.017	-2.70	2.70	-7.31
0.25	0.27	0.28	0.022	0.012	-2.80	2.80	-2.56*
0.3	0.30	0.32	0.015	0.041	-2.80	2.80	-1.80*

*Casos donde se presentó igualdad de medias

Conclusiones

Se obtuvo un sistema electrónico para la automatización de un biorreactor tipo Airlift modificado utilizado para la producción de *Bacillus subtilis* mediante sensores de pH, temperatura y densidad poblacional mediante espectrofotometría en la placa programable Arduino 1. Los sensores de pH, temperatura y densidad poblacional mediante espectrofotometría demostraron tener una alta precisión en la toma de datos comparados con equipos de uso común en laboratorio. Se logro que el equipo se apagar automáticamente cuando se detectara una densidad óptica a 600 nm de 0.25.

Referencias

Calvillo Téllez, A., M. Fernández Monroy y J. C. Núñez Pérez (2019). Diseño y construcción de prototipo de sonda acuática de bajo costo para medir parámetros de la calidad del agua. Pistas Educativas, 41: 84-102. https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.es

De la Cruz- De la Cruz, E., D. Méndez-Luna y L. L. Valera-Montero (2016). Cultivo de *Bacillus subtilis* cepa SQT 713 y su actividad antagónica contra *Phytoptora capsici*. Revista de Ingeniería y Tecnología para el Desarrollo Sustentable. 1: 38-42. http://reingtec.itsoeh.edu.mx/reingtec/docs/vol1_2016reingtec/ARTICULO_7.pdf

Gutiérrez-Coronado, C. V. y R. Gutiérrez Ramírez (2020). *Bacillus subtilis* Cepa Bacteriana con Actividad de Biocontrol Aplicada en Agricultura Sostenible: Una Revisión Sistemática. Universidad de Santander. Tesis de ingeniería. 36 p. https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/5894

Flores-Ávila, C., L. Monrroy-Barreto, M. T. Rodríguez-Salazar, J. R. Vázquez Miranda y M. Monroy Barreto (2021). Propuesta de práctica sustentable usando un prototipo espectrofotométrico elaborado con materiales electrónicos fáciles de obtener. Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química. 7: 62-68. http://hdl.handle.net/11191/9265

González-Pastor, J. E., (2010). Cannibalism: a social behavior in sporulating *Bacillus subtilis*. FEMS Microbiol Rev, 35: 415–424. https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2010.00253.x

Irawan, I., A. Fabriani, R. Wahyuni y Devis (2021). Water Quality Measurement and Filtering Tools Using Arduino Uno, PH Sensor and TDS Meter Sensor. Journal of Robotics and Control (JRC), 2: 357-362. https://journal.umy.ac.id/index.php/jrc

Marroquin-Fandiño, J. E. (2018). Desarrollo de biorreactores controlados aplicables al estudio de cultivos de microorganismos de interés comercial. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Tesis de ingeniería. 78 p. http://hdl.handle.net/11349/23385

Mendoza-León, D. I. (2016). Control de ácaros mediante la aplicación de *Bacillus subtilis* en el cultivo de fresa (Fragaria vesca)". Universidad técnica de Ambato. Tesis de ingeniería. 61 p. http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24013

Soto-Deza, N. M., S. E. López-Medina y C. A. Murguía Reyes (2012). Eficacia de la cepa nativa de *Bacillus subtilis* como agente supresor del nematodo del nudo Meloidogyne spp. en cultivo de Capsicum annuum (ají pimiento piquillo). 3: 25-40. https://doi.org/10.22490/21456453.931

Valera-Montero, L.L., L. González-Delgadillo, K. A. Amador-Rodríguez, C. Perales-Segovia, & S. Flores-Benítez (2021). Optimization of culture media to produce *Bacillus subtilis* strain QST 713 in a handcrafted bioreactor. Agro Productividad. 14 (9): 109-119. https://doi.org/10.32854/agrop.v14i9.2123

Zambrano-de la Torre, M., M. Guzmán-Fernández, C. Sifuentes-Gallardo, V. Ortiz-Romero, O. Cruz-Domínguez, M. Fraire-Hernández, J. Pérez-Martínez y H. Durán-Muñoz. (2020). Una guía práctica para desarrollar equipo de laboratorio con Arduino. Conciencia Tecnológica. 59: 0-14. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94463783002

COMPARACIÓN DEL USO DE ACOLCHADOS PLÁSTICO Y VEGETAL EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO LECHUGA (*LACTUCA SATIVA* L.) EN INVERNADERO MONITOREADO CON SENSORES

A.M. Martínez-Navarro[1] J. Saucedo-Díaz[1], M.A. Vázquez-Gutiérrez[1], D. N. Tirado-González[1], O. Gayosso-Barragán[2], G. Tirado-Estrada[1], J. D. Reyes-Moreira[1], M. T. Ibarra-Rodríguez[1*]

[1]Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, Tecnológico Nacional de México. Carr. Ags.-S.L.P. km. 18.5. El Llano, Aguascalientes, C.P. 20330, México. [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria (CENID) en Agricultura Familiar (AF)/INIFAP. Carr. Ojuelos-Lagos de Moreno. km. 8.5. Ojuelos de Jalisco, Jalisco, C.P. 47540, México.

*Autor de Correspondencia: maria.ir@llano.tecnm.mx ORCID: 0000-0002-5668-9025

Resumen

En el escenario de una menor disponibilidad de tierras agrícolas y agua se buscan alternativas de producción sostenibles en zonas áridas. El objetivo fue comparar dos acolchados (vegetal (AV: rastrojo de maíz) y plástico (AP)) en el rendimiento de materia seca (MS) de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con respecto a la distribución de humedad del suelo (HS) bajo condiciones de monitores en un invernadero no automatizado. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 repeticiones y sub-repeticiones (6 para el cultivo y 2460 para los sensores). Los tratamientos AP, AV y testigo (T0: sin acolchado) fueron monitoreados con sensores de temperatura ambiental y del suelo (TA y TS) y humedad ambiental y humedad de suelo (HA y HS). El Modelo de Análisis de Varianza (ANOVA) consideró el efecto de Acolchado. La altura de tallos, hojas y longitud de raíz fueron mejores en el AP. No obstante, el rendimiento de MS fue similar (120 a 180 g MS/p *vs.* 155.27 ±1.74 g MS/p) para los AP y AV, y de estos con T0. Estadísticamente, los sensores fueron precisos a cambios de TA, TS, HA y HS (P<0.0001): la HS se conservó mejor en AP. El uso de AP puede mejorar la conservación de la HS, pero no necesariamente incrementa la producción de lechuga, siendo de gran relevancia explorar el uso de AV como una alternativa orgánica de fertilización, además, los datos obtenidos de los sensores son de gran relevancia en el ajuste de modelos en vistas de la producción en invernaderos automatizados en regiones áridas y semiáridas.

Palabras clave: Lechuga, acolchado, invernadero, sustrato orgánico.

Abstract

In the scenario of reduced availability of agricultural land and water, sustainable production alternatives are being sought in arid areas. The objective was to compare two mulches (vegetable (AV: corn stubble) and plastic (AP)) on dry matter (DM) yield of lettuce (Lactuca sativa L.) concerning soil moisture distribution (HS) under monitor conditions in a non-automated greenhouse. A completely randomized design (CRD) with 4 replications and sub-replications (6 for the crop and 2460 for the sensors) was used. The AP, AV, and control treatments (T0: no mulch) were monitored with ambient and soil temperature (TA and TS) and ambient humidity and soil moisture (HA and HS) sensors. The analysis of variance model (ANOVA) considered the effect of mulching. Stem height, leaf height, and root length were better in PA. However, DM yield was similar (120 to 180 g DM/p vs. 155.27 ±1.74 g DM/p) for AP and AV, and of these with T0. Statistically, the sensors were accurate to changes in TA, TS, HA, and HS (P<0.0001): HS was better preserved in AP. The use of PA can improve the conservation of HS, but does not necessarily increase lettuce production, being of great relevance to exploring the use of AV as an organic fertilization alternative, in addition, the data obtained from the sensors are of great relevance in the adjustment of models given production in automated greenhouses in arid and semi-arid regions.

Keywords: Lettuce, mulch, greenhouse, organic substrate.

Introducción

México se ubica como el noveno productor de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel mundial, con una producción anual de alrededor de 1.4 M de t/año. Sin embargo, el cultivo de lechuga mexicana, además de abastecer el consumo local, genera suficientes excedentes para su exportación a Estados Unidos, Canadá y algunos países de Europa (Agrichem, 2024; SADER, 2024).

Adicionalmente, su relevancia en la nutrición humana radica en su aporte de vitaminas, minerales y fibra a costa de un bajo aporte calórico y máxima cantidad de antioxidantes como el ácido fólico (vitamina B9), la luteína y zeaxantina (carotenoides), flavonoides, antocianinas y ácido clorogénico, así como fibra y cantidades útiles de ciertos minerales, como Ca, Fe y K (Serafini y col., 2002, Llorach y col. 2008, Nicolle y col. 2004). Características que de acuerdo con la Inteligencia Artificial (Bard, 2024a) contribuyen a la seguridad alimentaria Nacional e Internacional. De acuerdo con los ejes de sostenibilidad y cadenas de valor reportados por la FAO (2024), además de considerarse la relevancia económica y social de los diferentes productos se debe considerar la sostenibilidad ambiental. En este sentido, en México, la adaptabilidad de la lechuga a las condiciones climáticas de diferentes regiones en México y su eficiencia relativa en cuanto al consumo de agua, perfilan al cultivo como alta y potencialmente sostenible a corto y largo plazo, siendo de gran relevancia como una alternativa productiva en zonas áridas y semiáridas (Bard, 2024b), que en México ocupan el 42 %, y que son mayormente afectadas por los efectos perjudiciales del cambio climático (Edreva y col. 2008). Las proyecciones actuales muestran un aumento general de las temperaturas, con precipitaciones distribuidas irregularmente (Rao y Rao, 2007). El clima errático puede afectar negativamente la disponibilidad de recursos naturales (agua y tierras agrícolas), además de plantear graves riesgos tanto para los ecosistemas como para la salud humana (You y col. 2011).

El desarrollo de investigación y tecnologías agrícolas innovadoras que permitan la producción de lechuga, al mismo tiempo que fomenten técnicas de ahorro de agua para mejorar la eficiencia del uso del agua en el cultivo, es una prioridad crucial. El uso de acolchado es una práctica común que implica aplicar materiales al campo antes, durante o poco después de la siembra sobre la superficie del suelo, como material plástico, residuos de cultivos, estiércol de ganado, arenas, rocas (Gan y col., 2008). Los principales objetivos del acolchado son limitar la evaporación (Gan y col. 2013), aumentar la temperatura del suelo, mejorar la capacidad de suministro de agua del suelo (El-Beltagi y col. 2022) y suprimir las malas hierbas (Chalker-Scott, 2007).

Por otra parte, en México, el principal valor agregado de los productos agrícolas es el certificado de “Orgánico” otorgado por la SENASICA o por alguno de los Integrantes del Padrón de Organismos de Certificación de Productos Orgánicos (OCO 21/03/2024; SENASICA, 2024) y con normas oficiales que limitan absolutamente el uso de cualquier compuesto no orgánico para la fertilización, control de enfermedades y plagas, así como el uso de organismos genéticamente modificados (OGM’s) para extender el Certificado (Gobierno de México, 2024):

Considerando todos estos aspectos, las diferentes alternativas de acolchado, además de procurar la retención y mejor distribución de la humedad del suelo, deberán buscar el reúso de algunos residuos de cosecha con el fin de mejorar la calidad y nutrición orgánica del suelo, reducir el uso de contaminantes y abrir una alternativa para la obtención de un producto con el valor agregado de Orgánico. El objetivo del presente estudio fue comparar el efecto del vegetal (rastrojo de maíz) y plástico en la producción de lechuga, considerando la distribución de humedad y temperatura captada por sensores en un invernadero no automatizado.

En la búsqueda de la producción de los alimentos con alta rentabilidad los sensores pueden proporcionar monitoreo continuo de las condiciones del cultivo. Esto permite detectar rápidamente cualquier cambio adverso en el entorno, como enfermedades, plagas o condiciones climáticas extremas, para tomar medidas preventivas o correctivas de manera oportuna, al utilizar sensores fabricados mediante Arduino responderán a la oportunidad de su uso con bajo costo en comparación con lo que ofrece el mercado, esto también mejora de la Calidad del Producto al mantener condiciones

óptimas para el crecimiento de la lechuga, contribuyen a mejorar la calidad del producto final. Esto incluye aspectos como el sabor, la textura y la apariencia, lo que puede tener un impacto positivo en la aceptación del consumidor.

Materiales y métodos

Ubicación

La presente investigación se desarrolló en el Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes entre los paralelos 21° 40' y 22° 30´ de latitud norte y 101° 50' 102° 50' de longitud oeste; ocupa el centro de México a una altitud de 1870 msnm y una precipitación pluvial promedio de 455 mm anuales.

Material Biológico

Se utilizaron plántulas de 30 d de edad lechuga 'romana' (*Lactuca sativa* L.), variedad Fender, la cual se adquirió en una casa comercial. El experimento se llevó en un invernadero tipo Gótico, con cubierta plástica PVC (blanca con transmitancia de luz de 88 a 90 %), protegiendo al cultivo del paso de rayos solares UV. Además, se colocaron sensores para el control de humedad en suelo y humedad relativa.

Establecimiento y manejo del cultivo de lechuga

Se trasplantaron lechugas sobre camas de 60 cm de ancho a doble surco por cama en un total de 12 camas de 12 m de longitud y dos surcos por cama con separación de 30 cm. Considerando una distancia longitudinal entre plantas de 30 cm, la densidad estimada fue de 99,000 a 100,000 plantas por ha (p/ha).

A través de los 70 d se aplicó fertilizante en niveles de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (P), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) de 190, 150, 250, 43 y 15 kg/ha, respectivamente, dosificándolos a través del tiempo acuerdo con el Cuadro 1.

Cuadro 1. Dosis y periodos de fertilización del cultivo de lechuga.

	Compuestos suplementados (kg/ha)				
Tiempo (d)	N	P	K	Ca	Mg
1-7	2	0.95	2	0.45	0.2
8-10	8	1.9	5.5	1	0.5
11-20	12	4.7	7.4	2	0.7
21-30	18	7.5	20	4	1.5
31-40	24	9.4	30	5.5	1.5
41-50	36	23.5	54.8	8	2.5
51-60	40	42.4	56.7	10	3.5
61-70	50	59.65	73.6	12	4.6
Total	190	150	250	42.95	15

* Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (P), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).

Asimismo, se aplicaron pesticidas para el control y manejo de fitopatógenos y plagas en cuatro ocasiones, a los 8, 16 y 40 y 65 d (Cuadro 2).

Cuadro 2. Manejo y control de plagas y fitopatógenos del cultivo.

Objetivo/control	Producto aplicado	Dosis	Ingrediente activo	Tiempo (d)
Fitopatógenos	Pevicure	2.5 L/ha	Propamocarb clorhidrato	8
Fitopatógenos	Cupravid	3 kg/ha	Oxicloruro de cobre	16
Insectos/plagas	Dimetoato GOWAN	1 L/ha	Dimetoato	40
Insectos/plagas	Dimetoato GOWAN	1 L/ha	Dimetoato	65

*Gowan, México.

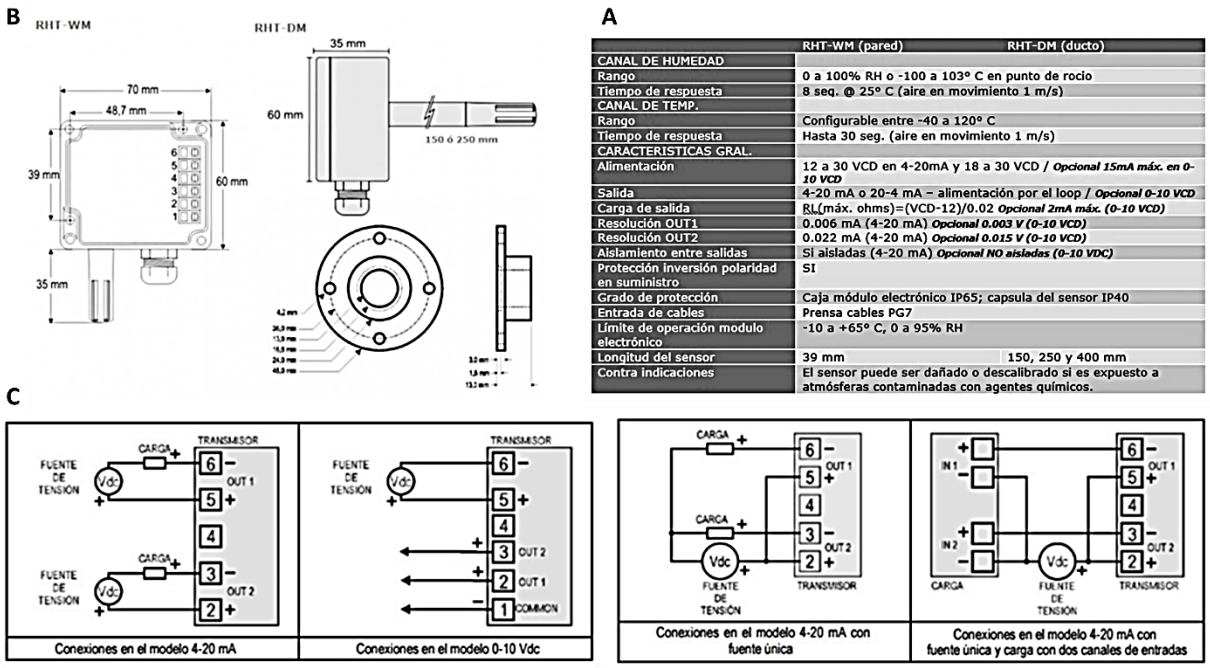
Sistemas de cultivo de acolchado aplicado en lechuga

Las camas (12) se dispusieron siguiendo la orientación longitudinal del invernadero y fueron aleatorizadas en:

- Acolchado plástico (AP). Se utilizaron cubiertas plásticas para evitar la evapotranspiración y hacer un uso más eficiente del agua.
- Acolchado vegetal (AV). Compuesta de rastrojo de maíz.
- Testigo (T0). Sin ningún tipo de acolchado.

Colocación de datos de los sensores de temperatura y humedad

Se utilizaron los siguientes sensores (JM Industrial Technology S.A. de C.V., México) se caracterizan por ser sensores de alta precisión y estabilidad que otorgan una excelente lectura, los valores medidos son convertidos en señales de salida de 4–20 m, linealmente relacionados con la lectura y opcionalmente se puede adaptar a una salida de 0–10 VCC. Las especificaciones y métodos de instalación y conexión se muestran en la Figura 1. Se utilizaron 4 sensores por variable: Temperatura de suelo (TS), Temperatura ambiental (TA) y Humedad ambiental (HA), los cuales se colocaron aleatoreamente en los tres sistemas de acolchado con los cuatro sensores se tomaron datos cada 10 min (subrepeticiones), entre 50 y 60 d del cultivo, arrojando 2460 registros por sensor. Para la adquisición de datos y programación se utilizó de lenguaje de C^{++} (IBM V. 7.5, 2023) en una placa programable Arduino (Arduino, 2024).



	RHT-WM (pared)	RHT-DM (ducto)
CANAL DE HUMEDAD		
Rango	0 a 100% RH o -100 a 103° C en punto de rocio	
Tiempo de respuesta	8 seg. @ 25° C (aire en movimiento 1 m/s)	
CANAL DE TEMP.		
Rango	Configurable entre -40 a 120° C	
Tiempo de respuesta	Hasta 30 seg. (aire en movimiento 1 m/s)	
CARACTERISTICAS GRAL.		
Alimentación	12 a 30 VCD en 4-20mA y 18 a 30 VCD / *Opcional 15mA máx. en 0-10 VCD*	
Salida	4-20 mA o 20-4 mA – alimentación por el loop / *Opcional 0-10 VCD*	
Carga de salida	RL(máx. ohms)=(VCD-12)/0.02 *Opcional 2mA máx. (0-10 VCD)*	
Resolución OUT1	0.006 mA (4-20 mA) *Opcional 0.003 V (0-10 VCD)*	
Resolución OUT2	0.022 mA (4-20 mA) *Opcional 0.015 V (0-10 VCD)*	
Aislamiento entre salidas	Si aisladas (4-20 mA) *Opcional NO aisladas (0-10 VDC)*	
Protección inversión polaridad en suministro	SI	
Grado de protección	Caja módulo electrónico IP65; capsula del sensor IP40	
Entrada de cables	Prensa cables PG7	
Límite de operación modulo electrónico	-10 a +65° C, 0 a 95% RH	
Longitud del sensor	39 mm	150, 250 y 400 mm
Contra indicaciones	El sensor puede ser dañado o descalibrado si es expuesto a atmósferas contaminadas con agentes químicos.	

Figura 1. Especificaciones de los sensores de humedad de acuerdo con el Fabricante y Distribuidor: A) Dimensiones B) Características comerciales; y C) Conexión (Fuente: Sensores JMI, 2024).

Muestreo de plantas de lechuga

Transcurridos los 70 d del experimento se muestrearon en forma aleatoria 6 plantas completas de cada una de las cuatro camas/tratamiento (sub-repeticiones), tomando al final, 24 plantas completas/tratamiento. Durante el proceso de cosecha, se tomaron los datos del ancho y altura de los tallos y hojas, y ancho y profundidad de las raíces. Asimismo, se registraron los datos individuales de las hojas en base húmeda (BH). Submuestras de cada muestra, se colocaron en bolsas perforadas de papel de 10x15 cm y se dejaron en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta obtener peso constante para la posterior determinación de MS.

Análisis Estadísticos

Para el análisis de los resultados, se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis) System, V. 9.4; 2013. El experimento se llevó a cabo considerando un DCA con 4 repeticiones y 6 para el cultivo de lechugas o 2460 sub-repeticiones para el registro de los sensores. Los modelos de ANOVA consideraron el efecto fijo del tipo de acolchado, de acuerdo con el Modelo 1 (Proc GLM, SAS, 2013). Se descartó el integrar otras variables de efecto fijo o aleatorio considerando la validez de los diferentes modelos probados a través de los parámetros R^2 (coeficiente de determinación) y C.V. (coeficiente de variación) y tomando como criterio la simplicidad. Las medias fueron comparadas utilizando la diferencia mínima significativa (DMS; P<0.05) (Means/LSD, SAS, 2013).

$$\text{Modelo (1): } Y_{ij} = \mu + T_i + \boldsymbol{\varepsilon}_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = variables de comportamiento, rendimiento y datos de los sensores; μ = media general; Ti = efecto del tipo de acolchado i-ésimo; $\boldsymbol{\varepsilon}_{ij}$ = error aleatorio experimental.

Análisis de correlación

De forma individual, se analizaron las correlaciones simples de Pearson (Proc Corr; SAS, 2013), para asociar los resultados observados entre variables de comportamiento y rendimiento productivo, y obtener las relaciones entre las variables de T y H obtenidas en los sensores ubicados en diferentes posiciones, esto último, con el fin de obtener un parámetro de su precisión, calibración y sensibilidad.

Resultados y discusión

Comportamiento fenológico y rendimiento del cultivo

En condiciones de invernadero, los tamaños de los tallos, hojas y raíces de las lechugas fueron afectados por los tratamientos (Cuadro 3), en este sentido, los tratamientos T0 y el que tenía la cubierta vegetal (AV), tuvieron menor altura que el tratamiento con AP (P<0.03), asimismo, las raíces más profundas y anchas fueron las del AP (ancho y profundidad 9.34 y 19.06 cm vs. 2.4 y 14.47 cm en AV) (P<0.0003). Sin embargo, el rendimiento de cada planta en BH y MS fue similar en todos los tratamientos (P>0.93).

Aunque no hubo diferencias entre tratamientos, el rendimiento de MS (g/p) fue similar a los reportados por Rajabeiggi y col. (2013) para lechugas sin estrés hídrico o por exposición excesiva a los rayos UV (120 a 180 g MS/p *vs.* 155.27 ±1.74 g MS/p). Además, considerando la distancia entre planta y entre hileras, el rendimiento en BH y MS por la densidad de siembra de 100,000 p/h, en este estudio hubiéramos obtenido un rendimiento de 104.25 ±0.8 tn BH/h (15.64 tn ±0.1 tn MS/ha). A pesar que mostraron diferencias en rendimiento para los tratamientos con AV y AP con respecto al T0, se deberá considerar las ventajas agronómicas del uso del AV, como una alternativa orgánica de nutrición del suelo y control de plagas y enfermedades.

Cuadro 3. Comportamiento fenológico y de rendimiento del cultivo de lechugas bajo condiciones de acolchado plástico (AP) y vegetal (AV).

Tratamiento	Tallo y hojas (cm)		Raíz (cm)		Rendimiento (g/planta)	
	Ancho	Altura	Ancho	Profundidad	BH	MS
AP	59.90[a]	58.67[a]	9.34a	19.06[a]	1036.36a	155.45a
T0	58.58[a]	56.02b	2.64b	18.17[a]	1055.88a	158.38a
AV	58.17[a]	55.78b	2.40b	14.47b	1035.13a	155.27a
Valor de P	0.39	0.03	<0.0001	0.0003	0.93	0.94
C.V. (%)	13.38	12.65	20.81	40.86	34.31	34.32
DMS 0.05=	2.61	2.37	3.29	2.32	117.85	17.68

*Literales a la derecha de los valores señalan medias estadísticamente diferentes (P<0.05); AP, acolchado plástico; T0, testigo (sin acolchado); AV, acolchado vegetal; BH, base húmeda; MS, materia seca; P, probabilidad; C.V., coeficiente de variación; R2, coeficiente de determinación; DMS, diferencia mínima significativa.

Relación entre variables de comportamiento y rendimiento

En el Cuadro 4, se presenta la relación entre las variables de comportamiento y rendimiento de la lechuga, aunque el largo y ancho del tallo y las hojas no correlacionó con el tamaño de las raíces, si correlacionaron con el rendimiento en BH y de MS (r=0.74 a 0.78; P<0.0001). Este resultado podría ser importante ya que en el presente trabajo se presenta un efecto positivo del uso de AP en el tamaño de las hojas.

Cuadro 4. Correlaciones entre variables de comportamiento fenológico y rendimiento.

	Tallo y hojas	Raíz		Rendimiento	
	Largo	Ancho	Largo	BH	MS
Tallo y hojas:					
Ancho	0.78	0.09	0.09	0.78	0.78
	<0.0001	NS	NS	<0.0001	<.0001
Largo		0.12	0.09	0.74	0.74
		0.073	NS	<0.0001	<.0001
Raíz:					
Ancho			0.78	0.05	0.05
			<0.0001	NS	NS
Largo				0.07	0.07
				NS	NS
Rendimiento					
BH					0.9
					<0.0001

*BH, base húmeda; MS, materia seca.

Precisión de los sensores dentro del invernadero

El Cuadro 5, muestra que no hubo diferencias estadísticas para de la temperatura y humedad ambiental de los 4 sensores que tomaron 2460 mediciones (P>0.05), en general, la temperatura y humedad ambiental fueron 34.05 °C y 12.73 %.

En cambio, la temperatura del suelo mostró variaciones entre sensores de 1.51 °C (P<0.0001). Asimismo, aunque no hubo diferencia en la humedad del suelo captada en los sensores (1) y (2) a través de tratamientos (P>0.05), y que fue de 71.59 y 70.47 %, si se registraron diferencias significativas entre tratamientos en los sensores (3) y (4) a través de tratamientos (P<0.0001), arrojando datos que oscilaron de 68.98 a 70.48 % y de 42.93 a 69.97 %. En consecuencia, las diferencias a través de los sensores ubicados en el suelo de los tratamientos de AV, AP y T fueron significativas (P<0.0001).

Dado que todos los sensores tuvieron el mismo proceso de manejo y calibración, las variaciones en la medición de TS, HA y HS pudieran ser diferencias relativas a su ubicación en el invernadero que derivaron en histéresis, definida por cambios en la medición por diferencias en la dirección de humedad (Liu y col., 2017), o bien, por cambios en la temperatura (Omid y Shafei, 2005), esto no necesariamente se podría atribuir a problemas de calibración y precisión de los sensores de humedad, ya que implicaría mayor sensibilidad de los mismos a cambios reales por la ubicación geográfica, variaciones climáticas al exterior del invernadero o incluso cambios no perceptibles en el desnivel del suelo, dado que en el presente trabajo los sensores de TA y TS mostraron C.V. entre 15.4 y 25.9 %.

Cuadro 5. Temperatura ambiental (TA) y del suelo (TS) y humedad del ambiental (HA) y del suelo (HS) en los diferentes tipos de acolchado.

Sensor	TA (°C)	HA (%)	TS (°C)	HS-AP (%)	HS-T0 (%)	HS-AV (%)	C.V (%)	V de P	DMS 0.05=
1	34.05^{a}	12.73^{a}	15.51^{a}	71.59^{a}	71.59^{a}	71.59^{a}	0	NS	0.70
2	34.05^{a}	12.73^{a}	15.51^{a}	70.47b	70.47b	70.47b	0	NS	0.23
3	34.05^{a}	12.73^{a}	14.78b	^{a}70.48b	^{b}69.98c	^{b}69.98c	10.5	<0.0001	0.25
4	34.05^{a}	12.73^{a}	14b	^{a}69.97c	^{b}42.93d	^{b}42.93d	35	<0.0001	0.50
C.V. (%)	15.49	34.75	25.90	6.81	14.26	14.26			
V de P	NS	NS	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001			
DMS 0.05=	0.78	0.24	0.21	0.26	0.49	0.49			

*Literales a la derecha de los valores representan diferencias estadísticas entre medias de la misma fila (P<0.05); superíndices a la izquierda de los valores representan medias entre columnas (P<0.05); TA, temperatura ambiental; HA, humedad ambiental; TS, temperatura del suelo; HS-AP, humedad del suelo del acolchado plástico; HS-T0, humedad del suelo del tratamiento testigo; HS-AV, humedad del suelo del acolchado vegetal; C.V, coeficiente de variación; V de P, valor de probabilidad; DMS, diferencia mínima significativa.

Relación entre valores ambientales.

En el Cuadro 6, se presentan las correlaciones entre los datos de temperatura y humedad registrados por los sensores. La TA y la HA tuvieron correlación negativa (-0.91; P<0.0001), a su vez, estas dos variables correlacionaron con la HS registrada en el tratamiento con AP (r=-0.63 y 0.56; P<0.0001). Aunque, los datos de TA, HA ni HS del AP no mostraron correlaciones negativas o positivas altas con las HS de los tratamientos T0 y AV (r=-0.26 y r≤0.35; P<0.0001), las HS de tratamientos con AV y T0 si correlacionaron alta y significativamente (r=0.99; P<0.0001).

Lo anterior concuerda con las diferencias estadísticas para la HS reportadas entre la AP y los tratamientos con AV y T0. Sin embargo, también confirman el efecto de la distribución de la TA en la precisión y rapidez de la medición de algunos sensores. Por lo regular, los sensores de humedad óptimamente diseñados para procesos específicos de monitoreo agrícola en condiciones de invernadero, consisten en un electrodo poroso en la parte superior, un polímero sensible a la humedad, un electrodo en la parte baja y un vidrio como sustrato. El electrodo poroso es diseñado para incrementar el contacto con el vapor de agua y dar respuestas rápidas a la variación real del entorno (Liu y col., 2017) que en el presente estudio pudieron haber sido lo suficientemente precisos y rápidos para arrojar diferencias entre los sensores ubicados en los diferentes tratamientos. Los resultados de los sensores son relevantes para la optimización de modelos para la producción de lechugas previamente publicados como el modelo de Sweeney y col. (1981) posteriormente modificado por Van Henten (1994) y Van Henten y Van Straten (1994), que ha servido de base para el origen de muchos modelos específicos para diferentes condiciones de invernadero y para el manejo automatizado del cultivo de lechugas.

Cuadro 6. Coeficientes de correlación entre variables de temperatura y humedad de sistemas de acolchado para cultivar lechugas en invernadero.

	HA	TS	HS-AP	HS-T0	HS-AV
TA	-0.91	-0.12	-0.63	-0.26	-0.26
	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
HA		0.23	0.56	0.17	0.17
		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
TS			0.05	0.04	0.04
			NS	NS	NS
HS-AP				0.36	0.36
				<0.0001	<0.0001
HS-T0					0.99
					<0.0001

*TA, temperatura ambiental; HA, humedad ambiental; TS, temperatura del suelo; HS-AP, humedad del suelo del acolchado plástico; HS-T0, humedad del suelo del tratamiento testigo (sin acolchado); HS-AV, humedad del suelo del acolchado con cubierta vegetal.

Conclusiones

El rendimiento de lechuga en MS observado en el presente estudio fue de 104.25±0.8 tn BH/h (15.64 tn±0.1 tn MS/ha). En términos de rendimiento de MS y BH no hubo ventaja del uso del AP sobre los AV y T0, asimismo, el AV no influyó relativamente con respecto al T0. En el presente trabajo se observaron efectos significativos del AP en las variables de tamaño (largo) de las hojas y tamaño de las raíces, pero no promovió mejores rendimientos de BH y MS en comparación con los tratamientos con AV y T0. No obstante, si la variable de largo de hojas si correlacionó con el rendimiento del cultivo de la lechuga (r=0.78; P<0.0001). La distribución de la HS varió a través de los tratamientos, siendo mejor conservada en el AP; además, mostraron alta precisión y sensibilidad a los cambios de TA y HA observados en el interior del invernadero. El sistema de sensores y el programa de monitoreo implementado para el manejo de invernadero para producir plantas, fue similar a los mostrados en otros sistemas especializados.

Referencias

Agrichem. (2024). La lechuga en México. Disponible en: https://agrichem.mx/la-lechuga-en-mexico/ (Consultado: 25 de marzo de 2024).

ARDUINO. (2024). Guía de referencia de Arduino. Disponible en: https://www.arduino.cc/reference/es/ (Consultado: 29 de marzo de 2024).

Bard AI. Gemini. (2024a). Importancia del cultivo de la lechuga en México. Consulta privada Tirado-González, D.N. Disponible en: https://g.co/gemini/share/0cfb0fb0591a (Consultado: 29 de marzo de 2024).

Bard AI, Gemini. (2024b). Relevancia de la inclusión de nuevas alternativas productivas en el semi-árido Centro Norte de México. Consulta privada Tirado-González D.N. Disponible en: https://g.co/gemini/share/e7857db70171 (Consultado: 29 de marzo de 2024).

Chalker-Scott, L. (2007). Impact of mulches on landscape plants and the environment—A review. J. Environ. Hortic. 25, 239–249. https://doi.org/10.24266/0738-2898-25.4.239

FAO. (2024). Developing Sustainable Food Value Chains. Guiding Principles. Escrito en 2014, Revisado en 2024. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-i3953e.pdf. (Consultado: 29 de marzo de 2024).

El-Beltagi, H.S., Ullah, I., Sajid, M., Basit, A., Shehata, W.F., Shah, S.T., Alturki, S.M., Ullah, A., Aziz, I., y Ali, F. (2022). Influence of maturity stages on postharvest physico-chemical properties of grapefruit (Citrus paradisi var. 'Shamber Tarnab') under different storage durations. Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca. 50: 12620.

Edreva, A., Velikova, V., Tsonev, T., Dagnon, S., Gürel, A., Aktaş, L., y Gesheva, E. (2008). Stress-protective role of secondary metabolites: Diversity of functions and mechanisms. Gen. Appl. Plant Physiol. 34: 67–78.

Gan, Y.T., Huang, G.B., Li, L.L., Liu, J.H., Hu, y Y.G. (2008). Unique conservation tillage practices in northwest China. In No-Till Farming Systems, World Association of Soil and Water Conservation; Goddard, T., Zoebisch, M.A., Gan, Y., Ellis, W., Watson, A., Sombatpanit, S., Eds.; Funny Publishing: Bangkok, Thailand, pp. 429–445.

Gan, Y., Siddique, K.H.M., Turner, N.C., Li, X.G., Niu, J.Y., Yang, C., Liu, L., Chai, y Q. (2013). Ridge-Furrow mulching systems-an innovative technique for boosting crop productivity in semiarid rain-fed environments. Adv. Agron. 118: 429–476.

GOBIERNO DE MÉXICO. (2024). Ley de productos orgánicos. Disponible en: https://www.gob.mx/senasica/documentos/ley-de-productos-organicos. (Consultado el 29 de marzo de 2024).

IBM. (2023). Acerca de ILE C/C++ Language Reference. Disponible en: https://www.ibm.com/docs/es/i/7.5?topic=reference-about-ile-cc-language (Consultado: 27 de marzo de 2024).

Llorach, R., Martínez-Sánchez, A., Tomás-Barberán, F.A., Gil, M.I y Ferreres, F. (2008). Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. Food Chem. 108: 1028–1038

Lui, M., Wang, C., Kim. (2017). Hing-sensitivity and low-hysteresis porous MIMType capacitive humidity sensor using functional polymer mixed with TiO2 microparticles. Sensors 17(2): 0284. DOI: 10.3390/s17020284.

Mao, L., Jett, L., Story, R., Hammond, A., Peterson, J. y Labonte, D. (2004). Influence of drought stress on sweet potato resistance to sweet potato weevil, *cylas formicarius* (*Coleoptera apoinidae*), and storage root chemistry. Fla. Entomology 87: 261-267.

Nicolle, C., Cardinault, N., Gueux, E., Jaffrelo, L.. y Rock, E. (2004). Health effect of vegetable-based diet: Lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. Clin. Nutr. 23: 605–614.

Omid, M. y Shafei, A. (2005). Temperature and relative humidity changes inside greenhouse. International Agrophysics 19(2):153-158.

Rajabbeigi, E., Eicholz, I., Beesk, N., Ulrichs, C., Kron, L.W., Rohn, S. y Huyskens-Keil, S. (2013). Interaction of drought stress and UV-B radiation impact on biomass production and flavonoid metabolism in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Applied Botany and Food Quality 86: 190–197. DOI:10.5073/JABFQ.2013.086.026.

Rao, A.V., Rao, L.G. (2007). Carotenoids and human health. Pharmacol. Res. 55: 207–216.

Riga, P. y Benedicto, L. (2017). Effects of light-diffusing plastic film on lettuce production and quality attributes. Spanish Journal of Agricultural Research 15(1): e0801. DOI: 10.5424/sjar/2017151-10315.

Serafini, M., Bugianesi, R., Salucci, M., Azzini, E., Raguzzini, A. y Maiani, G. (2002). Effect of acute ingestion of fresh and stored lettuce (Lactuca sativa) on plasma total antioxidant capacity and antioxidant levels in human subjects. Br. J. Nutr. 88: 615–623.

Statistical Analysis System, 2013. SAS/STAT User´ıs Guide. (Release 9.3). Cary, NC, USA. SAS Inst. Inc.

SADER. (2024). Conozcamos un poco más sobre la lechuga. Disponible en: https://www.gob.mx/agricultura/articulos/conozcamos-un-poco-mas-sobre-la-lechuga?idiom=es (Consultado: 25 de marzo de 2024).

SENASICA. (2024). Padrón De Organismos De Certificación De Productos Orgánicos OCO 21/03/2024. Disponible en: https://www.gob.mx/senasica/documentos/organismos-de-certificacion-organica?state=published (Consultado: 25 de marzo de 2024).

Sensores JMI. (2024). Guía de especificaciones y usos de sensores de humedad y temperatura. Disponible en: https://www.jmi.com.mx/rht-novus-temperatura-y-humedad.html (Consultado: 20 de enero de 2024).

Sweeney, D.G., Hand, D.W., Slack, G. y Thornley, J.H.M. (1981) Modelling the growth of winter lettuce, Chapter 11 in: Mathematics in plant physiology, D.A. Rose and D.A. Charles-Edwards, Academic Press.

Van Henten, E.J. (1994). Validation of a dynamic lettuce growth model for greenhouse climate control, Agricultural Systems 45: 55-72.

Van Henten, E.J. y G. Van Straten, G., (1994). Sensitivity analysis of a dynamic growth model of lettuce, J. Agric. Eng. Res. 59: 19-31.

You, Q., Wang, B., Chen, F., Huang, Z., Wang, X. y Luo, P.G. (2011). Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. Food Chem. 125: 201–208.

PROTOTIPO PARA EL MONITOREO Y REGISTRO DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE SUELO CON SOPORTE DE INTERNET DE LAS COSAS.

J. de J. Campos Torres[1], J. A. Montañez de la Torre[1], A. Nava Cedillo[1] y M. Ramos Dávila[1*]

[1]Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, Departamento de Sistemas y Computación. Carretera Aguascalientes - San Luis Potosí k.m.18 S/N El Llano, Ags. México. C.P. 20330.

Autor de correspondencia: mauricio.rd@llano.tecnm.mx ORCID: 0000-0003-4617-3524

Resumen

En este trabajo se desarrolló e implementó un nodo IoT que permite monitorear y registrar parámetros de calidad de suelo, tales como flujo de CO_2, nitrógeno, fósforo, potasio, pH, humedad y temperatura. Lo anterior, con la finalidad de recolectar datos que permitan evaluar el comportamiento de la calidad del suelo en experimentos con plantas. El nodo IoT envía los datos mediante el uso de sensores hacia una plataforma en la nube pública y posteriormente hacia la nube privada para su almacenamiento y posterior explotación. Se genera un *dashboard* para el monitoreo e interpretación de los datos. El prototipo se desarrolló con la intención de que sea una herramienta para coadyuvar en la optimización del uso de recursos agrícolas y en la mejora de la calidad del suelo con base en los datos recolectados y la toma de decisiones informadas, así como la reducción de costos por desperdicio de dichos insumos. Este proyecto se desarrolló en el Instituto Tecnológico El Llano/TECNM.

Palabras clave: Nodo IoT, monitoreo de calidad de suelo, agricultura de precisión, cómputo en la nube, análisis de datos

Abstract

This research presents the development and implementation of an IoT node capable of monitoring and recording soil quality parameters such as CO_2 flux, nitrogen, phosphorus, potassium, pH, humidity, and temperature. The purpose of this node is to collect data to evaluate the behavior of soil quality in plant experiments. The IoT node sends the data using sensors to a public cloud platform and then to a private cloud for storage and later exploitation. A dashboard is generated for data monitoring and interpretation. The prototype was developed with the intention of being a tool to help optimize the use of agricultural resources and improve soil quality based on the data collected and informed decision-making, as well as reducing costs due to waste of these inputs. This project was developed at El Llano Technological Institute/TECNM.

Keywords: IoT node, soil quality monitoring, precision agriculture, cloud computing, data analysis

Introducción

Actualmente, la degradación del suelo afecta 1,900 millones de hectáreas en todo el mundo, y se incrementa rápidamente a una tasa que oscila entre cinco y siete millones de hectáreas por año, lo cual impacta 80% de los suelos agrícolas en niveles de degradación que van de moderado a severo; todo ello ha conducido a una pérdida de 400,000 millones de dólares anualmente (Villalobos y col., 2016). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), advirtió que, si la capa superior del suelo sigue degradándose al ritmo actual, esta desaparecerá a nivel mundial en menos de 60 años y, sin la capa superior del suelo es imposible cultivar alimentos sin importar cuántos químicos se utilicen (Magos, 2018). Existen diversos trabajos relacionados con la implementación de tecnología e Internet de las Cosas en la agricultura de precisión, enfocados al análisis de suelos y cultivos, por ejemplo, López y col., (2021) diseñaron un método de cuantificación de emisiones de CO_2, temperatura y humedad del suelo en pasto bermuda, *Cynodon dactylon*

(L.) Pers. en una cámara dinámica (LICOR LI-8100ª) integrada con un analizador infrarrojo de gases. Peñaloza y Yupanqui (2019) diseñaron un sistema IoT de bajo costo basado en LPWAN para cultivos hidropónicos mediante una red de sensores inalámbricos y placa TTGO LORA32 (tecnología Lora, con chip SX1276 basado en ESP32 de alta confiabilidad y larga distancia de transmisión. Con la misma técnica, Fernández y Elías (2022) desarrollaron el "Sistema para monitoreo de nutrientes" para detectar deficiencias del suelo del cultivo de manzana y de esta manera, aplicaron las correcciones necesarias. Como se demuestra en lo anterior, el Internet de las Cosas (IoT) permite el monitoreo y la oportunidad en tiempo y forma para tomar decisiones de control de un sistema biológico o funcionamiento de un sistema sociodemográfico. Las interacciones entre personas, procesos, cosas y datos están creando nuevos tipos de aplicaciones y servicios inteligentes donde intervienen los sensores y el tipo de conectividad, y donde éstos juegan un papel fundamental en distintos campos, entre ellos la agricultura de precisión (INCIPY, 2015; Tokio School (2022). Su aplicación en la agricultura es de gran potencial, desde modelos de predicción de cosechas y detección temprana de enfermedades o plagas, siembra controlada y cosecha programada (BBVA, 2023). Cómo se indicó al principio, es fundamental conocer la dinámica de los componentes del suelo (UNLP, 2023), además de otros minerales (Fuster, 2023) como el N, P y K, el conocer la presencia de Carbono también permite saber si el suelo es fértil y además, la retención del carbono en el suelo es una forma de mitigar el efecto del aumento de dióxido de carbono en la atmósfera (González, 2023), por lo tanto, saber la dinámica del carbono en el suelo permite tomar medidas oportunas para su retención (Robert, 2002). Por la relevancia del conocer el valor nutricional en forma inmediata con sistemas eficientes y económicos se implementó un sistema IoT para monitorear variables que ayudan a un cultivo eficiente y seguro: humedad, temperatura, nitrógeno, potasio, fósforo, y principalmente el flujo de dióxido de carbono (CO_2).

Materiales y métodos

Adquisición de componentes electrónicos

Para la realización del presente proyecto se utilizó una infraestructura base para la conectividad adquirida mediante financiamiento del gobierno del Estado de Aguascalientes (Instituto para el Desarrollo de la Sociedad del Conocimiento, IDSCEA-2021), adicionalmente se adquirió el material y componentes electrónicos necesarios (Cuadro 1).

Cuadro 1. Material y componentes electrónicos para la creación e implementación del nodo IoT para recolectar, monitorear y registrar parámetros de calidad de suelo (flujo de CO_2, nitrógeno, fósforo, potasio, pH, humedad y temperatura).

DESCRIPCION
1 Estación base LoRaWAN: Marca "RAKWireless" Modelo: WisGate Edge Max - RAK7249 (2pc LoRa Antenna, 1pc LTE Antenna, 1pc GPS Antenna, 1 pc 2.4g *WiFi* antenna, 1 Set Enclosure).
1 Cable Coaxial 20 metros para aplicaciones de radiofrecuencia LMR400 (Terminales de conexión tipo N conectadas, Impedancia 50 Ohms, Baja pérdida de señal.
1 Módulo de prototipado con soporte WiFi.
1 Sensor NPK 7 en 1.
1 Sensor de Co_2 Infrarrojo.
1 Ventilador 5v.
1 Bundle Cable 22awg de distintos colores.
1 Batería recargable Sealed Lead Acid (VRLA) 7000 mAh 12 V - Batería/Pila recargable (7000 mAh, Sealed Lead Acid (VRLA), 12 V.
1 Controlador de Carga Solar 10 amperes.
1 Panel solar 12v 10Ah.
1 Caja de conexiones, cubierta con bisagras de acero inoxidable IP67.
2 Ventilas para caja de conexiones IP67.
Tubo, Aditamentos y adhesivo para PVC.

Etapas del procedimiento para su conformación

En el Cuadro 2 se indica de manera general el procedimiento para la conformación del sistema IoT.

Cuadro 2. Etapas de conformación del proyecto.

ETAPA	DESCRIPCION
1	Actualización del firmware del Gateway IoT que recibe señal desde el prototipo IoT (sensores) que son almacenados en la nube privada en un servidor MySQL, como en la nube pública en Thingspeak.
2	Integración, programación y configuración del nodo de pruebas para monitoreo y registro de parámetros de calidad de suelo (NPK) y CO_2. (Prototipo IoT)
3	Calibración de los sensores para determinar NPK y CO_2 (este sensor se deja durante 20 minutos al aire libre para establecer el aire puro en 400ppm y a partir de ahí monitorear el incremento en la cámara de flujo.
4	Se obtienen datos del prototipo IoT mediante conexión serial. Con la información de dichos datos sobre las magnitudes recabadas se construye el Payload que se enviará a la nube pública
5	Se realizaron pruebas de integración de Raw Data desde el nodo de pruebas hacia la plataforma *cloud* seleccionada (Thingspeak).
6	Se toma lectura de la batería para evaluar la operación segura del sistema de adquisición de datos.
7	Se realizan pruebas de recolección y almacenamiento de los datos mediante una integración con MQTT y JavaScript.
8	Se realiza la conexión a la base de datos generada y se elaboran de gráficas de prueba sobre el comportamiento de las variables obtenidas, utilizando software de propósito específico (IBM R).
9	Se generan tres *dashboards* con los indicadores enviados por el nodo IoT, los cuales muestran las gráficas. El primero en la plataforma *cloud* seleccionada, creado a partir de widgets. También se generaron dos *dashboards* adicionales con la integración vía MQTT y JavaScript. Otro utilizando un Docker en Linux Debian.

Resultados

Creación del dispositivo IoT

En la Figura 1 se muestra la instalación del Gateway IoT y la antena para emisión LoRaWAN, la integración del nodo IoT para envío de datos de la cámara de flujo con el de sensor de CO_2, nitrógeno, fósforo, potasio, pH, humedad y temperatura, La Figura 2 muestra el prototipo IoT implementado en el área de prueba.



Figura 1. Instalación del Gateway IoT y antena para transmisión LoRaWan e integración del nodo IoT para envío de datos.



Figura 2. Implementación del Prototipo IoT en el área de prueba.

Determinación de la energía para la operación del sistema IoT

Los parámetros de medición del sensor NPK indicaron los siguientes rangos: soil electrical conductivity (EC value), temperature, moisture, PH value, nitrogen, phosphorus and potassium. Measuring range: 0~20000μS/cm, -40~80 °C, 0-100 %, 3~9PH, 1-1999 mg/kg(mg/L) Measurement accuracy : ±2 %, ±0.5 °C, ±2 % within 0-50 %, ±3 % within 50-100 %, ±0.3PH, ±2 % FS. El rango del sensor de CO_2 es de 400 a 5000 ppm. El consumo total en Watts de los elementos integrados en el prototipo se muestra en el Cuadro 3. Con base en el consumo Watts día del prototipo se realizaron los cálculos para la selección del panel solar y la batería, utilizando las siguientes ecuaciones:

Consumo total de elementos del prototipo redondeado a 2 wh (E es el consumo diario promedio):
Consumo total= W * 24 [h] = 2*24=48[W/día]

Panel solar: $$Pot_{panel} = \frac{E * 1.3}{horas_{sol} * Número_{paneles}}$$

Pot panel = (48[W/día]*1.3)/11*1= 5.6[W]

El factor de seguridad es de 1.3, el cual significa sobredimensionar un 30 % más el consumo de energía para no quedar cortos con un gasto insuficiente con la cantidad de paneles que se utilizarán en caso de aumentar el mismo. El resultado de la ecuación muestra que se requiere al menos un panel de 6 [W]. Se adquiere un panel solar monocristalino de 20 [W] y 12 V. La batería que se adecua al sistema es de 12 V 7 A, se utilizará una de plomo para integrarla al panel y al controlador de carga con Voltaje de entrada: 12 V/24 V reducido a 5 V 5 A. El voltaje de la batería al inicio de las pruebas era 13.61 V, a pasar siete días, el remanente del batería apoyado con la carga diaria recibida del panel es de 11.1 V, es decir, consumió 2.51 V en el periodo de prueba.

Cuadro 3. Consumo total de energía del sistema IoT.

COMPONENTES	V	A	mA	Watts
Módulo de prototipado	5	0.007	80	0.08
Sensor de CO_2	5.5	0.15	150	0.825
Ventilador 5 v	5	0.18	180	0.9
TOTAL CONSUMO				1.805

Adquisición de datos e interpretación.

Se realizaron las pruebas de recolección y almacenamiento de los datos generados por el prototipo en la base de datos creada en un servidor mediante una integración con MQTT y JavaScript (Figura 2a). Luego se realizó la conexión a la base de datos y se elaboraron gráficas de prueba sobre el comportamiento de las variables, utilizando software de propósito específico (IBM R) (Figura 2b). Posteriormente, se generan tres *dashboards* con los indicadores enviados por el nodo IoT, los cuales muestran las gráficas correspondientes de forma remota al momento. El primero en la plataforma *cloud* seleccionada, creado a partir de widgets (Figura 3). Más adelante se generaron dos *dashboards* adicionales uno con la integración vía MQTT y JavaScript (Figura 4) y otro utilizando un Docker en Linux Debian (Figura 5).

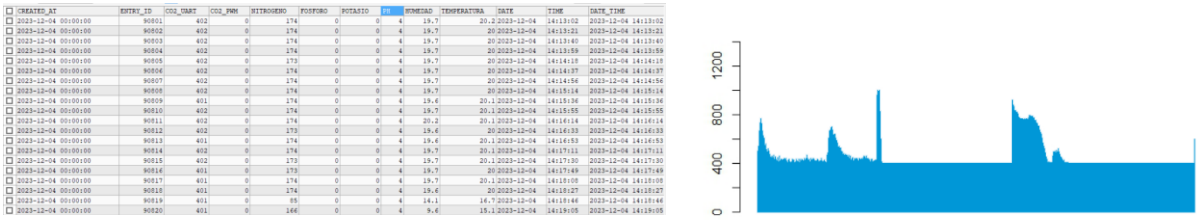


Figura 2. A), Muestra de los registros almacenados en el servidor de bases de datos desde el prototipo. B) Gráfica de muestra generada en IBM R sobre una de las magnitudes registradas (CO_2).



Figura 3. *Dashboard* para administración visual de las magnitudes obtenidas desde el suelo mediante Widgets en la plataforma *cloud* seleccionada.

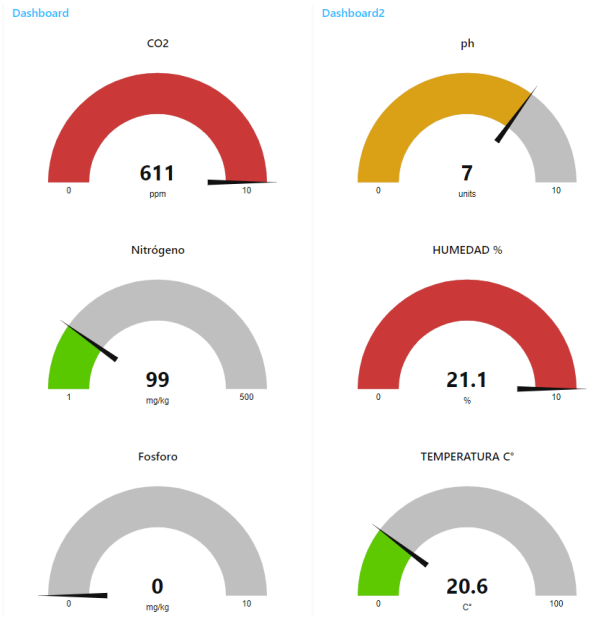


Figura 4. *Dashboard* para administración visual de las magnitudes obtenidas desde el suelo creado mediante integración MQTT y JavaScript.

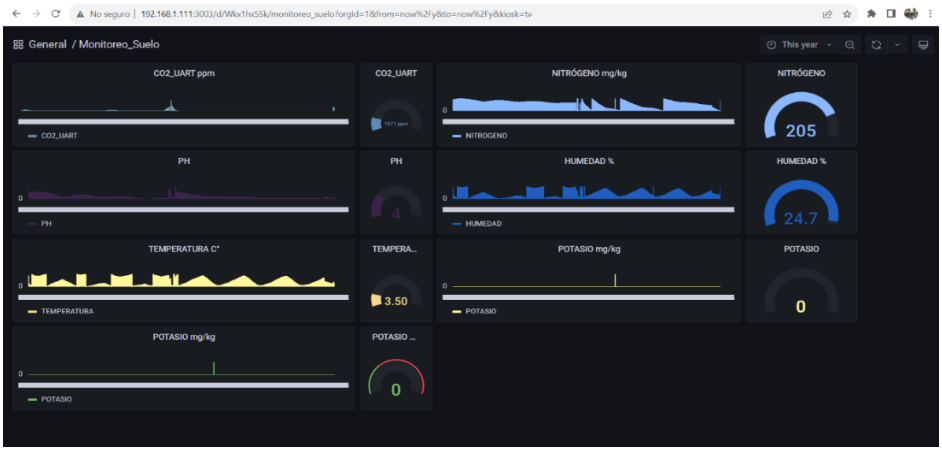


Figura 5. *Dashboard* para administración visual de las magnitudes obtenidas desde el suelo creado mediante Docker en Linux Debian.

Conclusiones

El prototipo se configura para enviar los datos sobre las variables monitoreadas cada 15 segundos (CO_2, humedad, temperatura, nitrógeno, potasio, fósforo), mostradas mediante las gráficas de los distintos *dashboards*, así como los widgets (usados para las gráficas y otros elementos informativos), lo que permitirá a los encargados del área agrícola

detectar variaciones al momento, y tomar decisiones informadas en consecuencia, lo anterior aplicado a los experimentos realizados con distintos tipos de plantas para identificar las fluctuaciones en la calidad del suelo. Existe la posibilidad de utilizar protocolos LPWAN para dejar el prototipo en campo abierto, en un entorno no controlado, con una optimización que derive en un menor consumo eléctrico, lo cual se desarrollará en un proyecto futuro.

Referencias

BBVA (2023). ¿Qué es la agricultura de precisión? La gestión digital del campo. Recuperado: 01/06/2023, desde: https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-agricultura-de-precision-la-gestion-digital-del-campo/

Fernández, Q. y Elías, L. (2022). Sistema para el monitoreo de nutrientes del suelo mediante una red de sensores inalámbricos LPWAN aplicado a la agricultura de precisión en cultivos de manzana en el cantón Pimampiro. Recuperado: 07/08/2023. Desde: http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13401

(Glez, F. (2023). La importancia del carbono en el suelo. Recuperado: 28/07/2023, desde: https://evenor-tech.com/la-importancia-del-carbono-en-el-suelo/#:~:text=La%20cantidad%20de%20carbono%20del,la%20sequ%C3%ADa%20y%20a%20la%20erosi%C3%B3n.

INCIPY (2015). Internet of Things (IoT) en la transformación digital de las empresas. Recuperado: 24/08/2021, desde: https://www.fundacionseres.org/Lists/Informes/Attachments/987/150923%20internet-of-things.pdf

López, L., Monterroso, R. y Gómez, J. (2019). Capacidad de un sensor óptico terrestre como herramienta para detectar deficiencia de nitrógeno en el cultivo de algodón. Recuperado: 09/07/2023, desde: http://scielo.iics.una.py/scielo.php?pid=S2305-06832019000100011&script=sci_arttext

Magos, C. (2018). La importancia del carbono para la salud del suelo. Recuperado: 07/07/2023, desde: https://www.agromarketing.mx/sustentabilidad/la-importancia-del-carbono-para-la-salud-del-suelo/

Peñaloza, J. y Yupanqui, R. (2022). Diseño de un sistema IoT de bajo costo basado en LPWAN para cultivos hidropónicos. Recuperado: 10/07/2023, desde: https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2390/Penaloza-Velasquez-Yupanqui-Gonzalo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Repuestos Fuster (2023). ¿Cuáles son los principales nutrientes en las plantas? Recuperado: 21/07/2023, desde: https://www.repuestosfuster.com/blog/cuales-son-los-principales-nutrientes-de-las-plantas/#:~:text=Los%20nutrientes%20que%20precisan%20las,tambi%C3%A9n%20pueden%20aportarse%20por%20medio

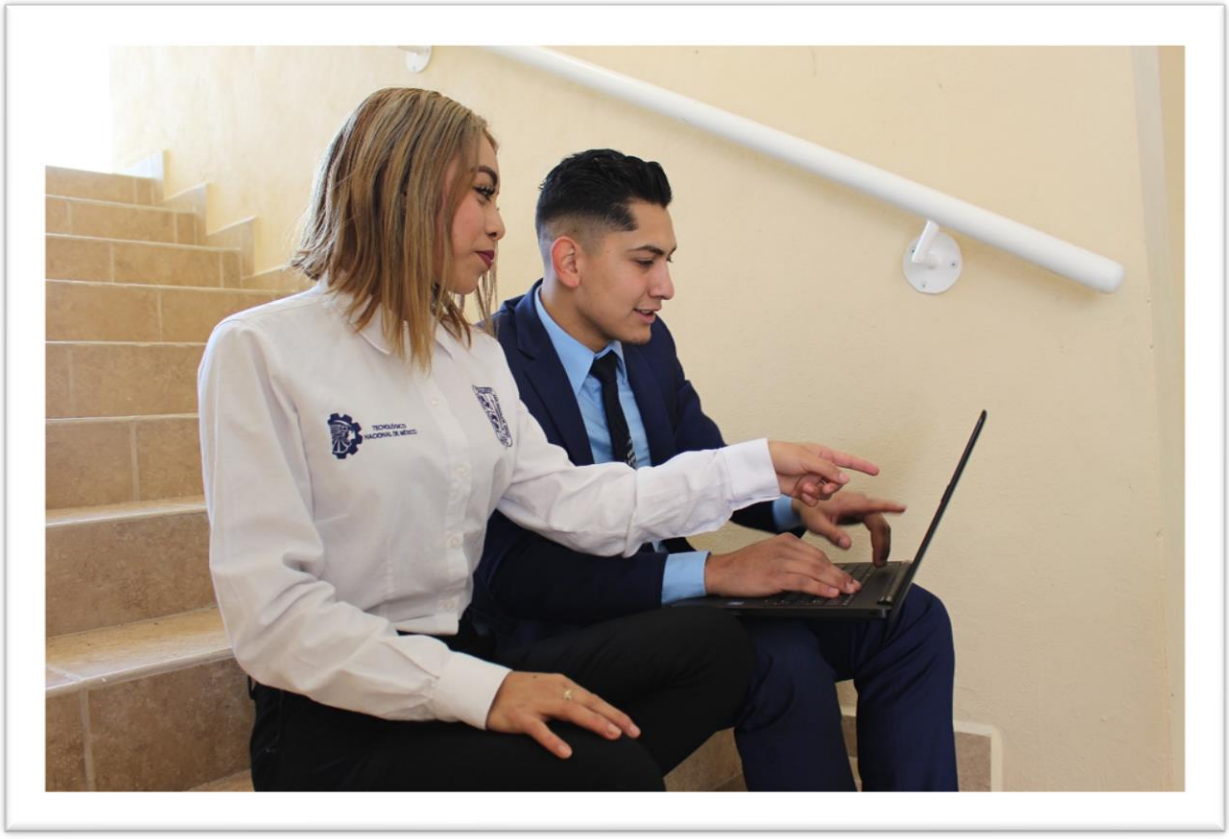
Robert, M. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Recuperado: 20/07/2023, desde: https://www.fao.org/3/bl001s/bl001s.pdf

Tokio School. (2023). 5 aplicaciones IoT en el mundo real. Recuperado: 15/07/2023, desde: https://www.tokioschool.com/noticias/aplicaciones-iot/

UNLP. (2023). El suelo: Un universo invisible. Recuperado: 22/07/2023, desde: https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/98/27598/3f23fc987dbbeda82587753c9796000a.pdf

Villalobos, S., Zepeda, M., y Bórquez, R. (2016). Estrategias para conservación del suelo. Recuperado: 12/08/2023, desde: https://www.researchgate.net/profile/Sergio-De-Los-Santos-Villalobos/publication/353418536_ESTRATEGIA_PARA_LA_CONSERVACION_DEL_SUELO/links/60fb55971e95fe241a83f787/ESTRATEGIA-PARA-LA-CONSERVACION-DEL-SUELO.pdf

SECCION: GESTION ADMINISTRATIVA



DISEÑO DE UN PROGRAMA DE INGENIERIA EN AGRONOMIA POR MEDIO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

J. A. Garza Ortega[1*], I. A. López Salas[2], N. B. Torrontegui Valenzuela[3], I. Garay Peralta[4], H. Cruz Martínez[5], M. J. Romellón Cerino[6], J. C. Villanueva Guzmán[7] y H. Silos Espino[8].

[1]IT Matehuala, [2]IT Aguascalientes,. [3]IT Tijuana,. [4]IT Úrsulo Galván[5], IT Valle de Etla,.[6]IT Villahermosa, y [7]IT El Llano.

*Autor de correspondencia: jesus.go@matehuala.tecnm.mx ORCID: 0009-0006-4605-8541

Resumen

Con el objetivo de actualizar los programas de estudios aprovechando las herramientas emergentes como la Inteligencia Artificial (IA), se explica la creación de un programa de Ingeniería en Agronomía. Para lo anterior, se alimentó la plataforma informática con información básica, y del perfil para formar profesionales priorizando la eficiencia en el uso de recursos (agua, suelo, diversidad), sostenibilidad y adaptación al cambio climático (implementar tecnología). El programa generado mostró nuevas materias como la Introducción en IA, Gestión empresarial, Tecnologías emergentes en agricultura, Cartografía (geomática) Gestión de recursos naturales, Sistemas agroforestales, Proyectos integradores, Políticas agrarias y Emprendimiento en agricultura. También sugiere que el alumno debe participar en eventos académicos científicos (congresos, simposios, integrarse a proyectos de investigación). Finalmente se explica el procedimiento a seguir en el TecNM para proponer, registrar y autorizar un nuevo programa.

Palabras clave: Programa Agronomía, Inteligencia artificial, TecNM.

Abstract

In order to update the curricula taking advantage of emerging tools such as Artificial Intelligence (AI), this manuscript explains an Agronomy Engineering program. For the above, the computer platform was fed with basic information, and the necessary profile to be obtained to train professionals prioritizing efficiency in the use of resources (water, soil, diversity), sustainability and adaptation to climate change (implement technology). The program generated showed new subjects such as Introduction in AI, Business Management, Emerging Technology in Agriculture, Natural Resources Management, Agroforestry Systems, Integrative Projects, Agricultural Policies and Entrepreneurship in Agriculture. It also suggests that the student should participate in scientific academic events (congresses, symposiums, and participate in research projects). Finally, it explains the procedure to follow in the TecNM to propose, register and authorize a new program.

Keywords: Agronomy Program, Artificial Intelligence, TecNM.

Introducción

Hoy en día es imprescindible la integración de herramientas tecnológicas como la Inteligencia artificial (IA) para fortalecer los programas educativos para impartir y generar conocimientos ante los retos del siglo XXI, que permitan una integralidad y una verdadera trasversalidad de la tecnología (Moreno-Padilla, 2019). De acuerdo con Sanabria-Navarro y

col., (2023) y Fajardo-Aguilar y col., (2023) la inteligencia artificial (IA) coadyuva a preparar a los estudiantes con las herramientas que van a requerir en lo inmediato en un futuro cercano y cambiante. Cuando al programa de IA se le alimenta con todas las variables posibles, inmediatamente la IA "revisa" la información mundial y "emite" una propuesta lo más lógica posible (libre de inferencias personales, perfiles o tendencias políticas) que garantizan una propuesta "óptima". Esta información es analizada por especialistas y se toman decisiones acordes a un programa académico en menor tiempo y con mayor eficiencia. En este sentido, las autoridades educativas del Tecnológico Nacional de México [TecNM] (con la finalidad de participar activamente en las prioridades de gobierno), donde participaron especialistas con perfiles del área y complementarios con tecnologías emergentes, se analizó situación actual de los programas académicos, en específico el de Ingeniería a en Agronomía y se determinó que, se debe complementar y mejorar el programa de estudios para ubicarlos en el contexto nacional y mundial en relación a los factores cambiantes como lo es el cambio climático, de tendencias de mercado y de eficiencias en la producción, procurando la sostenibilidad del sistema, priorizando las líneas estratégicas: Procesos Agroindustriales Sostenibles, Bioseguridad Alimentaria y Suelo y Biodiversidad. Así, el próximo Egresado (a) debe ser formado en: Transición agroecológica, Producción sostenible, Innovación y desarrollo tecnológico, Sanidad e inocuidad agroalimentaria, Biotecnología agroalimentaria, Procesos agroindustriales sostenibles, Bioseguridad alimentaria, Gestión integral del agua y Suelo y biodiversidad. En el contexto del objetivo de este trabajo, aprovechar la herramienta de Inteligencia Artificial para generar un programa interdisciplinario del TecNM que coadyuve a la autosuficiencia alimentaria en México.

Metodología

Definición de temas principales

Personal académico del TecNM, de distintos estados de la República Mexicana, mencionó la pertinencia de crear un programa interdisciplinario que integre temas estratégicos para la agenda 2024-2030, enfocándose en Agua, Tecnologías emergentes, Agricultura y Electrónica.

Análisis para integración de información para cumplir el perfil académico

Primeramente, en una dinámica grupal de quiénes fueron convocados, se analizaron los programas de Ingeniería en Agronomía, el de Ingeniería en Innovación Agrícola sustentable y el de Ingeniería en Biotecnología por ser los más relacionados. También, para ver la verticalidad hacia programas de especialización, se revisaron los perfiles de ingreso de los programas de Posgrado (Maestría en Ciencias en Biotecnología Agropecuaria, Producción de semillas, Horticultura, Suelos, Alimentos).

Consideración de organismos nacionales e internacionales promotores de la agricultura

Se consideraron los ejes estratégicos y objetivos relacionados con la gestión sostenible del agua indicados por los lineamientos de la FAO (año). Adicionalmente en presentación oral por parte de autoridades del Departamento de Vinculación del INIFAP, se apropiaron las tendencias que en la agricultura debe implementarse en lo inmediato, resaltándose las siguientes necesidades: eficiencia del aprovechamiento del agua y aplicación de tecnología como inteligencia artificial (manejo de datos, interpretación del clima) y drones.

La Inteligencia Artificial utilizada en este proyecto fue ChatGPT

Un modelo basado en la arquitectura GPT-4 desarrollado por OpenAI. Este modelo se seleccionó por su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos textuales y generar respuestas coherentes y contextualmente relevantes. ChatGPT es particularmente eficaz en la creación de propuestas educativas porque puede integrar información compleja y

diversificada para sugerir estructuras curriculares que se ajusten a las necesidades contemporáneas del sector educativo y agrícola.

Procedimiento para la elaboración del programa de estudio con IA

1. Recopilación de datos:

Reunir información relevante sobre las necesidades educativas y competencias requeridas en el campo de la agronomía. Recopilar datos de programas de estudios existentes, tendencias del mercado laboral, y políticas educativas nacionales e internacionales.

2. Alimentación de la IA:

Introducir la información recopilada en una plataforma de IA especializada en análisis y diseño curricular. La IA procesará estos datos para identificar patrones, vacíos y áreas de mejora en los programas actuales.

3. Generación de propuestas:

La IA generará diversas propuestas de estructuras curriculares y contenidos específicos basados en los datos introducidos. Estas propuestas incluirán nuevas materias, metodologías de enseñanza, y estrategias de evaluación.

4. Revisión y ajuste:

Un equipo de expertos en educación y agronomía revisará las propuestas generadas por la IA. Se realizarán ajustes y personalizaciones basadas en la viabilidad práctica y las necesidades específicas del contexto educativo.

5. Validación:

Presentar las propuestas ajustadas a comités académicos y stakeholders para su validación. Recoger retroalimentación y realizar las modificaciones necesarias.

6. Implementación:

Capacitar al personal docente en el nuevo programa y asegurar que se cuentan con los recursos necesarios para su ejecución. Monitorizar la implementación para hacer ajustes continuos.

Estrategias para interpretar la información generada en IA

1. Validación de resultados:

Comparar los resultados generados por la IA con datos históricos y conocimientos empíricos para validar su precisión. Utilizar técnicas de análisis estadístico y modelado para verificar la consistencia y relevancia de los datos.

2. Identificación de tendencias:

Analizar las tendencias identificadas por la IA en la educación y el mercado laboral para adaptar el programa de estudios de forma proactiva. Considerar factores emergentes como el cambio climático, la sostenibilidad y la innovación tecnológica.

3. Integración de conocimientos interdisciplinarios:

Incorporar perspectivas de especialistas en diversas áreas (tecnología, biotecnología, economía agrícola) para enriquecer la interpretación de los datos. Fomentar una visión holística que considere los aspectos técnicos, económicos, y sociales de la agronomía.

4. Retroalimentación continua:

Implementar un sistema de retroalimentación continua donde los docentes y estudiantes puedan aportar sus experiencias y observaciones sobre el programa. Utilizar esta información para realizar ajustes y mejoras continuas en el programa de estudios.

5. Evaluación del impacto:

Medir el impacto del nuevo programa en el rendimiento académico de los estudiantes y su inserción en el mercado laboral. Utilizar estos datos para hacer ajustes estratégicos y garantizar la relevancia y efectividad del programa a largo plazo.

Resultados y discusión

Interpretación de la información generada por Inteligencia Artificial

La interpretación de la información generada por un programa profesional de Ingeniería en Agronomía como el propuesto se enfoca en evaluar cómo los elementos curriculares, metodológicos y de evaluación contribuyen al desarrollo de competencias específicas que permiten a los egresados enfrentar los retos del sector agrícola moderno. A continuación, se detalla cómo cada componente del programa incide en el logro de este objetivo:

1. Objetivo General y Competencias Específicas

El programa tiene como objetivo general formar ingenieros capacitados para mejorar la producción agrícola de manera sostenible y utilizar tecnologías avanzadas. Las competencias específicas diseñadas para alcanzar este objetivo incluyen la aplicación de ciencias agrarias, el uso de tecnología avanzada en la gestión agrícola, el diseño de sistemas de producción sostenibles y la capacidad para analizar factores socioeconómicos y ambientales. Estas competencias son esenciales para preparar profesionales que puedan liderar la innovación y adaptación en la agricultura frente a desafíos como el cambio climático y la seguridad alimentaria global.

2. Estructura Curricular

La estructura curricular está meticulosamente diseñada para proporcionar una base sólida en ciencias básicas y agrícolas en los primeros semestres, seguida de una inmersión profunda en tecnologías avanzadas y prácticas agrícolas sostenibles. Por ejemplo, cursos como "Introducción a la Inteligencia Artificial en Agronomía" y "Tecnologías Emergentes en Agricultura" directamente equipan a los estudiantes con habilidades en tecnologías emergentes como IA, drones y IoT, fundamentales para la agricultura de precisión.

3. Metodología de enseñanza

La combinación de clases teóricas, prácticas de laboratorio, talleres, seminarios y proyectos refleja un enfoque pedagógico que promueve tanto el conocimiento teórico como la aplicación práctica. El aprendizaje basado en problemas y el uso de simulaciones y realidad virtual son particularmente efectivos para preparar a los estudiantes para situaciones reales en el campo, mejorando su capacidad para tomar decisiones informadas y resolver problemas complejos en entornos dinámicos.

4. Evaluación

El enfoque en exámenes, proyectos, presentaciones y evaluaciones prácticas es crucial para asegurar que los estudiantes no solo adquieran conocimientos, sino que también desarrollen habilidades para aplicar estos conocimientos de manera efectiva. Las evaluaciones formativas ayudan a los estudiantes a mejorar continuamente y adaptarse a las exigencias cambiantes de su formación y del sector agrícola.

5. Electivas

Las electivas ofrecen a los estudiantes la oportunidad de especializarse en áreas de interés particular, lo cual es crucial para fomentar la innovación y el emprendimiento. Áreas como la robótica agrícola y la gestión de aguas urbanas son

vitales para enfrentar los desafíos modernos en agricultura y expandir las posibilidades de aplicación profesional de los graduados.

Interpretación Profesional General

En resumen, este programa de estudios está diseñado para ser exhaustivo, relevante y adaptable, lo que no solo satisface las necesidades educativas actuales, sino que también anticipa futuras demandas del sector agrícola. Prepara a los estudiantes para ser líderes innovadores y competentes en el campo de la ingeniería agronómica, equipados para mejorar la sostenibilidad y eficacia de la agricultura global.

Materias por semestre

Con la información subida a la plataforma de Inteligencia Artificial, el programa mostró la siguiente estructuración del programa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Materias del programa de Ingeniería en Agronomía obtenido por IA.

SEMESTRE	ASIGNATURAS
I	Matemáticas I, Álgebra Lineal, Cálculo Diferencial, Química General, Biología General, Introducción a la Agronomía, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).
II	Matemáticas II, Cálculo Integral, Física General, Botánica General, Zoología Agrícola, Fundamentos de Edafología, Taller de Ética.
III	Estadística y Diseños Experimentales, Bioquímica, Topografía y Cartografía, Agroclimatología, Fisiología Vegetal, Sociología Rural.
IV	Genética, Fitopatología, Entomología, Nutrición Vegetal, Desarrollo Sustentable, Taller de Investigación I.
V	Hidrología, Sistemas de Producción Agrícola, Manejo y Conservación del Suelo, Mecanización Agrícola, Modelos Matemáticos Aplicados a la Agricultura, Gestión Empresarial Agropecuaria.
VI	Sistemas de Riego y Drenaje, Tecnologías Emergentes en Agricultura, Drones y Sensores, Introducción a la Inteligencia Artificial, Aplicaciones en Agricultura, Producción Animal, Manejo Integral de Plagas, Taller de Investigación II.
VII	Uso Eficiente del Agua, Producción y Tecnología de Semillas, Agricultura de Precisión, Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, Proyectos Integradores I, Prácticas Profesionales I.
VIII	Gestión de Recursos Naturales, Biotecnología Agrícola, Sistemas Agroforestales, Economía Agrícola, Proyectos Integradores II, Prácticas Profesionales II.
IX	Residencia Profesional, Servicio Social, Seminario de Tesis (Titulación integral), Electivas: Sostenibilidad y Políticas Agrarias Innovación y Emprendimiento en Agronomía.

Actividades Complementarias al Programa:
Los estudiantes deberán participar en actividades complementarias a lo largo de la carrera, tales como congresos, seminarios, y talleres relacionados con la agronomía y sostenibilidad. Prácticas y Proyectos: Los proyectos integradores y prácticas profesionales están diseñados para que los estudiantes apliquen sus conocimientos en situaciones reales y colaboren con comunidades y empresas del sector agropecuario. Esta propuesta asegura que los estudiantes adquieran un conocimiento integral y aplicado, preparándolos para enfrentar los desafíos actuales del sector agrícola y contribuir al desarrollo sostenible del país.

Aportaciones de especialistas con perfiles complementarios a la Ingeniería en Agronomía recomendados por IA
La integración de aportaciones de especialistas con perfiles complementarios a la Ingeniería en Agronomía es fundamental para enriquecer el programa de estudios y asegurar que los estudiantes adquieran una perspectiva interdisciplinaria. Estos especialistas pueden aportar conocimientos y habilidades desde distintas áreas que potencian la aplicación de la agronomía en contextos modernos y tecnológicamente avanzados. Aquí te presento algunas de las contribuciones valiosas que estos profesionales podrían aportar:

1. Especialistas en Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos

- Aportaciones:
    - Desarrollar módulos sobre el uso de algoritmos predictivos para optimizar los rendimientos de los cultivos.
    - Integrar técnicas de análisis de datos masivos para mejorar la gestión de recursos y la toma de decisiones agronómicas.
    - Enseñar sobre sistemas automatizados y autónomos en la maquinaria agrícola, como los tractores no tripulados y los sistemas de irrigación inteligente.

2. Expertos en Cambio Climático y Sostenibilidad

- Aportaciones:
    - Implementar cursos sobre prácticas agrícolas que mitiguen los efectos del cambio climático.
    - Desarrollar estrategias de adaptación para la gestión del agua y del suelo en condiciones climáticas cambiantes.
    - Proveer una visión sobre políticas agrícolas y regulaciones ambientales que afectan la agricultura sostenible.

3. Profesionales en Biotecnología

- Aportaciones:
    - Ofrecer conocimientos avanzados en ingeniería genética y biotecnología para la mejora de cultivos.
    - Integrar tecnologías de edición genética como CRISPR para desarrollar variedades de plantas resistentes a enfermedades y plagas.
    - Enseñar métodos de producción de biofertilizantes y biopesticidas que reduzcan la dependencia de químicos.

4. Especialistas en Economía Agrícola
- Aportaciones:
    - Impartir conocimientos sobre economía de mercados agrícolas y gestión de agronegocios.
    - Analizar tendencias de mercado y su impacto en la agricultura.
    - Educar sobre cadenas de suministro globales y comercio internacional de productos agrícolas.

5. Expertos en Tecnología de Drones y Sensores
- Aportaciones:
    - Capacitar en el uso de drones para la monitorización y manejo de grandes extensiones de cultivo.
    - Enseñar sobre sensores remotos y su aplicación en la agricultura de precisión.
    - Desarrollar habilidades prácticas en la recopilación y análisis de imágenes y datos recogidos por tecnologías de sensores.

6. Profesionales en Derecho Ambiental y Agrario
- Aportaciones:
    - Ofrecer un entendimiento profundo de la legislación que regula el uso de la tierra y los recursos naturales.
    - Preparar a los estudiantes para navegar por el complejo marco legal que impacta la producción agrícola y la gestión de recursos.
    - Educar sobre derechos de propiedad intelectual relacionados con innovaciones biotecnológicas y variedades de plantas.

Estas aportaciones, al ser integradas en el currículo de Ingeniería en Agronomía, no solo diversifican el aprendizaje, sino que también preparan a los estudiantes para enfrentar desafíos reales y multidimensionales en el campo, haciendo que su formación sea más aplicable y relevante en el contexto global actual.

Consideraciones para aprobar un programa académico en el TecNM

El procedimiento para la elaboración de un programa de estudios en el Tecnológico Nacional de México (TecNM) sigue un proceso estructurado y sistemático que asegura la calidad y relevancia del programa educativo. Este proceso involucra varios pasos clave que garantizan que el programa cumpla con los estándares académicos nacionales e internacionales, así como con las necesidades del mercado laboral. A continuación, se describen los pasos generales del procedimiento:

1. Identificación de Necesidades
- Análisis de Demanda: Se realiza un estudio de mercado para identificar las necesidades de formación profesional en el área específica.
- Consulta con la Industria: Se consulta a empresas y organizaciones para entender mejor las habilidades y competencias requeridas en el campo profesional.

2. Revisión de Programas Existentes
- Evaluación Interna: Se revisan y evalúan los programas existentes similares dentro del TecNM para identificar fortalezas y áreas de mejora.

- Benchmarking: Se compara con programas ofrecidos por otras instituciones nacionales e internacionales para asegurar la competitividad y relevancia del nuevo programa.

3. Desarrollo del Marco Curricular

- Definición de Competencias: Se definen las competencias específicas que los egresados deben adquirir.
- Elaboración de Plan de Estudios: Se desarrolla el plan de estudios, incluyendo la estructura de los cursos, contenidos, créditos y secuencia educativa.

4. Consulta y Retroalimentación

- Validación Académica: Expertos académicos internos y externos revisan el programa propuesto para garantizar su rigor académico.
- Feedback de la Industria: Se obtiene retroalimentación de stakeholders de la industria para ajustar el programa a las necesidades del mercado.

5. Aprobación Institucional

- Presentación en Comités: El programa es presentado a comités académicos y de gobierno del TecNM para su discusión y aprobación preliminar.
- Modificaciones y Ajustes: Se realizan los ajustes necesarios basados en las recomendaciones de los comités.

6. Aprobación Oficial

- Consejo de Docencia: El programa es finalmente aprobado por el Consejo de Docencia del TecNM.
- Registro Oficial: Se realiza el registro del programa ante las autoridades educativas correspondientes, como la Secretaría de Educación Pública (SEP).

7. Implementación

- Capacitación Docente: Se capacita a los profesores que impartirán el nuevo programa.
- Infraestructura y Recursos: Se asegura que la infraestructura y los recursos necesarios estén disponibles para la implementación efectiva del programa.

8. Evaluación y Mejora Continua

- Evaluación Continua: El programa se evalúa de manera regular para medir su impacto y eficacia.
- Actualizaciones Periódicas: Se hacen ajustes y actualizaciones al programa basadas en los resultados de las evaluaciones y los cambios en las demandas del sector.

Este proceso no solo garantiza que los programas de estudios del TecNM sean de alta calidad y pertinentes, sino que también facilita la adaptación a las rápidas transformaciones del entorno laboral y tecnológico.

Prompts para la Generación del Programa:

1. **Generación del Plan de Estudios:**
    - **Prompt:** "Genera un plan de estudios para una carrera de Ingeniería en Agronomía que incluya asignaturas sobre sostenibilidad, tecnologías emergentes, y adaptación al cambio climático."

- **Objetivo:** Obtener una estructura curricular que integre asignaturas relevantes para el contexto agrícola actual y futuro.

Respuesta Generada por ChatGPT (Ejemplo):

Plan de Estudios Propuesto: Ingeniería en Agronomía

Primer Semestre:

- **Matemáticas I**: Fundamentos de álgebra y cálculo diferencial.
- **Química General**: Principios básicos de química aplicada a la agronomía.
- **Biología General**: Introducción a la biología con énfasis en organismos relevantes para la agricultura.
- **Introducción a la Agronomía**: Conceptos fundamentales y la historia de la agronomía.
- **Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)**: Uso de TIC en la agricultura.

2. Desarrollo de Materias Específicas:
   - **Prompt:** "Describe los contenidos y objetivos de una asignatura sobre 'Tecnologías Emergentes en Agricultura' para un programa de Ingeniería en Agronomía."
   - **Objetivo:** Detallar los temas a tratar y las competencias a desarrollar en una materia clave del programa.

Prompt:

"Describe los contenidos y objetivos de una asignatura sobre 'Tecnologías Emergentes en Agricultura' para un programa de Ingeniería en Agronomía."

Respuesta Generada por ChatGPT (Ejemplo):

Asignatura: Tecnologías Emergentes en Agricultura

Descripción de la Asignatura:

Esta asignatura proporciona una visión exhaustiva de las tecnologías emergentes que están transformando la agricultura moderna. Los estudiantes explorarán cómo herramientas innovadoras como la Inteligencia Artificial (IA), los drones, los sensores remotos, y el Internet de las Cosas (IoT) están siendo aplicadas para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad, y la rentabilidad de las prácticas agrícolas. Además, la asignatura cubrirá el impacto de estas tecnologías en la gestión de recursos naturales y en la toma de decisiones agronómicas.

3. Selección de Herramientas Tecnológicas:
   - **Prompt:** "Identifica tecnologías avanzadas, como IA y drones, que pueden ser incorporadas en la enseñanza de la Ingeniería en Agronomía y justifica su inclusión."

- **Objetivo:** Proporcionar un fundamento para la integración de nuevas tecnologías en el programa académico.

Prompt:

"Identifica tecnologías avanzadas, como IA y drones, que pueden ser incorporadas en la enseñanza de la Ingeniería en Agronomía y justifica su inclusión."

Respuesta Generada por ChatGPT (Ejemplo):

Tecnologías Avanzadas en la Enseñanza de la Ingeniería en Agronomía

1. Inteligencia Artificial (IA):

Descripción: La Inteligencia Artificial (IA) se refiere a la capacidad de los sistemas informáticos para realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia humana, como el análisis de datos, la toma de decisiones, y la predicción de resultados. En el contexto de la agronomía, la IA puede ser utilizada para optimizar la gestión de cultivos, predecir patrones climáticos, identificar plagas y enfermedades en plantas, y personalizar las prácticas agrícolas según las condiciones específicas de cada terreno.

Conclusiones

La incorporación de la Inteligencia Artificial, ejemplificada por herramientas avanzadas como ChatGPT, ha emergido como una estrategia innovadora y poderosa en la creación y optimización de programas académicos. Este enfoque no solo mejora la eficiencia en la generación de contenido educativo, sino que también garantiza que las propuestas curriculares estén profundamente alineadas con las demandas actuales del mercado laboral y las tendencias emergentes en tecnología. La capacidad de la IA para analizar vastos volúmenes de datos, identificar patrones relevantes y generar soluciones personalizadas ofrece una metodología dinámica y adaptable que puede transformar el diseño curricular tradicional. Al emplear la IA en este contexto, las instituciones educativas obtienen una ventaja competitiva crucial, preparando a los profesionales del futuro con las habilidades y conocimientos necesarios para enfrentar los desafíos de un entorno global cada vez más complejo y en constante evolución.

Agradecimientos

A la Ing. María Teresa Ibarra Rodríguez (Depto. De Ingenierías), Ing. Ana Miriam Martínez Navarro (Subdirectora Académica), MC. Roberto Cruz Valenzuela y MC. Alejandro Montañez (Docente TICS) del IT El Llano Aguascalientes por sus comentarios al programa generado por IA.

Referencias

Fajardo-Aguilar, G. M., Ayala-Gavilanes, D. C., Arroba-Freire, E. M., y López-Quincha, M. (2023). Inteligencia artificial y la educación universitaria: Una revisión sistemática. Magazine de las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación, 8(1), 109-131.

Moreno-Padilla, R. D. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI, 7(14), 260-270.

Sanabria-Navarro, J. R., Silveira-Pérez, Y., Pérez-Bravo, D. D., & Cortina-Núñez, M. De J. (2023). Incidencias de la inteligencia artificial en la educación contemporánea. Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación, 31(77), 97-107.

El Programa Institucional de Tutoría TecNM-Matehuala en beneficio de la salud emocional de los estudiantes

A. M. Barragán Ramírez[1], J. A. Garza Ortega[2], A. de J. Zavala Peña[3]

[1]IT de Matehuala. Carretera 57 Km 5, Matehuala, San Luis Potosi, Mexico. C.P. 78746.

Autor de correspondencia: Arlene Marina Barragán Ramírez ORCID: 0009-0007-5476-7273

Resumen

La pandemia de COVID-19 afectó significativamente la educación superior, interrumpiendo la enseñanza presencial y forzando la adopción de modelos de aprendizaje en línea. Este cambio abrupto generó un impacto negativo en la salud emocional de los estudiantes, quienes experimentaron altos niveles de ansiedad, estrés y depresión. Según la OMS, la salud emocional se define como "un estado de bienestar en el cual el individuo es consciente de sus propias emociones, puede manejarlas adecuadamente, puede enfrentar los desafíos de la vida y tiene la capacidad de establecer relaciones saludables con los demás". A pesar de que el bienestar emocional es fundamental para el desarrollo integral de los estudiantes, este aspecto no se encuentra explícitamente incluido en el currículo de la educación superior tecnológica. Este estudio describe cómo el TecNM-Matehuala, a través del Programa Institucional de Tutorías (PIT), detecta los principales problemas emocionales de los estudiantes y realiza los ajustes necesarios para abordar y atender los desafíos emocionales de los tutorados mediante la implementación de estrategias que incluyeron nuevas actividades dentro del Programa de Acción Tutorial, la incorporación de psicólogos al Programa Institucional de Tutorías, la capacitación de tutores en manejo emocional y la creación de una red de apoyo integral. Los resultados indican que las intervenciones realizadas contribuyeron significativamente a la mejora del bienestar emocional y al rendimiento académico de los estudiantes.

Palabras clave: Tutoría, bienestar emocional, pandemia, estudiantes, apoyo psicológico, TecNM.

Abstract

The COVID-19 pandemic significantly affected higher education, disrupting in-person teaching and forcing the adoption of online learning models. This abrupt change generated a negative impact on the emotional health of the students, who experienced high levels of anxiety, stress and depression. According to the OMS, emotional health is defined as "a state of well-being in which the individual is aware of his or her own emotions, can manage them appropriately, can cope with life's challenges, and has the ability to establish healthy relationships with others." . Although emotional well-being is fundamental for the comprehensive development of students, this aspect is not explicitly included in the technological higher education curriculum. This study describes how the TecNM-Matehuala, through the Institutional Tutoring Program (PIT), detects the main emotional problems of students and makes the necessary adjustments to address and address the emotional challenges of the tutors through the implementation of strategies that They included new activities within the Tutorial Action Program, the incorporation of psychologists to the Institutional Tutoring Program, the training of tutors in emotional management and the creation of a comprehensive support network. The results indicate that the interventions carried out contributed significantly to the improvement of the emotional well-being and academic performance of the students.

Keywords: Tutoring, emotional well-being, pandemic, students, psychological support, TecNM.

Introducción

La pandemia de COVID-19 provocó un cambio radical en el modelo educativo a nivel mundial, obligando a las instituciones de educación superior a adaptarse rápidamente a la enseñanza en línea. Esta transición presentó grandes desafíos, como la falta de acceso a internet y equipos tecnológicos adecuados, así como la carencia de habilidades digitales tanto en estudiantes como en docentes. Además, el impacto emocional en los estudiantes fue considerable, manifestándose en síntomas como ansiedad, depresión y estrés debido a la incertidumbre y la falta de interacción social (González-Sanguino y col., 2020).

Según ANUIES (2021) Informe de la encuesta Nacional COVID-19, en la cual participaron más de 273 mil estudiantes de 485 instituciones de educación superior de todo el país incluido el Instituto Tecnológico de Matehuala se presentó información relevante sobre las condiciones, los principales problemas y retos que enfrentó la población estudiantil para continuar con sus actividades académicas durante la etapa de aislamiento social y las recomendaciones para activar mecanismos de intervención, de coordinación y de planeación para implementar medidas para abatir el abandono escolar y formalizar alianzas estratégicas con el sector salud para la atención de: adicciones, problemas emocionales y mejora de la salud en general.

Este informe menciona de acuerdo con las respuestas de los estudiantes, el 56.1 % de ellos señaló que presentaron ansiedad (inquietud, temor, irritabilidad, problemas para dormir) con intensidad muy alta o poco alta respecto a cómo se sentían antes del confinamiento. De la misma manera, el 47.4 % de ellos manifestó mayor depresión (decaimiento, tristeza, ganas de llorar) y el 63.2 % mayor estrés (nerviosismo, molestia porque pasan cosas fuera de mi control). En promedio, el 55.6 % de los alumnos presentan aumento en cualquiera de estos indicadores del deterioro de su salud emocional.

Como se sabe, el aprendizaje está influenciado por una variedad de factores. Estos pueden incluir: factores individuales (la motivación, el estilo de aprendizaje, las habilidades previas y las diferencias cognitivas de cada persona juegan un papel importante), contexto social (la familia, los amigos y los compañeros, afecta cómo y qué aprendemos. La interacción social puede enriquecer el proceso de aprendizaje), contexto educativo (la calidad de la enseñanza, el currículo, los recursos disponibles y el ambiente del aula son elementos clave que impactan en el aprendizaje), las emociones y actitudes (las emociones positivas pueden fomentar el aprendizaje, mientras que el estrés o la ansiedad pueden obstaculizarlo)

De esta manera se integra el Programa de Tutorías del TecNM (enero de 2022) cuyo objetivo es contribuir a la formación integral del estudiante mediante el acompañamiento tutorial, desde una perspectiva inclusiva, equitativa y sistémica que le permita como profesional insertarse en la sociedad como agente de transformación y desarrollo.

Se define al tutor, como el individuo que orienta, asesora y acompaña al estudiante durante su proceso de enseñanza-aprendizaje, con la perspectiva de una formación integral, lo que significa estimular en él, la capacidad de hacer responsable al tutorado de su propio aprendizaje y su formación. Ayuda al tutorado a explorar sus capacidades, participa en el seguimiento y su evaluación; está capacitado para identificar problemas académicos, de salud, psicopedagógico del tutorado y canaliza a la instancia correspondiente para su solución, todo en el marco de una relación más estrecha que la establecida en un aula durante un curso. El tutor posee las competencias necesarias que le permitan desempeñar la función de la tutoría, una preparación académica sólida, ser un profesionista actualizado y competente en su área de formación.

En este contexto, el TecNM-Matehuala se vio en la necesidad de fortalecer su Programa Institucional de Tutorías (PIT) para atender a un número creciente de estudiantes con problemas emocionales. Mientras que antes de la pandemia se brindaba apoyo a un pequeño grupo de estudiantes, el número aumentó drásticamente, superando las capacidades iniciales del programa. Ante esta situación, se implementaron diversas estrategias para reforzar el PIT, incluyendo la contratación de psicólogos y la implementación de módulos de apoyo emocional.

El objetivo de este estudio es detectar las necesidades emocionales de los estudiantes de nuevo ingreso y analizar el impacto de las intervenciones realizadas en el marco del PIT del TecNM-Matehuala, para promover su bienestar integral y éxito académico. Asimismo, se pretende establecer un modelo de apoyo que pueda ser replicado en otras instituciones educativas.

Materiales y Métodos

En el TecNM-Matehuala el programa de Tutorías se lleva durante el semestre agosto-diciembre que corresponde a Tutorías I para todos los estudiantes de primer semestre, y Tutorías II que se imparte a los segundos semestres durante enero-junio; al concluir este programa se les asignan a los estudiantes 2 créditos complementarios.

El presente estudio adoptó un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar la efectividad del Programa Institucional de Tutorías (PIT) en el bienestar emocional de los estudiantes. La investigación se desarrolló de la siguiente manera:

Diseño del Estudio

Se realizó un estudio exploratorio y descriptivo en el que se analizaron las intervenciones realizadas por el PIT del TecNM-Matehuala durante y después de la pandemia. El enfoque cualitativo se centró en entrevistas a tutores y psicólogos con el objetivo de identificar las actividades, estrategias, capacitación y ajustes necesarios en el Programa de Acción Tutorial, mientras que en el enfoque cuantitativo se utilizaron los anexos que se encuentran en el Cuaderno de Trabajo de Tutoría del Estudiante del SNIT (2013), Manual del Tutor del SNIT (2013) y el test de Mezquite para evaluar el estado emocional de los estudiantes al final del semestre enero-junio 2023.

Población y Muestra

La población de docentes tutores durante agosto-diciembre 2022 y enero-junio 2023 se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Número de tutores por carrera del IT de Matehuala S. L. P.

Carrera	Tutores
Ingeniería Industrial	6
Ingeniería en Sistemas Computacionales	2
Ingeniería en Gestión Empresarial	3
Contador Público	1
Ingeniería Civil	5
Totales	17

La población de estudiantes de primer semestre (agosto-diciembre 2022) en donde los tutores detectaron los principales problemas emocionales que enfrentaban los estudiantes se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Número de tutorados por carrera del IT de Matehuala S. L. P.

Carrera	Tutorados
Ingeniería Industrial	113
Ingeniería en Sistemas Computacionales	53
Ingeniería en Gestión Empresarial	90
Contador Público	34
Ingeniería Civil	114
Totales	404

La población de los estudiantes inscritos en el segundo semestre (enero-junio 2023) de las cinco carreras ofrecidas por el TecNM-Matehuala es de 363 estudiantes. Se seleccionó una muestra representativa de 287 estudiantes (79.06 %) para la aplicación del test de Mezquite, utilizado para medir la inteligencia emocional (Cuadro 3).

Cuadro 3. Población muestra de Test de Mezquite en el IT de Matehuala.

Carrera	Tutorados
Ingeniería Industrial	93
Ingeniería en Sistemas Computacionales	37
Ingeniería en Gestión Empresarial	71
Contador Público	31
Ingeniería Civil	55
Totales	287

Instrumentos de Medición

Durante el semestre agosto-diciembre 2022 los tutores emplearon diferentes instrumentos que se tienen en el Manual del Tutor del SNIT (2013) que permiten identificar los principales problemas académicos, fisiológicos y emocionales que los estudiantes enfrentan para poder canalizarlos a las respectivas áreas de apoyo. Se enlistan a continuación:

- Anexo 8. Entrevista individual (este instrumento permite conocer e identificar los posibles factores de riesgo en áreas psicofisiológicas, de integración, área social, área psicopedagógica y características personales)
- Anexo 9. Línea de vida
- Anexo 10. Análisis FODA
- Anexo 11. Encuesta sobre habilidades de estudio
- Anexo 12. Test de Autoestima
- Anexo 13. Test de Asertividad
- Anexo 15. Formato de registro de desempeño académico (Se realiza 3 veces durante el semestre)

Al final del semestre enero-junio 2023 se aplicó el Test de Mezquite que evalúa la inteligencia emocional a través de 8 preguntas con 4 opciones de respuesta. Dicho test ha demostrado ser efectivo en la identificación temprana de problemas emocionales (López y col., 2020).

De acuerdo a la puntuación obtenida en el test se definen los siguientes resultados:

a) Inteligencia Emocional Escasa
b) Inteligencia Emocional Moderada
c) Inteligencia Emocional Elevada
d) Inteligencia Emocional Superdotada

Procedimiento

De las reuniones convocadas por la Coordinación de Tutorías en donde participan los docentes tutores, los jefes académicos se llega al acuerdo de implementar en el Plan de Acción Tutorial (PAT) del semestre agosto-diciembre que corresponde a Tutorías I todos los instrumentos que permitan conocer e identificar los posibles factores de riesgo en áreas psicofisiológicas, de integración, área social, área psicopedagógica y características personales para poder canalizar a los estudiantes. Los docentes tutores fueron los responsables de identificar las necesidades de los tutorados canalizándolos a las diferentes áreas de apoyo: servicios psicológicos, servicios de salud, becas, asesorías académicas, aptitudes sobresalientes. Los tutorados detectados con necesidades psicológicas o emocionales se canalizaron al departamento de Desarrollo Académico a la coordinación de Orientación Educativa y a Psicología en donde se llevó a cabo un tratamiento para cada uno de los estudiantes canalizados.

Para el PAT de enero-junio que corresponde a Tutorías II se estableció incluir el programa de la asignatura complementaria Habilidades Socioemocionales (TecNM, 2021) que contribuye directamente para que, a través de los temas analizados durante el curso, los tutorados desarrollen competencias transversales, tales como autoconocimiento y cuidado de si, autorregulación, manejo de ansiedad, estrés y mentalidad positiva que lo llevan a la adaptabilidad, al pensamiento creativo y liderazgo.

El test de Mezquite se aplicó de manera digital, garantizando la confidencialidad de las respuestas. Los datos se recolectaron casi al final del mes de mayo y junio del 2023, los resultados finales se complementaron con entrevistas a tutores y psicólogos para obtener una perspectiva cualitativa.

Análisis de Datos

Durante el semestre agosto-diciembre 2022 de un total de 404 estudiantes de primer semestre se canalizan por parte de los Tutores a la Coordinación de Orientación Educativa y Psicología un total de 148 tutorados que corresponde al 36.6 % (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estudiantes canalizados a la Coordinación de Orientación Educativa y Psicología del IT de Matehuala S. L. P.

Orientación Educativa y Psicología				
Carrera	Orientador	Estudiantes	H	M
Ingeniería Industrial	2	52	28	24
Ingeniería en Sistemas Computacionales	1	20	14	6
Ingeniería en Gestión Empresarial	1	46	9	37
Contador Público	1	4	2	2
Ingeniería Civil	1	26	20	6
Totales	6	148	73	75

Después de recibir a los tutorados canalizados al área de Psicología se les aplicó el Test de Inventario Multifásico de la Personalidad de Minnesota (MMPI-2) para determinar la prevalencia de trastornos mentales en esta población y los resultados se muestran en la Figura 1.



Escala clínica:

HS Hipocondriasis
D Depresión
HI Histeria
DP Desviación psicopática
MF Masculinidad-feminidad
PA Paranoia
PT Psicastenia
ES Esquizofrenia
MA Manía
IS Introversión social

Figura 1. Resultados de prevalencia de trastornos mentales del IT de Matehuala S. L. P.

Como se puede observar en la gráfica el trastorno de PT Psicastenia que es una alteración de la tensión psicológica o mental y que presenta síntomas de ansiedad es el trastorno con mayor porcentaje 73 %, seguido por la Depresión en un 59 % y la Esquizofrenia 58 % que presenta delirios de persecución, aislamiento social y falta de concentración.

De 148 estudiantes canalizados; aún están en terapia de apoyo emocional y psicológico 12 estudiantes que corresponden al 8% del total canalizado en un principio.

Después de atender a los tutorados en los diferentes programas de canalización durante los semestres agosto-diciembre 2022 y enero-junio 2023 en donde se implementó el programa de Habilidades Socioemocionales cuyo objetivo es que el estudiante conozca las formas en que las emociones influyen en su desempeño académico y desarrollan estrategias de autoconocimiento, aceptación y regulación de sus emociones la Coordinación de Orientación Educativa y Psicología aplicaron a finales del mes de mayo y junio el test de Mezquite a los estudiantes de segundo semestre.

El instrumento de medición test de Mezquite se utiliza para la detección de los niveles de inteligencia emocional; dicho test ha mostrado ser eficaz en la identificación temprana de problemas emocionales en jóvenes universitarios (López y col., 2020) tanto en adultos como en niños. Consta de 8 preguntas con 4 respuestas posibles que arrojarán un resultado dando a la persona que lo realiza una noción del nivel de su inteligencia emocional.

Esta actividad se llevó a cabo con previo consentimiento del estudiante en la aplicación y contestación de la prueba. Informando su importancia y aclaración de aquellas dudas que genera el resultado de la prueba y su canalización con el personal profesional si lo requiere la parte examinada.

El test se aplicó a 287 estudiantes de segundo semestre de todas las carreras del ITMH de un total de 363 que corresponde a un 79.06 % como se observa en el Cuadro 3. A continuación, se muestran los resultados por carrera y áreas de evaluación del test (Inteligencia Emocional Escasa, Moderada, Elevada, Superdotada) en el Cuadro 5 y Figura 2. En la Figura 3 se muestran los resultados generales:

Cuadro 5. Resultados del Test Mesquite por carrera del IT de Matehuala.

Nivel	IGE	CP	ISC	IND	IC	TOTAL
Inteligencia Emocional Escasa	1.4	3.2	0	1.4	0	**1.2**
Inteligencia Emocional Moderada	8.6	3.2	4.3	6.6	0	**4.54**
Inteligencia Emocional Elevada	53.55	41.9	51.1	40	58	**48.91**
Inteligencia Emocional Superdotada	36.45	51.7	44.6	52	42	**45.35**

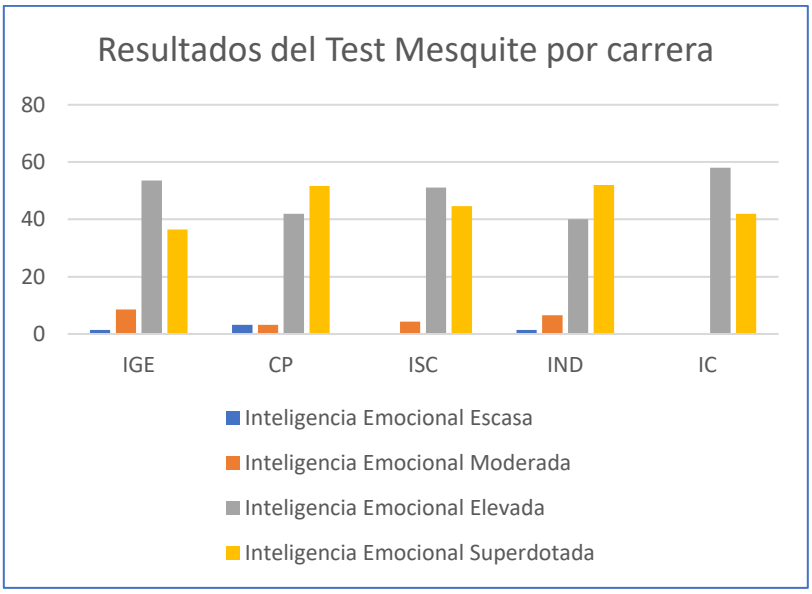


Figura 2. Resultados del Test Mesquite por carrera del IT de Matehuala.

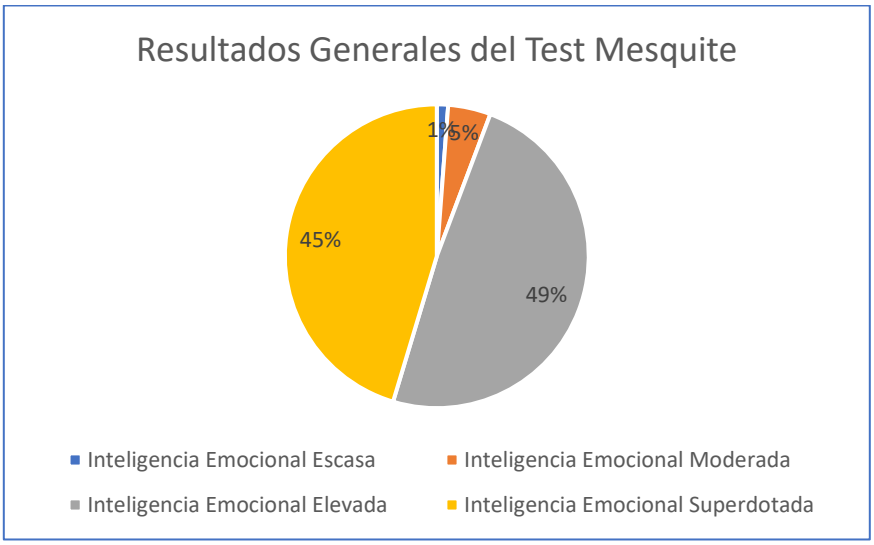


Figura 3. Gráfica Resultados Generales del Test Mesquite del IT de Matehuala S. L. P.

Resultados

De los 148 estudiantes canalizados a la Coordinación de Orientación Educativa y Psicología la carrera de Ingeniería Industrial fue la que canalizó más estudiantes (52) seguido por la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial con 46 tutorados canalizados. Después de aplicarles a los 148 estudiantes canalizados el Inventario Multifásico de la Personalidad de Minnesota (MMPI-2) se observaron diferencias significativas entre las carreras. Los estudiantes de

Ingeniería en Sistemas Computacionales presentaron mayores niveles de ansiedad al inicio del estudio (83 %) y los de Ingeniería en Gestión Empresarial 90.9 %, mientras que los estudiantes de Ingeniería Industrial mostraron un alto nivel de resiliencia emocional. Los estudiantes de Ingeniería Civil su porcentaje más alto 54.5 % fue en Introversión Social mientras que los de Contador Público la Depresión fue el trastorno emocional más alto con un 72.8 %. Estas diferencias subrayan la necesidad de adaptar las intervenciones según el contexto específico de cada carrera.

Después de aplicar el Test de Mesquite se puede observar según el Cuadro 5, Figura 2 y 3 que el 58 % de los estudiantes de Ingeniería Civil tienen Inteligencia Emocional Elevada que significa que saben reconocer cuando otras personas están tristes y pueden leer el lenguaje corporal y actuar en consecuencia en cada situación; los estudiantes de Ingeniería Industrial el 52 % tienen Inteligencia Emocional Superdotada son personas con una gran comprensión de lo que ocurre en el entorno, son sensibles y saben cómo responder a esto.

Los resultados generales muestran una mejora significativa en el bienestar emocional de los estudiantes tras la implementación de las intervenciones del PIT. El 85 % de los estudiantes reportaron una disminución en sus niveles de ansiedad y estrés, y un 70 % mostró un incremento en su capacidad para gestionar emociones complejas y en general más del 94 % de los estudiantes muestran una Inteligencia Emocional Elevada, los estudiantes manifiestan una adecuada claridad emocional lo que les permite trabajar en equipo, tienen un manejo apropiado del entorno ambiental que les permite una rápida adaptación de situaciones y poseen un alto sentido de reparación emocional al desarrollar la capacidad de sentir y expresar los sentimientos de forma adecuada.

Con estos resultados es fundamental que las instituciones educativas reconozcan estos problemas, ofrezcan apoyo emocional y recursos adecuados, como asesoramiento psicológico y espacios para la interacción social, para ayudar a los estudiantes a sobrellevar estos desafíos y mejorar su bienestar general. La salud mental es un aspecto crucial del éxito académico, y abordar estas cuestiones puede marcar una gran diferencia en la experiencia educativa de los estudiantes.

Es muy importante mencionar que la tasa de deserción escolar disminuyó del 12 % al 7 % tras la implementación del PIT reforzado desde el año 2022 a la fecha, indicando que el apoyo emocional tuvo un impacto directo en la retención de estudiantes. Este hallazgo resalta la importancia de incluir el bienestar emocional como un componente clave del currículo educativo.

Conclusiones

El fortalecimiento del Programa Institucional de Tutorías del TecNM-Matehuala ha demostrado ser una estrategia efectiva para atender las necesidades emocionales de los estudiantes, contribuyendo a su bienestar general y rendimiento académico. Los resultados obtenidos sugieren que la integración de módulos de apoyo emocional en programas de tutoría puede ser replicable en otras instituciones educativas para mejorar la calidad del entorno de aprendizaje.

Los tutores son una parte muy importante en los resultados obtenidos ya que ellos desempeñan un papel fundamental en la canalización de estudiantes hacia la orientación educativa y psicología. Pueden identificar las fortalezas y debilidades de los estudiantes, los tutores pueden ofrecer apoyo y consejos sobre cómo manejar el estrés y la presión asociados con el estudio, ayudan a los estudiantes a desarrollar competencias necesarias, como la empatía, la escucha activa y el pensamiento crítico, que son esenciales en la formación integral. Un tutor comprometido puede motivar a los estudiantes a seguir adelante en sus estudios, especialmente en momentos de dificultad o duda sobre su elección profesional. Pueden ofrecer retroalimentación constante sobre el rendimiento académico y las áreas que necesitan mejora, asegurando que los estudiantes se mantengan en el camino correcto.

Se recomienda continuar con el seguimiento y evaluación de estas intervenciones, así como explorar la implementación de nuevas estrategias que incluyan la formación continua de tutores en habilidades de apoyo emocional. De esta manera, se podrá fomentar un ambiente educativo inclusivo y resiliente, capaz de enfrentar los desafíos del futuro.

Referencias.

ANUIES. (2021) Informe de la Encuesta Nacional COVID-19

Actividad Complementaria: Habilidades Socioemocionales. (TecNM 2021) Dirección de Docencia e Innovación Educativa

Cuaderno de Trabajo de Tutoría del Estudiante del SNIT (2013)

González-Sanguino, C., Ausín, B., Castellanos, M. Á., Saiz, J., López-Gómez, A., Ugidos, C., y Muñoz, M. (2020). Mental health consequences during the initial stage of the 2020 Coronavirus pandemic (COVID-19) in Spain. Brain, Behavior, and Immunity, 87, 172-176. https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.05.040

Gutiérrez, J., y García, L. (2020). Salud emocional y su impacto en el rendimiento académico en estudiantes universitarios. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Instituto Tecnológico de Matehuala. (2023). Programa de Tutorías del TecNM.

López, A., Hernández, G., y Pérez, J. (2020). Evaluación de la inteligencia emocional en jóvenes universitarios: El uso del test de Mezquite. Universidad de Guadalajara.

Martínez, P., y Sánchez, R. (2019). La inteligencia emocional como factor clave en el éxito académico de estudiantes universitarios. Editorial Trillas.

Manual del Tutor del SNIT (2013)

Programa de Tutorías de TecNM (enero 2022)

Secretaría de Educación Pública (SEP). (2019). Programa Institucional de Tutorías en Instituciones Tecnológicas. SEP. https://www.sep.gob.mx

Secretaría de Educación Pública. (2024). Programa Sectorial de Educación 2020-2024.

Tecnológico Nacional de México (TecNM). (2021). Evaluación del impacto del Programa Institucional de Tutorías (PIT) en el bienestar emocional de los estudiantes. TecNM.

INDICACIONES PARA PUBLICAR EN LA REVISTA AgroBioTecNM

La Revista solo acepta presentaciones electrónicas. Las consultas deben dirigirse a: Equipo editorial, Oficina editorial de la Revista, mediante el correo electrónico: revista.agrobiotecnm@llano.tecnm.mx

La revista acepta artículos o metodologías de investigación originales en las siguientes áreas temáticas: Manejo de Recursos Naturales, Ciencias Pecuarias, Agrobiotecnología, Internet de las Cosas, Agronegocios y Desarrollo Social y Emprendimiento e Innovación.

Se debe informar a los Editores si alguno de los materiales se ha publicado. No se aceptan trabajos donde se experimente con animales y sean sacrificados para su interpretación.

Guiones / envío de trabajos. Utilizar procesador de texto Word. El envío debe incluir los siguientes documentos: **Carta de envío** indicando que el trabajo es inédito, que no se ha publicado o enviado para el mismo fin a otra revista, lugar donde se realizó el trabajo, una breve reseña sobre el interés de su publicación y los datos de los autores (nombre, email, adscripción) con su firma para autorizar la revisión. Indicar con un "*" al Autor correspondiente para el seguimiento de la revisión. **Texto del artículo** sin autores, con letra Daytona Condensed Light 10, renglón a 1.0. Los Cuadros pueden llevar letra tamaño 8 cuando así lo permita.

Diseño y estilo. Se prefiere un estilo de escritura sencillo y directo (Formato).

Arbitraje doble ciego. El sistema de arbitraje de la revista preserva el anonimato para autores y árbitros.

Redacción del artículo

Titulo (menor a 150 caracteres, mayúscula, negritas, tamaño 10) . El título debe ser informativo, conciso y sin abreviaturas. Debe nombrar el organismo estudiado, cuando sea relevante. Los nombres latinos no deben incluirse, pero sí en la primera mención en el texto. Incluir un título breve que no exceda los 50 caracteres.

El Resumen (250 palabras), colocado al principio del texto, debe indicar brevemente los experimentos descritos (incluyendo año y lugar, según corresponda), los principales resultados (preferiblemente incluyendo algunos valores numéricos) y las conclusiones más importantes. No debe repetir la redacción del título.

El Texto no debe ser mayor a 6000 palabras. Debe contener 4 secciones principales: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados con Discusión. Deben evitarse demasiados títulos y subtítulos. La Introducción debe situar el trabajo en contexto, presentar solo los antecedentes esenciales e incluir una declaración concisa de los objetivos; no es necesaria una revisión detallada de la literatura. Se deben dar detalles relevantes sobre los materiales y el diseño experimentales y las técnicas y métodos estadísticos utilizados. Los resultados numéricos deben mostrarse en los Cuadros y no repetirse en el texto. Se deben utilizar unidades métricas y SI, p. Ej. kg/ha, mg/l. El uso de % debe restringirse y usarse solo para describir cambios relativos en las respuestas. Los detalles y resultados experimentales se deben informar en tiempo pasado. La Discusión debe reunir los resultados, relacionar brevemente los resultados del autor con otros trabajos sobre el tema, resumir las implicaciones y aplicaciones y dar las conclusiones del autor. No se deben utilizar notas a pie de página. Todas las abreviaturas utilizadas deben explicarse completamente en la primera mención.

Los Cuadros deben numerarse en el orden en que se citan en el texto. Los resultados numéricos deben mostrarse como medias con sus errores estándar relevantes y grados de libertad. Normalmente, una media debe redondearse a una décima parte de su error estándar y el error estándar debe darse a un lugar de decimales más que la media. El título debe describir completamente el contenido del Cuadro y explicar las abreviaturas utilizadas en ella. La Revista prefiere no tener una proliferación de asteriscos, letras en superíndice, etc. en los Cuadros. Si se necesitan notas a pie de página, se pueden utilizar los siguientes símbolos en este orden: * † ‡ §.

Las Figuras no deben contener los mismos datos que los Cuadros y deben citarse en el texto. Las Figuras deben garantizar una reproducción de buena calidad con fines de impresión. Señalar con letras cuando expliquen más de una.

Referencias. En el texto, una referencia debe estar citada por el nombre del autor y la fecha entre paréntesis, en orden de fecha, p. Ej. (Jarvis, 1994; Edmondson, 1998). Cuando haya tres o más autores, el primer nombre seguido de **y col**.. Se debe proporcionar una lista de referencias al final del texto, en orden alfabético, apellido de los autores e iniciales (en mayúsculas), año de publicación (entre paréntesis), título del artículo, nombre de la revista abreviado (en general) como en la lista de verificación de publicaciones periódicas de CAB International, volumen y la primera y última página de la referencia. Se debe incluir el lugar de publicación y el editor (es), si corresponde, de libros. No se aceptan documentos de Resumen de Congresos.

Ejemplos de citar:

En texto:

Azuara, (2018), (Hicks, 2004), (Arditti, 1993; Yong y col., 2009; Hicks, 2007), Silos y col., (2020 a, b). No se aceptan comunicaciones personales.

En lista de Referencias:

Artículo de revista científica:

Pimienta, B., E. Méndez, M., L. Ramírez, H, B., C., E. García, De A., G., J., E. y Domínguez, A., R.. M. (2008). Efecto de la ingestión del fruto de Xoconostle (*Opuntia joconostle* Web) sobre la glucosa y lípidos séricos. Agrociencia. 42(6): 645-653.

Capítulo de libro:

Barthlott, W., Hunt, D.R., 1993. Cactaceae. In: Kubitzki, K., Rohwer, J.G., ittrich, V. (Eds.), The Families and Genera of Vascular Plants 2. Springer, Berlin, pp. 161–197.

Bravo-Hollis., H. 1978. Las cactáceas de México. Vol I. Universidad Nacional Autónoma de México. 2ª Edición. 743 p.

Documento de tesis:

Martínez, M. 1999. Determinación, cuantificación e hidrólisis de inulina en el aguamiel de Agave pulquero. Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México, D.F., México. (En español). 91 p.

Software y websites:

SAS System. 1989-1996. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA.

Olivares, Sáenz E. 1994. Paquetes de diseños experimentales FAUANL versión 2.5. Facultad de Agronomía. Marín Nuevo León, México.

Si el análisis se realizó en la web, indicar el sitio (URL).

Documentos de Gobierno:

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Ojuelos de Jalisco, Jalisco. Clave geoestadística 14064.

Ríos Saucedo, J, C., Trucíos Caciano R., Valenzuela Núñez L. M., Sosa Pérez G. y Rosales Serna R. 2011. Importancia de las poblaciones de mezquite en el Norte-Centro de México. Libro Técnico No. 08: INIFAP-SAGARPA. Durango, Méx. 230 pp.

Los Autores deberán verificar que todas las Referencias que se indican el texto deberán corresponder con la Lista de Referencias y viceversa.

Nota: Las pruebas se envían a los autores en formato PDF para permitirles comprobar la corrección de la composición tipográfica y deben devolverse en el plazo de una semana. Las alteraciones excesivas debido a enmiendas de la copia original acordada por el autor pueden cargarse al autor.