

Vol. 2, Num. 1, diciembre 2023



IZOTE JOURNAL

REVISTA CIENTÍFICA
DE INVESTIGACIONES
AGROINDUSTRIALES,
AGROBIOTECNOLÓGICAS,
AMBIENTALES
Y DE ALIMENTOS



EDITORIAL
DELGADO

UNIVERSIDAD DR. JOSÉ
MATÍAS DELGADO

FACULTAD DE AGRICULTURA
E INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

ISSN: 2957-7616

Programa de Formación de Investigadores (PFI) – Nivel 1 Ceremonia de Graduación Miembros del Equipo Editorial IZOTE Journal



Fotografía grupal 1 | De izquierda a derecha:
Mtro. Carlos Gerardo Vásquez Gallardo,
Mtra. Farah Silvana Alabí Hernández
y Mtro. Roberto Antonio Santos Amaya



El PFI responde al enfoque de Universidad Ecosistémica - Visión 2030, como un Programa de formación continua para docentes impulsado por la UJMD. El Nivel I fue desarrollado del 29 de junio al 28 de noviembre 2022, bajo modalidad virtual con un total de 192 horas académicas.

El PFI pretende elevar la calificación académica y con conocimientos perfeccionados para la formación de equipos de investigación inter, trans, crossdisciplinario, capaces de generar soluciones a problemas del contexto, a través de la investigación científica. Tres miembros del Equipo Editorial de IZOTE Journal, se graduaron de este Programa el 15 de diciembre de 2023 y recibieron su Diploma respectivo de manos del Sr. Rector Dr. José Enrique Sorto Campbell.



Fotografía grupal 2 | De izquierda a derecha: Mtro. Carlos Gerardo Vásquez Gallardo, Dr. José Enrique Sorto Campbell, Mtra. Farah Silvana Alabí Hernández y Mtro. Roberto Antonio Santos Amaya



IZOTE JOURNAL

**REVISTA CIENTÍFICA DE INVESTIGACIONES
AGROINDUSTRIALES, AGROBIOTECNOLÓGICAS,
AMBIENTALES Y DE ALIMENTOS**

Vol. 2, Num. 1, diciembre 2023

IZOTE JOURNAL

REVISTA CIENTÍFICA DE INVESTIGACIONES AGROINDUSTRIALES,
AGROBIOTECNOLÓGICAS, AMBIENTALES Y DE ALIMENTOS
VÓL. 2, NUM. 1, DICIEMBRE 2023

<https://investigacion.ujmd.edu.sv/index.php/investigacionesujmd/>
PERIODICIDAD SEMESTRAL

UNIVERSIDAD DR. JOSÉ MATÍAS DELGADO, UJMD
FACULTAD DE AGRICULTURA E INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA
"JULIA HILL DE O'SULLIVAN", FAIA
KM. 8 1/2 CARRETERA A SANTA TECLA, ANTIGUO CUSCATLÁN,
LA LIBERTAD, EL SALVADOR, C.A.
CONTACTO: (503)2212-9448 /cgvasquezg@ujmd.edu.sv

ISSN: 2957-7616

COMITÉ EDITORIAL

M.Ed. Ing. Carlos Gerardo Vásquez Gallardo Coordinador de Investigación FAIA-UJMD
M.Sc. Ing. Roberto Antonio Santos Amaya - Coordinador
de Ingeniería Agroindustrial FAIA - UJMD
Lcda. Marta Elena Uribe - Directora de Editorial Delgado - UJMD

EDITORES

M.Ed. Ing. Carlos Gerardo Vásquez Gallardo
Lcda. Marta Elena Uribe

COMITÉ CIENTÍFICO NACIONAL

MAE Ing. Farah Silvana Alabí Hernández
Lcda. Karla María Quintanilla Moreno
M.Sc. Ing. Luis Enrique Córdova Macías
M.sc. Ing. Roberto Antonio Santos Amaya
Ing. María Teresa Valencia Cárcamo Mejía

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

Dra. Cristina Alexandra Seijo Suárez - Universidad del Zulia-Venezuela
Dra. Alisva de los Ángeles Cárdenas Pérez
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Ecuador
M.Sc. Ing. Mariano Gustavo Olazábal Balcázar
Universidad Nacional Agraria La Molina-Perú

COMITÉ TÉCNICO

Lcda. Sara Escobar de González - Directora Sistema Bibliotecario - UJMD
Lic. Luis Alberto Molina Quintanilla - Subdirector Informática - UJMD
Téc. Maily Mejía Hernández - Biblioteca virtual y E-recursos - UJMD

EDITORIAL

M.Ed. Ing. Carlos Gerardo Vásquez Gallardo
Editor General
Coordinador de Investigación – FAIA – UJMD.

Potenciando el conocimiento a través de ciencia abierta

IZOTE Journal es una Revista científica sobre investigaciones agroindustriales, agrobiotecnológicas, ambientales y de alimentos de la Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola “Julia Hill de O’Sullivan”, de la Universidad Dr. José Matías Delgado (UJMD) de El Salvador; pretende ser un medio difusor de las producciones científicas, de la Facultad, promoviendo el uso de la investigación como motor de desarrollo del talento humano desde El Salvador para el mundo.

Aparece en formato digital, con el fin de hacer accesible a un número la adquisición, consolidación, diseminación y actualización del conocimiento derivado de la investigación en ciencias agrícolas, más amplio de usuarios. Para ello, IZOTE Journal pretende conseguir un equilibrio entre la facilidad de uso, el diseño amigable y el rendimiento en la ejecución, que haga posible la universalidad del acceso al conocimiento científico en las disciplinas involucradas (Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería en Agrobiotecnología, Ingeniería en Gestión Ambiental e Ingeniería en Alimentos).

Esta edición Vol. 2, Num. 1, Año 2023 de la revista IZOTE Journal, contiene:

- 7 Artículos Científicos.
- Fotografías de Graduación del Programa de Formación de Investigadores (PFI) Nivel I-UJMD-VISIÓN 2030-Hacia una Universidad Ecosistémica.
- Links de Acceso a las 7 Investigaciones Científicas Completas.

- Los seis primeros Artículos Científicos, publicados en esta edición, surgen como producto de los trabajos (monografías y tesinas) para optar al título de Ingenieros en la Facultad, los artículos n. 1 y 2 corresponden al ciclo 02-2021 y los artículos n.º 3, 4, 5 y 6 al ciclo 01-2022.
- El último Artículo Científico (Artículo Num. 7) surge como producto de la ponencia presentada en el 1.er, Congresos Salvadoreño de Biotecnología y Biología Molecular de la Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola, por 3 Docentes Investigadores de la Facultad, dicho Congreso se llevó a cabo los días 25 y 26 de julio 2023 en la UJMD, donde hubo participación de 12 Ponencias presentadas por 11 investigadores salvadoreños, algunos de ellos, radicados en Estados Unidos(EE.UU.), México, España y Rusia.
- Es importante acotar que el Flujo de Trabajo de este número pasó por el proceso de edición y publicación utilizando la *Open Journal Systems, en cursiva (OJS)* de la Universidad Dr. José Matías Delgado.
- Entregamos hoy esta segundo número de IZOTE Journal a la sociedad salvadoreña y mundial para potenciar el conocimiento a través de ciencia abierta; no sin antes agradecer a todos los colegas del Comité Editorial, Comités Científicos y Técnico, Pares Evaluadores y Autoridades de la UJMD que han apoyado desinteresadamente para que este segundo número pueda ser una realidad y es un gusto el poder anunciar que a partir del Año 2024 se realizará CONVOCATORIA NACIONAL E INTERNACIONAL para Investigadores Nacionales y Extranjeros que estén interesados en que sus Artículos científicos sean evaluados para ser publicados en los próximos números de la Revista IZOTE Journal.

CONTENIDO

IZOTE JOURNAL

REVISTA CIENTÍFICA DE INVESTIGACIONES
AGROINDUSTRIALES, AGROBIOTECNOLÓGICAS
AMBIENTALES Y DE ALIMENTOS
VOL 2, No. 1, DICIEMBRE 2023

Editorial

- 7 **Uso de dos moléculas de madurantes no herbicidas aplicadas mediante drones versus la maduración natural en cultivos de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) durante Zafra 2021/2022 de Ingenio La Cabaña S.A de C.V.**
Mendoza-Mendoza, Gerson Gustavo
López-Solano, Stephanie Ivette

- 15 **Elaboración de snacks nutritivos deshidratados a base de hortalizas (camote, yuca, papa, remolacha común zanahoria) y su análisis sensorial y bromatológico**
Arias Ramos, Hazel Abigail

- 27 **Análisis de los potenciales impactos asociados a la introducción de cultivos genéticamente modificados en El Salvador**
Santos-Martínez, Brenda Alicia

- 37 **Procesos administrativos incluyendo la categorización de la Evaluación Ambiental Estratégica en El Salvador, Chile, Argentina, Perú, Colombia y España**
Marroquín Garzona, Karen Nathaly
Orellana Rivas, Fátima Elizabeth

- 47 **Aprovechamiento de los subproductos del camarón (*Litopenaeus vannamei*) para el desarrollo de un sazónador de mariscos**
Martínez-Villeda, Karen Mariela
Morales-Ramos, Lilibiana Madaí
Gutiérrez, Milady Alejandra

59 **Extracción y cuantificación de betalaínas en cuatro variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp.) para colorante alimentario**

Hernández-Carrillo, Alma Lizeth
Recinos-Guerrero, Karen Elizabeth

72 **Bioteconología y Genómica de plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador**

Orantes, Huilhuinic
Ramírez, Jennifer
Sánchez-Trejo, Lucía

Uso de dos moléculas de madurantes no herbicidas aplicadas mediante drones versus la maduración natural en cultivos de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) durante Zafra 2021/2022 de Ingenio La Cabaña S.A. de C.V.

*Use of two non-herbicide ripener molecules applied by drone versus natural ripening in Sugarcane (*Saccharum officinarum*) crops during Zafra 2021/2022 of Ingenio La Cabaña S.A. de C.V.*

Mendoza-Mendoza, Gerson Gustavo¹
López-Solano, Stephanie Ivette²

Resumen

Con el propósito de evaluar los efectos del uso de los madurantes no herbicidas en cultivos de caña de azúcar Moddus 25 ° (Trinexapac-Etil), Organosato °, se evaluaron en cultivos de caña de azúcar variedad CP 722086 de la Cooperativa San Francisco, Suchitoto, Cuscatlán. Los resultados expresados indican que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, los tratamientos que presentaron mejores resultados fueron: Moddus 25 °, posteriormente el uso de Organosato °, por lo cual se recomienda el uso de madurantes no herbicidas en el cultivo de caña de azúcar para el mejoramiento de rendimiento del cultivo.

Palabras clave:

Sacharum officinarum, Rendimiento, Dron, Tratamiento

Abstract

In order to evaluate the effects of the use of non-herbicide ripening agents in sugar cane crops Moddus 25 ° (Trinexapac-Ethyl), Organosate °, were evaluated in sugar cane crops variety CP 722086 of the Cooperative San Francisco, Suchitoto, Cuscatlán. The results indicate that there is no significant difference between treatments, however, the treatments that showed better results were: Moddus 25 °, then the use of Organosate °, so it is recommended the use of non-herbicide maturants in the sugar cane crop to improve crop yield.

Keywords:

Sacharum officinarum, Performance, Drone, Treatment.

¹ Ingeniero Agroindustrial, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail: germ110395@gmail.com

² Ingeniera en Alimentos, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail: sstephls96@gmail.com

Introducción

La caña de azúcar se origina en el sudeste asiático y es traída a América por medio de la conquista española. La principal fuente de azúcar en la planta se encuentra en su tallo y para llegar a ella es preciso el uso de cuchillas desmenuzadoras y posteriormente son traspasadas al ingenio.

Hoy en día el cultivo de caña de azúcar se ha convertido en una de las principales actividades agrícolas que son producidas y cultivadas en El Salvador, sin embargo, con el paso del tiempo se han presentado diversos retos en los cuales diversos productos han adquirido una gran importancia para el incremento del rendimiento y productividad, tales son los madurantes que se aplican en la preparación de la cosecha, esto con ayuda de tecnología dron con el objetivo no solo de incrementar la productividad y rendimiento sino también innovar en tecnología. Las moléculas utilizadas Moddus 25[®] (Trinexapac-Etil) y Organosato[®] tienen como objetivo principal aumentar la producción de azúcar en la planta comúnmente conocido por Grado Pol o polarización que es el porcentaje de sólidos solubles que determinan el contenido de sacarosa en el jugo.

Se aplicaron dos madurantes no comerciales Moddus 25[®] (Trinexapac-Etil), 3.5 ha: Organosato[®], en un terreno de 10.5 hectáreas, dividido en 3.5 hectáreas de manera de tener tres campos de estudio para los dos madurantes y el testigo sin aplicación; siendo aplicadas las dos moléculas de madurante por medio de tecnología dron.

El sitio de estudio se ubicó en el municipio de Suchitoto, departamento de Cuscatlán. Posterior a la aplicación de los tratamientos, se determinó la factibilidad y los rendimientos producidos en sacarosa contenidos en la caña de azúcar con la implementación de dichos madurantes versus la maduración natural del cultivo, comparando el desarrollo y el rendimiento producido de cada uno de ellos en el cultivo de caña de azúcar seleccionados para su aplicación.

La investigación se llevó a cabo en cuatro etapas:

Etapas uno: durante dicha etapa se realizó la búsqueda de los antecedentes más apropiados, investigaciones tanto nacionales como internacionales, que han sido desarrolladas en los últimos años sobre dicha temática, mediante la localización de referencias de literatura se procedió al proceso de consulta.

Etapas dos: se realizó un proceso de selección de las literaturas consultadas más apropiadas para la investigación, así mismo brindar una fuente confiable para agregar en los antecedentes de esta investigación realizada. Dichas fuentes encontradas fueron de interés ya que son concisas al tema a ejecutar, mencionando aspectos importantes como: conceptos básicos, clasificaciones, ejecuciones de los procesos de investigación, resultados, etc.; todos estos elementos descritos para un mejor entendimiento (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En dicha investigación se determinó que fue de carácter experimental, sus variables, y los métodos que han sido utilizados para recopilar la información y por consiguiente el sistema estadístico que se utilizó para el procesa-

miento y análisis de los datos obtenidos fue: Diseños estadísticos por bloques aleatorios.

Etapas tres: durante dicha etapa se llevó a cabo la recopilación de datos mediante procesos de experimentación, esto consistió en el riego de una área de 7 hectáreas de terreno, así mismo esto incluye 3.5 hectáreas que fueron el testigo (natural), a la cual no hubo ninguna aplicación de componentes, posteriormente a las zonas de aplicación se sustrajeron muestras al azar de caña de azúcar, para las cuales fueron determinadas el porcentaje de pol pertenecientes en las mismas para comenzar el proceso de experimentación de rendimiento y los resultados obtenidos por cada uno de los madurantes no herbicidas utilizados, así mismo la determinación de su factibilidad para el uso en cultivos de caña de azúcar, esto con el fin de generar un aporte en rendimiento y beneficios económicos para Ingenio La Cabaña S.A de C.V.

Etapas cuatro: en dicha etapa se evaluó y analizó el cumplimiento de las hipótesis planteadas al inicio de la investigación para establecer de una manera experimental si serán aceptadas o rechazadas según los resultados obtenidos por medio de análisis fisicoquímicos para posteriormente elaborar conclusiones acerca de la factibilidad del uso de madurantes no herbicidas.

Diseño

Durante el trabajo realizado, titulado “Uso de dos moléculas de madurantes no herbicidas aplicadas mediante drones versus la maduración natural en cultivos de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) durante Zafra 2020/2021 de Ingenio La Cabaña S.A

de C.V” se utilizó un diseño descriptivo, ya que el objetivo principal de la investigación fue evaluar y aplicar una comparativa de los madurantes a utilizar que brinden un mayor rendimiento en sacarosa de los cultivos de caña de azúcar, estos agroquímicos no herbicidas siendo aplicados por medio de drones para optimizar los recursos y generar mejores resultados en productividad, con ello se buscó establecer indicadores que brinden primero que nada una comparación de los resultados que generan versus una maduración natural del cultivo y esto se obtendrá por medio de análisis fisicoquímicos, los cuales determinen el porcentaje que aumento con el uso de cada uno de los madurantes, así mismo la calidad del mismo, esto determinado también por medio de parámetros establecidos durante el proceso de investigación, como por ejemplo: días de maduración, color de la caña, tipo de variedad, etc.

Resultados

Los resultados presentados son representados como un diagnóstico diferencial; en el cual se realizaron comparaciones luego de la aplicación de las dos moléculas de madurantes versus la maduración natural del cultivo de caña de azúcar, esto se realizó mediante análisis fisicoquímicos con una frecuencia mensual durante tres meses, esto antes de iniciar el proceso de cosecha del cultivo en dicha región de la Cooperativa San Francisco en el municipio de Suchitoto administrado por Ingenio La Cabaña S.A de C.V.

Durante la investigación se establecieron parámetros para determinar los datos a analizar, los cuales son: rendimiento

en porcentaje de sacarosa en el cultivo de caña de azúcar, dichos resultados de este parámetro se analizaron e interpretaron y están descritos en el presente artículo. Los resultados obtenidos fueron utilizados para realizar pruebas estadísticas mediante los programas informáticos “IBM *Statistical Package for the Social Sciences* 25 (SPSS)®” y, “Microsoft Office Excel, 2019®”.

Análisis de Diseño Completamente al Azar

Para el análisis de varianza de Diseño Completamente al Azar es necesario la verificación del cumplimiento de un factor:

Supuesto de Normalidad, el cual indica que los datos aleatorios se distribuyen nor-

malmente (Prueba de Kolmogórov – Smirnov).

Prueba de homogeneidad de varianza (Prueba de Levene).

La prueba mencionada anteriormente fue realizada mediante el planteamiento de las hipótesis siguientes:

Para la prueba de Normalidad:

H_0 = Los Datos se distribuyen de manera Normal, con un nivel de significancia del 0.05 (5 %).

H_1 = Los Datos no se distribuyen de manera Normal, con un nivel de significancia del 0.05 (5%).

Tabla 1: Pruebas de normalidad

Pruebas de normalidad							
Medición	Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→	A	.202	6	.200*	.944	6	.688
	B	.327	6	.044	.794	6	.051
	C	.164	6	.200*	.964	6	.849

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Elaboración propia con datos de Mendoza-Mendoza y López-Solano, (2022).

Conclusión: Como valor p o significancia asintótica no se rechaza la hipótesis nula, ya que los valores obtenidos son mayores a los valores de tabla a una significancia del 5 %.

Para la prueba de Homogeneidad de Varianza de Tratamientos A, B y Testigo

H_0 = No existe diferencia significativa entre alguno de los tratamientos

H_1 = Existe por lo menos un tratamiento distinto a las demás.

Nivel de significación: $\alpha=0,05$ (asignado arbitrariamente).

Chi-cuadrado observado, bajo supuesto de hipótesis nula verdadera:

El número de grados de libertad, es $(c-1)=2$. El valor crítico es $X^2=X^2=5.99$ debido a que $P(X^2_{(2)} > 5.99) = 0.05$

Tabla 2: Pruebas de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Medición	Se basa en la media	.280	2	15	.759
	Se basa en la mediana	.230	2	15	.797
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.230	2	9.792	.799
	Se basa en la media recortada	.264	2	15	.771

Nota. Elaboración propia con datos de Mendoza-Mendoza y López-Solano, (2022).

Conclusión: Decisión o inferencia final, El valor observado de la significancia .759 es mayor que 0.05 de la significancia, en consecuencia, se acepta la hipótesis nula y podemos inferir a un nivel de significación del 5%, que no existe ninguna diferencia entre alguno de los tratamientos.

Tabla 3: Análisis univariado de varianza

Factores inter-sujetos			
		Etiqueta de valor	N
Tratamientos	1	A	6
	2	B	6
	3	C	6
Muestra	1		9
	2		9

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Medición					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5.830 ^a	3	1.943	.335	.800
Intersección	4583.712	1	4583.712	790.270	.000
Tratamientos	4.281	2	2.140	.369	.698
Muestra	1.549	1	1.549	.267	.613
Error	81.203	14	5.800		
Total	4670.744	18			
Total corregido	87.032	17			

a. R al cuadrado = .067 (R al cuadrado ajustada = -.133)

Nota. Elaboración propia con datos de Mendoza-Mendoza y López-Solano, (2022).

Tabla 4: Comparaciones múltiples

Pruebas post hoc

Tratamientos

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Medición						
HSD Tukey						
(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
A	B	1.0050	1.39047	.754	-2.6342	4.6442
	C	1.0617	1.39047	.731	-2.5776	4.7009
B	A	-1.0050	1.39047	.754	-4.6442	2.6342
	C	.0567	1.39047	.999	-3.5826	3.6959
C	A	-1.0617	1.39047	.731	-4.7009	2.5776
	B	-.0567	1.39047	.999	-3.6959	3.5826

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 5.800.

Nota. Elaboración propia con datos de Mendoza-Mendoza y López-Solano, (2022).

Tabla 5: Subconjuntos homogéneos

Medición		
HSD Tukey ^{a, b}		
Tratamientos	N	Subconjunto
C	6	15.5850
B	6	15.6417
A	6	16.6467
Sig.		.731

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 5.800.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6.000.
b. Alfa = 0.05.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO DE RENDIMIENTOS POR CADA TRATAMIENTO
TRATAMIENTO A (MODDUS 25)	16.645
TRATAMIENTO B (ORGANOSATO)	15.64
TRATAMIENTO TESTIGO	15.58

Nota. Elaboración propia con datos de Mendoza-Mendoza y López-Solano, (2022).

Discusión

El uso de madurantes no herbicidas ha determinado un aumento no significativo del porcentaje de sacarosa del cultivo de caña de azúcar, cabe recalcar que esto también depende en gran medida de las condiciones climáticas en las que se encuentre el cultivo y más en un estado de humedad, por ello se requiere un cuidado exhaustivo a la hora de iniciar los procesos de preparación del cultivo para desarrollar el aumento de su concentración de sacarosa en cada uno de los tallos que la contiene. Uno de los mejores porcentajes fue el Tratamiento A, donde se utilizó el madurante no herbicida Moddus 25[®] (Trinexapac-Etil) teniendo un aumento considerable durante los análisis fisicoquímicos realizados durante tres veces antes del corte de la caña de azúcar, este teniendo un promedio de rendimiento final del: 16.64 %, como segundo tratamiento B a utilizar para generar mejores resultados, fue el uso del Organosato[®] teniendo un promedio del 15.64 %, con una diferencia del 1% exacto con el Tratamiento A, bajo la comparativa de estos tratamiento se encuentra el Testigo sin aplicación el cual constó un resultado del 15.58 %, mediante esto se puede concluir que es necesario la utilización de madurantes no herbicidas para el mejoramiento de la productividad de caña de azúcar, teniendo impactos significativos para la producción de azúcar en Ingenio La Cabaña.

Por ello los resultados de la investigación tiene una semejanza al antecedente generado por Espinoza, Corado, Martínez y Echeverría, (sin fecha), el cual tiene como evaluación “Efecto de Madurantes no

herbicidas en el cultivo de caña de azúcar”, determinando que el uso de Moddus 25[®] (Trinexapac-Etil) es uno de los madurantes no herbicidas más efectivos esto a pesar de que las condiciones climáticas de ese entonces en el año 2010 no fueron favorables concluyendo así durante dicha investigación que hubo una variabilidad importante en la acumulación de sacarosa que fue el alcance que se quería llegar durante la investigación determinada, en tal caso en la presente investigación este resultado ha sido con una similitud muy estrecha.

Mediante la prueba de Normalidad se pudo concluir lo siguiente:

H_0 = Los Datos se distribuyen de manera Normal, con un nivel de significancia del 0.05 (5%).

Existiendo una normalidad entre los resultados de los análisis realizados en el cultivo de caña de azúcar.

Mediante la prueba de Homogeneidad se pudo concluir lo siguiente:

H_0 = No existe diferencia significativa entre alguno de los tratamientos.

Se acepta la hipótesis nula y podemos inferir, a un nivel de significación del 5%, que no existe ninguna diferencia entre alguno de los tratamientos.

A pesar de no tener estadísticamente aumentos significativos en los resultados obtenidos, se concluye que el uso de madurante en el Cultivo de Caña de Azúcar es de primordial importancia para el buen desarrollo de las plantas, siempre y cuando los factores climáticos se encuentren a favor de las zonas con extensiones territoriales del cultivo, generando beneficios para productores y para

los procesos productivos en la fábrica con la transformación de este elemento de vital importancia en el mercado local e internacional como lo es el azúcar.

Conclusiones

- Mediante el Análisis de Varianza del Diseño Completamente al Azar y la Prueba de Tukey, mostraron que, no existe una diferencia estadísticamente significativa en el promedio de Rendimientos de Pol-Ca en el cultivo de Caña de Azúcar, con los Tratamientos A, B y Testigo realizados a lo largo del proyecto.
- Los productos Madurantes no herbicidas a pesar de que no tuvieron efectos significativos se puede tomar en cuenta el aumento de sacarosa con el tratamiento A (Moddus 25[®] - Trinexapac – Etil) el cual obtuvo uno de los mejores resultados por tonelada de caña, con un rendimiento de 153.57 kilogramos de azúcar/ton de caña.
- El uso de vehículos no tripulados (drone) aumenta el rendimiento de los procedimientos a realizar durante las jornadas laborales en campo, esto beneficiando así a eficientizar el desarrollo de actividades de riego y monitoreo de cultivos, dando resultados positivos por ejemplo en este caso de rendimientos, ya que brindan una mayor precisión ayudando a desarrollar un riego uniforme en los cultivos de caña de azúcar.

- Mediante la validación se da paso a la apertura de más investigaciones acerca del uso de madurantes no herbicidas, se necesita llevar a cabo la determinación de los beneficios reales del uso de los madurantes Moddus 25[®] y Organosato[®] para seguir desarrollando el estudio acerca del aumento del rendimiento de azúcar por unidad de área.

Referencias

ESPINOZA, Gerardo; CORADO, Manuel; MARTÍNEZ LOPÉZ, Manuel Enrique y ECHEVERRÍA, Juan Carlos. Sin fecha. *Efecto de madurantes no herbicidas en el cultivo de la caña de Azúcar (saccharum spp) variedad cp88-1165*. [En línea] [Fecha de consulta 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://cengicana.org/files/20170105143817803.pdf>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. 2014. *Metodología de la investigación*. [en línea] (6^a ed.), México D. F.: McGraw-Hill [Fecha de consulta: 27 de septiembre 2021] Disponible en: https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/opac3/verdetalle.php?idobra=38117&searchType=titl_a,titl_m,titl_c,titl_s,aut_p_a,aut_i_a,aut_p_m,aut_i_m,aut_p_c,aut_i_c,resumen_anadoc,desc_ppales_anadoc,desc_post_anadoc,editor_s&cc=0&searchText=hernandez%20sampleri&sortBy=default&sfrase=default

MENDOZA-MENDOZA, Gerson Gustavo y LÓPEZ-SOLANO, Stephanie Ivette. 2022. *Uso de dos moléculas de madurantes no herbicidas aplicadas mediante drones versus la maduración natural en cultivos de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum) durante Zafra 2021/2022 de Ingenio La Cabaña S.A de C.V* [Tesis de pregrado de Ingeniería en Alimentos y Ingeniería en Agroindustrial]. Universidad Dr. José Matías Delgado. Antiguo Cuscatlán, El Salvador.

Elaboración de snacks nutritivos deshidratados a base de hortalizas (camote, yuca, papa, remolacha común y zanahoria) y su análisis sensorial y bromatológico

Preparation of nutritious dehydrated snacks based on vegetables (sweet potato, cassava, potato, common beet, carrot) and their sensory and bromatological analysis

Arias Ramos, Hazel Abigail¹

Resumen

Esta investigación es sobre la elaboración de snacks nutritivos deshidratados a base de hortalizas (camote, yuca, papa, remolacha común y zanahoria). Cada etapa del procedimiento de las materias primas ha sido detallada de acuerdo a sus características, ya que, al tener diferencias en composición química, textura y forma; cada una necesita de un tratamiento diferente previo a la deshidratación. Se realizaron 4 formulaciones para la evaluación de la textura, sabor, olor, color y apariencia del snack por medio de un análisis sensorial, este análisis contó con la ayuda de un panel de jueces no entrenados quienes seleccionaron la formulación número 2 de las cuatro fueron presentadas se para luego efectuar la Prueba de Friedman, dicha prueba es la alternativa no paramétrica del Diseño de Bloques, la cual detalla los promedios de los resultados obtenidos, además, se realizó un Análisis Bromatológico a la prueba que fue la que obtuvo la mayor aceptación después de realizado el Análisis Sensorial. Los resultados de dichos análisis demostraron que el nivel de proteína y fibra dietética en una muestra de 100 g fue alto.

Palabras clave:

snacks, deshidratados, formulaciones, análisis sensorial, análisis bromatológico.

Abstract

This research consists on the elaboration of dehydrated nutritious snacks based on tubers and vegetables (sweet potato, yucca, potato, beet and carrot). Each step of the process of the raw materials has been detailed according to their characteristics, since they have differences in chemical composition, texture and shape; each one needs a different process prior to dehydration. Four formulations were made for the evaluation of the texture, flavor, odor, color and appearance of the snack by a Sensorial Analysis, this analysis had the participation of a panel of untrained judges who selected formula number 2 of the four that were presented (with lemon and salt) and then a Friedman Test was performed, this test is the non-parametric alternative of the Block Design, which details the averages of the results obtained, in addition, a Bromatological Analysis was performed to the test that received the highest acceptance after the Sensorial Analysis was carried out. The results of these analyses showed that the level of protein and dietary fiber in a 100 g was high.

Keywords:

snacks, dehydrated, formulations, sensory analysis, bromatological analysis.

¹ Ingeniera Agroindustrial, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail: haz.aria.ha@gmail.com

Introducción

En El Salvador existe una variedad de snacks convencionales los cuales indican en sus ingredientes niveles muy altos de grasas y sodio, esto afecta a la salud de sus consumidores a largo plazo reduciendo la calidad vida de la población salvadoreña con enfermedades. Se ha logrado percibir una necesidad de brindar una propuesta alimenticia que sea nutricionalmente saludable, como respuesta se ha decidido elaborar un snack nutritivo deshidratado que sea sensorialmente y bromatológicamente aceptado a base de hortalizas, las cuales han sido seleccionadas por diferentes factores, uno de ellos es que las materias primas son fáciles en encontrar con los distribuidores, otro punto que se tomó en cuenta es que muchas personas prefieren este tipo de hortalizas en su dieta, lo que permitió que el producto fuera aceptado, por último se utilizaron ya que de acuerdo con la investigación estas hortalizas poseen alta cantidad de proteína.

Para ello en el presente trabajo se utilizan técnicas y tecnologías de deshidratado artesanal y deshidratación mecánica, aplicándolas a las diferentes hortalizas tales como camote, yuca, papa, remolacha común y zanahoria para la elaboración de dicho snack nutritivo. A su vez se describen las cualidades de influencia en sus propiedades sensoriales y bromatológicas que presenta el producto final.

En la primera fase se presenta el Problema de la Investigación donde se especifican las hipótesis que se quieren aclarar, los antecedentes, la justificación de la investigación, los objetivos, los alcances a lograr y la de-

limitación de la investigación donde se especifica la duración y dónde se desarrolló la misma.

También se describe la historia de los snacks, el origen en El Salvador y las empresas productoras de snacks en el país, así mismo muestra cómo surge la deshidratación durante la historia, las regulaciones que se utilizaron para el desarrollo de la investigación. También se describen los conceptos de snack, deshidratación, las hortalizas (yuca, camote, papa, remolacha común y zanahoria).

Dentro de la Metodología de la Investigación se puede determinar cómo se realizó el procesamiento del snack nutritivo, donde se muestran las 4 formulaciones que se desarrollaron durante los 4 meses de investigación para luego ser analizadas sensorial y bromatológicamente.

Por último, se muestran los resultados obtenidos en la investigación y las conclusiones y recomendaciones en base a los objetivos de la investigación.

Historia de Snack

Se conoce que en el año de 1853 en Moon's Lake House en Saratoga Springs, Nueva York un hombre llamado George Crum inventó las papas chip mientras trabajaba en un restaurante tratando de complacer a un cliente. Un día Crum cortó las papas en rodajas muy finas, las echó en aceite hirviendo y las condimentó con mucha sal; al ser degustadas por Cornelius Vanderbilt fueron de su agrado, luego el resto de la clientela empezó a pedir esa especialidad y la bautizaron como "Saratoga chips".

Los snacks tienen un papel muy importante hoy en día ya que están presentes en muchos de los hogares, supermercados, tiendas de conveniencia entre otros. En la historia de la humanidad, el contenido y la frecuencia de los alimentos siempre ha sido variante. Desde los tiempos antiguos, las personas comían sobras del día anterior y comidas ligeras entre las comidas, sin embargo, en el siglo XIX en Estados Unidos los intereses por comer snacks cambiaron. Las personas sustituyeron las comidas naturales por los snacks comerciales con contenido

alto en azúcares y sal. Actualmente, gracias a la evolución en la industria de los snacks, las opciones de consumir snack han cambiado grandemente (Seidel, 2020, párr. 1).

Historia de Snack en El Salvador

A comparación de otros países El Salvador introdujo los snacks en la década de 1930, poco a poco, la industria, la demanda y el mercado fueron creciendo. En la siguiente tabla resumen se muestra el origen y la evolución de la industria de los snacks en El Salvador.

Tabla 1: Surgimiento de la industria de los snacks y el inicio de las operaciones de diferentes industrias alimenticias productoras de snacks en El Salvador

Año	Persona o Industria	Descripción
1853	George Crum (Chef estadounidense)	Desarrolló las papas fritas a partir de técnicas esenciales de cortado y freído. En ese entonces fueron llamadas "Saratoga Chips"
1934	Grupo Famossa	Inicia sus operaciones en El Salvador
1951	Productos Alimenticios Diana S.A. de C.V.	Inicia sus operaciones en El Salvador y en 1958 se extendió a Honduras, Guatemala, Belice, Nicaragua y Costa Rica; en 1978 se extiende a Estados Unidos.
1985	Productos Alimenticios Ideal S.A. de C.V.	Inicia operaciones en El Salvador siendo ésta división del grupo Famossa.
1993	Productos Alimenticios Bocadeli S.A. de C.V.	En enero de 1993 inicia operaciones en El Salvador y luego, en 1996, se extiende en todo Centroamérica, el Caribe, México, Estados Unidos y Europa.

Nota. Cuadro resumen sobre la historia del snack en El Salvador (Cruz, García y García, 2016, p. 6).

Snack

La palabra snack suele ser muy utilizada en el idioma español, pero en el inglés esta palabra se utiliza para designar a un alimento que es consumido entre comidas y que no posee un aporte nutricional. En el mundo existen diferentes tipos de snacks, estos se clasifican comúnmente como dulces y salados. Siendo los más comunes los chips o papas chip, los nachos, los dulces con chocolate, mezclas de semillas y otros como las barras de chocolate que se encuentran en los supermercados.

ProChile (2011, p. 5) define al snack como aquel tipo de comida fácil de llevar y de comer, usualmente del tamaño de un bocado y que se consume entre las comidas regulares.

Por otra parte, Romero, Díaz y Aguirre (2016, p. 11) tomando de referencia a otros autores mencionan que el término snack se traduce a veces como “tentempié” o “refrigerio”, pero en los países latinoamericanos se adoptan modismos muy variables: “botana” en México; “picada” en Argentina; “pasabocas” en Colombia. En el idioma inglés su consumo se identifica con una práctica designada como snacking, que significa “picar” o “pinchar”.

Salazar (2018, pp. 8-9) por su parte menciona que los snacks pueden catalogarse como saludables o nutricionalmente equilibrados dependiendo de sus ingredientes y su forma de preparación.

Deshidratación

Esta tecnología fue implementada desde hace mucho tiempo a lo largo de la historia

de la humanidad, desde sus inicios el secado se realizaba de forma natural al sol.

Actualmente existen diferentes definiciones sobre la deshidratación y los tipos de tecnologías utilizadas en la industria de los alimentos.

El deshidratado es un proceso en el que se necesita de aire caliente a una temperatura de 40 a 70 °C con bajo contenido de humedad y movimiento constante del aire (Guerrero et al., 2012, p. 39).

También otros autores mencionan que el proceso de deshidratación de alimentos consiste en la extracción de la cantidad de agua presente en el producto. Deshidratar alimentos también se puede definir como la remoción del agua hasta un punto donde se inhiben el deterioro microbiano y la actividad enzimática (Coronel et al., 2018, p. 3). Existen diferentes factores a tomar en cuenta para tener una deshidratación exitosa. Algunos de estos están relacionados con las características del producto, mientras que otras se relacionan al diseño del deshidratador (Mercer, 2014, pp. 6-13):

1. Forma del material o producto.
2. Tamaño o grosor del material.
3. Contenido inicial de humedad del producto.
4. Tipo de deshidratador.
5. Tiempo de deshidratación.
6. Humedad relativa del aire que ingresa al deshidratador.
7. Tasa de flujo de aire volumétrico.

Descripción de materias primas

Camote (*Ipomoea batata*)

Este tubérculo es una raíz engrosada que se parece mucho a la papa o patata tradicional, comparten ciertas características y tipos de cocción ya que se puede preparar asada, hervida, en puré o frita, al mismo tiempo se puede obtener harina de esta. Actualmente está tomando gran fuerza de cultivo y consumo, se sabe que este tubérculo se cosecha en más de 80 países en vías de desarrollo; Asia es uno de los continentes que más produce camote a nivel mundial, se estima que más de 120 millones de toneladas, le siguen América Latina que produce 17 toneladas. En el año 2000, según estadísticas de la FAO, se produjeron 230 mil toneladas, con un rendimiento promedio de 17 toneladas por hectárea, el más alto de la región (Mazariegos, 2017, p. 7).

Tabla 2: Composición nutricional del camote (*Ipomoea batata*)

Composición nutricional 100g de camote		
		%VD
Energía (kcal)	86	
Proteína (g)	1.57	
Carbohidratos (g)	20.12	7%
Fibra dietética (g)	3	11%
Azúcar (g)	4.18	
Grasa (g)	0.05	0%
Sodio (g)	55	2%
Calcio (g)	30	4%
Hierro (g)	0.61	4%
Potasio (g)	337	8%

Nota. Menchú y Méndez (2012, p. 33).

Mercer (2014) recomienda que antes del proceso de deshidratación del camote se hierva por 30 minutos ya que logra que los almidones se gelatinicen y que se ablande. Para la deshidratación se utiliza una temperatura constante de 50 °C y un tiempo entre 9 horas 30 minutos a 9 horas 50 minutos.

Yuca (*Manihot esculenta*)

La yuca o mandioca es un tipo de arbusto que llega a la altura de dos metros, es una planta de clima tropical por lo que no se produce en zonas de climas fríos, en su crecimiento requiere una gran cantidad de humedad y luz solar; su cosecha se realiza alrededor del año el cual consiste en desarraigar la planta para extraer las raíces engrosadas de la yuca, es importante saber que si se sobrepasa el tiempo de cosecha la raíz se vuelve dura y por consiguiente no es comestible.

Los primeros indicios de la yuca o mandioca se remontan en la civilización maya más o menos hace 1400 años.

Tabla 3: Composición nutricional de la yuca (*Manihot esculenta*)

Composición nutricional 100g de yuca		
		%VD
Energía (kcal)	160	
Proteína (g)	1.36	
Carbohidratos (g)	38.06	14%
Fibra dietética (g)	1.80	6%
Azúcar (g)	1.70	
Grasa (g)	0.28	0%
Sodio (g)	14	1%
Calcio (g)	16	2%
Hierro (g)	0.27	2%
Potasio (g)	271	6%

Nota. Menchú y Méndez (2012, p. 33).

Antes del proceso de deshidratado es necesario hervir la yuca aproximadamente por 30 minutos, al igual que el camote Mercer (2014) menciona que este proceso permite la gelatinización de los almidones y el ablandamiento de la pulpa de la yuca. Para la deshidratación se utiliza una temperatura constante de 50 °C y un tiempo aproximadamente de 7 horas.

Remolacha común (*Beta vulgaris*)

La remolacha común es un arbusto que se cosecha ya sea anual o bianual, puede alcanzar los dos metros de alto, y posee varias ramas y hojas, que son verdes y moradas constan de raíces delgadas con gran cantidad de azúcar, esta hortaliza se puede preparar en ensalada cruda, sancochada y hervida, sin embargo en la actualidad se producen otros productos a partir de esta, tal como el azúcar perteneciente a la remolacha azucarera ya que en diversos estudios se ha observado que contiene una gran cantidad de sacarosa alrededor del 15 - 20%, al mismo tiempo se extrae el colorante E-162 denominado rojo remolacha.

Tabla 4a: Composición nutricional de la remolacha común (*Beta vulgaris*)

Composición nutricional 100g de remolacha común		
		%VD
Energía (kcal)	43	
Proteína (g)	1.61	
Carbohidratos (g)	9.56	3%
Fibra dietética (g)	2.80	9%
Azúcar (g)	6.67	
Grasa (g)	0.17	0%
Sodio (g)	78	3%
Calcio (g)	16	2%
Hierro (g)	0.80	4%
Potasio (g)	325	8%

Nota. Menchú y Méndez (2012, p. 33).

Mercer (2014) recomienda que la remolacha sea hervida hasta que esta esté blanda que suele ser 30 minutos aproximadamente, luego de la cocción estas se colocan inmediatamente en agua fría. La temperatura que recomienda es de 50 °C y el tiempo de deshidratado 11 horas aproximadamente.

Zanahoria (*Daucus carota* L.)

La zanahoria es una planta tipo roseta en la cual, la raíz principal de la misma se engrosa y acumula una gran cantidad de azúcar, la zanahoria es una de las hortalizas más consumidas en diferentes formas, entre las que destacan, cruda solo troceada, en sopas o caldos e incluso en postres; debido a la gran cantidad de minerales y vitaminas que contiene esta hortaliza se producen alimentos para bebés como papillas que son fuente importante en su alimentación, en el 2005 la FAO anunció que China fue uno de los países que cultivó y cosechó más zanahorias acaparando un tercio de este tubérculo en ese año.

En el año 2020 se realizó una campaña junto con una guía para la siembra y cosecha de zanahoria en El Salvador, y aunque no fue la mayor producción de zanahoria, los lugareños del Distrito de Zapotitán en el departamento de La Libertad aseguraron que es el inicio para la producción de este cultivo, ya que en estos últimos años no se ha podido cosechar por las circunstancias medioambientales que el país ha atravesado.

Tabla 4b: Composición nutricional de la zanahoria (*Daucus carota* L.)

Composición nutricional 100g de remolacha común		
		%VD
Energía (kcal)	43	
Proteína (g)	1.61	
Carbohidratos (g)	9.56	3%
Fibra dietética (g)	2.80	9%
Azúcar (g)	6.67	
Grasa (g)	0.17	0%
Sodio (g)	78	3%
Calcio (g)	16	2%
Hierro (g)	0.80	4%
Potasio (g)	325	8%

Nota. Menchú y Méndez (2012, p. 33).

Cuando las zanahorias a deshidratar tienen el tamaño deseado se realiza un escaldado en agua hirviendo en un tiempo estimado de 2 o 3 minutos y colocándolas inmediatamente en agua fría. El tiempo de deshidratado recomendado es de 10 horas 30 minutos a una temperatura constante de 50 °C (Mercer, 2014).

Papa (*Solanum tuberosum* L.)

La papa a nivel mundial es el cuarto cultivo más sembrado y cosechado, con una producción alrededor de 290 millones de toneladas (Román y Hurtado, 2002, p. 8), en su composición se puede encontrar proteínas, carbohidratos en gran cantidad y vitaminas, aunque es un tubérculo para el consumo humano y parte de una dieta, se han encontrado muchas más formas de consumirlo, no solo hervidas, fritas o sancochadas, sino también en la industria alimenticia se usan para la producción de algunas bebidas alcohólicas como el vodka, snacks

tipo “chips” y algunos subproductos como el almidón.

En promedio en nuestro país se consumen alrededor de 2.2 kg de papas por persona al año (Román y Hurtado, 2002, p. 8).

Tabla 5: Composición nutricional de la Papa (*Solanum tuberosum* L.)

Composición nutricional 100g de papa		
		%VD
Energía (kcal)	77	
Proteína (g)	2.05	
Carbohidratos (g)	17.49	6%
Fibra dietética (g)	2.10	7%
Azúcar (g)	0.82	
Grasa (g)	0.09	0%
Sodio (g)	6	0%
Calcio (g)	12	2%
Hierro (g)	0.81	4%
Potasio (g)	425	10%

Nota. Menchú y Méndez (2012, p. 33).

Para el proceso de deshidratación de la papa se recomienda realizar un escaldado en solución de NaCl de 3% p/p, es decir, 3g aproximadamente por litro de agua. El tiempo de deshidratado varía desde las 3 horas 25 minutos a las 5 horas 30 minutos a una temperatura entre 85 °C a 100 °C (Severini et al., 2005).

Metodología de la investigación

Tipo de Estudio

La presente investigación es un estudio cuantitativo-cualitativo exploratorio. Este estudio se enfoca en un producto nuevo, los snacks nutritivos deshidratados a base de hortalizas (camote, yuca, papa, remolacha

común, zanahoria) en El Salvador, busca explicar cómo se pueden obtener nuevas formas de comer alimentos saludables.

Población: Personas que consumen snacks (de tamaño desconocido).

Muestra: 15 jueces. Se tomaron en cuenta los siguientes criterios de inclusión para panelistas participantes en el estudio:

- a) No estar entrenados.
- b) Personas de 18 años en adelante.
- c) Interesados en consumir snacks nutritivos.

El tamaño de la población para la evaluación sensorial fue de $n=15$. Los jueces evaluaron 4 formulaciones de snacks de acuerdo a una escala hedónica lo que permitió establecer la formulación de mayor aceptación.

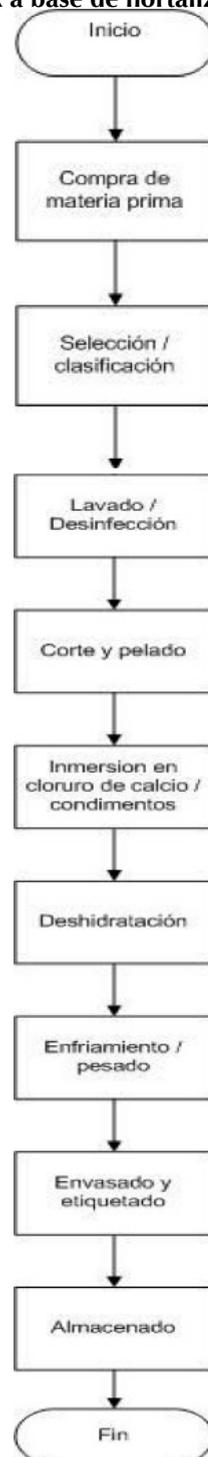
Flujograma de proceso

Tabla 6: Simbología ANSI para diagrama de flujo

Simbología ANSI para Diagramas de Flujo

Símbolo	Nombre	Descripción
	Inicio o término	Señala donde inicia o termina un procedimiento.
	Actividad	Representa la ejecución de una o más tareas de un procedimiento
	Decisión	Indica las opciones que se puedan seguir en caso de que sea necesario tomar caminos alternativos
	Conector	Mediante el símbolo se pueden unir, dentro de la misma hoja, dos o más tareas separadas físicamente en el diagrama de flujo, utilizando para su conexión el número arábigo; indicando la tarea con la que se debe continuar.
	Conector de página	Mediante el símbolo se pueden unir, cuando las tareas quedan separadas en diferentes páginas, dentro del símbolo se utilizará un número arábigo que indicará la tarea a la cual continua el diagrama.

Figura 1: Diagrama de proceso de deshidratación de snack a base de hortalizas.



Descripción del proceso de deshidratación de hortalizas (camote, papa, yuca, remolacha común y zanahoria)

Consiste en clasificación de las hortalizas que entrarán en el proceso, los productos se reciben y se realiza un control de calidad:

1. Selección/Clasificación: Se clasifican las hortalizas sanas, con grado de madurez adecuado.
2. Lavado/Desinfección: Lavado y desinfección de los materiales y equipos a utilizar en el proceso. Así mismo, las hortalizas fueron lavadas y desinfectadas para luego proceder a retirarles las cáscaras. Estas fueron lavadas con jabón alcalino y abundante agua, para su desinfección se utilizó una dilución de 100ppm de cloro dejando reposar de 3 a 5 minutos.
3. Cortado (corte fino que varía de 1 a 2 cm): Cortado con mandolina en rodajas delgadas para darle una mejor presentación.
4. Tratamiento previo: Para todas las hortalizas fue necesario un tratamiento previo, a continuación, se describe el proceso para cada materia prima:

Tratamiento previo del camote y papa

- a) Llevar a hervor constante en una olla 1 litro de agua y agregar 1.5g de ácido cítrico.
- b) Colocar por separado el camote y la papa en un colador con manija.
- c) Escaldar el producto por 3 minutos.
- d) Al terminar el escaldado hacer choque térmico con una solución de agua y ácido cítrico.

Tratamiento previo de zanahoria y yuca

- a) Llevar a hervor constante agua en una olla.
- b) Colocar por separado la zanahoria y yuca en un colador con manija.
- c) Escaldar el producto por 2 minutos.
- d) Al terminar el escaldado hacer choque térmico con agua fría.

Tratamiento previo de la remolacha

- a) Llevar la remolacha a hervor por 30 minutos,
 - b) realizar choque térmico en agua fría.
5. Deshidratado: Las hortalizas fueron clasificadas por tipo y de acuerdo a su humedad, se colocaron dentro del deshidratador de flujo de aire continuo en donde permanecieron alrededor de 3-4 horas a una temperatura cercana a los 55 °C.

Tabla 7: Temperaturas y tiempos de deshidratado

Hortalizas	Temperatura de deshidratación	Tiempo de deshidratación
Zanahoria	160 °F	3 horas
Remolacha	160 °F	3 horas
Papa	130 °F	3 horas
Yuca	130 °F	3 horas
Camote	130 °F	4 horas 30 minutos

6. Aspersión de condimentos y deshidratado durante 1 hora: A las hortalizas ya deshidratadas se les asperjó agua y el condimento, luego se colocaron en el deshidratador nuevamente para hacer un calentamiento y que permitiera que el condimento se pegara.

Tabla 8: Formulaciones y rendimiento del producto

	F1. Sin sabor	F2. Limón y sal	F3. Condimento Montreal	F4. Picante
Ingredientes	%	%	%	%
Camote	15	10	10	30
Yuca	35	40	45	40
Papa	15	35	10	20
Remolacha	15	5	12	2
Zanahoria	20	5	20	5
Sal	-	3	-	2
Ácido cítrico	-	2	-	1
Condimento Montreal	-	-	3	-
Condimento Tabasco	-	-	-	2
Ahumado	-	-	-	-
Cayena en polvo	-	-	-	1
Total	100	100	100	100
Rendimiento	16.54 %	17.66 %	16.90 %	19.56 %

- Enfriamiento/Pesado: Luego de cumplirse el tiempo de secado establecido en la tabla de temperaturas y tiempos, se retiraron los productos del deshidratador y se obtuvo el peso en seco, también se observaron los diferentes cambios organolépticos y de tamaños que sufrieron. El tiempo de enfriamiento a temperatura ambiente fue de 2 horas.
- Envasado: Se colocó el producto terminado en bolsas de celofán con fuelle clasificados por tipos y condimentos.

Resultados

Análisis sensorial.

El Análisis Sensorial es una herramienta que permite reconocer las características del producto terminado con panelistas no entrenados, uno de los objetivos de la realización de este análisis fue conocer la aceptación del producto final que se elaboró ante la demanda nacional de snacks nutritivos, en esta investigación se contó con panelistas no experimentados ni entrenados, consumidores habituales de snacks y que contaron

con disponibilidad para la realización de las pruebas; se eligieron 15 panelistas, para realizar una prueba descriptiva en la cual se hizo una escala hedónica con las diferentes características sensoriales establecidas. Esta escala hedónica estuvo compuesta por características de interés tales como: olor, sabor, color, textura y apariencia.

En el proceso de evaluación se utilizó la plataforma de Google Forms donde se colocaron los aspectos a evaluarse, los jueces determinaban si las muestras que se entregaban eran aceptables o no. Las muestras sólo iban siendo entregadas a los panelistas, numeradas de acuerdo al orden de la formulación establecida.

Para el análisis de las características organolépticas se utilizó la prueba de Friedman que es la alternativa no paramétrica para diseño de bloques (jueces) y tratamientos (formulaciones).

Discusión de resultados

Sabor: La hipótesis nula H_0 : “No existen diferencias en el Sabor de las cuatro formulaciones”, Se Acepta; sin embargo, la Formulación 4 fue la Mejor evaluada en Sabor.

Apariencia: La hipótesis Nula H_0 : “No existen diferencias significativas en la Apariencia de las cuatro formulaciones” Se Rechaza y Si hay diferencias significativas en por lo menos algún par de tratamientos; al realizar las comparaciones por parejas para Apariencia, la formulación 1 difiere significativamente de la 2 y 3, siendo la Mejor evaluada la Formulación 2.

Olor: La hipótesis Nula H_0 : “No existen diferencias significativas en el olor de alguna

de las cuatro formulaciones” Se Rechaza y Si hay diferencias significativas en algún par de tratamientos; al realizar las comparaciones por parejas para olor, la Formulación 1 es la que difiere con respecto a las otras formulaciones; siendo las Formulaciones 2 y 3 las Mejor evaluadas.

Color: La hipótesis nula H_0 : “No existen diferencias en el Color de las cuatro formulaciones” Se Acepta; siendo sin embargo la Formulación 2 la Mejor evaluada.

Textura: La hipótesis nula H_0 : “No existen diferencias significativas en la textura de las cuatro formulaciones” Se Acepta; siendo sin embargo la Formulación 2 la Mejor evaluada.

Resultado del análisis bromatológico.

Estos métodos se llevaron a cabo en el laboratorio de FUSADES (Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social).

Luego de determinar la fórmula con mayor aceptación se realizó un análisis bromatológico que muestra la composición nutricional del snack, se determina que el producto final cumple con el propósito de ser consumido como un complemento y que aporta nutrientes que otros snacks no poseen.

Figura 2: Resultado de análisis bromatológico

ANÁLISIS		
DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades
C003 Proteína	3.18	g/100 g muestra
C004 Grasa muestra húmeda	0.42	g/100g muestra
C005 Fibra cruda	1.08	g/100 g muestra
C006 Ceniza	4.09	%
C019 Carbohidratos	87.38	%
C046 Humedad	4.93	%

Nota. Elaborada a partir de los datos del informe de análisis del laboratorio de FUSADES.

Conclusiones

- La técnica de deshidratación fue un éxito en la elaboración del snack nutritivo, ya que cumplió con los procedimientos esperados en el alimento, y, así se obtuvo un producto más saludable y natural. Cabe destacar que a comparación de los snacks tradicionales el snack desarrollado no lleva grasas añadidas en su composición.
- El Análisis Sensorial realizado de las 4 formulaciones producidas reveló que la más aceptada por los jueces fue la segunda formulación siendo su sabor a limón y sal, sin embargo, a nivel teórico - matemático no hubo significativamente ninguna muestra mejor que otra; ya que los promedios ordenados varían tan solo por centésimas.
- En el Análisis Bromatológico realizado en el laboratorio de FUSADES se demostró que el nivel de grasa en la muestra húmeda es de 0.42 g por 100 g de muestra, esto nos indica que no se agregó ningún tipo de grasa en el proceso.
- Se demostró también en el Análisis Bromatológico realizado en el laboratorio de FUSADES que el nivel de proteína y de fibra dietética en una muestra de 100 g es significativamente mayor que un snack tradicional.

Referencias

ARIAS RAMOS, Hazel Abigail y VILLALTA VEJAR, Carlos Ernesto. 2022. *Elaboración de snacks deshidratados a base de tubérculos y hortalizas (camote, yuca, papa, remolacha, zanahoria) y sus análisis sensorial y bromatológico* [Tesis de pregrado de Ingeniería en Agroindustrial y Ingeniería en Alimentos]. Universidad Dr. José Matías Delgado. Antiguo Cuscatlán, El Salvador.

CRUZ, Mario., GARCÍA, Carlos y GARCÍA, Ricardo. 2016. *Desarrollo y formulación de un snack nutritivo libre de gluten*. [en línea]. [Tesis de Ingeniería en Alimentos]. San Salvador: Universidad de El Salvador. [Consulta: 12 septiembre 2021]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9583/1/Desarrollo%20y%20formulaci%C3%B3n%20de%20un%20snack%20nutritivo%20libre%20de%20gluten.pdf>.

CORONEL SALAZAR, David Jair; TIMANÁ, Christian Mauricio y VARGAS REGALADO, Keyla Sofía. 2018. *Diseño del proceso de producción de snacks naturales con diferentes sabores para el banano orgánico deshidratado en la empresa agroindustrial santa isabel e.i.r.l.* [en línea]. [Tesis de Ingeniería Industrial y de sistemas]. Universidad de Piura. [Consulta: 12 septiembre 2021]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3827/PYT_Informe_Final_Proyecto_BANANOORGANICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MENCHÚ, María Teresa y MÉNDEZ, Humberto. 2012. *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica* [en línea]. 2ed, Guatemala: INCAP. [Consulta: 25 septiembre 2021]. ISBN 99922-880-2-7. Disponible en: <http://www.incap.int/mesocari-befoods/dmdocuments/tablocalimentos.pdf>.

MERCER, Donald G., 2014. *An Introduction to the Dehydration and Drying of Fruits and Vegetables* [en línea]. Ontario: s.n. ISBN 978-0-88955-621-8. Disponible en: <https://www.uoguelph.ca/foodscience/sites/default/files/Drying-Part%201.pdf>.

NUÑO, Nuria. 13 de abril del 2015. El secreto de las “chips”. En: *El diario montañas* [en línea]. [Consulta: 12 septiembre 2021]. Disponible en: [https://www.eldiariomontanes.es/sociedad/201504/13/secreto-chips-20150413094642.html](https://www.eldiariomontanes.es/sociedad/201504/13/secreto-chips-20150413094642.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.eldiariomontanes.es%2Fsociedad%2F201504%2F13%2Fsecreto-chips-20150413094642.html).

html?ref=https%3A%2F%2Fwww.eldiariomontanes.es%2Fsociedad%2F201504%2F13%2Fsecreto-chips-20150413094642.html.

PROCHILE, 2011. *Estudio de Mercado Snacks de Fruta Deshidratada EE.UU.* [en línea]. Informe Comercial. Chile: Ministerio de Relaciones Exteriores. [Consulta: 15 septiembre 2021]. Disponible en: https://acceso.prochile.cl/wp-content/files_mf/documento_08_12_11174052.pdf.

ROMÁN CORTÉZ, Miguel y HURTADO, Guillermo. 2002. *Cultivo de la papa*. [en línea]. Informe Científico. Ciudad Arce: CENTA. [Consulta: 20 septiembre 2021]. Disponible en: https://www.centa.gob.sv/2021/wp-content/plugins/download-manager/viewer/viewer.php?dl=https://www.centa.gob.sv/2021/wp-content/uploads/download-manager-files/Guia%20Centa_papa.pdf.

ROMERO, Indira., DÍAZ, Verónica y AGUIRRE, Alejandro. Junio 2016. *Fortalecimiento de la cadena de valor de los snacks nutritivos con base en fruta deshidratada en el salvador* [en línea]. Ciudad de México: CEPAL, Naciones Unidas. [Consulta: 15 septiembre 2021]. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40251/S1600668_es.pdf.

SALAZAR, Laura. 2018. *Desarrollo de un snack saludable para la población senior joven*. [en línea]. [Tesis de maestría en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos]. Palencia: Universidad de Valladolid. [Consulta: 15 septiembre 2021]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/38197/TFM-L480.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SEIDEL, Karl. 2020. *The Evolution of the Snack Foods Industry. Cablevey® Conveyors* [en línea]. [Consulta: 12 septiembre 2021]. Disponible en: <https://cablevey.com/the-evolution-of-the-snack-foods-industry/>

Análisis de los potenciales impactos asociados a la introducción de cultivos genéticamente modificados en El Salvador

Analysis of the possible impacts associated with the introduction of genetically modified crops in El Salvador

Santos-Martínez, Brenda Alicia¹

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo la evaluación de los posibles impactos que se asocian a la introducción de cultivos genéticamente modificados en El Salvador. Es importante mencionar que este es un tema largamente ignorado en el contexto nacional, donde por desinformación o la existencia de sesgos ideológicos se ha evitado el contemplar la idea de introducir cultivos OGM (Organismos Genéticamente Modificados) al sistema agrícola salvadoreño, estancando así la producción nacional, en particular de alimentos. Por medio de consultas específicas a expertos de la temática y una posterior investigación bibliográfica se realizó un análisis de los impactos que se verían involucrados en la introducción de cultivos OGM en El Salvador, donde se delimitaron los posibles impactos en tres: socioeconómico, político y ambiental. Teniendo consecuencias positivas en el sistema productivo salvadoreño, particularmente con la utilización correcta de tecnologías como maíz genéticamente modificado en virtud de su falta de utilización de insecticidas y una reducción de mano de obra, así como la revitalización de industrias novedosas, como la algodonera, frijolera y forrajera. En términos políticos es importante tomar en cuenta los posibles beneficiarios de estas tecnologías, así como el verdadero impacto que tendrá. Finalmente, no se encontró ninguna diferencia en términos ambientales entre producción con cultivos genéticamente modificados y cultivos no modificados genéticamente, a diferencia de una reducción de utilización de insecticidas.

Palabras clave:

OGM, agricultura, impactos, introducción.

Abstract

The present investigation aimed to evaluate the possible impacts associated with introducing genetically modified crops in El Salvador. It's important to mention that this topic is largely ignored in the national context, whereby disinformation or the existence of an ideological bias has been avoided to contemplate the introduction of GMOs (Genetically Modified Crops) to the Salvadoran agricultural system, stalling the national production, food in particular. Through specific consultations with experts in the subject matter and a subsequent literature review, an analysis of the impacts involved in introducing GMOs in El Salvador was carried out, where three impacts were delimited: Socioeconomic, political, and environmental. Having positive consequences in the Salvadoran productive system, particularly in the correct usage of technologies like genetically modified corn due to the lack of usage of insecticides and a reduction of the workforce, as well as the revitalization of novel industries, like cotton, bean, and fodder. In political terms, it's important to consider the possible beneficiaries of these technologies, like the real impact they would entail. Finally, there wasn't a difference in environmental terms between the production of genetically modified crops and non-genetically modified crops, with the only difference being the reduction of insecticide usage.

Keywords:

GMO, agriculture, impacts, introduction.

¹ Ingeniera en Agrobiotecnología, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail: brendasantos.1630@gmail.com

Introducción

La biotecnología moderna ha pretendido un cambio en una gran cantidad de industrias, desde la medicina hasta la industria alimentaria, sin embargo, una industria en la que se ha vuelto cada vez más importante así como controversial es la agrícola, desde la creación de la primera planta transgénica (Alimentos transgénicos. info, sin fecha), se han observado una gran cantidad de beneficios que se pueden obtener de la modificación genética de especies vegetales, como la eliminación de plagas, la resistencia a herbicidas, la inmunidad a virus o la tolerancia a sequías, creando así cultivares cada vez más eficientes en términos productivos y volviéndose una poderosa herramienta para el problema ambiental que cada vez se vuelve más palpable.

El tema de introducción de cultivos genéticamente modificados en El Salvador comenzó en el año 2008, y abruptamente detenido en el año 2009, por un silencio administrativo, lo cual llevó a una indiferencia y falta de interés en introducir esta posible tecnología, que hasta la fecha, sigue siendo una realidad nacional de indiferencia, y hasta cierto grado, rechazo de la implementación de cultivos genéticamente modificados, causado por un pensamiento basado en ideologías que desconoce el verdadero funcionamiento de estas tecnologías así como las ventajas de las mismas y la falta de profesionales en biotecnología que puedan fomentar su implementación.

Por lo tanto, la presente investigación se asocia a la introducción de estos organismos

genéticamente en El Salvador, donde por medio de consultas específicas con un grupo objetivo de trabajo y una investigación bibliográfica se buscó presentar datos objetivos y basados en ciencia, que demuestran los verdaderos cambios que involucra al país la introducción de esta tecnología.

Es importante mencionar que la introducción de una nueva tecnología es un tema multidimensional y complejo, por lo que para analizar los impactos que se asocian a la introducción de cultivos genéticamente modificados en El Salvador se focalizó en el impacto socioeconómico, ambiental y político. Fundamentalmente en términos socioeconómicos, se esperaría un incremento productivo, por lo tanto, una reducción en importación de materia prima, así como también la apertura a nuevos mercados escasamente explorados en el país, como impacto ambiental no se encuentra diferencia con la producción de cultivos no genéticamente modificados, a excepción de una menor utilización de agroquímicos. Finalmente, en el sector político se tiene un desentendimiento del tema y de los posibles beneficiarios que existirían en la introducción de esta tecnología.

Materiales y métodos

La investigación es de carácter descriptiva-exploratoria, al tratarse de una monografía el enfoque principal es de tipo bibliográfico, sin embargo, se llevaron a cabo entrevistas específicas con un grupo objetivo de trabajo, donde se buscaba conocer la perspectiva sobre el tema de investigación de distintos expertos en la temática.

Dentro de las personas entrevistadas se tuvieron a:

- M.Sc. Diego Maximiliano Macall. Secretario General del ICABR.
- M.Sc. Alejandro Hernández Soto. Especialista en Biotecnología de Croplife Latín América.
- Ph.D. Mario Ernesto Parada Jaco. Gerente de Investigación CENTA.

Se llevaron a cabo reuniones en modalidad virtual a través de la plataforma Microsoft Teams con cada uno de los entrevistados, totalizando tres sesiones de trabajo bajo un enfoque de entrevista dirigida, donde se buscaba conocer sus perspectivas y puntos de vista sobre los impactos asociados con la introducción de cultivos genéticamente modificados en El Salvador con base en sus conocimientos y experiencias en la temática.

Todas las entrevistas fueron grabadas para posteriormente ser analizadas, deconstruidas y discutidas a más detalle en los capítulos siguientes.

Resultados

Resultados de lo consultado con M.Sc. Diego Maximiliano Macall

Cambio climático nacional

Según el estudio del consorcio CGIAR (Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional) en su programa de investigación sobre cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria, el cambio climático es una realidad que tendrá un impacto significativo en el futuro de la producción agrícola de El Salvador en el año 2030, por lo tanto, es indispensable reconocer y tomar acción en cuanto a las necesidades prioritarias para lograr adaptarse a las condiciones adversas que se presenten (CGIAR, 2014).

Estado actual de la producción de granos:

Paquete agrícola

En el periodo de gestión presidencial de Mauricio Funes (1 de junio de 2009 – 1 de junio de 2014), se implementó el Plan de Agricultura Familiar con el propósito de beneficiar a la población rural del país que depende económicamente del cultivo de granos básicos, programa gestionado logísticamente por la Dirección General de Economía Agropecuaria (DGEA) y con apoyo del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA) para el tratamiento de semillas.

Según el portal de transparencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2022) en su informe: “Subsidio Entrega Paquete Agrícola Semilla De Maíz y Fertilizante a abril a junio 2021 a Agricultores de Subsistencia”, el programa beneficiaba a 400,000 productores de subsistencia previamente empadronados, seleccionados en base a requisitos establecidos, financiado con un monto de \$36.5 millones destinados a incentivar el crecimiento de la producción de maíz y frijol. El paquete agrícola de maíz estaba compuesto por los siguientes insumos: 22 libras de semilla certificada de maíz H-59 y fertilizante granulado 16-20-0.

Para el año 2022, en el nuevo periodo presidencial, con la Reforma a la Ley de Presupuesto 2022, se cuenta con \$13.5 millones más, destinados a la producción nacional, lo que se traduce a un total de \$50 millones, beneficiando a 600,000 productores de subsistencia, este nuevo programa se creó con la visión de lograr una cosecha más grande e

histórica que propicie la pauta hacia la seguridad alimentaria del país, este nuevo paquete agrícola incluye además de las 22 libras de maíz y el fertilizante 16-20-0, un tratador de semillas y abono foliar.

Rendimiento de producción de Maíz

(Variedades homólogas convencionales, híbridos y tecnología recomendada)

El comportamiento de las variedades modificadas genéticamente en cuanto a rendimiento es muy superior según el estudio de CENTA sobre la evaluación de híbridos, la tecnología recomendada y el testigo H59, en todas las localidades donde se realizó una evaluación experimental se observó que a pesar que los rendimientos del H-59 están por arriba de las 8.9 t/ha, los demás híbridos superan ese rendimiento, esto se asocia directamente a la composición genética de la planta puesto que la nueva tecnología incorpora el gen resistente a plagas, mientras que las otras variedades deben realizar un mayor esfuerzo ante estas amenazas biológicas.

Desinformación:

La desinformación es una de las principales razones por las cuales la implementación de los cultivos genéticamente modificados ocasiona rechazo o aceptación por parte de la sociedad, es importante reconocer que además de realizar estudios e investigaciones sobre estos cultivos, también se debe dar a conocer sobre los beneficios a través de una comunicación efectiva que incluya a los agricultores y a la sociedad en general dado que, en este nicho, se encuentran los eventuales y potenciales usuarios y consumidores.

En el caso de los cultivos genéticamente modificados, al considerarse un tema que genera polémica, se ha dado lugar a que diferentes grupos especialmente grupos ambientalistas, activistas políticos y sociólogos rurales, entre otros, hayan tomado los espacios para comunicar información sobre estos cultivos que no es verídica.

Resultados de lo consultado con M.Sc. Alejandro Hernández Soto

Caso de éxito de siembra de OGM en Honduras

Como primer punto se dio a conocer el caso de éxito que se ha tenido en Honduras con la introducción de maíz genéticamente modificado, teniendo su importancia en la similitud que tienen Honduras y El Salvador en cuestión de tamaño y forma de producción. Dentro de los aspectos positivos que tuvo esta introducción, se tiene lo siguiente: un incremento en producción de maíz en comparación con su híbrido convencional de un promedio del 50%, si bien el precio de la semilla es más elevado, este incremento productivo justifica la inversión, por otra parte, productores justifican que el manejo agronómico es similar entre híbridos genéticamente modificados e híbridos convencionales. En términos de utilización de pesticidas, se observó una reducción de utilización de pesticidas, teniendo, desde el punto de vista de los productores, un impacto positivo a la salud y el medio ambiente. Sin embargo, dentro de las limitantes de la implementación de estas tecnologías, existe una falta de servicio de extensión público encargado de instruir a los productores de maíz, así como también la falta de posibles créditos y ayudas económicas para que la in-

versión de esta tecnología sea más aceptada por los productores (Macall et al., 2020).

Impacto de una posible introducción de maíz forrajero, algodón y frijol genéticamente modificado

Posterior a esto se mencionó un posible impacto de la introducción de algodón genéticamente modificado en el mercado agroindustrial de El Salvador, se sabe que la exportación del algodón fue relevante económicamente en la industria salvadoreña, particularmente en el año 1963, donde llegó un 24.6 de la contribución de las exportaciones totales, sin embargo esta relevancia económica se vio reducida principalmente por el problema de plagas que existían, dentro de los más relevantes existen: el picudo (*Anthonomus grandis*), el gusano de Alabama (*Alabama arguillacea*), el gusano bellotero (*Heliothis zea*) y el áfido (*Aphis Gassypii*), lo que llevaba a la utilización de pesticidas, reduciendo así el margen de ganancia a los agricultores.

Con base en esta problemática de exceso de utilización de pesticida para el control de plagas nace la utilización de algodón genéticamente modificado, particularmente el algodón BT, que busca la resistencia a diferentes tipos de insectos por la presencia de las proteínas Cry, teniendo a Estados Unidos, Australia y México que comenzaron sus siembras comerciales en 1996, seguidos por Argentina, China y Sudáfrica, volviéndose así una alternativa funcional a pequeños agricultores que sufren un exceso de plagas en cultivos de algodón (Silva, 2009).

Como punto adicional el entrevistado hizo referencia a una variedad de frijol gené-

ticamente modificado con una resistencia al virus del mosaico dorado, como menciona López-Munguía, A. Siendo una variedad desarrollada y producida por la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA por su acrónimo en portugués) como un ente estatal, ha tenido la ventaja de evitar pérdidas de hasta 300,000 toneladas al año, representando casi el 100% de la cosecha para algunos productores.

Como mencionaba el entrevistado, otro posible mercado donde los OGM podrían ayudar es el sector lechero del país, donde hace referencia a las variedades utilizadas para ensilaje, los cuales presentan la ventaja de no coincidir con las etapas de polinización en las mayorías de variedades nativas, siendo este uno de los principales riesgos ambientales que presentan los OGM, al poder existir flujos génicos, presentando así un posible mercado de interés que estaría pendiente a un mayor análisis para su posible introducción.

Perspectiva de impacto de posible introducción de cultivos editados genéticamente

Finalmente, la entrevista tocó como último punto una perspectiva de lo que podrían traer la edición de genes por técnicas como CRISPR/CAS9 (Repeticiones palindrómicas cortas, agrupadas y regularmente interespaciada), haciendo énfasis en que El Salvador no debe dejar ir la oportunidad de poder involucrarse con tecnologías como estas, principalmente en la edición genética de cultivos tradicionales, como sería el loroco, buscando una mejor producción que tenga aplicación a mercados extranjeros.

Existe una verdadera oportunidad de desarrollo en términos de implementación y utilización de cultivos editados genéticamente, instituciones en Latinoamérica como la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en México, el Centro Internacional de Agricultura Tropical en Colombia y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en Argentina, están trabajando en el desarrollo de una gran variedad de cultivos con atributos que previamente no se habían explorado.

Resultados de lo consultado con el Ph.D. Mario Ernesto Parada Jaco

Diferencia de producción entre materiales convencionales y OGM.

En el informe de investigación experimental que presentó el CENTA, explicado anteriormente en el contexto legal sobre los cultivos biotecnológicos y mencionado por el Dr. Parada Jaco se presentan los resultados obtenidos de la producción de maíz de los materiales utilizados. Al comparar los rendimientos de producción en las estaciones experimentales con base en el umbral económico se observó un 25% de incremento en el rendimiento del cultivo en las variedades genéticamente modificadas en relación con su homólogo convencional, mismo que se entrega en los paquetes agrícolas y conocido como H59. Los rendimientos fueron comparados en toneladas por hectárea (t/ha), el maíz H59 alcanza una productividad que varía entre 50 y 60 quintales por manzana, mientras que con los cultivos biotecnológicos se obtendrían rendimientos hasta de 87 quintales por manzana.

Análisis económico entre materiales convencionales y OGM.

Se presenta una tabla comparativa de costos en la que se incluye el control de insectos plagas y maleza, rendimientos y ganancias que podría obtener un agricultor al implementar este cultivo biotecnológico con los tratamientos sugeridos aplicados durante la investigación.

En el cuadro siguiente se puede observar información sobre los híbridos utilizados, como DK 234-YGRR maíz de la compañía Monsanto, H-59 maíz desarrollado por CENTA y la DIFF que hace referencia a la comparación final de los aspectos evaluados.

Al realizar la comparación de las variedades en estudio genéticamente modificadas con las variedades homólogas convencionales se observó una diferencia significativa para el análisis económico.

Tabla 1: Comparación de costos, control fitosanitario, ganancias y pérdidas del agricultor.

Híbrido	Manejo Recomendado Por la Tecnología				
	Total Costos Variables	Control Insectos	Control Malezas	Rto T/Ha	Renta \$
DK 234 YGRR	53.42	0.00	53.42	11.27	3716.74
H-59	226.68	100.45	126.23	9.59	3160.33
DIFF	173.26	100.45	72.81	1.69	556.41
Manejo Tradicional del Agricultor					
DK 234 YGRR	226.91	100.56	126.36	10.79	3557.11
H-59	226.91	100.56	126.36	10.63	3501.76
DIFF	0.00	0.00	0.00	0.16	54.53
Testigo sin Aplicación de Insecticida					
DK 234 YGRR	171.60	0.00	171.60	11.19	3689.84
H-59	171.60	0.00	171.60	8.96	2953.05
DIFF	0.00	0.00	0.00	2.23	736.79

Nota. Evaluación de la eficacia de híbridos de maíz con la tecnología Yieldgard y Roundup en El Salvador (CENTA, 2009, p. 42)

Se observó que en las 3 estaciones experimentales se obtuvieron resultados distintos y que las variedades genéticamente modificadas presentaron una apreciable disminución de inversión económica para el manejo y desarrollo productivo.

Manejo agronómico entre materiales convencionales y OGMs.

Con respecto al manejo agronómico del cultivo, el entrevistado menciona que los cultivos biotecnológicos, al contener el evento en su composición genética que le infiere las características de resistencia ante las plagas que ocasionan mayor daño a su homólogo convencional, requieren menos aplicaciones de insecticidas, con lo cual existe una ventaja económica en función a la mano de obra empleada en el manejo del cultivo.

Por otro lado, una observación importante que el entrevistado realizó fue en cuanto a la relación entre las características edafológicas de las zonas experimentales y los cultivos, tanto materiales convencionales como OGM, no hubo diferencia significativa en referencia al desarrollo del cultivo.

Discusión

Impacto Socioeconómico

En el caso de El Salvador, la agricultura ha sido la base de subsistencia de las familias, especialmente mediante la siembra de maíz híbrido, siendo esta la principal fuente de ingreso para los agricultores salvadoreños. Diego Maximiliano Macall comenta que “para el 2014, 300,000 familias estaban involucradas con la producción de maíz en El Salvador” por otro lado, también mencio-

na que “el 91% de productores en El Salvador utiliza un híbrido y es característico de El Salvador”, menciona que el agricultor se debe de estar abasteciendo anualmente con materia prima, en este caso con el paquete agrícola, para garantizar su subsistencia. Si bien es cierto, la semilla proporcionada en el paquete tiene sus beneficios, también tiene sus limitaciones, como, por ejemplo, los efectos adversos del cambio climático. El cambio climático es un factor que ha impactado fuertemente la economía de las familias agricultoras, ya que los fenómenos climáticos han causado graves pérdidas en la producción de granos básicos, lo que ha dificultado abordar problemas como la crisis alimentaria que vive El Salvador. Diego Maximiliano Macall comentó en la entrevista que “como somos un país pequeño y somos más gente nosotros sí necesitamos híbridos pues no hay otra manera de alimentarnos, aun con la cantidad de adopción de híbridos en El Salvador, ahora con el cambio climático, cada vez nos alimentamos menos”.

Lo antes mencionado por el entrevistado, entabla una relación con lo descrito en el artículo redactado por Orellana (2019) donde informa que, las sequías y lluvias prolongadas, o bien la presencia de plagas, son factores que han golpeado gravemente el sector agrícola del país. Las sequías son uno de los principales factores causantes de pérdidas en granos básicos, haciendo énfasis en la región del corredor seco centroamericano, de la cual El Salvador es parte y por tanto presenta una vulnerabilidad alta a sufrir sequías fuertes y prolongadas. En dicho artículo, se presentan las pérdidas de maíz correspondientes a los periodos entre 2014 a 2019. Dicho cultivo fue el que presentó mayores pérdidas en

comparación a otros cultivos de interés agrícola, reportando mayores pérdidas específicamente en los periodos correspondientes a 2014-2015, 2015-2016 y 2018-2019, con cantidades de 8.2 millones, 11.6 millones y 6.4 millones de quintales perdidos respectivamente, contabilizando un total de 26.2 millones de quintales en 3 periodos.

Asimismo, Guzmán (2022) en su artículo, hace hincapié sobre la problemática que significa el cambio climático para El Salvador. En dicho artículo, Luis Treminio, presidente de la Asociación Cámara Salvadoreña de Pequeños y Medianos Productores Agropecuarios (CAMPO), menciona que “el cambio climático es una realidad y se debe trabajar en base a ello, (se deben) buscar alternativas más resistentes a los cambios del clima, para minimizar los posibles efectos, trabajar en investigación de semillas más resistentes, entre otros”. Por otra parte, el ministro interino de Agricultura, Enrique Parada Rivas, asegura que con la entrega de 600,000 paquetes agrícolas, se está previendo la seguridad alimentaria. Sin embargo, Treminio señala que la entrega de los paquetes agrícolas es una “forma errada de abordar el problema de la crisis alimentaria, porque no se resolverán dando paquetes agrícolas, al contrario, ahora serán 600,000 productores que necesitan abonos, no podrán aplicar suficiente fertilización y bajará la producción”, esto último refiriéndose a otro problema que enfrentan los productores salvadoreños; el alto costo de los fertilizantes. El entrevistado también comentó que las consecuencias de los conflictos bélicos entre naciones que son potencias mundiales, y de las cuales El Salvador depende, afectan la producción de granos básicos, debido a que el precio de los

insumos agrícolas se eleva significativamente, aumentando el precio de producción por manzana de maíz. El entrevistado mencionó que “(se sigue) ocupando las mismas tecnologías (refiriéndose al híbrido), y la gente pues, esperando y rogándole a Dios que el invierno sea apropiado porque si no se va a aguantar hambre”.

Impacto Político

El escenario político es un factor muy importante a tener en cuenta en casos como la introducción de una nueva tecnología, dicho escenario es un pilar vital en la toma de decisiones que pueden ralentizar o acelerar la adopción e implementación de novedosas tecnologías como pueden ser los OGM, como mencionaba Ph.D. Mario Ernesto Parada Jaco: “Yo antes de esto, siento que estas leyes, más que permitirnos tener una precaución están deteniendo estas tecnologías (refiriéndose a los OGMs), ningún productor va a llegar con su solicitud y le va a decir al Ministerio de Medio Ambiente tenemos ciento ochenta días hábiles contestarle si si o no llegar a hacer un estudio de impacto ambiental”.

Un caso que se puede mencionar de manera comparativa puede ser la situación regulatoria de Chile, siendo un país clave para la exportación de semillas OGM hacia el hemisferio norte del continente americano, tienen una normativa que facilita y a la vez fomenta la producción de semillas transgénicas en un ambiente seguro y aislado, con evaluaciones caso a caso, en una normativa elaborada y modificada desde el año 1992. A su vez en términos de producción agrícola cada propuesta debe de ser sometida a una evaluación de impacto ambiental (ChileBio, 2015).

Es evidente por lo tanto la necesidad de una renovación al marco legal para la introducción de OGM, uno que no sea un obstáculo y que vele por una introducción informada, basada en ciencia y carente de sesgos ideológicos, siendo este último uno de los principales factores taxativos al momento de introducir OGMs en el país, como mencionaba Ph.D Mario Ernesto Parada Jaco: “A veces sentía que al trabajar con OGMs se trabajaban con monstruos, así lo miraba el Ministerio de Medio Ambiente en ese tiempo, de hecho cuando empezábamos a tocar las mazorcas con las manos desnudas, venían y decían que nos íbamos a morir, porque estamos tocando un material completamente malo.” Si no existe un conocimiento certero y objetivo en el sector político de estas tecnologías, las leyes sirven para retrasar estas introducciones más que para asegurar una introducción segura.

Por otra parte, mencionaba M.Sc Diego Maximiliano Macall, en términos de impacto político: “Política entiendo yo, como beneficio como grupo o como individual y cuales son mis intereses, como familia que depende del maíz (...) si yo adopto maíz transgénico, mi tope sería el 91 % de personas, el otro 9 % no participa en el mercado, los cuales obtienen su beneficio en menos horas trabajando, menos aplicación de pesticida, siendo un tema multidimensional.”

Impacto Ambiental

El principal impacto ambiental que generalmente se tiene en cuenta en la introducción de OGMs es el de problema de flujo de genes, en particular, de especies con genes foráneos a especies nativas, con una combinación genética que se busca ser preservada

y estudiada a fondo sin ninguna contaminación genética, como mencionaba M.Sc. Alejandro Hernández Soto: “Si hay discusión en maíz, por el tema de flujo de genes, que es, digamos el argumento de batalla de la gente que se opone a esto”, sin embargo, él también acotó: “El maíz para ensilaje no llega a floración, y ahí tienes una solución, que responde a un mercado local que es de leche, normalmente los maíces criollitos (haciendo referencia a las variedades nativas) su ventana de polinización no coincide con los momentos de siembra de maíces comerciales”. Si bien el flujo de genes es un problema ambiental que puede tener impacto en la introducción de OGM, estas problemáticas se tienen previstas y están propensas a evaluaciones y análisis de riesgo que buscan minimizar lo máximo posible las consecuencias, no existe hasta la fecha casos relevantes de un flujo de genes, donde se confieran genes foráneos a especies nativas, o en el peor de los casos a malezas que adquieran resistencia a herbicidas, todos estos son riesgos que se toman en cuenta cuando se elabora un estudio de impacto ambiental, por lo tanto, se busca minimizar la posibilidad que casos como estos se presenten (GreenFacts, 2004).

Reconocimientos:

Agradecemos inmensamente a nuestro asesor de contenido MPhil. Jeremías Ezequiel Yanes, por su orientación y motivación a lo largo de la realización de nuestro trabajo de investigación, con una actitud proactiva, amable y dedicada a nuestra formación como futuros profesionales.

De la misma forma extendemos nuestro reconocimiento a M.Sc. Diego Maximiliano Macall, M.Sc. Alejandro Hernández Soto y el Ph.D Mario Ernesto Parada Jaco por brindarnos su tiempo y conocimientos para la elaboración de este presente trabajo de investigación.

Referencias

- CASTILLO GUARDADO, Sofía Beatriz; RODRÍGUEZ BENÍTEZ, Jorge Alberto y SANTOS-MARTÍNEZ, Brenda Alicia. 2022. *Análisis de los potenciales impactos asociados a la introducción de cultivos genéticamente modificados en El Salvador* [Tesis de pregrado de Ingeniería en Agrobiotecnología]. Universidad Dr. José Matías Delgado. Antiguo Cuscatlán, El Salvador.
- CHILEBIO. 2015. *Transgénicos y Controversia* [en línea]. [Consulta: 10 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.chilebio.cl/controversia-transgenicos/>.
- CHILEBIO. 2015. *Los 10 hechos más importantes de los cultivos transgénicos en el 2014*. [en línea]. [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.chilebio.cl/2015/02/13/los-10-hechos-mas-importantes-de-los-cultivos-transgenicos-en-el-2014/>
- GREENFACTS. 2004. *¿Qué efectos podrían tener los cultivos transgénicos sobre el medio ambiente?* [en línea]. [Consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/omg/3-cultivos-modificados-geneticamente/5-flujo-genes.htm#:~:text=Los%20cultivos%20transg%C3%A9nicos%20pueden%20producir,y%20otros%20efectos%20no%20intencionales>
- GUZMAN, Jessica. 19 de mayo del 2022. Lluvias por La Niña amenazan producción de granos básicos. En: *Elsalvador.com* [En línea]. [en línea]. [Consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.elsalvador.com/noticias/negocios/danos-en-los-cultivos-lluvia-lluvias-torrencales/957494/2022/>
- MACALL, Diego, TRABANINO, Carlos, SOTO, Alejandro y SMYTH, Stuart. 2020. Genetically modified maize impacts in Honduras: production and social issues. *Transgenic research*. En: *Transgenic Research* [en línea], **29**, pp. 575–586 [Consulta: 19 de junio de 2022]. ISSN 0962-8819. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11248-020-00221-y>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, 2022. El Salvador suma esfuerzos por la seguridad alimentaria con 600,000 paquetes agrícolas que entrega a productores En: *Presidencia.gob.sv* [en línea]. [Consulta: 30 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.presidencia.gob.sv/el-salvador-suma-esfuerzos-por-la-seguridad-alimentaria-con-600000-paquetes-agricolas-que-entrega-a-productores/>
- ORELLANA, Javier. 2019. Pérdidas en granos básicos en El Salvador superaron \$607.7 millones entre 2014-2019. En: *El Economista*. [en línea]. [Consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.economista.net/economia/Perdidas-en-granos-basicos-en-El-Salvador-superaron-607.7-millones-entre-2014-2019-20190923-0012.html>
- SILVA CASTRO, Carlos Arturo. 2009. Algodón genéticamente modificado. En: *Repositorio Agrosavia* [en línea] [Consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18672>

Procesos administrativos incluyendo la categorización de la Evaluación Ambiental Estratégica en El Salvador, Chile, Argentina, Perú, Colombia y España

Administrative processes including the categorization of the Strategic Environmental Assessment in El Salvador, Chile, Argentina, Peru, Colombia and Spain

Marroquín Garzona, Karen Nathaly¹
Orellana Rivas, Fátima Elizabeth²

Resumen

En este artículo se comparan países latinoamericanos que poseen procesos administrativos incluyendo la categorización de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) que pueden ser tomados en cuenta para aprender de ellos y sus buenas prácticas, como también España cuenta en estos procesos. Sin embargo, nuestro país no cuenta con un proceso que incluya la categorización de la EAE, ya que la ley actual indica que toda política, plan o programa debe realizar una EAE. El presente estudio busca comparar el proceso administrativo, incluyendo la categorización de la Evaluación Ambiental Estratégica realizado en El Salvador, Chile, Argentina, Perú, Colombia y España. Obteniendo como resultado una propuesta para el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales sobre un proceso que incluya la categorización de la Evaluación Ambiental Estratégica. Dicha propuesta se define a partir del análisis bibliográfico de los diferentes países que poseen una EAE implementada en sus procesos administrativos, como también del análisis de diferentes metodologías ampliamente utilizadas en el ámbito de la EAE. Después de validar la herramienta, se concluye que su adopción puede resultar en diferentes beneficios para el país, entre los cuales podemos mencionar el incentivo de gestionar planes, políticas y programas pequeños que no requieran de una EAE, pero si generen un beneficio para la población, como también para la planificación y obtención de resultados.

Palabras clave:

Evaluación Ambiental Estratégica, categorización, procesos administrativos.

Abstract

This article compares Latin American countries that have administrative processes, including the categorization of the Strategic Environmental Assessment (SEA) that can be taken into account to learn from them and their good practices, as Spain also has in these processes. However, our country does not have a process that includes the categorization of the SEA, since the current law indicates that every policy, plan or program must carry out an SEA. This study seeks to compare the administrative process, including the categorization of the Strategic Environmental Assessment carried out in El Salvador, Chile, Argentina, Peru, Colombia and Spain. Obtaining as a result a proposal for the Ministry of Environment and Natural Resources on a process that includes the categorization of the Strategic Environmental Assessment. Said proposal is defined from the bibliographical analysis of the different countries that have an SEA implemented in their administrative processes, as well as from the analysis of different methodologies used in the field of SEA. After validating the tool, it is concluded that its adoption can result in different benefits for the country, as well as for planning and obtaining results.

Keywords:

Strategic Environmental Assessment, categorization, administrative processes.

¹ Ingeniera en Gestión Ambiental, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail: nathaly.mgarzona@gmail.com

² Ingeniera en Gestión Ambiental, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail: fatimaorellanar@gmail.com

Introducción

La presente síntesis titulada “Comparación de procesos administrativos incluyendo la categorización de la evaluación ambiental estratégica en El Salvador, Chile, Argentina, Perú, Colombia y España”, tuvo la finalidad de hacer una investigación de las diversas evaluaciones ambientales estratégicas implementadas por los países que su título menciona y compararlos al proceso que se implementa en nuestro país. La investigación tuvo su origen y propósito a partir del interés de poner en práctica la implementación de estas evaluaciones en El Salvador. Las Evaluaciones Ambientales Estratégicas tienen como finalidad, la ejecución de programas que tengan como objetivo principal avanzar en el desarrollo de las políticas ambientales y son capaces de determinar los efectos ambientales finales y proyectarse a una sostenibilidad a partir de sus resultados.

Luego de tener planteado este propósito, el método a seguir para completar este documento, se basó en identificar procesos de interés aplicables en el país y realizar una compilación de las propuestas de los países, los cuales se muestran en el presente documento. Se inició la investigación de las guías de ejecución de las EAE de los países de interés. Dichos países fueron elegidos debido a que comparten ciertas características en común en sus procesos de la EAE y además tienen criterios más detallados para la elaboración de una EAE. Se obtuvieron guías de Chile, Argentina, Perú, Colombia y España. Como fruto de esta investigación bibliográfica, se procedió a redactar una propuesta de

Evaluación Ambiental Estratégica aplicable al país; la cual se presenta al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales para su posible aprobación y puesta en marcha en los procesos de evaluación ambiental.

Se presenta como resultado de la investigación, la Propuesta de Evaluación Ambiental Estratégica que será entregada al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), esperando esta sea revisada, comparada y aprobada para su ejecución en el país, haciendo de esta investigación un total éxito.

La Evaluación Ambiental Estratégica

Es un procedimiento administrativo que se dirige específicamente al planificador en muchos contextos, esto visto desde un punto formal. La EAE se dedica a analizar en su conjunto las políticas, planes o programas, proponiéndose la toma de decisiones estratégicas para identificar condiciones óptimas para que el sector, en un futuro, tenga efectos ambientales razonables. Es un procedimiento administrativo dirigido al planificador en muchos contextos, esto visto desde un punto formal. El procedimiento de la EAE posee como objetivo proveer la incorporación de diferentes aspectos ambientales desde el primer momento del proceso de planificación, teniendo así, una dimensión sustantiva que es resumida en la incorporación de materia ambiental en el proceso de planificación.

EAE Chile

La EAE en Chile es aplicada a políticas y programas. Su objetivo principal es incorporar, desde sus etapas iniciales, todas las posi-

bles consideraciones ambientales en políticas públicas y planes con el fin de impulsar una planificación sustentable en el país.

La Ley también señala que se deben someter a EAE:

- “Los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial.
- Las Zonificaciones del Borde Costero, del territorio marítimo y el manejo integrado de cuencas o los instrumentos de ordenamiento territorial que los reemplacen o sistematicen.
- Los Planes Reguladores Intercomunales.
- Los Planes Reguladores Comunales y Planes Seccionales.
- Los Planes Regionales de Desarrollo Urbano”.

Según el reglamento de la EAE en Chile, hay dos principales etapas para su desarrollo, las cuales son:

- Etapa de diseño: se establecen criterios, objetivos y efectos ambientales a considerar. Además, en esta etapa se integran a otros órganos de la administración del estado que tengan alguna relación o estén vinculados a los temas correspondientes de la política o plan, así como otros instrumentos que tengan relación.
- Etapa de aprobación: se elabora el anteproyecto de la política o plan que deberá llevar un informe ambiental el cual será entregado al Ministerio de Medio Ambiente de Chile para sus respectivas observaciones, para luego ser sometido a consulta pública por parte del organismo responsable. Esta etapa se dará por finalizada por medio de una resolución del Ministerio Sectorial de Chile.

EAE en Argentina

La EAE es aplicada a políticas, planes y programas desde un enfoque estratégico, amplio y de mediano o largo plazo. En Argentina según la Ley General del Ambiente se divide en dos enfoques:

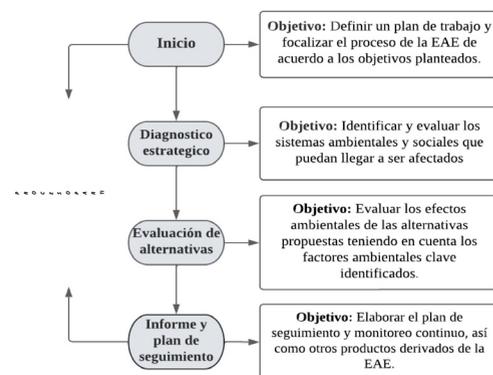
- Como política pública y como un instrumento de gestión ambiental.

Fases para elaborar la evaluación ambiental estratégica

EAE en Colombia

La EAE en Colombia es un instrumento de apoyo para la incorporación de la dimensión ambiental a la toma de decisiones estratégicas y aplicada a los planes, políticas y programas (PPP). Su principal objetivo es dar recomendaciones para las PPP y el desarrollo regional de manera que se incluyan consideraciones ambientales que se encuentren relacionadas y enfocadas a su vez con la visión de Sostenibilidad y el desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE, 2022).

Figura: Fases para la elaboración de la EAE



Nota. Adaptación de la “Guía para la elaboración de una evaluación ambiental estratégica”, Argentina (2013).

Para facilitar el proceso de la aplicación de la EAE, en el 2009, el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), publicaron la Guía de Evaluación Ambiental Estratégica.

El proceso de EAE que propone la guía se divide en siete fases que conforman un programa autónomo, con actividades y productos específicos, pero estratégicamente integrado en el proceso de formulación del plan.

Se divide en las siguientes fases:

- Marco ambiental estratégico
- Alcance de la EAE
- Modelo de evaluación ambiental
- Análisis de evaluación ambiental
- Análisis y diagnóstico ambiental
- Evaluación de alternativas

- Fase de prevención - seguimiento
- Fase de elaboración y consultas de informes finales

EAE en Perú

La EAE en Perú se aplica a políticas, planes o programas nacionales, regionales y sectoriales que los proponentes públicos o privados quieran implementar, cuyo objetivo es la incorporación de los componentes ambientales sin detener el desarrollo económico y haciéndolo más sustentable a largo plazo.

Perú con el fin de agilizar y facilitar el proceso de la EAE, formuló una categorización que determina en qué cosas la EAE deberá ser obligatoria, en qué casos será a criterio de la autoridad ambiental nacional y en qué casos no será necesario realizarla (Barandiarán, 2008).

Tabla 1: Categorización de la EAE en el Perú

Casos en los que es obligatoria	En políticas, planes y programas que permitan en el futuro el permiso de proyectos que requieran una Evaluación de Impacto Ambiental, en especial agricultura, ganadería, energía, minería, industria, transporte, salud educación, gestión de residuos, gestión de recursos hídricos, ocupación de dominio público) marítimo y terrestre, telecomunicaciones ,turismo, ordenamiento territorial urbano y rural, o del uso del suelo, vivienda, saneamiento, infraestructura en general, desarrollo regional y local.
	Aquellos en los que en el futuro puedan permitir el desarrollo de actividades al interior de las Áreas Protegidas por el Estado de Perú.
Casos en los que la EAE dependerá del criterio de la autoridad ambiental nacional.	Las políticas, planes y programas que establezcan el uso de zonas de reducido ámbito territorial.
	Las modificaciones menores de políticas, plane y programas.
	Aquellos políticas, planes y programas no señaladas anteriormente.
Casos en los que no se debe aplicar la EAE	Aquellas políticas, planes y programas que tengan como único objetivo la defensa o la protección civil en casos de emergencia.

Nota. Elaboración propia en base a “Evaluación Ambiental Estratégica en el Perú (Barandiarán, 2008).

EAE en España

En España, según la Ley 21/2013 (Jefatura del Estado, 2013) en el Artículo 5 dice que: La evaluación ambiental incluye tanto la evaluación ambiental estratégica, que procede respecto de los planes o programas, como la evaluación de impacto ambiental,

que procede respecto de los proyectos. A partir de esta ley se genera una categorización tanto para la evaluación estratégica como para la evaluación de impacto, en ambas, según sea el caso, podrán ser clasificadas como:

Tabla 2: Procedimiento para la EAE ordinaria

EVALUACIÓN AMBIENTAL ORDINARIA	EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA SIMPLIFICADA
“Para los planes y programas, incluyendo sus modificaciones, que se adopten o aprueben por una Administración pública y que además su elaboración y aprobación venga requerida por una disposición legal o reglamentaria o por acuerdo del Consejo de ministros o del Consejo de Gobierno de una comunidad autónoma”.	“Concluye mediante el Informe Ambiental Estratégico. Cabe aclarar que el Informe Ambiental Estratégico puede determinar que el plan o programa deba someterse a una evaluación ambiental estratégica ordinaria por tener efectos significativos sobre el medio ambiente”.
Se aplicará cuando:	Serán objeto de una evaluación ambiental estratégica simplificada:
“Establezcan el marco para la futura autorización de proyectos legalmente sometidos a evaluación de impacto ambiental y se refieran a la agricultura, ganadería, silvicultura, acuicultura, pesca, energía, minería, industria, transporte, gestión de residuos, gestión de recursos hídricos, ocupación del dominio público marítimo terrestre, utilización del medio marino, telecomunicaciones, turismo, ordenación del territorio urbano y rural, o del uso del suelo”.	“Las modificaciones menores de los planes y programas mencionados en la evaluación ambiental estratégica ordinaria.”
“Requieran una evaluación por afectar a espacios Red Natura 2000 en los términos previstos en la Ley, 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad”.	“Los planes y programas mencionados en la evaluación ambiental estratégica ordinaria que establezcan el uso ,a nivel municipal, de zonas de reducida extensión”.
“Los que se encuentran considerados en la evaluación simplificada cuando así lo decida caso por caso el órgano ambiental en el informe ambiental estratégico de acuerdo con los criterios del anexo V de la Ley 21/2013”.	“Los planes y programas que ,estableciendo un marco para la autorización en el futuro de proyectos, no cumplan los demás requisitos mencionados en el apartado anterior”.
“Los planes y programas incluidos en la evaluación simplificada ,cuando así lo determine el órgano ambiental, a solicitud del promotor”.	

Nota. Elaboración propia en base a la Ley 21/2013 de evaluación ambiental, España (Jefatura del Estado, 2013)

EAE en El Salvador

En El Salvador según la ley de medio ambiente, toda política, plan o programa debe tener una evaluación ambiental estratégica. Se consideran 3 fases indispensables en el proceso de la EAE, las cuales son: Fase 1: Enfoque estratégico y contacto, Fase 2: Caminos a la sostenibilidad y Fase 3: Seguimiento.

Respecto de la presentación y aprobación de los informes de EAE (2013):

Art. 17.- Cada entidad o institución pública, deberá presentar al ministerio el informe de su evaluación ambiental estratégica de una determinada política, plan o programa, en un plazo máximo de 30 días hábiles, contados a partir de la fecha de su recepción. Lo anterior será notificado al titular, en los siguientes días hábiles después de la fecha de resolución. El ministerio supervisará el cumplimiento de los lineamientos y de las recomendaciones a la evaluación ambiental estratégica, para lo

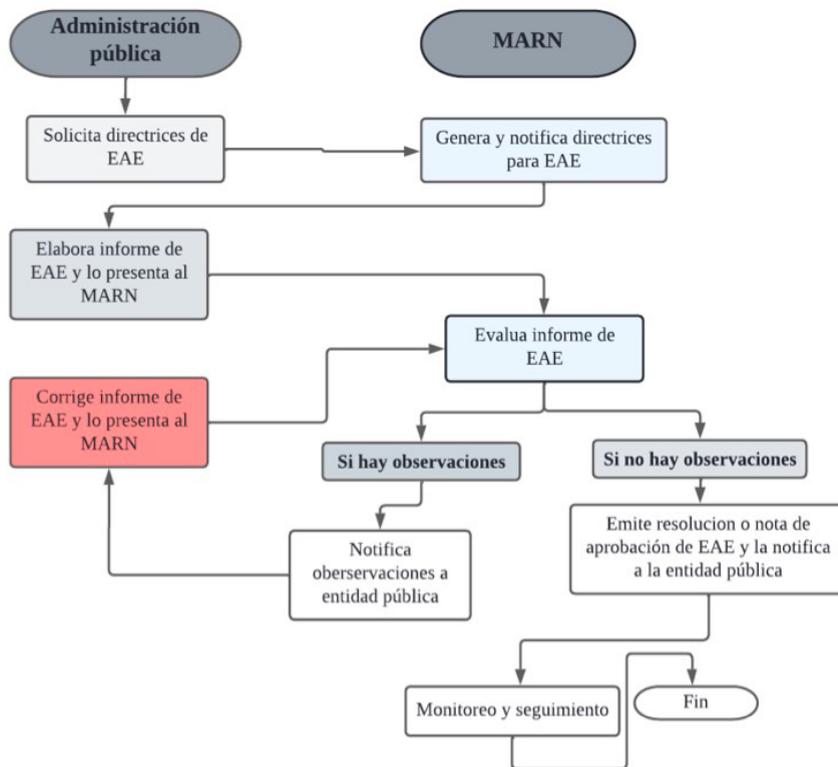
cual contará con el apoyo de las unidades ambientales correspondientes.

Proceso de la EAE en El Salvador

Resultado: Propuesta para EAE en El Salvador

Luego de comparar el proceso administrativo de la EAE en los países mencionados en el capítulo II, se proponen agregar algunos requisitos a la EAE actual con el objetivo de mejorar y facilitar su respectivo proceso en El Salvador.

Figura 2: Proceso de aprobación de la EAE



Nota. Capítulo 1: Marco conceptual de la EASE (MARN, 2020).

El actual proceso de la EAE en el país se compone de tres fases indispensables, las cuales son: Enfoque estratégico y contexto, Caminos posibles a la sostenibilidad y Seguimiento, además se ha incorporado el aspecto social. Se proponen agregar dos fases más a las que ya están establecidas, como la Participación y acceso a la información de las PPP propuestas, con el objetivo de volver la EAE un proceso participativo, que permita la posibilidad de analizar diferentes opiniones o puntos de vista con el fin de identificar puntos de mejoras para las políticas, planes

o programas según sea el caso. Además de agregar la fase de Evaluación de alternativas, para evaluar los efectos ambientales de las alternativas propuestas, incluyendo los impactos sinérgicos y acumulativos, las oportunidades, riesgos ambientales y limitaciones de cada una de las opciones, tomando en cuenta los factores ambientales claves identificados en el diagnóstico, complementándose con los Criterios de Categorización de Actividades, Obras y/o Proyectos los cuales ya están establecidos por el MARN.

Tabla 3: Comparación de fases actuales y fases propuestas para la EAE en El Salvador

FASES DE ACTUAL EAE	PROPUESTA DE NUEVAS FASES
FASE: 1 Enfoque estratégico y contexto	FASE: 1 Enfoque estratégico y contexto
FASE: 2 Caminos posibles a la sostenibilidad	FASE: 2 Caminos posibles a la sostenibilidad
FASE: 3 Seguimiento	FASE: 3 Participación pública y acceso a la información
	FASE: 4 Evaluación de alternativas
	FASE: 5 Seguimiento

Nota. Elaboración propia en base a "Guía para la elaboración de una EAE", (Gobierno de Argentina, 2019) y "Marco conceptual de la EASE"(2020).

Para el contenido que el informe de la Evaluación Ambiental Estratégica debe contener según el Art. 16 del Reglamento General de La Ley del Medio Ambiente, se propone que se establezca el objeto y objeti-

vos de la política, plan o programa, así como los objetivos estratégicos y alcances, además se recomienda que se incluyan las metas ambientales que se desearán lograr con la implementación de las PPP según sea el caso.

Tabla 4: Comparación de contenido actual y propuesta del informe de EAE en El Salvador

CONTENIDO DE LA ACTUAL EAE EN EL SALVADOR	CONTENIDO PROPUESTO PARA LA EAE EN EL SALVADOR
“Resumen ejecutivo	“Resumen ejecutivo
Descripción de la política, plan o programa y alternativas	Descripción de la política, plan o programa y alternativas
Caracterización ambiental existente.	Objetivos y alcances de la política, plan o programa.
Predicción de impactos ambientales.	Caracterización ambiental existente.
Medidas de prevención, reducción, control y compensación a nivel de políticas, planes y programas.	Predicción de impactos ambientales.
Monitoreo ambiental ,cuando sea aplicable.	Medidas de prevención, reducción ,control y compensación a nivel de políticas, planes y programas.
Anexos: mapas, tablas, gráficos ,relatorías de las consultas públicas realizadas”.	Definición de metas ambientales.
	Monitoreo ambiental, cuando sea aplicable.
	Anexos: mapas, tablas, gráficos, relatorías de las consultas públicas realizadas”.

Nota. Elaboración propia en base a “Marco conceptual de la EASE” (MARN, 2020).

Como último punto se propone implementar una categorización para la evaluación ambiental estratégica en El Salvador, ya que actualmente en el proceso no existe una debido a que la ley establece que todo plan, política o programa debe ser sometido a una EAE.

La categorización se define como la clasificación u ordenamiento, según características o propiedades, que tiene por objetivo contribuir a la agilización y facilitación de uno o varios procesos.

Basados en la Legislación Ambiental de El Salvador y el Reglamento General de la

Ley de Medio Ambiente, la categorización se fundamentará en los siguientes criterios:

- a) De acuerdo con la magnitud y alcance del plan, política o programa.
- b) Cuando se involucren bienes naturales significativos o sitios con alta importancia ecológica. (ANP, sitios RAMSAR, corredor biológico)
- c) Nivel de aplicación: Institucional, departamental o nacional.
- d) Si el plan, política o programa formulado es de carácter público o privado.
- e) Si es de seguridad nacional (Confidencial). (Decreto N° 17; Decreto N° 39).

Propuesta de categorización

Tabla 5: Propuesta de categorización de la EAE en El Salvador

CATEGORIZACIÓN	APLICA CUANDO
Casos en los que es obligatoria	“Planes de Ordenamiento y Desarrollo Territorial”.
	“Las Zonificaciones del Borde Costero, del territorio marítimo y el manejo integrado de cuencas o los instrumentos de ordenamiento territorial que los reemplacen o sistematicen”.
	“Políticas ,planes o programas a nivel nacional”.
	“Los Planes Regionales de Desarrollo Urbano”.
	“Aquellos en los que en el futuro puedan permitir el desarrollo de actividades al interior de Sitios RAMSAR”.
Casos en los que la EAE dependerá del criterio de la autoridad ambiental nacional.	“Las políticas, planes y programas que establezcan el uso de zonas de reducido ámbito territorial”.
	“Políticas, planes o programas cuyo alcance sea a nivel departamental”.
	“Aquellas que involucren bienes naturales o servicios que estén comprometidos o protegidos”.
Casos en los que no se debe aplicar la EAE	“Aquellas políticas, planes y programas que tengan como único objetivo la defensa o la protección civil en casos de emergencia”.
	“Política de reducción energética dentro de una institución pública”.
	“Planes operativos anuales o de adquisición en una empresa o institución pública”.
	“Políticas o planes a nivel institucional de pequeño alcance”.

Nota. Elaboración propia en base a “Evaluación Ambiental Estratégica en el Perú”(Barandiarán, 2008; Ley 19.3000).

Conclusión

- Los diferentes países sometidos a investigación, como lo son El Salvador, Chile, Argentina, Perú, Colombia y España, cuentan con un proceso de Evaluación Ambiental Estratégica, se logró determinar que no todos poseen una categorización o los mismos requisitos para el desarrollo del proceso. Sin embargo, si tienen una gran similitud, y esta es que comparten la idea de ver a la EAE como un instrumento de apoyo, que permite

incorporar la dimensión ambiental en la toma de decisiones ambientales estratégicas.

- La propuesta para EAE en El Salvador presentada incluye la categorización para la realización del proceso de la misma, como también con los criterios a tomar en cuenta. Esta facilitará el proceso administrativo de su implementación en los planes políticas y programas, determinando aquellas que deban realizarla y las que no, tomando en cuenta su dimensión territorial, social y ambiental.

Referencias

BARANDIARAN GÓMEZ, Alberto. 2008. Evaluación Ambiental Estratégica en el Perú: Propuestas para el diseño de esta herramienta. En: Issuu. [en línea] DAR Perú. [consulta: 22 julio 2022]. Disponible en: https://issuu.com/darperu/docs/ae_publicacion

GOBIERNO DE ARGENTINA. 2019. Guía para la elaboración de una EAE. En: Argentina.gob.ar [en línea], [consulta: 22 julio 2022]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/evaluacion-ambiental/guias-de-evaluacion-ambiental/ae>.

JEFATURA DEL ESTADO, 2013. Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental [en línea]. 11 diciembre 2013. S.I.: s.n. [Consulta: 23 de junio de 2022]. Ley 21/2013. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/2013/12/09/21>.

MARN. 2020. Unidad 1: Marco conceptual de la Evaluación Ambiental Estratégica. [en línea]. [Consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en: www.marn.gob.sv

MINAMBIENTE. 2021. Evaluaciones Ambientales Estratégicas. [en línea]. [Consulta: 23 de

junio de 2022]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/evaluaciones-ambientales-estrategicas/#ftn1>

ORELLANA RIVAS, Fatima Elizabeth y MA-ROQUIN GARZONA, Karen Nathaly. 2022. Comparación de procesos administrativos incluyendo la categorización de la evaluación ambiental estratégica en El Salvador, Chile, Argentina, Perú, Colombia y España. [En línea] [Tesis de pregrado de Ingeniería en Gestión Ambiental]. Universidad Dr. José Matías Delgado. Antiguo Cuscatlán, El Salvador.

República de El Salvador, Ley de Medio Ambiente. 4 de mayo de 1998. Decreto N°. 17 [en línea]. Tomo No. 339, Número N° 79 [Consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en: <https://elsalvador.eregulations.org/media/ley%20de%20medio%20ambiente.pdf>

República de El Salvador, Reglamento general de la ley de medio ambiente. 28 de abril de 2009. Decreto Ejecutivo No. 39, [en línea]. Diario Oficial No. 98, Tomo 383. [Consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en: <https://elsalvador.eregulations.org/media/reglamento%20general%20de%20la%20ley%20del%20medio%20ambiente.pdf>

Aprovechamiento de los subproductos del camarón (*Litopenaeus Vannamei*) para el desarrollo de un sazónador de mariscos

*Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola
"Julia Hill de O'Sullivan", Universidad Dr. José Matías Delgado*

Martínez-Villeda, Karen Mariela¹, Morales-Ramos, Lílana Madaí², Gutiérrez, Milady Alejandra³

Resumen

El objetivo general fue desarrollar un sazónador de mariscos a partir de los desechos del camarón, cumpliendo la función como sustituto de los sazónadores convencionales. Para esto, se mezcló la harina de cabeza, caparazón y cola de camarón con especias, en diferentes proporciones para dar origen a tres formulaciones del sazónador. Previamente a su utilización en los análisis sensoriales, el sazónador de mariscos fue sometido a un análisis microbiológico para determinar si era apto para el consumo humano, obteniendo así resultados favorables. Posteriormente las tres formulaciones elaboradas del sazónador de mariscos, se sometieron a un análisis sensorial con un cierto número de panelistas no entrenados para determinar el grado de aceptación. Determinando así que la formulación mayormente aceptada fue la que contenía un 35 % de harina. Por consiguiente, dicha formulación, se sometió a un segundo análisis sensorial con nuevos panelistas no entrenados para evaluar los atributos del sazónador de mariscos a través de una prueba de grado de satisfacción. Además, se llevó a cabo un análisis bromatológico para determinar el valor nutricional del producto final.

Palabras clave:

sazónador de mariscos, subproductos, camarón.

Abstract

The general objective is to develop a seafood seasoning from shrimp waste, serving as a substitute for conventional seasonings. For this purpose, a quality elaboration process was carried out to obtain shrimp head, shell and tail meal, which was added together with a series of spices to give rise to three formulations of the seafood seasoning. Prior to its use in sensory analysis, the seafood seasoning was subjected to a microbiological analysis to determine if it was fit for human consumption, obtaining favorable results. Subsequently, the three prepared formulations of the seafood seasoning were subjected to a sensory analysis with a number of untrained panelists to determine the degree of acceptance. It was determined that the most accepted formulation was the one containing 35 % flour. Consequently, this formulation was subjected to a second sensory analysis with new untrained panelists to evaluate the attributes of the seafood seasoning through a satisfaction test. In addition, a bromatological analysis was carried out to determine the nutritional value of the final product.

Keywords:

seafood seasoning, by-products, shrimp.

¹ Ingeniera en Alimentos, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail: villedakaren98@gmail.com

² Ingeniera en Alimentos, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail lilimadai729@gmail.com

³ Ingeniera en Alimentos, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail milady88.mag@gmail.com

Introducción

La producción mundial del camarón alcanzó los 5.03 millones de toneladas en el 2020 y se espera que crezca hasta 7.28 millones de toneladas para el 2025 (Prakash, Santivarangkna, Singh, Benjakul, 2020, p. 1). Se estima que, un 40 % del manejo de camarón son desperdicios de cabeza, caparazón y cola, a los cuales no se les da ninguna utilización posterior, dando como resultado únicamente generación de desechos (Perlera y otros, 2017, p. 74).

Es así como surge la importancia de buscar una alternativa para dar un manejo posterior a los desechos elaborando una harina de cabeza, caparazón y cola de camarón, utilizándose como ingrediente principal para el desarrollo de un sazónador de mariscos, conocido por ser similar en composición nutricional a las harinas derivadas de la industria pesquera, ya que, estos son ricos en nutrientes y pueden incorporarse nuevamente a la cadena alimenticia humana, además de los beneficios económicos que aporta junto con la producción del camarón y su industrialización.

Por último, hay que destacar que la alternativa expuesta, es innovadora y diferente en comparación de los sazónadores convencionales que se encuentran en el mercado, pudiéndose considerar como una de las opciones existentes para poder contribuir a minimizar la contaminación ambiental que generan estos desechos por el consumo de la carne del camarón. Es importante mencionar, que esta alternativa presentada no solo es una ayuda al medio ambiente, sino

también remarcar que presentamos una tecnología que ayuda a realzar los sabores en el ámbito gastronómico.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló empleando un método mixto, debido a que contiene componentes del método experimental, por el desarrollo del sazónador de mariscos realizado y componentes del método cuantitativo, puesto que fue necesario llevar a cabo una comprobación de manera numérica para concluir con la aceptabilidad y la evaluación de los atributos del producto.

Se delimitó la zona geográfica tomando en cuenta el municipio de San Francisco Menéndez, Ahuachapán (obtención de los desperdicios de camarón y realización de análisis sensorial de aceptación) y el municipio de San Salvador, San Salvador (realización de análisis de grado de satisfacción).

Los análisis sensoriales se llevaron a cabo con 50 panelistas no entrenados dentro de los grupos etarios adulto-joven (18-34 años) y adulto (35-54 años). Empleando en este caso un muestreo no probabilístico, específicamente por cuotas.

Materia prima

Para el desarrollo del sazónador de mariscos se emplearon los siguientes ingredientes:

- Harina de cabeza, caparazón y cola de camarón
- Sal refinada Yodada
- Cebolla en polvo
- Cilantro en polvo

- Ajo en polvo
- Tomate en polvo
- Achiote en polvo
- Orégano en polvo
- Pimienta negra en polvo
- Ácido cítrico

Cabe resaltar que, para llevar a cabo dicho análisis, en primer lugar, se obtuvo toda la materia prima que se utilizaría: harina de cabeza, caparazón y cola de camarón e ingredientes complementarios, de los cuales tres de ellos se obtuvieron de forma artesanal (cebolla, ajo y tomate) y los restantes (sal refinada yodada, cilantro, achiote, pimienta negra, orégano y ácido cítrico) se obtuvieron a través de una compra.

Las dimensiones del trabajo de investigación de manera experimental son las siguientes:

Etapas 1: obtención del camarón directamente de la camaronera ubicada en el municipio de San Francisco Menéndez, Ahuachapán, los cuales se procesaron para extraer los desperdicios y elaborar la harina de cabeza, caparazón y cola de camarón.

Etapas 2: obtención de los ingredientes complementarios, mediante una compra directa y para algunos de ellos en forma de polvo, mediante la aplicación de la reducción de tamaño.

Posteriormente a la obtención de estos, el desarrollo del sazón de mariscos y la elaboración de un análisis microbiológico para determinar si el producto es apto para el consumo humano.

Etapas 3: elaboración de tres formulaciones con diferentes porcentajes de harina, las cuales se sometieron al análisis sensorial de aceptación, haciendo uso del programa

IBM SPSS versión 21 se determinó cuál de las tres formulaciones fue la mayormente aceptada por los panelistas.

Etapas 4: La muestra mayormente aceptada se sometió a un análisis bromatológico para determinar su aporte nutricional y posteriormente se realizó un análisis sensorial de grado de satisfacción para determinar las valoraciones de las características organolépticas del sazón de mariscos brindadas por los panelistas no entrenados.

Elaboración de harina de cabeza, caparazón y cola de camarón

Para elaborar la harina se contó con un peso de 3,832 gramos de desechos, los cuales se separaron en dos recipientes, en uno de ellos se colocaron las cabezas y en el otro los caparazones y colas. Se realizó el proceso de lavado con agua potable, escurrido y desinfección (3 gotas de lejía al 5 % de hipoclorito de sodio por cada litro de agua, sumergiendo las cabezas por 5 minutos y caparazones-colas por 3 minutos).

Posteriormente se realizó el escaldado por inmersión, con agua a ebullición (100 °C), por un tiempo de 10 minutos en el caso de las cabezas y 8 minutos para caparazones-colas. Luego se procedió al escurrido y pesado.

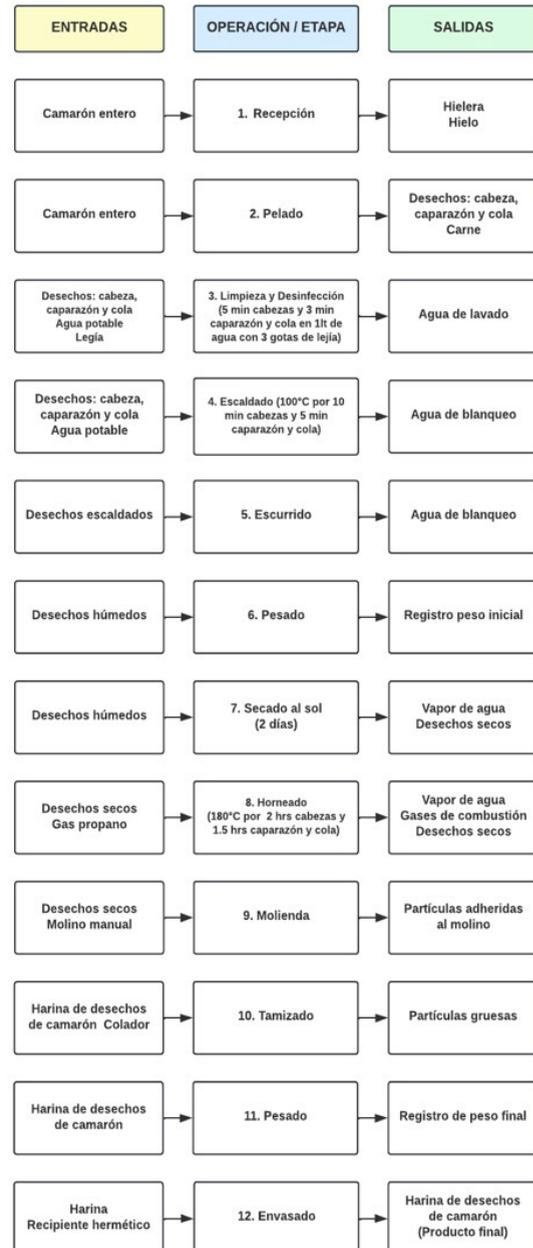
El proceso de secado consistió en exponer los desechos al sol por dos días, colocando los desperdicios en bandejas de aluminio de cocina y cubriéndolas con una tela transparente con agujeros, permitiendo el paso de la luz solar, una buena circulación del aire e impidiendo el ingreso de insectos. Pasado el proceso de secado se realizó el horneado a una temperatu-

ra de 180 °C por un tiempo de 2 horas en el caso de las cabezas y 1 hora 30 minutos en el caso de caparazones-colas, hasta obtener una textura crujiente y porosa.

Es importante realizar la separación de los subproductos, ya que cuentan con características diferentes, como peso, musculatura como los ojos en la cabeza, vitaminas, sales, como el carbonato de calcio y las proteínas, entre otros; Perlera de Escalate et al., (2017) menciona la importancia de su separación en el sentido de evitar, durante el proceso de secado, la desnaturalización de las proteínas, al igual de la importancia del escaldado que su finalidad es remover el número de microorganismos patógenos o no, que llegan a estar presentes en la superficie del exoesqueleto y la cabeza.

La reducción de tamaño se realizó con un molino de discos manual seguido de un tamiz para retener las partículas gruesas siendo procesadas hasta la obtención de polvo, resultando 1,182 g de harina, envasada en bolsas plásticas dentro de un recipiente hermético, para su almacenamiento en un lugar fresco y seco.

Figura 1: Proceso de elaboración de harina de cabeza, caparazón y cola de camarón



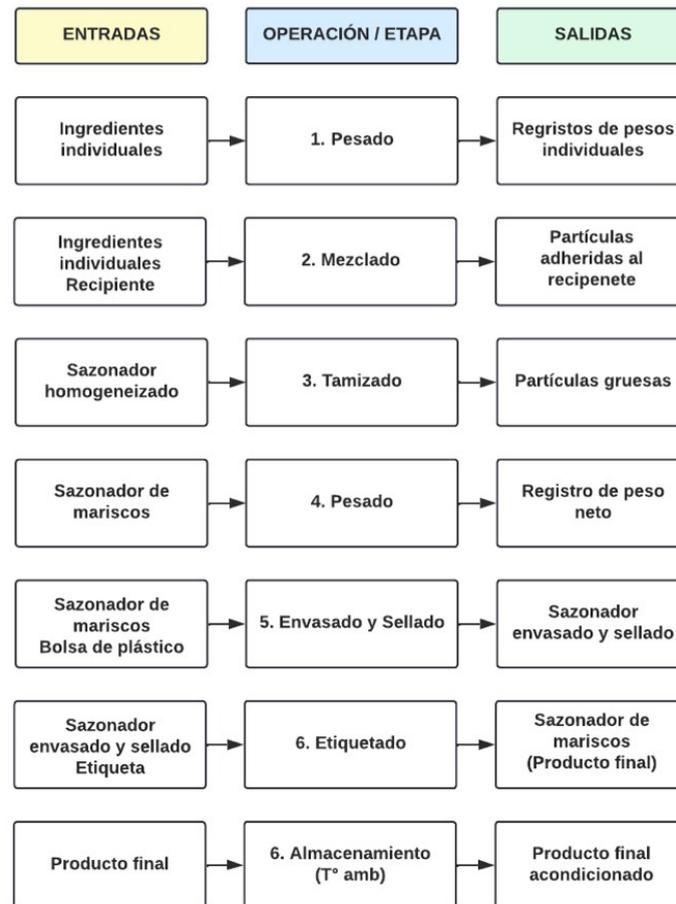
Nota. Método artesanal planteado por el equipo de investigación.

El proceso de elaboración de harina de cabeza, caparazón y cola de camarón se decidió realizarlo de forma artesanal ya que este se considera un método de producción manual tal y como se ha ido explicando, utilizando herramientas y técnicas tradicionales, buscando así la calidad y originalidad del producto final.

Elaboración del sazónador de mariscos

Cada uno de los ingredientes en polvo fue pesado utilizando una balanza digital, posteriormente se realizó la mezcla de los ingredientes, luego se realizó el tamizado para obtener partículas de tamaño uniforme. El envasado se llevó a cabo en bolsas flexibles, con un peso neto de 10 gramos de sazónador, y se almacenaron en un lugar fresco, seco y a temperatura ambiente.

Figura 2: Proceso de elaboración del sazónador de mariscos



Nota. Método artesanal planteado por el equipo de investigación.

Formulaciones

Se realizaron tres formulaciones adicionando tres porcentajes de harina diferentes.

Tabla 1: Formulación 1: con 35 % de harina de desechos de camarón

Ingredientes	Masa (g)	%
Harina de cabeza, caparazón y cola de camarón	28.0	35.0
Sal refinada yodada		
Cebolla en polvo	12.0	15.0
Cilantro en polvo	9.6	12.0
Ajo en polvo	8.8	11.0
Tomate en polvo	8.0	10.0
Achiote en polvo	7.2	9.0
Pimienta negra en polvo	1.6	2.0
Orégano en polvo	1.6	2.0
Ácido cítrico	1.6	2.0
Total	80	100

Nota. Formulación con 35 % de harina de cabeza, caparazón y cola de camarón, planteada por el equipo de investigación.

Tabla 2: Formulación 2: con 25 % de harina de desechos de camarón

Ingredientes	Masa (g)	%
Harina de cabeza, caparazón y cola de camarón	20.0	25.0
Sal refinada yodada		
Cebolla en polvo	12.0	15.0
Cilantro en polvo	11.2	14.0
Ajo en polvo	10.4	13.0
Tomate en polvo	9.6	12.0
Achiote en polvo	8.0	10.0
Pimienta negra en polvo	2.4	3.0
Orégano en polvo	2.4	3.0
Ácido cítrico	2.4	3.0
	1.6	2.0
Total	80	100

Nota. Formulación con 25 % de harina de cabeza, caparazón y cola de camarón, planteada por el equipo de investigación.

Tabla 3 Formulación 3: con 15 % de harina de desechos de camarón

Ingredientes	Masa (g)	%
Harina de cabeza, caparazón y cola de camarón	12.0	15.0
Sal refinada yodada		
Cebolla en polvo	12.0	15.0
Cilantro en polvo	12.8	16.0
Ajo en polvo	12.0	15.0
Tomate en polvo	11.2	14.0
Achiote en polvo	10.4	13.0
Pimienta negra en polvo	3.2	4.0
Orégano en polvo	3.2	4.0
Ácido cítrico	1.6	2.0
	1.6	2.0
Total	80	100

Nota. Formulación con 15 % de harina de cabeza, caparazón y cola de camarón, planteada por el equipo de investigación.

Elaboración de análisis sensorial 1

Se seleccionaron 25 panelistas no entrenados residentes del municipio de San Francisco Menéndez, Ahuachapán para realizar la evaluación sensorial de las tres formulaciones del sazónador de mariscos en muestras de camarones guisados, para este fin se proporcionó un instrumento de evaluación (escala hedónica) para que cada uno calificara, de acuerdo con su criterio, si las muestras presentadas les agradaba o no, resultando de mayor aceptación la formulación 1.

Elaboración de análisis sensorial 2

La prueba se realizó con 25 panelistas no entrenados residentes del municipio de San Salvador, San Salvador para obtener información sobre los atributos sensoriales de la formulación aceptada en el análisis sensorial 1, preparándose muestras de camarones fritos. Se proporcionó el instrumento (escala hedónica) y cada panelista brindó su calificación sobre los atributos: apariencia, color, olor, sabor y textura. En este caso, se evaluó la apariencia para poder conocer cómo se comportaba el sazónador al momento de la cocción y si este era disuelto completamente; por otra parte, la textura se evaluó para conocer alguna sensación de arenosidad por el contenido de subproductos de camarón que contenía, sin embargo, este no fue el caso.

Es importante destacar que, se tomó la decisión de llevar a cabo dos análisis sensoriales por el hecho que no era necesario conocer los atributos de las formulaciones no aceptadas, por tanto, en el segundo análisis sensorial que se realizó se evaluaron exclusivamente los atributos de la formulación del sazónador aceptado.

Análisis microbiológico del sazónador de mariscos

Para la realización del análisis microbiológico del sazónador de mariscos se tomó al azar una de las tres formulaciones, en este caso, se eligió la formulación 1.

En este caso, se recolectó una muestra representativa de 300 gramos de la formulación 1 del sazónador de mariscos, para ser trasladada en bolsa hermética al Laboratorio de Tecnología de Alimentos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) La muestra representativa fue un requerimiento por parte del Laboratorio, sin embargo, según el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:17, para el subgrupo de alimento 9.1: Pescados, productos marinos y de agua dulce, crudos, refrigerados y congelados, incluidos moluscos, crustáceos y equinodermos, empacados, establece 5 muestras del producto.

Tomando en cuenta el RTCA 67.04.50:17 (Codex Alimentarios, 2017), subgrupo de alimento 9.1: Pescados, productos marinos y de agua dulce, crudos, refrigerados y congelados, incluidos moluscos, crustáceos y equinodermos, empacados, se indica la realización de determinación de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. y *Vibrio cholerae toxígeno 01/0139*, de los cuales, por falta de insumos del Laboratorio antes mencionado, solo se llevaron a cabo el respectivo análisis microbiológico de determinación de *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*, en placas listas para la toma de muestras, obteniendo ausencia de ambos microorganismos en el producto final (ver Tabla 4).

Sin embargo, el análisis microbiológico tuvo que basarse en la categoría 12.0 Grupo

de alimento: Salsas, aderezos y especias, subgrupo 12.2: Especias, hierbas deshidratadas y condimentos, ya que, el producto final es un sazónador de mariscos que contiene una mezcla de ingredientes deshidratados.

Análisis bromatológico del sazónador de mariscos

El análisis bromatológico se realizó a la muestra que superó la prueba de aceptación (Formulación 1) desarrollada por los panelistas no entrenados.

Para dicho análisis, se recolectaron dos muestras representativas de 300 gramos de la formulación 1, es decir, 600 gramos en total de sazónador de mariscos, las cuales, fueron trasladadas al Laboratorio Especializado en Control de Calidad (LECC), en bolsas herméticas selladas al vacío, determinándose la composición de proteína, carbohidratos, grasa, humedad y cenizas, por tanto, se conoció el valor nutricional que posee el producto final (sazónador de mariscos).

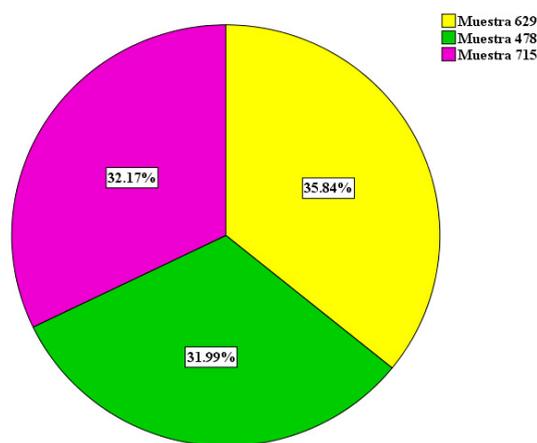
Resultados

Resultados de los análisis sensoriales mediante el programa IBM SPSS

En el siguiente gráfico circular (Figura 1), se muestra que, de las tres formulaciones que fueron analizadas, a través de la prueba de aceptación en muestras de camarones guisados, la formulación 1 (muestra 629), recibió un porcentaje del 35.84 % siendo la de mayor aceptación, la formulación 3 (muestra 715), fue la segunda mejor aceptada por los panelistas con un porcentaje del 32.17 % y, la formulación 2 (muestra 478), fue la que recibió un menor porcentaje de aceptación, pero con poca diferencia en relación a la formulación 3.

Por tanto, se concluye que, la muestra con mayor aceptación por los panelistas fue la formulación 1 (muestra 629). Dicha formulación se tomó como referencia para realizar el análisis sensorial 2, a través de una prueba de grado de satisfacción.

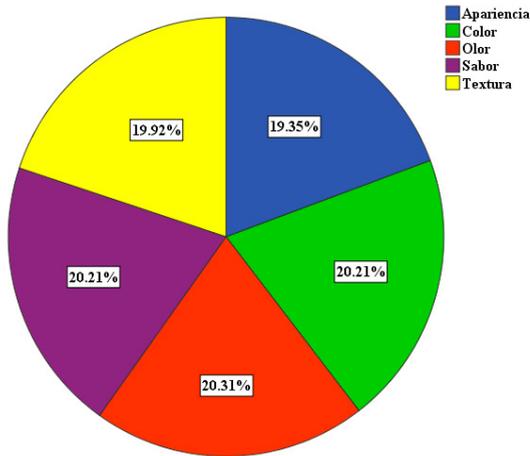
Figura 3: Gráfico resumen de las tres formulaciones presentadas a los panelistas del sazónador de mariscos en la prueba de aceptación



Nota. Gráfico obtenido a partir de los resultados del software IBM SPSS versión 21 (2022).

En la Figura 2, se muestra el gráfico resumen de los atributos evaluados de la formulación más aceptada (formulación 1) del sazónador de mariscos, en muestras de camarones fritos. En donde, se observa que, de los atributos analizados, el olor tiene una significancia mayor con un porcentaje del 20.31 % sobre el resto de ellos, denotando que, dicho atributo se vuelve de mayor preferencia entre los panelistas, por otro lado, el color y el sabor obtuvieron un 20.21 %, seguido de la textura con un 19.92 % y, la apariencia con un porcentaje de diferencia pequeño al atributo anterior recibió el 19.35 %.

Figura 4: Gráfico resumen de los atributos evaluados de la formulación más aceptada del sazónador de mariscos (Formulación 1), en la prueba de grado de satisfacción



Nota. Gráfico obtenido a partir de los resultados del software IBM SPSS (2022).

Resultados del análisis microbiológico

Los resultados microbiológicos obtenidos de la muestra de sazónador de mariscos indicaron una ausencia de *Salmonella* sp y *Escherichia coli*.

Tabla 4: Resultados del análisis microbiológico del sazónador de mariscos.

Parámetro	Resultados	Unidades	Valores Máximos*
Det. de <i>Salmonella</i> sp.	Ausencia	UFC/25g	Ausencia
Det. de <i>Escherichia coli</i>	Ausencia	UFC/g	$\frac{\text{UFC}}{< 3 \text{ NMP/}}$

*RTCA 67.04.50:17, 1 = Grupo 9.0, subgrupo 9.1, 2 = Grupo 9.0

Nota. Elaborada a partir de los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos del CENTA.

Resultados del análisis bromatológico

Tabla 5: Resultados del análisis bromatológico del sazónador de mariscos

	Resultados
Carbohidrato Método: Cálculos	64.5 g/ 100 g
Grasa Referencia: AOAC Internacional, 21. ^a Edición, 2019 Método Oficial 991.36 Método: Soxhlet	2.0 %
Proteína Referencia: AOAC Internacional, 19. ^a Edición, 2012 Método 2001.11. Método adaptado y validado por LECC Método: Kjeldahl usando digestión en bloque	27.6 %
Cenizas Método: Gravimétrico	1.0 %
Humedad Referencia: Food Analysis: Analytical and Quality Control Methods for the Food Manufacturer and Buyer. R. Lees, 2. ^a Edición Española Método: Gravimétrico	4.9 %

Nota. Elaborada propia a partir de los resultados obtenidos del análisis bromatológico realizado en el Laboratorio Especializado en Control de Calidad (LECC, 2022).

Los resultados obtenidos muestran que, los carbohidratos presentes en la muestra son 64.5 g/100 g de muestra de sazónador, 2.0 % de grasa, proteína 27.6 %, ceniza 1.0 % y humedad 4.9 %.

Discusión

En la investigación de Perlera y otros (2017), elaboraron tres tipos de harina a base de subproductos de camarón, obtenido de la Bahía de Jiquilisco, El Salvador. Es importante señalar que, a dichas harinas se le realizaron sus respectivos análisis microbiológicos para evaluar la inocuidad de ellas y conocer la efectividad de ciertas etapas del

proceso de elaboración como inhibidor microbiano, obteniendo en sus resultados ausencia de microorganismos patógenos. Por consiguiente, por las buenas características fisicoquímicas de las harinas desarrolladas se elaboraron diferentes tipos de alimentos.

De la misma manera que, en la investigación antes mencionada, en este estudio se aprovecharon los desechos del camarón para la elaboración de harina de cabeza, caparazón y cola de camarón de la especie (*Litopenaeus vannamei*), comúnmente conocido como camarón blanco, utilizando en este caso, camarón de cultivo. Dicha harina fue utilizada como ingrediente principal en el desarrollo de un sazónador de mariscos, realizando tres formulaciones con diferentes porcentajes de harina para evaluar sus características organolépticas y optar por el porcentaje de harina adecuado para dicho producto. Al igual que, Perlera y otros (2017), se le realizó un análisis microbiológico al producto final, obteniendo así ausencia de microorganismos patógenos tanto de *Salmonella* sp. como de *Escherichia coli*, siendo un producto apto y seguro para el consumo humano.

Confirmando nuevamente que, se puede elaborar harinas de desechos de camarón de diferentes tipos, ya sea de cabezas, exoesqueleto, cola o del músculo (carne) que, luego pueden ser utilizadas en la fabricación de diversos alimentos como es, en este caso para el desarrollo de un sazónador de mariscos. Por tanto, es fundamental garantizar que, se cumplan las Buenas Prácticas de Manufactura, así como también las de Higiene, obteniendo como resultado un producto final inocuo y seguro para el consumo huma-

no, para esto, es necesario cumplir estrictamente los tiempos y cantidades establecidas en el proceso de elaboración de harina de desechos de camarón, en las etapas de desinfección, escaldado y horneado.

Por otro lado, en la investigación de Andrade y otros (2007), realizada en la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, elaboraron un sazónador a base de harina de cabeza de camarón de cultivo (*Penaeus* sp.), desarrollando tres formulaciones de dicho sazónador y obtuvieron como resultado en su análisis sensorial bajo una prueba afectiva con una escala hedónica de tres niveles de agrado, que la formulación que obtuvo más aceptación ante los jueces fue la formulación con mayor porcentaje de harina de cabeza de camarón (30 % p/p), además, en su análisis bromatológico de la formulación aceptada se obtuvo porcentajes altos de carbohidratos y proteínas.

Asimismo, en el presente estudio se obtuvo como resultado en el análisis sensorial a través de una prueba de aceptación bajo una escala hedónica verbal de nueve niveles de agrado que, de las tres formulaciones desarrolladas del sazónador de mariscos, la que obtuvo más aceptación fue la formulación con mayor porcentaje de harina de cabeza, caparazón y cola de camarón (35 %), confirmando que, el sabor a camarón que el sazónador proporciona se ve intensificado en los platillos de comida, de igual forma, en el análisis bromatológico realizado a la formulación más aceptada del sazónador, se determinaron altos porcentajes de proteína y carbohidratos, como en la investigación de Andrade y otros (2007).

Conclusiones

Se comprobó satisfactoriamente el uso de los desechos del camarón en forma de harina, junto a otros ingredientes (especias, hierbas culinarias y condimentos) para la creación de un sazónador de mariscos, obteniendo así, resultados favorables en la aceptación sensorial del producto.

Fue posible obtener una harina a base de cabeza, caparazón y cola de camarón, inocua y de calidad aplicando las Buenas Prácticas de Manufactura durante el proceso productivo, garantizando la eliminación de microorganismos patógenos. Destacando las operaciones de horneado y molienda, ya que, el horneado se realizó, con el fin de disminuir la carga microbiana presente y una mejor textura al permitir la evaporación del mayor contenido de agua en este subproducto, facilitando la reducción de tamaño posterior; y la molienda, que se llevó a cabo para obtener la granulometría adecuada en el sazónador.

La creación de este subproducto (harina de cabeza, caparazón y cola de camarón) constituye una alternativa para la disminución de desperdicios de origen animal, los cuales, pueden provocar un impacto ambiental negativo, así como problemas a la salud humana.

A través de los análisis sensoriales, se comprobó la aceptación y el grado de satisfacción de los atributos del sazónador de mariscos, por parte de los panelistas no entrenados, resultando de mayor aceptación la formulación 1, que contenía un mayor porcentaje de harina de cabeza, caparazón y

cola de camarón (35 %), asimismo, los atributos considerados en el la prueba de grado de satisfacción fueron evaluados de manera favorable y equitativa, constatando el agrado del sazónador de mariscos, recibiendo comentarios positivos de los panelistas, tales como: “Me parece muy bien, intensifica el sabor del camarón”, “No se siente tan condimentado como los sazónadores comerciales”, “Me gustó mucho, con sabor y aroma rico, lo recomiendo”.

Por ende, la elaboración de harina a base de cabeza, caparazón y cola de camarón es una opción viable para ser incluida en la elaboración de alimentos para el consumo humano, ya que, habitualmente sólo se incluye en el desarrollo de productos de consumo animal. De esta forma, se les da un valor agregado a los subproductos obtenidos de la cadena de producción del camarón, además, con dicha investigación se creó una iniciativa para las personas que habitualmente trabajan con este producto y no les brindan un uso posterior a los desechos generados, contribuyendo así a la reducción de la contaminación ambiental.

Referencias

ANDRADE P., Ricardo D., TORRES G., Ramiro, MONTES M., Everaldo J., CHÁVEZ, Milena M., y NAAR, Vanesa. 2007. Elaboración de un sazónador a base de harina de cabezas de camarón de cultivo (*Penaeus sp*). En: *VITAE, Revista de la facultad de química farmacéutica* [En línea]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. **14**(2), pp. 109-113. [Consultado: 07 de abril de 2022]. ISSN 0121-4004. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042007000200015

CODEX ALIMENTARIUS. 2017. Norma para pimientas negra, blanca y verde. En: *Codex Stan 326-2017, 2*. [En línea] FAO, WHO [Consultado:

01 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/.pdf>

GUTIÉRREZ-GONZÁLEZ, Milady Alejandra; MARTÍNEZ-VILLEDA, Karen Mariela y MORALES-RAMOS, Liliana Madaí. 2022. *Aprovechamiento de subproductos: harina de cabeza, caparazón y cola de camarón para el desarrollo de un sazonador de mariscos como sustituto de los sazonadores convencionales de mariscos en El Salvador* [Tesis de pregrado de Ingeniería en Alimentos]. Universidad Dr. José Matías Delgado. Antigua Cuscatlán, El Salvador.

PERLERA DE ESCALANTE, Ana, PACHECO DE JORDÁ, Melba y CALDERÓN DE ZACATARES, Vilma. 2017. Aprovechamiento integral del camarón de cultivo de la Bahía de Jiquilisco, departamento de Usulután, para su desarrollo industrial bajo normas de calidad e inocuidad. En: *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible* [En línea], **6**, pp. 73-85. [Consultado: 10 de marzo de 2022]. ISSN 2305-1744. Disponible en: <https://doi.org/10.5377/payds.v6i0.5720>

Extracción y cuantificación de betalaínas en cuatro variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp.) para colorante alimentario

Extraction and quantification of betalains in four varieties of dragon fruit for food coloring

Hernández-Carrillo, Alma Lizeth¹
Recinos-Guerrero, Karen Elizabeth²

Resumen

La investigación tuvo como objetivo principal desarrollar un procedimiento de extracción de pigmentos naturales, específicamente betalaínas, a partir de cuatro variedades de pitahaya (orejona, cebrá, lisa y rosa). Se emplearon técnicas cromatográficas y espectrofotométricas para su caracterización y cuantificación, con el propósito de obtener colorantes utilizables en diversos productos alimenticios.

El proceso de extracción de los pigmentos se llevó a cabo mediante una serie de etapas. Inicialmente, se realizó una filtración utilizando un tamiz tipo manta, seguido de un proceso de sonicación durante 30 minutos a una temperatura inferior a los 30 °C. Posteriormente, se agitó la mezcla durante una hora y se realizó una última filtración utilizando nuevamente el tamiz tipo manta. Los extractos obtenidos se sometieron a ultracongelación y posteriormente se liofilizó para obtener el producto final en forma de polvo.

La cuantificación de las betalaínas se realizó mediante espectrofotometría UV-VIS como un método aproximado. Los resultados obtenidos para la cuantificación de betacianinas fueron los siguientes: orejona (0.05 mg/g), cebrá (2.92 mg/g), lisa (3.88 mg/g) y rosa (6.02 mg/g), siendo la variedad rosa la que presentó un contenido más elevado de betacianinas.

Además de la cuantificación, se realizaron análisis complementarios de caracterización utilizando técnicas como cromatografía de capa fina, HPLC (Cromatografía líquida de alta eficiencia), espectrofotometría UV-VIS y FTIR (Espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier).

Adicionalmente, se llevaron a cabo análisis de colorimetría en yogur y helado elaborados con el colorante de pitahaya obtenido. Asimismo, se realizó un análisis sensorial para evaluar la aceptación del colorante aplicado en alimentos.

Palabras clave:

pitahaya, cuantificación de betalaínas, colorante alimentario, espectrofotometría UV-VIS.

Abstract

The main objective of this research study was to develop a procedure for extracting natural colorants, specifically betalains, from four varieties of dragon fruit (orejona, cebrá, lisa, and rosa). Chromatographic and spectrophotometric techniques were employed for their characterization and quantification, aiming to obtain pigments suitable for various food products.

The extraction process of the colorants involved several steps. Initially, an initial filtration was performed using a blanket-type sieve, followed by sonication for 30 minutes at a temperature below 30°C. Subsequently, the mixture was agitated for an hour, and a final filtration was conducted using the same blanket-type sieve. The obtained extracts underwent ultrafreezing and subsequent lyophilization to obtain the final product in powder form.

Quantification of the betalains was carried out using UV-VIS spectrophotometry as an approximate method. The results for betacyanin quantification were as follows: orejona (0.05 mg/g), cebrá (2.92 mg/g), lisa (3.88 mg/g), and rosa (6.02 mg/g), with rosa variety showing the highest content of betacyanins.

In addition to quantification, complementary characterization analyses were performed using techniques such as thin-layer chromatography, HPLC (High Performance Liquid Chromatography), UV-VIS spectrophotometry, and FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy).

Furthermore, colorimetry analyses were conducted on yogurt and ice cream prepared with the obtained dragon fruit colorant. A sensory analysis was also carried out to evaluate the acceptance of the colorant in food applications.

Keywords:

dragon fruit, betalain quantification, colorant, food colorant, UV-VIS spectrophotometry.

¹ Ingeniera en Alimentos, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail: alma.24carrillo@gmail.com

² Ingeniera en Alimentos, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola. Universidad Dr. José Matías Delgado. E-mail karenrecinos@gmail.com

1. Introducción

La pitahaya (*Hylocereus* spp.) es una fruta exótica que no es muy reconocida en El Salvador, esta contiene muchos elementos importantes que son beneficiosos para el cuerpo humano, como la tiamina, el ácido ascórbico, fibra, hierro, fósforo y calcio (Cervantes-Sánchez y otros, 2017).

Según Verona-Ruiz, Urcia-Cerna y Paucar-Menacho (2020), a nivel mundial la pitahaya es conocida por su apariencia y contenido de nutrientes. Asimismo, remarcan que existen diferentes variedades: las pitahayas amarillas de cáscara amarilla y pulpa blanca, las rojas que tiene cáscara roja y pulpa blanca, y la roja de cáscara roja con pulpa roja-púrpura.

La pitahaya ha sido objeto de estudios enfocados en la obtención de su colorante para analizar su potencial uso en diversas industrias como la industria alimentaria. Algunas de estas investigaciones se enfocan en los pigmentos que pueden encontrarse en las pitahayas, como la investigación realizada por González-Ortiz y Guerrero-Beltrán en 2018, titulada “Betaínas: importancia, presencia en vegetales y sus aplicaciones en la industria alimentaria”.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (MAG, 2021), dio a conocer que en la Escuela Nacional de Agricultura “Roberto Quiñónez” (ENA) se encuentran 25 especies de esta fruta, de las cuales cuentan con cuatro variedades totalmente desarrolladas: orejona, cebrá, lisa y

rosa. Dichas variedades son comercializadas en las instalaciones de la Escuela. Además, se han realizado diferentes productos derivados de ellas, como, por ejemplo: helados, jaleas, salsas picantes, refrescos, mermeladas, dulces, postres, entre otros.

Una de las características más sobresalientes de las variedades mencionadas es el color. Dicho color se debe a la presencia de pigmentos conocidos como betalaínas, los cuales se desglosan en betacianinas y betaxantinas (González-Ortiz y Guerrero-Beltrán, 2018).

Uno de los objetivos esenciales de esta investigación fue cuantificar las betalaínas extraídas de la pulpa de pitahaya, utilizando la técnica de espectrometría UV-VIS. Dicha técnica permitió obtener datos aproximados del contenido de betalaínas (betacianinas) de cada variedad, utilizando una longitud de onda de 536 nm. Los resultados para la cuantificación de betacianinas fueron los siguientes: orejona (3.32 mg/g), cebrá (2.92 mg/g), lisa (3.88 mg/g) y rosa (6.02 mg/g), siendo la variedad rosa que presentó un mayor contenido de betacianinas.

Adicionalmente, se realizaron análisis cualitativos para identificar si la fruta contiene betalaínas dentro de su composición, utilizando diversas técnicas; entre ellas, la cromatografía de capa fina, donde se observó la presencia de betacianinas en la pulpa de la pitahaya; mientras que en el colorante de fruta entera se observaron betacianinas y betaxantinas. La técnica de HPLC se aplicó para separar y purificar los compuestos del colorante. La espectrofotometría FTIR permitió la identificación de

los enlaces del grupo funcional nitrógeno doblemente enlazado, el cual es característico de las betalainas.

El colorante se obtuvo en presentación en polvo, para su posterior reconstitución y uso en alimentos, no obstante, si se desea comercializar el producto, es imperativo llevar a cabo análisis exhaustivos, abordando aspectos como el pH, la estabilidad frente a la luz y al calor. Estas evaluaciones se orientarán a confirmar que, a una escala más amplia, no presentan efectos perjudiciales o compromisos en su integridad y calidad. El colorante fue aplicado en dos helados de crema y un yogur. Estos productos fueron sometidos a análisis de colorimetría y análisis sensorial.

2. Materiales y métodos

2.1 Adquisición de variedades de pitahaya

Las cuatro variedades de pitahaya (orejona, cebrá, lisa y rosa) con las que se llevaron a cabo los extractos, fueron proporcionadas por la Escuela Nacional de Agricultura “Roberto Quiñónes” (ENA) de su campo de cultivo experimental.

2.1 Extracción de colorante

El proceso de extracción se llevó a cabo bajo iguales condiciones para cada una de las variedades, en relación 1:1 (v/v) con respecto al volumen del extracto de la pulpa y del solvente (agua). Para esta relación se emplearon 200 ml de extracto de pulpa de orejona, 200 ml de cebrá, 123 ml de lisa y 245 ml de rosa.

Cada fruta fue lavada y secada, se separó la pulpa de la cáscara. La pulpa con las semillas se filtró mediante un tamiz tipo manta (300 mesh) y el filtrado se diluyó con agua destilada. La mezcla se expuso a baño de ultrasonidos (BRANSON, 5800) durante 30 minutos con control de temperatura aproximadamente a 30 °C, pasado el tiempo se colocó en la plancha con agitador magnético (CORNING, PC-420D) durante 1 hora, después se filtró nuevamente por el tamiz tipo manta.

2.3 Determinación de pH

Se colocaron 15 ml de cada extracto en un beaker y se realizó la medición de pH con un pH-metro marca SI Analytics modelo TitroLine 5000.

2.4 Estabilidad de pH

En 3 matraces de Erlenmeyer de 25 ml se añadieron 15 ml de soluciones con valores de pH 4, pH 7 y pH 10, posteriormente se colocaron 4 gotas del extracto en cada Erlenmeyer, dando así colores diferentes debido a su concentración de iones hidrógeno.

2.5 Determinación de grados Brix

Se cuantificaron los sólidos solubles disueltos mediante la medición de grados Brix, agregando 2 ml de la solución de cada muestra en un Refractómetro marca Pocket Refractometer Pal-1 modelo ATAGO, esto se repitió con cada variedad.

2.6 Determinación de humedad y sólidos totales

Se tomaron muestras por triplicado de cada una de las variedades, las cuales se sometieron a ultracongelación (VWR, MFV-

14) para luego ser liofilizadas (LABCONCO, FreeZone 2.5).

2.7 Cromatografía de capa fina

Esta técnica se utiliza para identificar visiblemente la cantidad de pigmentos presentes en la muestra. La técnica consistió en colocar una gota de las muestras en el extremo inferior de la placa de sílica (TLC Sílica gel 60 F254) y, posteriormente se sumergió cuidadosamente el extremo inferior de placa del lado donde se colocó la muestra, en el agua destilada.

2.8 Cromatografía por columna

Se colocaron 20 gramos de sílica gel (Fisher Chemical, 230-400 Mesh, Grade 60) en una columna cromatográfica de vidrio, agregando 1 ml del extracto y haciendo pasar aproximadamente 200 ml de agua destilada a través de la columna.

2.9 Centrifugación del extracto del colorante

Para separar las partículas suspendidas de sílica gel restante del procedimiento cromatográfico de columna, se vertieron 14 ml de la solución del colorante en tubos cónicos plásticos de 14 ml, colocándolos en una centrífuga marca HERMLE Labortechnik GmbH modelo Z206A, por 10 minutos a 6000 RPM. Posteriormente se decantó y se utilizó el sobrenadante.

2.10 Identificación cualitativa de betacianinas mediante técnica HPLC-DAD

Se identificaron las especies betacianínicas utilizando un Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución (HPLC, siglas en inglés)

SHIMADZU, LC-2030C 3D PLUS, columna Brenson Prevail C18 5 μm , 4.6 x 250 mm con horno de columna a 30 °C, bomba cuaternaria con una proporción de fase móvil ácido acético 1 %: acetonitrilo (83:17) y detector de arreglo de diodos con un rango espectral de 190-800 nm. Se tomaron 4 ml de colorante puro realizando 3 réplicas de cada una de las variedades, se pasaron por filtro de jeringa de PVDF poro de 0.45 μm , colocándolas en un vial de vidrio de 1.5 ml y se ubicó en el automuestreador inyectando 25 μl de la solución.

2.11 Liofilización

Se empleó el método de liofilización mediante la aplicación de temperaturas extremadamente bajas. Se añadieron 50 ml de colorante puro en un recipiente de vidrio, el cual fue colocado en un ultracongelador (VWR, MFV-14) durante un periodo de 2 horas.

Posteriormente, el contenido fue transferido a un liofilizador (LABCONCO, FreeZone 2.5) durante 20 horas, lo que permitió obtener colorante en forma de polvo. Asimismo, se procedió a la liofilización de 2 gramos de pulpa de pitahaya de las cuatro variedades, realizando tres repeticiones.

2.12 Cuantificación de betacianinas mediante espectrofotometría UV-VIS

Se empleó la técnica de espectrometría UV-VIS para cuantificar las betacianinas presentes en la pulpa de cuatro variedades de pitahaya. Se procedió a la reconstitución de 20 mg de pulpa liofilizada en 50 ml de agua de alta pureza.

A continuación, se sometió la muestra a un proceso de sonicación durante 10 minutos, manteniendo la temperatura por debajo de los 30 °C. Posteriormente, se llevó a cabo una filtración mediante un filtro de jeringa (PVDF con un poro de 0.45 µm) con el fin de eliminar cualquier material particulado y evitar la opacidad de la solución. La solución filtrada se vertió en una cubeta de cuarzo de 1 cm de ancho y se introdujo en un espectrofotómetro UV-VIS (SHIMADZU, UV-1800), donde se realizó la lectura de cada muestra por triplicado a una longitud de onda de 536 nm.

Mediante esta técnica, se determinó la absorbancia de las muestras, y estos valores se utilizaron en la fórmula propuesta por Castellanos-Santiago y M. Yahia en 2008 para obtener los resultados.

$$BC \left[\frac{mg}{g} \right] = \left[\frac{A(DF)(MW)Vd(1000)}{\epsilon LWd} \right]$$

Dónde:

BC= Contenido de betacianina o betaxantina.

A= valor de absorción en el máximo de absorción de 535 nm y 483 nm para betacianina y betaxantinas, respectivamente.

MW= Masa molar, betacianinas 550 g/mol.

Vd= Volumen de solución de pulpa seca (l).

ε= Constante de absorptividad molar, Betacianinas 60000 (mol l/cm) y Betaxantinas 48000 (mol l/cm).

L= Anchura de cubeta de cuarzo (1 cm).
DF= Factor de dilución.

2.13 Análisis de grupos funcionales mediante la técnica de espectrometría infrarroja con transformada de Fourier (FTIR)

Se empleó una técnica cualitativa con el propósito de identificar los enlaces de los grupos funcionales presentes en la molécula. Se añadieron 5 mg de Bromuro de potasio y 2 mg de colorante liofilizado, los cuales se maceraron en un mortero de ágata hasta obtener una mezcla homogénea. Posteriormente, la mezcla se colocó en una prensa (Set Spectroscopic Creativity, PIKE TECHNOLOGIES) con el fin de formar una pastilla, la cual fue situada en el portamuestras del equipo FTIR (thermoscientific, NICOLET iS5), generando así un espectro como resultado.

2.14 Colorimetría

Se utilizó la técnica de medición del color mediante el empleo de un colorímetro (Konica Minolta, CR-400). Se añadieron aproximadamente 25 ml de colorante en un beaker de 500 ml, con el objetivo de sumergir ligeramente el cabezal de medición en las muestras y obtener las lecturas correspondientes. Se realizó la medición por triplicado para cada una de las variedades, a fin de obtener un promedio representativo.

2.15 Análisis sensorial

Se realizaron análisis sensoriales con el fin de medir la aceptación de algunos de los colorantes obtenidos y aplicados en diferentes alimentos. La escala hedónica es una herramienta en evaluaciones sensoriales que mide la aceptación de un producto por sus características organolépticas por medio de una cartilla hedónica donde se suele incluir

términos como “muy desagradable” a “muy agradable” los cuales representan diferentes niveles de aceptación; los participantes asignan valores numéricos basados en preferencias, proporcionando datos cuantitativos para comprender y mejorar productos.

Figura 1: Puntaje de la escala hedónica

PUNTAJE	CALIFICACIÓN
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Nota. La figura representa la puntuación utilizada en escala hedónica para conocer la percepción de los panelistas con respecto a las muestras.

Fuente: Paucar-Menacho, Salvador-Reyes, Guillén-Sánchez y Mori-Arismendi (2016, pp. 121-132).

Los parámetros objeto de evaluación comprendieron la apariencia, color, olor, textura y sabor. Cabe destacar que, en el contexto de esta investigación, se atribuyó una relevancia particular al factor color. A los participantes se les solicitó evaluar cada muestra, siguiendo los criterios de la escala hedónica, asignando puntajes y proporcionando calificaciones según los parámetros establecidos.

Para llevar a cabo los análisis mencionados, se consideró el siguiente panel evaluador y la muestra:

-Panelistas: 5 evaluadores no experimentados.

-Muestra: 3 productos.

-Producto 1: Helado de crema con 12 ml de colorante líquido.

-Producto 2: Helado de crema con 6 ml de colorante líquido.

-Producto 3: Yogur con 0.33 g de colorante liofilizado.

3. Resultados

3.1 Extracción de colorante

Tabla 1: Cantidad de colorante obtenido de cada variedad de pitahaya

Muestra	P (g)	E (ml)	Agua (ml)	C (ml)
Orejona	484	200	200	242
Cebra	356	200	200	321
Lisa	228	123	123	210
Rosa	378	245	245	396

Nota. La tabla muestra el peso de la pulpa con semillas de cada variedad (P), la cantidad de extracto de la pulpa (E), el volumen de agua destilada utilizado y la cantidad de colorante obtenido al filtrar (C).

3.2 Determinación de pH

Tabla 2: Valores de pH para las cuatro variedades utilizadas

Muestra	pH
Orejona	3.95
Cebra	4.21
Lisa	4.57
Rosa	4.28

3.3 Determinación de grados Brix

Tabla 3: Valores de grados Brix para cada variedad utilizada

Variedad	Grados Brix
Orejona	5.9
Cebra	4.4
Lisa	7.9
Rosa	11.8

3.4 Determinación de humedad y sólidos totales

Tabla 4: Porcentaje de humedad y sólidos totales de cada variedad utilizada

Código de muestra	Po (g)	Pf (g)	H (%)	ST (%)
1O	2.12	0.32	84.49	15.50
2O	2.19	0.35	83.81	16.18
3O	2.18	0.33	84.77	15.22
\bar{X}			84.35	15.64
1C	2.07	0.21	89.81	10.18
2C	2.05	0.33	83.56	16.43
3C	2.04	0.35	82.42	17.57
\bar{X}			85.26	14.73
1L	2.40	0.24	89.71	10.29
2L	2.42	0.47	80.27	19.72
3L	2.39	0.38	83.96	16.03
\bar{X}			84.64	15.35
1R	2.24	0.19	91.09	8.90
2R	2.21	0.40	81.62	18.37
3R	2.26	0.43	80.61	19.38
\bar{X}			84.44	15.55

Nota. \bar{X} : promedio, Po: Peso inicial, Pf: peso final, H: Humedad, ST: Sólidos totales, 1O: muestra 1 de variedad orejona, 2O: muestra 2 de variedad orejona, 3O: muestra 3 de variedad orejona, 1C: muestra 1 de variedad cebra, 2C: muestra 2 de variedad cebra, 3C: muestra 3 de variedad cebra, 1L: muestra 1 de variedad lisa, 2L: muestra 2 de variedad lisa, 3L: muestra 3 de variedad lisa, 1R: muestra 1 de variedad rosa, 2R: muestra 2 de variedad rosa, 3R: muestra 3 de variedad rosa.

3.5 Cromatografía de capa fina

Se pudo observar que en la pulpa de cada una de las variedades estudiadas se encontró exclusivamente la presencia de betacianinas. Sin embargo, en la cáscara se identificó la presencia tanto de betacianinas como de betaxantinas.

2.6 Cromatografía por columna

A través del método de separación de compuestos mediante cromatografía en columna, se pudo observar únicamente la presencia de una coloración rojo púrpura característica de las betacianinas. Este hallazgo se obtuvo al realizar la cromatografía utilizando la pulpa de las variedades de pitahaya estudiadas. Por otro lado, al analizar el extracto de la cáscara de la pitahaya, se observó la aparición de ambas coloraciones, rojo púrpura (característica de las betacianinas) y una coloración amarilla (característica de las betaxantinas), si bien esta última se presentó en menor proporción.

Figura 2: Técnica de cromatografía de columna

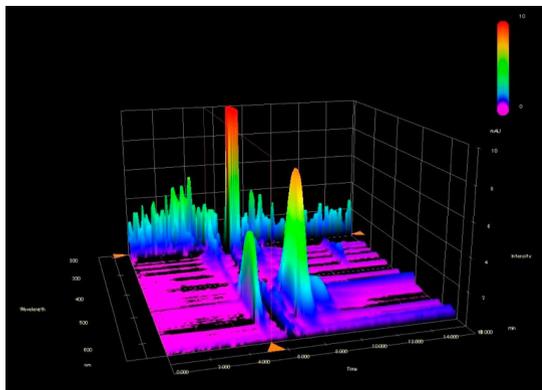


Nota. La figura muestra la separación de color amarillo (betaxantinas) y rojo (betacianinas) mediante cromatografía de columna.

2.7 Identificación cualitativa de Betacianinas mediante técnica HPLC-DAD

La representación tridimensional del espectro revela cómo los compuestos betacianínicos eluyen a distintos tiempos de retención, mientras se mantiene una longitud de onda constante de 536 nm. Cada pico observable en el espectro representa un compuesto específico, y el color asignado a cada pico refleja la intensidad relativa del compuesto en cuestión.

Figura 3: Espectro 3D

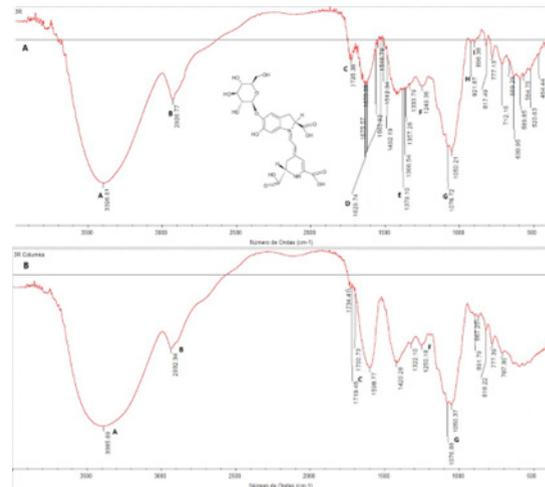


Nota. Representación en forma 3D de los compuestos que eluyen a una longitud de 536 nm, correspondiente a la variedad Rosa.

2.8 Análisis de grupos funcionales mediante la técnica de espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier (FTIR)

El espectro reveló la presencia de bandas de absorción en el rango de $1617-1629\text{ cm}^{-1}$, las cuales son características del enlace $C=N$. Este enlace es el grupo funcional distintivo de las betacianinas, destacando su presencia y contribuyendo a su identificación en el espectro analizado.

Figura 4: Espectro de absorción UV-VIS variedad Rosa



Nota. La tabla muestra el peso de la pulpa con semillas de cada variedad (P), la cantidad de extracto de la pulpa (E), el volumen de agua destilada utilizado y la cantidad de colorante obtenido al filtrar (C).

3.9 Cuantificación de betacianinas mediante espectrofotometría UV-VIS

Los valores proporcionados corresponden a las cuatro variedades de pitahaya: Orejona, Cebra, Lisa y Rosa. Al analizar los datos, se observó que la variedad Rosa exhibió la mayor concentración promedio de betacianinas, con un valor de 6.023258045 mg/g . Por otro lado, la variedad Cebra mostró la menor concentración de betacianinas, con un valor de 2.92355682 mg/g . Estos resultados sugieren una variación significativa en la cantidad de betacianinas presentes entre las distintas variedades de pitahaya estudiadas.

Tabla 5: Cantidad de betacianinas calculadas para cada variedad de pitahaya

Código de muestra	Cantidad de betacianinas (B) (mg/g)
1O	3.283190067
2O	3.377192982
3O	3.302304965
Promedio	3.320896005
1C	2.961398277
2C	2.882324917
3C	2.926947267
Promedio	2.92355682
1L	4.040089641
2L	3.642093506
3L	3.974114658
Promedio	3.885432602
1R	5.917553191
2R	6.204212454
3R	5.948008488
Promedio	6.023258045

Nota. Valores de betacianinas obtenidos para cada muestra de las cuatro variedades.

3.10. Colorimetría

El espacio de color L^*a^*b indica que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo, o amarillo y azul simultáneamente. Por tanto, L^* indica la Luminosidad, y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas.

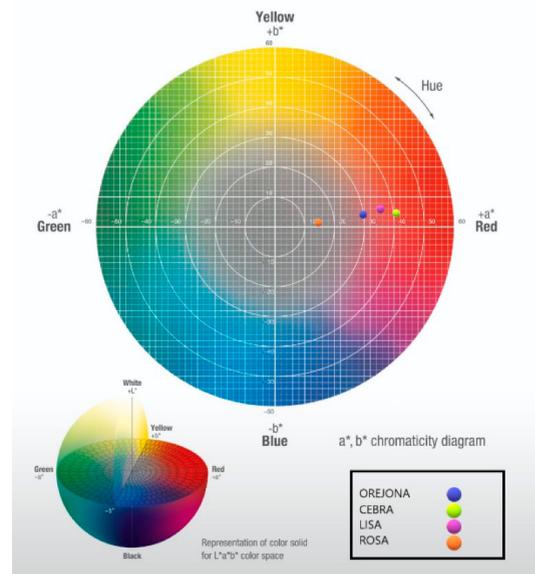
L^* = Luminosidad

a^* = Coordenadas rojo / verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = Coordenadas amarillo / azul (+b indica amarillo, -b indica azul) obteniéndose los siguientes resultados.

Las coordenadas obtenidas con el colorímetro fueron graficadas en el espacio de color CIELAB obteniéndose los siguientes resultados.

Figura 5: Gráfica de color CIELAB

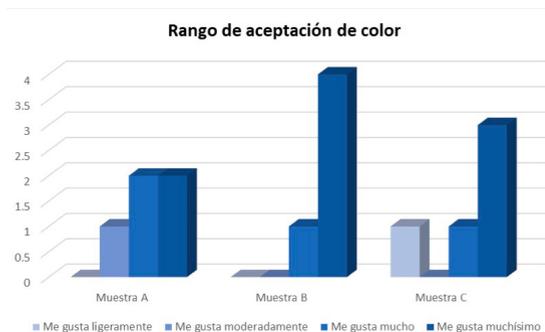


Nota. La figura representa las coordenadas de a y b obtenidas con el colorímetro para las cuatro variedades de pitahaya, graficadas en el espacio de color CIELAB. Fuente: Konica Minolta (2020).

3.11 Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial fueron procesados haciendo uso del Software estadístico *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) versión 28.0.1.1.

Los valores obtenidos en cuanto a frecuencia de aceptación para las tres muestras se graficaron de la siguiente manera:

Figura 6: Rango de aceptación del color

Nota. El gráfico representa el nivel de aceptación del color de las muestras A, B y C evaluadas según la escala hedónica de 9 puntos.

4. Discusión y conclusiones

4.1 Colorante

De las cuatro variedades en estudio, se obtuvieron valores de colorante en el rango de 210 ml a 396 ml en las extracciones finales. Es importante destacar que, en el caso de la variedad lisa, solo se pudo trabajar con una unidad de pitahaya debido a la falta de disponibilidad durante la realización del estudio. Además, al analizar los resultados, es crucial tener en cuenta que la cantidad de materia prima utilizada en las extracciones de las otras variedades (orejona, cebrá y rosa) también varió, a pesar de que se utilizaron dos unidades para cada una de estas extracciones.

4.2 Humedad

Los promedios de humedad de las cuatro variedades se situaron en un rango del 84 % al 85 %. Para la variedad orejona, se obtuvo un promedio de humedad en base húmeda del 84.5 %, mientras que para la

cebrá fue del 85.26 %, para la lisa del 84.64 % y para la rosa del 84.44 %. Estos valores indican que los niveles de humedad de las cuatro variedades se encuentran dentro de los rangos informados por Verona-Ruiz, Urcia-Cerna y Paucar-Menacho (2020) para pitahayas de dos especies: entre el 89 % y el 82.3 % para la especie *Hylocereus undatus* (pulpa blanca y cáscara rosa) y entre el 85 % y el 85.9 % para la especie *Hylocereus megalanthus* (pulpa blanca y cáscara amarilla).

4.3 Determinación de sólidos totales

Se obtuvo un promedio del 15 % de sólidos totales disueltos en cada variedad (Orejona 15.64 g, Cebrá 14.73 g, Lisa 15.35 g y Rosa 15.55 g). Este valor engloba la cantidad de sólidos solubles y sólidos insolubles.

4.4 Cromatografía líquida de capa fina

La cromatografía líquida de capa fina (TLC, por sus siglas en inglés) es una técnica cualitativa que permitió observar si las beta-lainas: betacianinas (rojo-violeta) y betaxantinas (amarillo-naranja) estaban presentes en la pitahaya. Además, esta técnica sirvió como base para los análisis posteriores por HPLC. En el caso de la pulpa, solo se observó el color rojo-violeta correspondiente a las betacianinas, lo que indicó la ausencia de betaxantinas. Este hallazgo fue corroborado mediante análisis por HPLC.

Por otro lado, el colorante obtenido de la pitahaya completa (pulpa y cáscara) mostró coloraciones correspondientes tanto a las betacianinas como a las betaxantinas, evidenciando la presencia de betaxantinas en la cáscara de la pitahaya.

4.5 Cromatografía de columna

Se pudo confirmar la ausencia de betaxantinas en los colorantes extraídos de las cuatro variedades, ya que solo se obtuvo un extracto de color rosado correspondiente a las betacianinas. Para purificar el extracto y eliminar otros compuestos que podrían generar señales diferentes a las del compuesto de estudio en el análisis con FTIR, se empleó la cromatografía de columna.

4.6 HPLC

Cada uno de los picos identificados en los espectros obtenidos indicó la presencia de una betacianina distinta con un tiempo de elución único. Mediante esta técnica, se logró observar la separación de betacianinas y betaxantinas, lo cual no es apreciable en detalle en la cromatografía en capa fina y en columna. Para determinar la identidad precisa de las betacianinas encontradas, se requieren técnicas espectroscópicas adicionales, como espectrometría de masas y resonancia magnética nuclear. Estas técnicas permitirán identificar los compuestos observados con mayor certeza.

4.7 FTIR

En los espectros generados, se pudieron observar las señales representativas de cada una de las bandas de absorción correspondientes a los grupos funcionales característicos de las betacianinas. Este análisis confirmó que los principales grupos identificados en las curvas de absorción correspondían a los grupos principales de la molécula. Esta confirmación fue fundamental para asegurar la presencia de la estructura de las betalainas y garantizar que se estaba trabajando con dicho compuesto.

4.8 Cuantificación

Se obtuvieron valores diferentes de betalainas (específicamente betacianinas) en cada una de las variedades. Es importante destacar que el método utilizado en esta investigación es aproximado, ya que no es específico para cada tipo de betacianina y betaxantina. El método utilizado es general para las betalainas, ya que se mide a una única longitud de onda, y para realizar una cuantificación precisa se requeriría un estándar que permita construir una curva de calibración. Por lo tanto, se asume que todas las betalainas absorben a la misma longitud de onda. Según la recopilación bibliográfica sobre cuantificación de betalainas, el método que utiliza el estándar para cuantificar es un método consensuado.

4.9 Colorimetría

El resultado de la representación gráfica de las coordenadas a y b obtenidas para las cuatro variedades analizadas, evidencia que las variedades de pitahaya Orejona, Cebrá, Lisa y Rosa tienden más al color rojo, con la diferencia que la variedad Rosa tiene mayor saturación. Todas las variedades presentaron valores de luminosidad (L) que dentro del espacio de color CIELAB corresponden a tonos oscuros.

4.10 Análisis sensorial

La muestra B correspondiente al helado elaborado con 6 ml de colorante líquido de pitahaya, fue la muestra con mayor aceptación del color percibido. Para profundizar en el nivel de aceptación de los colorantes obtenidos, aplicados en alimentos, es preciso realizar estudios con poblaciones más extensas y focalizadas. Además de probar su

aplicación en una gama más amplia de alimentos.

Conclusiones

- En base al método aproximado utilizado para la cuantificación de betalaínas podemos inferir que la variedad con mayor contenido de betacianinas es la variedad rosa con un valor de 6.02 mg/g por lo cual, se identifica como la variedad ideal para continuar posteriores investigaciones de cuantificación y aplicaciones.
- Mediante las técnicas de cromatografía de capa fina y cromatografía de columna se identificó la presencia de betacianinas (coloración roja) y betaxantinas (coloración amarilla) en la pitahaya entera, mientras que en la pulpa solo se registró betacianinas.
- El colorante en polvo obtenido a través del método de liofilización es altamente higroscópico por lo que para la implementación en la industria se deben realizar análisis y pruebas incorporando aditivos para obtener un colorante en polvo suelto que presente una absorción de humedad mínima.
- La evaluación sensorial de los diversos colorantes de pitahaya incorporados en helados de crema y yogur revela un nivel de aceptación significativamente alto para todas las muestras analizadas. Es destacable que la muestra B, representativa del helado de crema, logró una aceptación del 80 % en la categoría “Me gusta muchísimo”. Es pertinente subrayar que el parámetro evaluado en este contexto fue el color, indicando así una

respuesta favorable por parte de los evaluadores con respecto a esta característica específica.

5. Reconocimientos

A todo el equipo del Centro de Educación e Investigación en Ciencias Aplicadas (CEICA) del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, por brindarnos su apoyo en tema de instalaciones, equipo y asesoría durante todo el proceso.

A la Escuela Nacional de Agricultura “Roberto Quiñónez” (ENA), por abrirnos las puertas de la institución y de CEICA, que fue fundamental para realizar nuestra investigación.

Al M.Sc. Oscar Raúl Avilés Flores, jefe del departamento de química analítica de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, por permitirnos realizar algunos análisis de la investigación y por su entera disposición.

6. Referencias

CASTELLANOS-SANTIAGO, Elena; y M. YAHIA, Elhadi. 2008. Identification and Quantification of Betalains from the fruits of 10 Mexican Prickly Pear Cultivars by High-Performance Liquid Chromatography and Electrospray Ionization Mass Spectrometry. En: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. [En línea]. México. 56(14), pp. 5758-5764. [Fecha de consulta el: 28 de junio de 2022]. ISSN: 5758-5764. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1021/jf800362t>

CERVANTES-SÁNCHEZ, Martha Elena; HUICAB-MARTÍNEZ, Jorge Luis; GARCÍA-VELLA, José Alfredo y VANOYE-ELIGIO, Maximiliano. 2017. Obtaining a natural dye from the pitahaya (*Hylocereus undatus* haworth, britton and rose) from

the southern region of the state of Campeche [Obtención de un colorante natural a partir de la pitahaya (*Hylocereus undatus haworth, britton y rose*) de la región sur del estado de Campeche]. En: *Mexican Journal of Biotechnology* [En línea]. **2**(2), pp. 65-73. [Consultado el: 20 de septiembre de 2022]. ISSN: 2448-6590. Disponible en: https://docs.wixstatic.com/ugd/38ce56_56e7822931a644fe989c28776d-5f517f.pdf

GONZÁLEZ-ORTIZ, Alfonso y GUERRERO-BELTRÁN, J. A. 2018. Betalaínas: importancia, presencia en vegetales y sus aplicaciones en la industria alimentaria. En: *Revista Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos de la UDLAP*. [En línea]. **11**(2), pp. 12-21. [Consultado el: 28 de junio de 2022]. Disponible en: [https://issuu.com/webudlap/docs/tsia-vol11-gonzalezortiz#:~:text=Las%20betala%C3%ADnas%20son%20compuestos%20que,beta-bel%20rojo%20\(Beta%20vulgaris\)](https://issuu.com/webudlap/docs/tsia-vol11-gonzalezortiz#:~:text=Las%20betala%C3%ADnas%20son%20compuestos%20que,beta-bel%20rojo%20(Beta%20vulgaris))

HERNÁNDEZ-CARRILLO, Alma Lizeth y RECINOS-GUERRERO, Karen Elizabeth. 2022. *Extracción y cuantificación de betalainas en cuatro variedades de pitahaya para colorante alimentario* [Tesis de pregrado de Ingeniería en Alimentos]. Universidad Dr. José Matías Delgado. Antiguo Cuscatlán, El Salvador

PAUCAR-MENACHO, Luz María, SALVADOR-REYES, Rebeca, GUILLÉN-SÁNCHEZ, Jhoseline y MORI ARISMENDI, Sigry. 2016. Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo

por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. En: *Scientia Agropecuaria*. [En línea]. **7**(2), pp. 121-132 [Consultado el: 25 de julio de 2022]. ISSN: 2077-9917. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000200005

KONICA MINOLTA. 2020. *Colorimetric Technology*. [En línea]. [Consultado el: 16 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www5.konicaminolta.eu/nl/measuring-instruments/media-centrum/poster-downloaden.html>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA [MAG]. 26 de julio de 2021. La pitahaya también llamada fruta del dragón, es un cultivo exótico y poco conocido en nuestro país. En: *twitter*. [En línea] [Consultado el: 15 de junio de 2022]. Disponible en: <https://twitter.com/agriculturasv/status/141982287937497088?lang=es>

VERONA-RUIZ, Anggie, UCRIA-CERNA, Juan y PAUCAR-MENACHO, Luz. 2020. Pitahaya (*Hylocereus spp.*): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria* [En línea]. **11**(3), pp. 439-453. [Consultado el: 15 de junio de 2022]. ISSN 2077-9917. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000300439&lng=es&nrm=iso. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>.

Biotecnología y Genómica de plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador

Biotechnology and Genomics of threatened and endangered plants of El Salvador

Orantes, Huilhuinic¹
Ramírez, Jennifer²
Sánchez-Trejo, Lucía³

Resumen

Las biotecnologías modernas han permitido mejorar los rendimientos productivos de especies de alto interés agrícola. Pero las biotecnologías basadas en biología molecular también pueden incorporarse en estrategias de conservación de especies amenazadas y en peligro de extinción. Esta es la primera recopilación sistemática de información genómica disponible en las principales bases de datos de libre acceso, para especies vegetales amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador. La información genómica y biotecnológica presente en bases de datos de libre acceso, se agrupó en siete categorías. La categoría más común es la presencia de códigos de barra genéticos; más del 20 % no cuenta con ningún tipo de información (36 especies amenazadas o 22.22 % y 40 especies en peligro de extinción, 25.8 %). Además, la información más escasa son los genomas completos, donde sólo está secuenciado para *Vanilla planifolia*, *Tabebuia impetiginosa* y *Utricularia gibba*. Estos resultados reflejan la poca información genómica y biotecnológica disponible para la biodiversidad vegetal vulnerable del país.

Palabras clave:

bases de datos, especies vegetales, categorías de conservación, bioinformática.

Abstract

Modern biotechnology has allowed society to improve the production of high value crops. But these molecular biology-based techniques can also be applied in conservation strategies for threatened and endangered species. This is the first systematic review of available genomic and biotechnological data for threatened and endangered plants of El Salvador. All data found were grouped in seven categories, being genetic barcodes the most common found. More than 20 % of plants have no genomic nor biotechnological data (36 threatened species or 22.22 % and 40 endangered species, 25.8 %). We also found that complete sequenced genomes are scarcest data, with only available for *Vanilla planifolia*, *Tabebuia impetiginosa* and *Utricularia gibba*. These findings show the lack of genomic and biotechnological resources regarding the endangered plant diversity of the country.

Keywords:

database, plant species, conservation categories, bioinformatic

¹ Coordinación Ingeniería en Agrobiotecnología, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola "Julia Hill de O'Sullivan", Universidad Dr. José Matías Delgado.

² Laboratorio de Química y Microbiología y Planta Piloto de Procesamiento de Alimentos, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola "Julia Hill de O'Sullivan", Universidad Dr. José Matías Delgado.

³ Coordinación Ingeniería en Gestión Ambiental, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola "Julia Hill de O'Sullivan", Universidad Dr. José Matías Delgado

1. Introducción

El uso de la biotecnología para el aprovechamiento de plantas, en el sentido tradicional, comenzó desde la selección artificial de organismos con características deseables para aumentar la producción en cultivos (Gupta et al., 2017, Wieczorek, 2003). Con la transición a la biotecnología moderna, se incluyen las aplicaciones en todas las ramas derivadas de la genética, bioquímica y biología molecular en contextos agrícolas y de conservación. Gracias a esto, en las últimas décadas, han aumentado significativamente los rendimientos productivos de los principales cultivos de granos básicos a nivel mundial (James, 2004). A pesar que el desarrollo y uso de estas tecnologías se ha centrado en menos de 30 especies vegetales para la producción agrícola mundial (Willis, 2017), estas tienen un alto potencial de aplicación en estrategias de conservación de especies amenazadas y en peligro de extinción (Benson, 1999).

El Salvador, al estar en la región Mesoamericana, posee una variada diversidad vegetal (Myers, 2000). Pero, de más de 800 especies catalogadas para el país, 330 especies vegetales están catalogadas como amenazadas o en peligro de extinción a nivel nacional (MARN, 2015). Estas últimas representan un recurso fitogenético con un alto valor intrínseco poco estudiado o conocido que podría potenciarse como alternativa a problemáticas de seguridad y soberanía alimentaria por ser un país principalmente importador de productos de la canasta básica (USDA, 2022). Es necesario conocer el estado del conocimiento genético y biotecnológico de estas especies.

Aunque hay un reciente interés y promoción al uso seguro de la biotecnología en el país, y su integración en políticas, planes y programas nacionales, evaluación y gestión de riesgos y bioseguridad (UN Environment, 2019), existe un desconocimiento y estigmatización de la sociedad salvadoreña sobre el uso y promoción de los productos biotecnológicos agrícolas. El estado de conocimiento de las aplicaciones biotecnológicas es más agravante para estas especies vegetales con alguna categoría de amenaza que, actualmente, no son de importancia comercial. Es por esto que se considera la falta de elaboración de inventarios genéticos como un vacío de información en el país y un eje transversal de la Estrategia Nacional de Inventarios y Monitoreo de la Biodiversidad (MARN, 2003); información genómica y biotecnológica faltante para complementar las prácticas de conservación y uso de especies existentes (Breed *et al.*, 2019).

Así, en la presente investigación, se identifica la cantidad de información genómica y biotecnológica disponible en artículos científicos y las principales bases de datos de libre acceso de secuencias cortas de nucleótidos, proteínas y genomas caracterizadas para especies vegetales amenazadas y en peligro de extinción presentes en El Salvador. Con esta primera recopilación sistemática de información biotecnológica y genómica para plantas con algún grado de amenaza para el país, se busca establecer líneas prioritarias de investigación, a fin de focalizar esfuerzos de generación de conocimiento para especies de peculiar importancia, que potencien sus usos, conocer genotipos cultivados o de alto potencial agroecológico, asegurando su conservación.

Las técnicas modernas de biotecnología, como los protocolos de cultivo de tejidos, análisis genómico molecular, desarrollo de marcadores moleculares y criopreservación, proveen medios complementarios para la gestión de recursos genéticos vegetales. Estas herramientas, cada vez son más utilizadas para la caracterización de diversidad vegetal y, por lo tanto, desempeñan un papel importante contribuyendo a programas de conservación (Benson, 1999). Muchas de estas técnicas están orientadas a la genómica, ciencia que estudia el genoma, es decir, la totalidad de la información genética de un organismo, que incluye las regiones codificantes, o genes, y las regiones no codificantes (Hocquette, 2005). Esta información está almacenada en secuencias de nucleótidos de ADN en todos los seres vivos, las cuales se expresan de forma diferencial.

A partir del carácter informativo de las secuencias de ADN, se ha desarrollado la técnica llamada codificación de barras genéticas o código de barras de ADN, que consiste en el reconocimiento de secuencias de ADN cortas y estandarizadas, que permiten la identificación de organismos a nivel de especie, e incluso establecer relaciones genéticas entre diferentes organismos (Hebert, 2003).

Actualmente, existen diversas bases de datos públicas que almacenan información genética para permitir a los usuarios acceder a ella. Sin embargo, existe poca disponibilidad de este tipo de datos sobre especies de países latinoamericanos, a comparación de la cantidad de datos moleculares disponibles sobre biodiversidad del Norte Global, almacenados en bases de datos públicas (Noreña *et al.*, 2018).

La propagación de plántulas usando tejido vegetal tiene su auge desde la década de los 90s, con diferentes avances que establecieron tendencias en los protocolos de cultivos vegetales (Conger, 2018). En la actualidad, las aplicaciones de cultivos de células y tejidos vegetales incluyen propagación asexual de clones, regeneración y rápida multiplicación de organismos con características deseables, genotipos específicos o variedades mutantes y fusión de protoplastos para crear híbridos entre especies que son incompatibles sexualmente (Conger, 2018; Seeja y Sreekumar, 2020).

La diversidad biológica en todos los niveles ecológicos, desde poblaciones hasta el acervo genético, es esencial para la sobrevivencia y bienestar económico de la humanidad debido a los bienes y servicios que nos proporcionan los ecosistemas (Singh, 2002, párr. 3). Por esto es crucial evitar la pérdida de la biodiversidad local y establecer estrategias de conservación y restauración de las especies y poblaciones vulnerables (Noreña *et al.*, 2018). El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN, 2015) define las especies en peligro de extinción y amenazadas de extinción de la siguiente manera:

Especie en peligro de extinción: Todas aquellas cuyas poblaciones han sido reducidas a un nivel crítico o cuyo hábitat ha sido reducido tan drásticamente que se considera que está en inmediato peligro de desaparecer o ser exterminada en el territorio nacional y por lo tanto requiere de medidas estrictas de protección o restauración. Art. 4. literal L).

“Especie amenazada de extinción: Toda aquella que si bien no está en peligro de

extinción a corto plazo, observa una notable continua baja en el tamaño y rango de distribución de sus poblaciones, debido a sobreexplotación, destrucción amplia del hábitat u otras modificaciones ambientales drásticas”.

2. Materiales y métodos

Se hizo un análisis de la información genómica y biotecnológica disponible de las especies vegetales amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador, obtenidas a partir del Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas o en Peligro de Extinción (MARN, 2015), publicado por el Órgano Ejecutivo del Gobierno de El Salvador. Se verificó cada nombre científico en

el listado para usar el género y la especie reconocida taxonómicamente al momento del estudio en la base de datos en línea del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (The Global Biodiversity Information Facility [GBIF], 2023). No se tomaron en cuenta variedades ni subespecies, solamente género y especie.

Para determinar la cantidad de información de relevancia biotecnológica y genómica disponible de cada especie, se establecieron siete categorías genómicas o biotecnológicas, y se verificaron en bases de datos genómicas, de proteínas y motores de búsqueda o repositorios científicos (Tabla 1). Toda la revisión sistemática para estas categorías, se realizó durante el mes de julio del año 2023.

Tabla 1: Categorías de información genómica y biotecnológica para plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador, con sus respectivas bases de datos o motores de búsqueda consultadas

Categoría	Base de datos consultada
Códigos de barra genéticos (CB)	GenBank del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI, por sus siglas en inglés) - Nucleótidos (Benson <i>et al.</i> , 2012)
	Barcode of Life Data System (BOLD) (Ratnasingham y Hebert, 2007)
Secuencias proteicas (SP)	UniProtKB (https://www.uniprot.org/)
	NCBI – Proteínas (Benson <i>et al.</i> , 2012)
Otras secuencias nucleotídicas (OS)	NCBI – Nucleótidos (Benson <i>et al.</i> , 2012)
Genoma secuenciado (GS)	NCBI – Genomas y ensamblajes primarios (Benson <i>et al.</i> , 2012)
	Ensembl Plants (Yates <i>et al.</i> , 2022)
Estudios de marcaje molecular (MM)	PubMed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/)
Protocolo de establecimiento <i>in vitro</i> (EI)	Google Académico (https://scholar.google.es/schhp?hl=es)
Protocolo de regeneración <i>in vitro</i> (RI)	Dialnet (https://dialnet.unirioja.es/) SciELO (https://scielo.org/es/)

Definición de las categorías de información genómica y biotecnológica:

Códigos de barra genéticos (CB): Especie de planta que presenta al menos una secuencia utilizada como código de barras de ADN, disponible en las bases de datos consultadas.

Secuencias proteicas (SP): Planta que presenta al menos una secuencia proteica disponible en las bases de datos consultadas.

Otras secuencias nucleotídicas (OS): Especie de planta que presenta al menos una secuencia de ADN, la cual no es utilizada como código de barras de ADN, disponible en las bases de datos consultadas.

Genoma secuenciado (GS): Especie de planta que presenta al menos un genoma secuenciado, disponible en las bases de datos consultadas.

Marcaje molecular (MM): Especie de planta incluida en al menos una publicación científica de caracterización genética que implique el uso de al menos una tecnología de marcaje molecular del tipo AFLP, isoenzima, Microsatélite, RAPD, RFLP, SCoT o SNP, disponible con la metodología de búsqueda utilizada.

Establecimiento *in vitro* (EI): Especie de planta incluida en al menos una publicación científica que revele su establecimiento *in vitro* exitoso, disponible con la metodología de búsqueda utilizada.

Regeneración *in vitro*: Especie de planta incluida en al menos una publicación científica que revele su regeneración *in vitro* exitosa a partir de cualquier técnica, disponible con la metodología de búsqueda utilizada.

Para la categoría de códigos de barra genéticos (CB), se tomaron en cuenta las siguientes secuencias, utilizadas en trabajos previos que aplican códigos de barra de ADN en plantas: trnL, trnL-F, 18S-rRNA, 5S-rRNA, atpB-rbcL, atpF-atpH, atpF-H, atpH-atpI, ITS, ITS2, matK, nad1, ndhJ, petA-psbJ, psbA-trnH, rbcL, rpl32-trnL, rpoB, rpoC1, rps16, rps18-clpp, trnH-psbA, trnL-ndhJ, trnL-trnF, trnS-G, trnS-trnfM y trnT-F (Al-Qurainy *et al.*, 2011), (Al-Qurainy *et al.*, 2014), (Budd-

hachat *et al.*, 2015), (CBOL Plant Working Group, 2009), (Chen *et al.*, 2010), (Deng *et al.*, 2015), (He *et al.*, 2014), (Madesis *et al.*, 2012), (Mao *et al.*, 2014), (Mishra *et al.*, 2016), (Quan y Zhou, 2011), (Ran *et al.*, 2010), (Suesatpanit *et al.*, 2017), (Sun *et al.*, 2011), (Umdale *et al.*, 2017), (Zhang *et al.*, 2015), (Zhu *et al.*, 2015). Al encontrar registros de secuencias nucleotídicas diferentes a las mencionadas, se registraron en la categoría de otras secuencias (OS).

Para cumplir con la categoría de Estudios de marcaje molecular (MM), debía encontrarse al menos una investigación pública que aplique una tecnología de marcaje molecular. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda fueron: “molecular marker”, “AFLP”, “SSR”, “microsatellite”, “RAPD”, “RFLP”, “isoenzymes”, “SNP”, y “SCoT”, junto al nombre científico de la planta.

La categoría de establecimiento *in vitro* (EI) se completó buscando “*in vitro* establishment” o “aseptic establishment” más el nombre científico de cada planta amenazada o en peligro. De manera similar, para la categoría de protocolo de regeneración *in vitro* (RI) se buscaron las palabras clave “*in vitro* callus”, “*in vitro* regeneration”, “*in vitro* organogénesis”, “*in vitro* rhizogénesis” e “*in vitro* caulogénesis” más el nombre científico de cada planta. En ambas, se debía encontrar al menos un registro o investigación para cumplir con la categoría.

Los resultados fueron recopilados en una matriz binomial, registrando como presencia (1) el registro de al menos una secuencia, genoma o estudio publicado para cada una de las categorías, y, ausencia (0), al no existir ningún registro para la especie en dichas

bases de datos. Finalmente, se cuantificó la cantidad de especies por categoría y se realizó el análisis de datos en el programa PAST (*Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*) (Hammer *et al.*, 2001), aplicando un Análisis de Agrupamiento Multivariado por el Método de Medias no ponderadas (UPGMA, por sus siglas en inglés) (Sokal y Michener, 1958), en base al índice de similitud de Jaccard (Jaccard, 1908). Los resultados del agrupamiento se representaron en dendrogramas.

3. Resultados

Se buscó la información de 317 especies de plantas amenazadas y en peligro de extinción

de El Salvador, listado obtenido luego de la revisión de nombres científicos y eliminación de variedades y subespecies. Todas las plantas se agruparon en diferentes grupos o clústers de similitud variable en cuanto a su información genómica y biotecnológica disponible (Figura 1). De estas, 308 especies (97.16 %) forman 16 grupos, 15 comparten idénticas categorías genómicas y biotecnológicas, presentando una similitud de 1.0 (Códigos G2 a G16), mientras que un clúster (Grupo con código G1) lo conforman especies que no cumplen con ninguna categoría, o sea, que no existe información genómica o biotecnológica sobre ellas (Tabla 2).

Tabla 2: Grupos de plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador con idénticas categorías genómicas y biotecnológicas

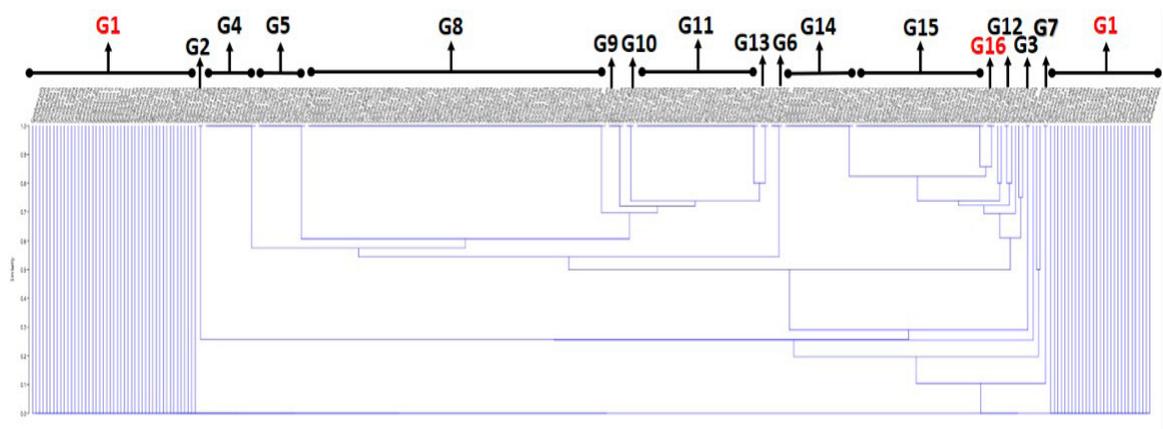
Código del grupo	Categorías por clúster	Cantidad de especies	Porcentaje
G1	NINGUNA	76	23.97
G2	OS	2	0.63
G3	CB	2	0.63
G4	CB+SP	15	4.73
G5	CB+OS	14	4.42
G6	SP+OS	4	1.26
G7	EI+RI	2	0.63
G8	CB+SP+OS	85	26.81
G9	CB+OS+MM	5	1.58
G10	CB+SP+MM	3	0.95
G11	CB+SP+OS+MM	35	11.04
G12	CB+OS+EI+RI	2	0.63
G13	CB+SP+OS+MM+EI	3	0.95
G14	CB+SP+OS+EI+RI	20	6.31
G15	CB+SP+OS+MM+EI+RI	37	11.67
G16	TODAS	3	0.95

La categoría cumplida por la mayoría de especies fue la de CB, con un total de 230 (72.56%), mientras que la que presentó menor cantidad fue la de GS, con apenas tres espe-

cies, representando menos del 1 % de todo el listado de plantas amenazadas o en peligro (0.95 %) (Figura 2). El nivel de información genómica y biotecnológica disponible más común entre las especies fue el tres (i.e. Existe información para tres de las siete ca-

tegorías de información establecidas), con 94 especies (30 %), seguido por el nivel cero, con 76 individuos, correspondientes a un 23.97 %. El nivel con menor cantidad de especies fue el siete con apenas 3, correspondientes a 0.95 % (Figura 3).

Figura 1: Agrupamiento UPGMA de 317 especies de plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador



Nota. Agrupamiento UPGMA de 317 especies de plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador, basado en el índice de similitud Jaccard para las categorías genómicas y biotecnológicas. Se muestran en rojo los grupos G1 que no cumplen con ninguna categoría y G16, que cumple con todas.

Figura 2: Porcentaje de especies de plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador por categorías genómicas y biotecnológicas

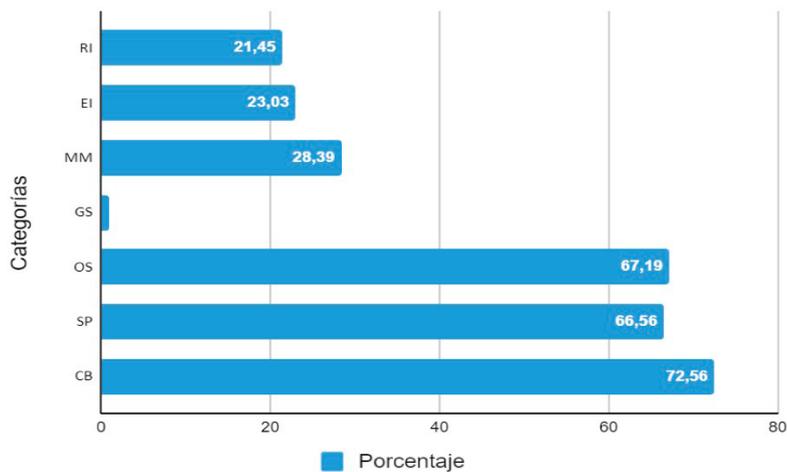
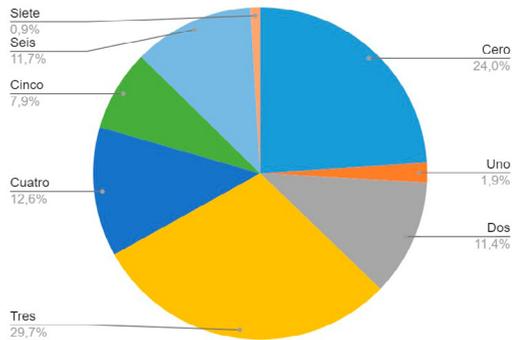


Figura 3: Porcentaje de especies de plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador por nivel de información genómica y biotecnológica.



Respecto a las agrupaciones por categoría de amenaza, para las 155 especies de plantas en peligro de extinción, se forman grupos de similitud variable en cuanto a su información genómica y biotecnológica disponible (Figura 4). Los nueve clústeres de especies con idénticas categorías genómicas y biotecnológicas presentan una similaridad de 1.0, más uno que no cumple con ninguna categoría (Tabla 3). Estos 10 clústeres abarcan 150 especies, correspondientes al 95.54 % de plantas en peligro de extinción.

3.1. Plantas en peligro de extinción

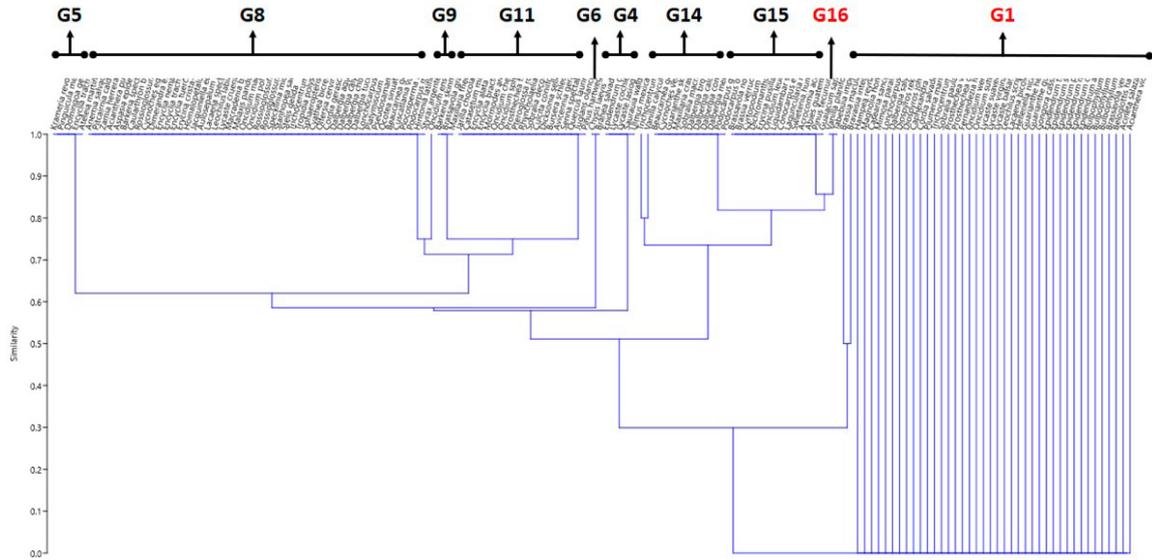
Tabla 3: Grupos de plantas en peligro de extinción de El Salvador con idénticas categorías genómicas y biotecnológicas

Código	Categorías	Cantidad de especies	Porcentaje
G1	NINGUNA	40	25.8
G4	CB+SP	5	3.22
G5	CB+OS	5	3.22
G6	SP+OS	2	1.29
G8	CB+SP+OS	49	31.61
G9	CB+OS+MM	3	1.93
G11	CB+SP+OS+MM	19	12.25
G14	CB+SP+OS+EI+RI	11	7.09
G15	CB+SP+OS+MM+EI+RI	14	9.03
G16	TODAS	2	1.29

Los códigos de barra (categoría CB) fueron la información más abundante encontrada para la mayoría de plantas en peligro de extinción, con 113 especies correspondientes al 72.90 %. En cambio, la que presentó menor cantidad fue la de GS, con apenas dos especies (1.29 %), que son *Vanilla planifolia* y *Tabebuia impetiginosa* (Figura 5). El nivel de información genómica

y biotecnológica disponible más común fue el de tres categorías, con 52 especies (33.55 %), seguido por 40 especies (25.81 %) que no poseen ninguna información (categoría cero) (Figura 6). Solo una especie en peligro de extinción, *Bravaisia integerrima*, tiene una categoría, CB. Este fue el nivel con la menor cantidad de especies.

Figura 4: Agrupamiento UPGMA de 155 especies de plantas en peligro de extinción de El Salvador



Nota. Agrupamiento UPGMA de 155 especies de plantas en peligro de extinción de El Salvador, basado en el índice de similaridad Jaccard para las categorías genómicas y biotecnológicas. Se muestran en rojo los grupos G1 que no cumplen con ninguna categoría y G16, que cumple con todas.

Figura 5: Porcentaje de especies de plantas en peligro de extinción de El Salvador por categorías genómicas y biotecnológicas

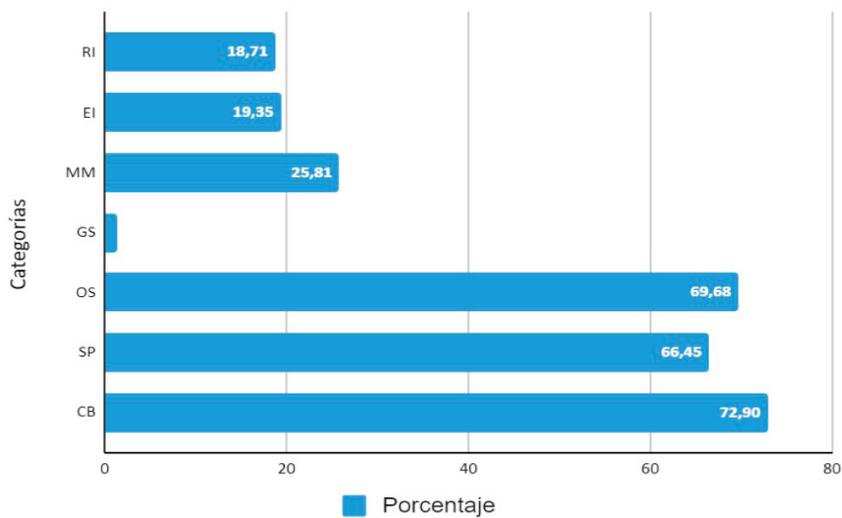
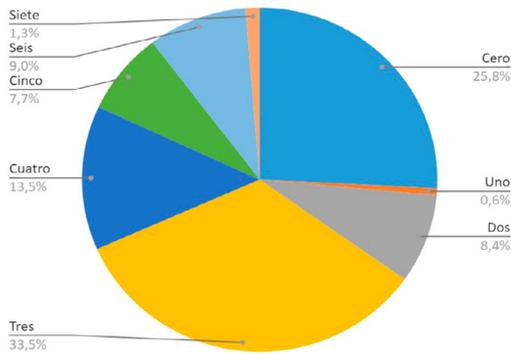


Figura 6: Porcentaje de especies de plantas en peligro de extinción de El Salvador por nivel de información genómica y biotecnológica



3.2. Plantas amenazadas

Las 162 especies de plantas amenazadas se aglomeran en grupos de similitud variable, según su información genómica y biotecnológica (Figura 7). Se formaron 12 clústeres que presentan una similitud de 1.0 y uno que no cumple con ninguna categoría (Tabla 4). Estos clústeres abarcan 153 especies, correspondientes al 94.44 % del total de plantas amenazadas.

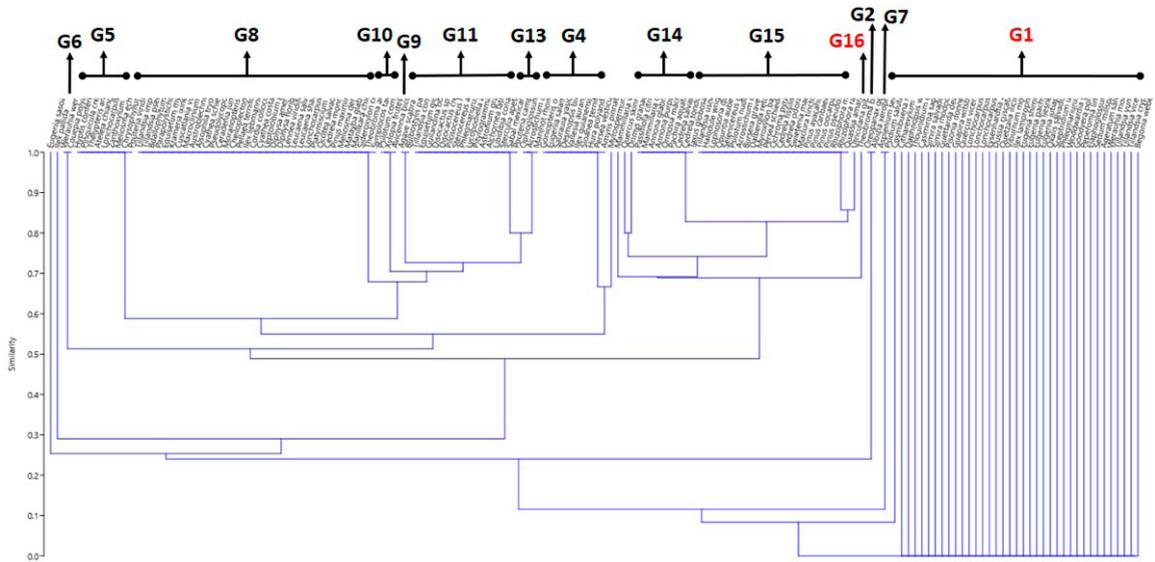
Tabla 4: Grupos de plantas amenazadas de El Salvador con idénticas categorías genómicas y biotecnológicas

Código	Categorías	Cantidad de especies	Porcentaje
G1	NINGUNA	36	22.22
G2	OS	2	1.23
G4	CB+SP	10	6.17
G5	CB+OS	9	5.56
G6	SP+OS	2	1.23
G7	EI+RI	2	1.23
G8	CB+SP+OS	36	22.22
G9	CB+OS+MM	2	1.23
G10	CB+SP+MM	3	1.85
G11	CB+SP+OS+MM	16	9.88
G13	CB+SP+OS+MM+EI	3	1.85
G14	CB+SP+OS+EI+RI	9	5.56
G15	CB+SP+OS+MM+EI+RI	23	14.20

La categoría cumplida por la mayoría de especies de plantas amenazadas fue la de CB, con 117 especies (72.22 %); en contraste, la que presentó menor cantidad fue la de GS, con apenas una especie, *Utricularia gibba* (Figura 8). El nivel de información genómica y biotecnológica disponible más común entre las especies nuevamente fue el

tres, con 42 especies (25.93 %), seguido por el nivel cero con 36 especies, correspondientes a un 22.22 % (Figura 9). *U. gibba* es la única especie que cumple las siete categorías de información, siendo la categoría siete la que tiene menos representantes de especies amenazadas.

Figura 7: Agrupamiento UPGMA de 162 especies de plantas amenazadas de El Salvador



Nota. Agrupamiento UPGMA de 162 especies de plantas amenazadas de El Salvador, basado en el índice de similitud Jaccard para las categorías genómicas y biotecnológicas. Se muestran en rojo el grupo G1 que no cumplen con ninguna categoría y la única especie que presentó todas las categorías, G16 (*Utricularia gibba*).

Figura 8: Porcentaje de especies de plantas amenazadas de El Salvador por categorías genómicas y biotecnológicas

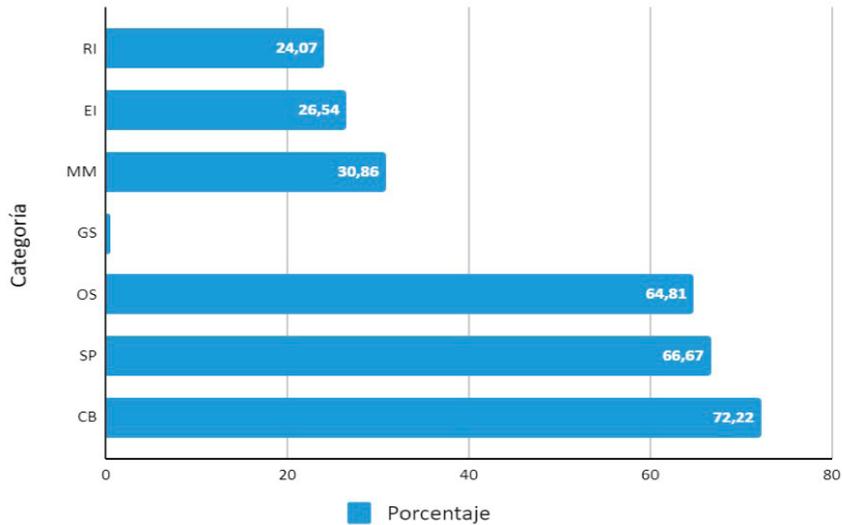
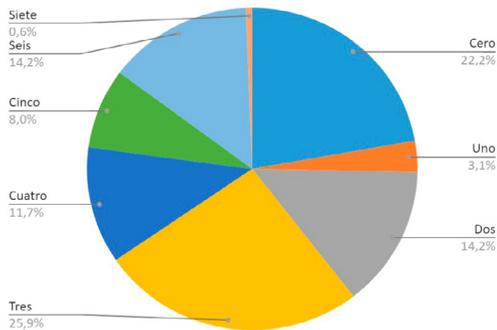


Figura 9: Porcentaje de especies de plantas amenazadas de El Salvador por nivel de información genómica y biotecnológica



4. Discusión

La presente investigación es la primera en recopilar sistemáticamente datos biotecnológicamente relevantes, correspondientes a secuencias de moléculas informativas, estudios de biodiversidad que apliquen sistemas de marcaje molecular, mecanismos de establecimiento y regeneración *in vitro*, referido a las especies de planta amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador. Todo ello, se realizó con el fin de estimar el nivel de información biotecnológica disponible, y establecer prioridades de investigación que refuercen programas de uso, conservación, manejo técnico y mejoramiento genético de dichas especies. Los resultados reflejan un bajo nivel de información biotecnológicamente relevante, disponible en todas las categorías, para plantas amenazadas y en peligro de extinción.

Los códigos de barras genéticos son la información más variada disponible para todas las especies incluidas en este estudio, reflejando la popularidad de su uso para estudios taxonómicos (Kordrostami y Rahimi, 2015). Esto es una ventaja, ya que se pueden comenzar a implementar los códigos de barras existentes en evaluaciones rápidas de la biodiversidad y ecología o dinámicas de distribución (Fišer-Pečnikar y Buzan, 2014) en estudios y estrategias de conservación para las plantas protegidas en el país.

Los genomas completos son la información menos abundante. Apenas tres especies amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador cuentan con genoma secuenciado, y con todas las categorías genómicas y biotecnológicas utilizadas en el presente estudio. Ello incluye apenas el 0.95 % del total de plantas protegidas. Lo anterior es similar a lo descrito por Noreña *et al.* (2018) quienes, al buscar información de secuencias genómicas con relevancia biotecnológica, como los códigos de barra de ADN y genomas secuenciados de especies en Colombia, descubrieron que menos del 5 % de especies a nivel nacional cuenta con registros de secuencias en las principales bases de datos bioinformáticas. Cabe destacar que las búsquedas realizadas en dicha investigación, incluyeron también especies no pertenecientes al reino vegetal, como hongos, protozoarios, animales y bacterias.

La poca información disponible de datos genéticos y de procedimientos precursores de micropropagación vegetal disponibles podría reflejar un bajo interés de las instituciones al desarrollo de investigaciones biotecnológicas para estos recursos fitogené-

ticos de las plantas amenazadas y en peligro. Esto dificulta el establecimiento de proyectos de uso, conservación, manejo técnico y mejoramiento genético en ellas. Esta característica de bajo nivel de registros públicos de secuencias genéticas concuerda con el bajo nivel de información de biodiversidad a nivel de secuencias generalizado en países latinoamericanos encontrado en las principales bases de datos bioinformáticas (Noreña *et al.*, 2018).

De momento, los principales esfuerzos de investigación biotecnológica a nivel nacional, se enfocan en optimizar procedimientos de multiplicación *in vitro* y realizar mejoramiento genético de especies comercialmente relevantes. La estrategia nacional de biodiversidad vigente (MARN, 2013) y los programas de manejo técnico por cultivo a nivel nacional, incluso para plantas previamente catalogadas como amenazadas (CENTA y Cruz, 2003), no consideran los datos genéticos de relevancia biotecnológica disponibles para las plantas amenazadas y en peligro de extinción.

5. Conclusiones

- La cantidad de información disponible, con relevancia biotecnológica sobre las plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador en todas las categorías exploradas en el presente estudio es baja.
- Se desconoce información con relevancia biotecnológica en todas las categorías exploradas en el presente estudio para el 23.97% de plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador.
- La categoría de información genómica y biotecnológica más común disponible

para las plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador, corresponde a la presencia de código de barras de ADN.

- El conjunto de categorías de información genómica y biotecnológica más común disponible para las plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador, corresponde a las de códigos de barra de ADN (CB), Secuencias proteicas (SP) y otras secuencias nucleotídicas (OS).

6. Referencias

- AL-QURAINY, F., KHAN, S., NADEEM, M., TARROUM, M. and AL-AMERI, A. 2014. Selection of DNA barcoding loci and phylogenetic study of a medicinal and endemic plant, *Plectranthus asirensis* J.R.I. Wood from Saudi Arabia. En: *Genetics and Molecular Research*. [En línea]. **13**(3), pp. 6184–6190. [Consultado el: 15 de junio de 2022]. Disponible en: DOI 10.4238/2014.august.7.31.
- AL-QURAINY, F., KHAN, S., TARROUM, M., AL-HEMAID, F.M. and ALI, M.A. 2011. Molecular authentication of the medicinal herb *Ruta graveolens* (Rutaceae) and an adulterant using nuclear and chloroplast DNA markers. En: *Genetics and Molecular Research*. [En línea]. **10**(4), pp. 2806–2816. Consultado el: 15 de junio de 2022]. Disponible en: DOI 10.4238/2011.november.10.3.
- BENSON, Dennis A., CAVANAUGH, Mark, CLARK, Karen, KARSCH-MIZRACHI, Ilene, LIPMAN, David J., OSTELL, James y SAYERS, Eric W. 2012. GenBank. En: *Nucleic Acids Research*. [En línea]. **41**(D1), D36–D42. [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: DOI 10.1093/nar/gks1195.
- BREED, Martin F., HARRISON, Peter A., BLYTH, Colette, BYRNE, Margaret, GAGET, Virginie, GELLIE, Nicholas J., GROOM, Scott V., HODGSON, Riley, MILLS, Jacob G., PROWSE, Thomas A., STEANE, Dorothy A., y MOHR, Jakki J. 2019. The potential of genomics for restoring ecosystems and Biodiversity. En: *Nature Reviews Genetics*. [En línea]. **20**(10), pp. 615–628. [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: DOI 10.1038/s41576-019-0152-0.

BENSON, E. E. 1999. An introduction to plant conservation biotechnology. En: *Plant Conservation Biotechnology*. [En línea] pp. 29–36 CRC Press [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: DOI 10.1201/9781482273038-8.

BUDDHACHAT, Kittisak; OSA-THANUNKUL, Maslin; MADESIS, Panagiotis; CHOMDEJ, Siriwadee y ONGCHAI, Siriwan. 2015. Authenticity analyses of *Phyllanthus amarus* using barcoding coupled with HRM analysis to control its quality for medicinal plant product. En: *Gene*. [En línea]. **573**(1), pp. 84–90. [Consultado: julio de 2023]. ISSN: 1879-0038 (Electronic) Disponible en: DOI 10.1016/j.gene.2015.07.046.

CBOL Plant Working Group, HOLLINGSWORTH, Peter M., FORREST, Laura L., SPOUGE, John L., HAJIBABAEI, Mehrdad, RATNASINGHAM, Sujeevan, VAN DER BANK, Michelle, CHASE, Mark W., COWAN, Robyn S., ERICKSON, David L., FAZEKAS, Aron J., GRAHAM, Sean W., JAMES, Karen E., KIM, Ki-Joong, KRESS, W. John, SCHNEIDER, Harald, VAN ALPHENSTAHL, Jonathan, BARRETT, Spencer C.H., VAN DEN BERG, Cassio, BOGARIN, Diego, BURGESS, Kevin S., CAMERON, Kenneth M., CARINE, Mark, CHACÓN, Juliana, CLARK, Alexandra, CLARKSON, James J., CONRAD, Ferozah, DEVEY, Dion S., FORD, Caroline S., HEDDERSON, Terry A.J., HOLLINGSWORTH, Michelle L., HUSBAND, Brian C., KELLY, Laura J., KESANAKURTI, Prasad R., KIM, Jung Sung, KIM, Young-Dong, LAHAYE, Renaud, LEE, Hae-Lim, LONG, David G., MADRIÑÁN, Santiago, MAURIN, Olivier, MEUSNIER, Isabelle, NEWMAS-TER, Steven G., PARK, Chong-Wook, PERCY, Diana M., PETERSEN, Gitte, RICHARDSON, James E., SALAZAR, Gerardo A., SAVOLAINEN, Vincent, SEBERG, Ole, WILKINSON, Michael J., YI, Dong-Keun y LITTLE, Damon P. 2009. A DNA barcode for Land Plants. En: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. [En línea]. **106**(31), pp. 12794–12797 [Consultado: julio de 2023]. ISSN: 1091-6490 (Electronic). Disponible en: DOI 10.1073/pnas.0905845106.

CRUZ PINEDA, Eduardo. 2003. *Cultivo de la anona: Guía Técnica* [En línea] El Salvador: Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA) [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: <https://www.centa.gob.sv/download/guia-tecnica-cultivo-de-anona/>

CHEN, Shilin; YAO, Hui; HAN, Jianping; LIU, Chang; SONG, Jingyuan; SHI, Linchun; ZHU, Yingjie; MA, Xinye; GAO, Ting; PANG, Xiaohui; LUO, Kun; LI, Ying; LI, Xiwen; JIA, Xiaocheng; LIN, Yulin and LEON, Christine. 2010. Validation of the ITS2 region as a novel DNA barcode for identifying medicinal plant species. En: *PLoS ONE*. [En línea]. **5**(1) [Consultado: julio de 2023]. eISSN: 1932-6203. Disponible en: DOI 10.1371/journal.pone.0008613.

CONGER, BOB V. 2017. *Cloning agricultural plants via in vitro techniques*. CRC Press. eBook ISBN9781351070706

FENG, Shangguo; JIANG, Mengying; SHI, Yujun; JIAO, Kaili; SHEN, Chenjia; LU, Jiangjie; YING, Qicai y WANG, Huizhong. 2016. Application of the ribosomal DNA its2 region of *Physalis* (Solanaceae): DNA barcoding and phylogenetic study. En: *Frontiers in Plant Science*. [En línea]. **7**(1047), pp. 1-11. [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: DOI 10.3389/fpls.2016.01047.

DENG, Jiabin; LIU, Jia; AHMAD, Khawaja Shafique; DING, Chunbang; ZHANG, Li; ZHOU, Yonghong y YANG, Ruiwu. 2015. Relationships evaluation on six herbal species (*Curcuma*) by DNA barcoding. En: *Pakistan Journal of Botany*. [En línea]. **47**(3), pp. 1103–1109. [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282265611_Relationships_evaluation_on_six_herbal_species_Curcuma_by_dna_barcoding

FIŠER PEČNIKAR, Živa y BUZAN, Elena V. 2013. 20 years since the introduction of DNA barcoding: From theory to application. En: *Journal of Applied Genetics*. [En línea]. **55**(1), pp. 43–52 [Consultado: julio de 2023]. ISSN: 2190-3883 (Electronic). Disponible en: DOI 10.1007/s13353-013-0180-y.

GUPTA, Varsha; SENGUPTA, Manjistha; PRAKASH, Jaya y TRIPATHY, Baishnab Charan. 2016. An introduction to biotechnology. En: *Basic and Applied Aspects of Biotechnology*. [En línea]. pp. 1–21. [Consultado: julio de 2023]. eISSN: 978-981-10-0875-7. Disponible en: DOI 10.1007/978-981-10-0875-7_1.

HAMMER, Ø., HARPER, D. and PAUL, D. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. En: *Palaentologia Electronica*. [En línea]. **4**(1), pp. 1-9 [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: http://paleo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

HE, Yang; WAN, Feng; XIONG, Liang; LI, Dong-Mei y PENG, Cheng. 2014. Identification of two chemotypes of *Pogostemon Cablin* (Blanco) Benth. through DNA barcodes. En: *Zeitschrift für Naturforschung C*. [En línea]. **69**(5-6), pp. 253-258. [Consultado: julio de 2023]. eISSN: 1865-7125. Disponible en: DOI 10.5560/znc.2013-0180.

HEBERT, Paul D., CYWINSKA, Alina, BALL, Shelley L. y DEWAARD, Jeremy R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. En: *Proceedings of the Royal Society of London*. [En línea]. **270**(1512), pp. 313-321 [Consultado: julio de 2023]. eISSN: 1471-2954. Disponible en: DOI 10.1098/rspb.2002.2218.

HOCQUETTE, J. F. 2005. Where are we in genomics? En: *Journal of Physiology and Pharmacology*. **56**(3), pp. 37-70. ISSN: 0867-5910.

JACCARD, P. 1908. Nouvelles Recherches Sur La Distribution Florale. *Bulletin de la Société Vaudoise Des Sciences Naturelles* [En Línea]. **44**, pp. 223-270. [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=bsv-002:1908:44:485#248>

JAMES, C. 2004. *Global status of commercialized biotech/GM crops: 2004. ISAAA briefs*. [En Línea] (32), ISAAA: Ithaca, NY. [Consultado: julio de 2023]. ISBN: 1-892456-36-2. Disponible en: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/32/download/isaaa-brief-32-2004.pdf>

KORDROSTAMI, M. y RAHIMI, M. 15 de septiembre 2015. Molecular Markers in Plants: Concepts and Applications. En: *Genetics in the Third Millennium*. [En Línea]. **13**, pp. 4024-4031. [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282954774_Molecular_markers_in_plants_Concepts_and_applications

MADESIS, P., GANOPOULOS, I., RALLI, P. y TSAFTARIS, A. 2012. Barcoding the major Mediterranean leguminous crops by combining universal chloroplast and nuclear DNA sequence targets. En: *Genetics and Molecular Research*. [En línea]. **11**(3), pp. 2548-2558. [Consultado: julio de 2023]. ISSN: e1676-5680. Disponible en: DOI 10.4238/2012.july.10.10.

MAO, Yun-Rui; ZHANG, Yong-Hua; NAKAMURA, Koh; GUAN, Bi-Cai y QIU, Ying-Xiong. 2014. Developing DNA barcodes for species identification in Podophylloideae (Berberidaceae). En: *Journal of Systematics and Evolution*. 2014. [En línea].

52(4), pp. 487-499. [Consultado: julio de 2023]. eISSN:1759-6831. Disponible en: DOI 10.1111/jse.12076.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN). 2003. *Estrategia Nacional de Biodiversidad*. [En línea] [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: <http://rcc.marn.gob.sv/handle/123456789/47>

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN). 2015. *Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas o en Peligro de Extinción*. [En línea] [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: <https://cidoc.ambiente.gob.sv/documentos/listado-oficial-de-especies-de-vida-silvestre-amenazadas-o-en-peligro-de-extincion/> MISHRA, Priyanka; KUMAR, Amit; NAGIREDDY, Akshitha; MANI, Daya N; SHUKLA, Ashutosh K; TIWARI, Rakesh y SUNDARESAN, Velusamy. 2015. DNA barcoding: An efficient tool to overcome authentication challenges in the herbal market. En: *Plant Biotechnology Journal*. [En línea]. **14**(1), pp. 8-21 [Consultado: julio de 2023]. ISSN:1467-7652. Disponible en: DOI 10.1111/pbi.12419.

MYERS, Norman., MITTERMEIER, Russell A., MITTERMEIER, Cristina G., DA FONSECA, Gustavo A., y KENT, Jennifer. 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. En: *Nature* [En línea]. **403**(6772), pp. 853-858. [Consultado: julio de 2023]. ISSN 1476-4687. Disponible en: DOI 10.1038/35002501.

NOREÑA – P, Alejandra, GONZÁLEZ MUÑOZ, Andrea, MOSQUERA-RENDÓN, Jeanneth, BOTERO, Kelly y CRISTANCHO, Marco A. 2018. Colombia, an unknown genetic diversity in the era of Big Data. En: *BMC Genomics*. [En línea]. **19**(S8). P. 859. [Consultado: julio de 2023]. ISSN: 1471-2164. Disponible en: DOI 10.1186/s12864-018-5194-8. QUAN, Xu and ZHOU, Shi-Liang. Molecular identification of species in *Prunus* sect. *Pérsica* (rosaceae), with emphasis on evaluation of candidate barcodes for plants. *Journal of Systematics and Evolution*. 2011. [En línea]. **49**(2), pp. 138-145. [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: DOI 10.1111/j.1759-6831.2010.00112.x.

RAN, Jin-Hua, WANG, Pei-Pei, ZHAO, Hui-Juan y WANG, Xiao-Quan. 2010. A test of seven candidate barcode regions from the plastome in *Picea* (Pinaceae). En: *Journal of Integrative Plant Biology*. [En línea]. **52**(12), pp. 1109-1126. [Consultado: ju-

lio de 2023]. Online ISSN:1744-7909. Disponible en: DOI 10.1111/j.1744-7909.2010.00995.x.

RATNASINGHAM, Sujeevan y HEBERT, Paul D. 2007. Bold: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>). En: *Molecular Ecology Notes* [En línea]. 7(3), pp. 355–364. [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: DOI 10.1111/j.1471-8286.2007.01678.x.

SEEJA, G., y SREEKUMAR, S. 2020. A review on cybrids: An Approach for Plant Improvement. En: *Crop Research*. [En línea] 55(1 & 2), pp. 48-56 [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: DOI 10.31830/2454-1761.2020.011.

SINGH, J. S. 25 de marzo 2002. The biodiversity crisis: A multifaceted review. En: *Current Science*. [En línea] 82(6), pp. 638–647. [Consultado: julio de 2023]. ISSN 00113891. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/24106689>

SOKAL, R., y MICHENER, D. A 1958. Statistical Method for Evaluating Systematic Relationships. En: *The University of Kansas Science Bulletin*. [En línea] 28(22), pp. 1409–1438. [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: https://ia800703.us.archive.org/5/items/cbarchive_33927_astatisticalmethodforevaluatin1902/astatisticalmethodforevaluatin1902.pdf

SUESATPANIT, Tanakorn, OSA-THANUNKUL, Kitisak, MADESIS, Panagiotis y OSATHANUNKUL, Maslin. 2017. Should DNA sequence be incorporated with other taxonomical data for routine identifying of plant species? En: *BMC Complementary and Alternative Medicine*. [En línea]. 17(437) [Consultado: julio de 2023]. ISSN: 2662-7671 Disponible en: DOI 10.1186/s12906-017-1937-3.

SUN, Zhiying, GAO, Ting, YAO, Hui, SHI, Linchun, ZHU, Yingjie and CHEN, Shilin. 2010. Identification of *Lonicera japonica* and its related species using the DNA barcoding method. En: *Planta Medica*. [En línea]. 77(03), pp. 301–306. [Consultado: julio de 2023]. Disponible en: DOI 10.1055/s-0030-1250324.

GBIF. The Global Biodiversity Information Facility (GBIF). [Herramienta en línea] [Consultado: julio del 2023]. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/>

UMDALE, GAIKWAD, NikhilB, SurajD, KSHIRSAGAR, ParthrajR and LEKHAK, ManojM.

2017. Molecular authentication of the traditional medicinal plant “Lakshman Booti” (*Smithia Conferta* SM.) and its adulterants through DNA barcoding. En: *Pharmacognosy Magazine*. [En línea]. 13(suppl 2), pp. S224–S229 [Consultado el: 24 de julio del 2023]. Disponible en: DOI 10.4103/pm.pm_499_16.

UN ENVIRONMENT. 2019. *Terminal Evaluation of Project: “Contributing to the Safe Use of Biotechnology in El Salvador*. [En línea]. Evaluation Office of UN Environment [Consultado el: 24 de julio del 2023]. Disponible en: <https://www.gefeco.org/sites/default/files/documents/projects/tes/3332-terminal-evaluation.pdf>

USDA. 27 de noviembre del 2022. El Salvador: Agricultural Biotechnology Annual – El Salvador. [En línea] Attaché Report (GAIN) [Consultado el: 24 de julio del 2023]. Disponible en: <https://fas.usda.gov/data/el-salvador-agricultural-biotechnology-annual-7>

WIECZOREK, A. 2003. Use of biotechnology in agriculture— Benefits and risks. En: *Biotechnology* [En línea], BIO3, pp. 1-3 [En línea] [Consultado: 15 de junio del 2023]. Disponible en: <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/bio-3.pdf>

WILLIS, K.J. 2017. *State of the World's Plants Report*. London (UK): Royal Botanic Gardens, Kew.

YATES, Andrew D, ALLEN, James, AMODE, Ridwan M, AZOV, Andrey G, BARBA, Matthieu, BECERRA, Andrés, BHAI, Jyothish, CAMPBELL, Lahcen I, CARBAJO MARTINEZ, Manuel, CHAKIACHVILI, Marc, CHOUGULE, Kapeel, CHRISTENSEN, Mikkel, CONTRERAS-MOREIRA, Bruno, CUZICK, Alayne, DA RIN FIORETTO, Luca, DAVIS, Paul, DE SILVA, Nishadi H, DIAMANTAKIS, Stavros, DYER, Sarah, ELSER, Justin, FILIPPI, Carla V, GALL, Astrid, GRIGORIADIS, Dionysios, GUIJARRO-CLARKE, Cristina, GUPTA, Parul, HAMMOND-KOSACK, Kim E, HOWE, Kevin L, JAISWAL, Pankaj, KAIKALA, Vinay, KUMAR, Vivek, KUMARI, Sunita, LANGRIDGE, Nick, LE, Tuan, LUYPAERT, Manuel, MASLEN, Gareth L, MAUREL, Thomas, MOORE, Benjamin, MUFFATO, Matthieu, MUSHTAQ, Aleena, NAAMATI, Guy, NAITHANI, Sushma, OLSON, Andrew, PARKER, Anne, PAULINI, Michael, PEDRO, Helder, PERRY, Emily, PREECE, Justin, QUINTON-TULLOCH, Mark, RODGERS, Faye, ROSELLO, Marc, ROUFFIER, Magali, SEAGER, James, SITNIK, Vasily, SZPAK, Michal,

TATE, John, TELLO-RUIZ, Marcela K, TREVA-NION, Stephen J, URBAN, Martin, WARE, Doreen, WEI, Sharon, WILLIAMS, Gary, WINTER-BOTTOM, Andrea, ZAROWIECKI, Magdalena, FINN, Robert D and FLICEK, Paul. 2021. Ensembl genomes 2022: An expanding genome resource for non-vertebrates. En: *Nucleic Acids Research*. [En línea]. **50**(D1) [Consultado el: 15 de junio de 2022]. Disponible en: DOI 10.1093/nar/gkab1007.

ZHANG, Wei, YUAN, Yuan, YANG, Shuo, HUANG, Jianjun and HUANG, Luqi. 2015.

ITS2 secondary structure improves discrimination between medicinal “mu tong” species when using DNA barcoding. En: *PLOS ONE*. [En línea]. **10**(7), e0131185 [Consultado: 15 de junio del 2023]. Disponible en: DOI 10.1371/journal.pone.0131185

ZHU, Xunzhi, ZHANG, Yuxi, LIU, Xia, HOU, Dianyuan and GAO, Ting. 2015. Authentication of commercial processed glehniae radix (beishashen) by DNA barcodes. En: *Chinese Medicine*. [En línea]. **10**(1) [Consultado: 15 de junio del 2023]. Disponible en: DOI 10.1186/s13020-015-0071-8.

ACCESO A LAS INVESTIGACIONES CON CÓDIGO QR

1- Uso de dos moléculas de madurantes no herbicidas aplicadas mediante drones versus la maduración natural en cultivos de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) durante Zafra 2021/2022 de Ingenio La Cabaña S.A. de C.V.:



2- Elaboración de snacks nutritivos deshidratados a base de hortalizas (camote, yuca, papa, remolacha común, zanahoria) y su análisis sensorial y bromatológico:



3- Análisis de los potenciales impactos asociados a la introducción de cultivos genéticamente modificados en El Salvador:



4- Procesos administrativos incluyendo la categorización de la Evaluación Ambiental Estratégica en El Salvador, Chile, Argentina, Perú, Colombia y España:



5- Aprovechamiento de los subproductos del camarón (*Litopenaeus vannamei*) para el desarrollo de un sazonador de mariscos:



6- Extracción y cuantificación de betalainas en cuatro variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp.) para colorante alimentario:



7- Biotecnología y Genómica de plantas amenazadas y en peligro de extinción de El Salvador:



Plataforma OJS de la UJMD

<https://investigacion.ujmd.edu.sv/index.php/investigacionesujmd/>



UNIVERSIDAD DR. JOSÉ MATÍAS DELGADO

Facultad de Agricultura e Investigación
Agrícola "Julia Hill de O'Sullivan"



IZOTE JOURNAL

<https://investigacion.ujmd.edu.sv/index.php/investigacionesujmd/>