



Perfiles

Perf: Número 25
Vol. 1 - 2021
ISSN: 2477-9105
Enero - Junio 2021



Física Química



Matemática



Ciencias Biológicos



Ciencias de la Salud



Energías Alternativas



Autoridades de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Ing. Byron Ernesto Vaca Barahona Ph.D.
Rector

Dra. Gloria Elizabeth Miño Cascante Ph.D.
Vicerrectora Académico

Ing. Luis Rafael Fiallos Ortega Ph.D.
Vicerrector de Investigación y Posgrado

Dra. Rosa Del Carmen Saeteros Hernández Ph.D.
Vicerrectora Administrativo

Ing. Hugo Moreno A., Ph.D.
Director Instituto de Investigaciones

Revista Internacional Arbitrada

Distribución libre

CORRESPONDENCIAS Y SUSCRIPCIONES

Revista Perfiles
Panamericana Sur, km 1½
Riobamba, Ecuador
Telef.: (593) (03) 2998200 ext. 161
e-mail: revistaperfiles@epoch.edu.ec

PERFILES (ISSN 2477-9105) es una revista científica semestral publicada por la
Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
ESPOCH
Riobamba – Ecuador
Año XXI
Número 25

CUERPO EDITORIAL

EDITOR

Celso Guillermo Recalde Moreno
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Email: crecalde672000@yahoo.com
Facultad de Ciencias (Riobamba, Ecuador)

CO-EDITOR

Víctor García
Universidad Nacional de Chimborazo (Riobamba, Ecuador)

Email: vgarcia375@gmail.com

COMITÉ EDITORIAL

Irene Del Carmen Gavilanes Teran
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

irene.gavilanes@esPOCH.edu.ec
Facultad de Ciencias (Riobamba, Ecuador)

Elio Giroletti
Università di Pavia (Pavia PV, Italia)

Email: elio.giroletti@unipv.it

Laszlo Sajo Bohus
Universidad Simon Bolivar

Email: lsajo@usb.ve
Departamento de Física (Caracas-Venezuela)

Janne Rojas
Universidad de Los Andes

Email: janne.rojas24@gmail.com
Facultad de Farmacia (Mérida-Venezuela)

Manuel Morales Yuste
Universidad de Granada

Email: yuste@ugr.es
Facultad de Farmacia (Granada-España)

Omaira Marquez
Universidad Nacional de Chimborazo (Riobamba, Ecuador)

Email: cgomarquez@gmail.com

Sabino Menolasina
Universidad de los Andes

Email: menolasina1960@gmail.com
Facultad de Farmacia (Mérida-Venezuela)

Salvador González Carcedo
Universidad de Burgos

Email: salva@ubu.es
Facultad de Ciencias (Burgos, España)

César A. Cisneros Ramírez-
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría
Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables (La Habana, Cuba)

Email: cesar@ceter.cujae.edu.cu

David Jaramillo Abril
Servicios de laboratorio analítico mínimo (Western Australia, Australia)

Email: d_jaramillo10@hotmail.com

Jorge L. Mírez Tarrillo
Universidad Nacional de Ingeniería (Lima, Perú)

Email: jmirez@uni.edu.pe

Carlos F. Ávila Vega-
Universidad Técnica Equinoccial

Email: carlos.avila@ute.edu.ec
Facultad de Ciencias (Quito, Ecuador)

Cristian Vacacela Gomez
Universidad Yachay TECH (Ibarra, Ecuador)

Email: cristianvg7@gmail.com

COMITÉ CIENTÍFICO

Director

Jorge Efrén Silva Yumi
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

jorge.silvay@esPOCH.edu.ec
Facultad de Ciencias (Riobamba, Ecuador)

Miembros

Carlos Francisco Carpio Coba
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

ccarpio@esPOCH.edu.ec
Facultad de Recursos Naturales (Riobamba, Ecuador)

Gabriela Viviana Tubón Usca
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

gabriela.tubon@esPOCH.edu.ec
Facultad de Ciencias (Riobamba, Ecuador)

Gerardo E. Medina Ramírez
Universidad Estatal Amazónica

Email: medinag47@gmail.com
Escuela de Biología (Puyo, Ecuador)

Adriana C. Rincón Alarcón
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Email: rinconadri@yahoo.com
Facultad de Ciencias (Riobamba, Ecuador)

Morella L. Guillén Ferraro-
Universidad Nacional de Chimborazo

Email: morellaguillen@hotmail.com
Facultad de Ciencias de la Salud (Riobamba, Ecuador)

José Mejía López
Pontificia Universidad Católica de Chile

Email: jmejia@puc.cl
Facultad de Física (Santiago, Chile)

John Martin Evans
Universidad de Buenos Aires

Email: evansjmartin@gmail.com
Facultad de Arquitectura (Buenos Aires, Argentina)

Silvia de Schiller-
Universidad de Buenos Aires

Email: sdechiller@gmail.com
Facultad de Arquitectura (Buenos Aires, Argentina)

Natalí Alejandra Chávez Oleas-
Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

Email: natalichavez87@gmail.com
Dirección de Aplicaciones Nucleares (Quito, Ecuador)

Freddy Benalcázar-
Universidad Técnica de Ambato (Ambato, Ecuador)

Email: f.benalcazar@yahoo.es

Revisor Texto en Inglés

Jorge Juan Villarroel Santillán-
Trabajador Independiente

Email: jjvillarroels@outlook.com

Diseño, Diagramación, Maquetación

Luis Mullo Chicaiza
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Email: luis_mulloch@yahoo.com
Facultad de Ciencias (Riobamba, Ecuador)

Edwin Fernando Mejía Peñafiel
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

efmejia@esPOCH.edu.ec
Facultad de Ciencias (Riobamba, Ecuador)

AGRADECIMIENTOS:

Se agradece a los autores, Melanie Ocaña Mejía, Ana Rafaela Pacurucu, Yolanda Diaz Heredia por las imágenes tomas para la portada de la revista, del artículo: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALGAS CHLOROPHYTA PARA REMOVER MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE SHUSHUFINDI, ECUADOR, publicada en esta edición.

CONTENIDO

DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO YUQUIPA. Méndez, Alvarez, Jaramillo, Japa	4
ESTRÉS LABORAL EN PERSONAL MÉDICO Y ENFERMERÍA DE ATENCIÓN PRIMARIA ANTE LA EMERGENCIA SANITARIA POR COVID-19. Moncada, Suárez, Duque, Escobar.....	13
APLICACIÓN DEL ALGORITMO K-MEDOID PARA LA SEGMENTACIÓN DE LOS ALUMNOS INGRESANTES DE UNA UNIVERSIDAD. Chavez, Salinas.....	24
CÁLCULO EN LA DOSIFICACIÓN DE DULCAMARA <i>Kalanchoe gastonis bonnierii</i> SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN POLLOS EN MORONA SANTIAGO, ECUADOR. Huebla, Negrete, Toapanta, Condo, Wamputsrik.....	30
EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALGAS CHLOROPHYTA PARA REMOVER MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE SHUSHUFINDI, ECUADOR. Ocaña, Pacurucu, Diaz.....	37
APLICACIONES DE CÁÑAMO COMO ALTERNATIVA RENTABLE A LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA DE ECUADOR TRAS LA PANDEMIA DE COVID-19. Gallegos.....	45
ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LAS FRECUENCIAS FUNDAMENTALES DE MODELOS ESTRUCTURALES ANTE SISMOS ESCALADOS Y ARTIFICIALES. Villalba, Guaygua, Cepeda, Hipocuro.....	54
MOLIENDA DE ZANAHORIA: UNA ESTRATEGIA PARA PRODUCIR ALIMENTOS CON VALOR AGREGADO Patiño, Muñoz, Patiño, Ocampo, Muñoz.....	63

DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO YUQUIPA.

Space-temporary diversity of macroinvertebrates as bioindicators of the water quality at Yuquipa river.

¹Patricio Méndez* , ¹Blanca Alvarez , ¹Nahomy Jaramillo , ²Johanna Japa 

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias/Ingeniería Ambiental, Riobamba/Macas, Ecuador.

²Investigador Independiente.

*patricio.mendez@esPOCH.edu.ec

Resumen

El estudio y desarrollo de las leyes ambientales que sistematizan el manejo de los cuerpos hídricos requiere la identificación de bioindicadores para establecer su estado ecológico, es así que el presente estudio tiene como objetivo determinar la diversidad de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua del río Yuquipa. Se estudiaron tres estaciones de monitoreo en los meses de noviembre y diciembre de 2020 y enero de 2021, en cada estación se recolectaron las especies de macroinvertebrados, el índice de Shannon se encargó de medir la diversidad de especies el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies, en la determinación de la calidad del agua se utilizó el índice biótico de familia que asigna diferentes valores de tolerancia y considera el nivel taxonómico. Se reconocieron dos grupos de sitios. El primer grupo PY-2 y PY-3 fue valorado como calidad del agua excelente (3.26 y 3.12) respectivamente, con una diversidad media (2.45 y 2.54), mientras que en el sitio PY-1 fue valorado como calidad del agua regular (5.34) con una diversidad media de 2.36. Concluyendo que la diversidad y la calidad del agua no se han visto afectadas por las actividades antropogénicas.

Palabras claves: Índice biótico, hábitat fluvial, contaminación, equidad, abundancia, calidad del agua.

Abstract

The study and development of environmental laws that systematize the management of water bodies requires the identification of bioindicators to establish their ecological status. Therefore, this study aims to determine the macroinvertebrates diversity as bioindicators of Yuquipa river water quality. Three monitoring stations were studied on November, December 2020 and on January 2021; macroinvertebrates species were gathered and the Shannon index was used to measure species diversity, which expresses the uniformity of importance values across all species. Furthermore, the family biotic index was used to determine the water quality, as it ascribes different tolerance values and considers the taxonomic level. Two location groups were recognised: the first PY-2 and PY-3 was rated as excellent water quality (3.26 and 3.12) respectively, with a mean diversity (2.45 and 2.54), while the PY-1 site was rated as regular water quality (5.34) with a mean diversity of 2.36. The result was that diversity and water quality were not affected by anthropogenic activities.

Keywords: Biotic index, fluvial habitat, pollution, equity, abundance, water quality.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe gran interés en la determinación de la calidad del agua de las fuentes hídricas, siendo un factor determinante en el bienestar humano, ya que trae repercusiones en la salud de la población, el desarrollo económico y sobre todo la calidad ambiental de sus ecosistemas (1). Teniendo en cuenta que solo un 3,5% de la totalidad del agua existente en el planeta es agua dulce (2).

El control de la calidad del agua de los ecosistemas acuáticos se lleva a cabo mediante análisis físicos-químicos e indicadores biológicos como es el uso de macroinvertebrados que comprenden una gran parte de la diversidad acuática (3). La diversidad de especies es un parámetro muy importante en el estudio y descripción de comunidades, centrándose en la búsqueda de parámetros para su caracterización (4).

Los índices de diversidad de especies son formas matemáticas y sencillas de medir un conjunto de especies, combinando dos elementos de la estructura de las comunidades como es la riqueza y la equitabilidad (5). El índice que utilizó en esta investigación es el índice de Shannon- Wiener, el cual combina la información de la riqueza de especies y la equidad (6), Además cuantifica la diversidad específica, tomando en cuenta la cantidad de especies que existe en una muestra y la cantidad de individuos que hay para cada especie por tanto contempla la riqueza y la abundancia de las especies (7).

Para la investigación se ubicó tres puntos de muestreo en la zona alta, media y baja del río Yuquipa, el cual se origina en una laguna de selva virgen (8); ubicado en la parroquia "Sevilla Don Bosco" perteneciente al cantón Morona (9). Esta zona se encuentra susceptible a cambios como la expansión agrícola, uso del suelo por asentamientos humanos los mismos generan contaminación por vertido de aguas residuales sin tratar efectuando cambios en la cantidad y calidad del recurso hídrico (10).

Es por ello que, hemos visto necesario determinar la calidad del agua mediante bioindicado-

res como son los macroinvertebrados los cuales proporcionan excelentes señales sobre la calidad ambiental del agua de los ríos, porque algunos requieren de una muy buena calidad para desarrollarse y sobrevivir, mientras que otros, por el contrario, crecen y abundan en aguas muy contaminadas (11).

Este estudio se lo realizó con el objetivo de determinar la abundancia y diversidad de especies existentes en dicho río utilizando el índice biótico de familias (IBF), el cual fue desarrollado y ejecutado en los EEUU por Hilsenhoff (1988). Este índice considera la diversidad de taxas, abundancia de las mismas y su función como bioindicadores; se ha elegido este método con el fin de determinar la calidad del agua de este afluente siendo este río el más representativo de la parroquia Sevilla Don Bosco puesto que es utilizado para las actividades de agricultura y ganaderías de la zona.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio fue realizado en la parroquia Sevilla Don Bosco perteneciente a el cantón Morona, según el último censo realizado por el INEC (Instituto Nacional De Estadística Y Censo) la parroquia Sevilla Don Bosco cuenta con una población total de 16008 habitantes, esta parroquia tiene un área superficial de 2.306,54 Km² y se encuentra ubicada al margen izquierdo del río Upano, planicie denominada Valle del Río Upano, frente a la ciudad de Macas, en las coordenadas 02° 26' de latitud sur y 78° 11' de longitud Oeste, se extiende desde los 400 msnm hasta los 2300 msnm, con una temperatura promedio de 22 °C .

El estudio se llevó a cabo en el río Yuquipa en tres estaciones de muestreo diferentes cuyas coordenadas geográficas WGS84 se describe en la tabla 1, se seleccionaron las tres estaciones debido a sus características, ya que en el punto 1 se encuentra localizado en el límite superior de la cabecera parroquial Sevilla Don Bosco, el punto 2 en medio de la cabecera parroquial Sevilla Don Bosco y el punto 3 en el límite inferior de la cabecera parroquial Sevilla Don Bosco. Este es

uno de los ríos más representativos dentro de la parroquia puesto que los habitantes de esta zona hacen uso de este recurso hídrico y pueden llevar a cabo diversas actividades como, agricultura, recreación, consumo entre otras.

COORDENADAS WGS 84		
ESTACIONES	X	Y
PY-1	819912,75	9736098,75
PY-2	819711,94	9735548,00
PY-3	819659,18	9734791,08

Tabla 1. Localización de las estaciones de muestreo

La toma de muestras se llevó a cabo en los meses de noviembre del 2020 a enero del año 2021, en cuanto a la obtención de los macroinvertebrados se establecieron tres puntos distintos de monitoreo los mismos que están distribuidos a lo largo del área de estudio y que comprende un tramo de 5 km, al momento de escoger los puntos de muestreo se consideró la topografía del lugar, es decir, los puntos debían ser de fácil acceso, además se consideró la posición con respecto a la intervención de la zona urbana a lo largo del área de estudio, esto ayudó a determinar el estado y la calidad del agua.

Recolección de muestras.

Para la recolección de los macroinvertebrados se consideró una superficie de 15 m² en cada uno de los puntos monitoreados, para ello se utilizó una red Surber la cual se sumergió a 90 grados a contracorriente y removiendo con las botas el lecho del río, el material removido se acumula en la red y con él los macroinvertebrados que haya en el sustrato, este procedimiento se lo realizó por un periodo de 60 minutos en cada punto de monitoreo. Una vez recaudados los macroinvertebrados con la ayuda de una bandeja de recolección y pinzas metálicas se procedió depositar en un recipiente de cristal el cual contenía alcohol al 80% para la preservación de la muestra y la posterior determinación taxonómica a nivel de familia de los individuos de acuerdo a las guías taxonómicas de Roldán (12) y Miñano et al., 2019 (13) mediante la utilización de un estereoscopio con características: Sistema Greenough de zoom óptico, cabezal binocular inclinado en 45° con rango de giro de 360°, relación de zoom 04:01, rango ampliación: 1X-4X y sistema de enfoque grueso

con ajuste de tensión. Esta actividad se realizó en el laboratorio de la “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago”.

Descripción de los puntos de muestreo

PY-1 (Puente/ ingreso a la comunidad “Sagrado Corazón”): Inicio del tramo del río en estudio, este punto fue considerado debido al hecho de que su caudal aún no ha sido intervenido por la zona urbana de la parroquia Sevilla Don Bosco.

PY-2 (Comunidades “Sagrado Corazón y San Luis de Inimkis”): Punto intermedio en el cual se pudo constatar que existe mayor intervención humana.

PY-3 (Río abajo): Punto final del tramo de estudio, este punto se localiza al margen de la parroquia y además se constata que no existen muchas viviendas que estén cerca de este sitio.

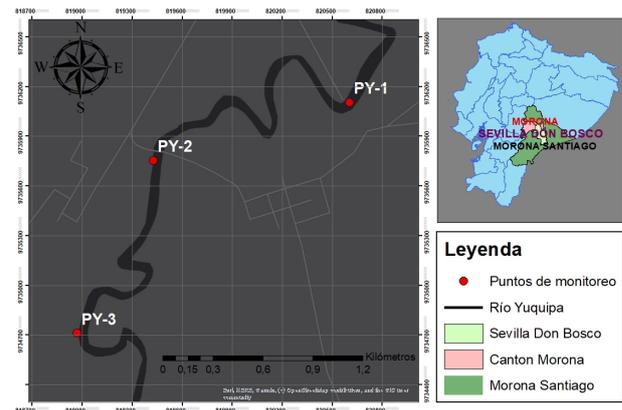


Figura 1. Área de estudio del Río Yuquiqa.

Uno de los índices más utilizados y que se utilizó en este estudio para la determinación de la abundancia en los macroinvertebrados es el índice de Shannon- Wiener, el cual combina la información de la riqueza de especies y la equidad (14). Este se encarga de medir la diversidad de especies de plantas o animales en un determinado hábitat. Es utilizado para cuantificar la diversidad específica, tomando en cuenta la cantidad de especies que existe en una muestra y la cantidad de individuos que hay para cada especie por tanto contempla la riqueza y la abundancia de las especies (15).

Este índice sirve para expresar la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de muestras, midiendo el grado prome-

dio, es decir, predice a que especie pertenece un individuo escogido al azar proveniente de una comunidad extensa (16).

Para el cálculo de la diversidad mediante el índice de Shannon se lo realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum p_i \ln(p_i) \quad (1)$$

Donde:

p_i = Representa la proporción de individuos del total de la muestra que corresponde a la especie i . Se obtiene dividiendo n_i/N .

n_i = número de individuos en el sistema correspondientes a la especie determinada i

N = número total de individuos de todas las especies en el sistema

\ln = logaritmo natural

S = número total de especies

El rango de valores adquiridos en el índice de Shannon va entre 0 a 5, cero cuando existe la presencia de una sola especie y el logaritmo natural S , cuando todas las especies se encuentran representadas por el mismo número de individuos (17). La valoración máxima es de 5 no obstante existen ecosistemas que pueden superar dicho valor, valores menores a 1,5 se considera como diversidad baja, valores entre 1,6 y 3 como diversidad media y por último valores iguales o mayores a 3,1 diversidad alta. Según los resultados del índice de Shannon ayudó a evaluar el área de estudio, si esta se encuentra en un mal estado de conservación ya sea por asentamiento humano, deforestación, actividad agrícola, indicándonos la presencia de especies de baja sensibilidad lo que quiere decir que el área se encuentra fragmentada y que las especies presentes son especies que se han ido adaptando a las condiciones actuales, ayudándonos así a determinar el grado de afectación del área (18).

Índice de Hill

La equitatividad es un reflejo del grado de constancia ambiental a que está sometida una comunidad fuertemente conectada con el ambiente abiótico, permite calcular el número efectivo de especies en una muestra, es decir, mide el número de especies cuando cada especie es ponderada por su abundancia relativa, se le calcula con la siguiente expresión.

$$E' = N1/N2 \quad (2)$$

Dónde:

$N1$ = número de especies abundantes = eH

$N2$ = número de especies muy abundantes = $1/\lambda$

Estos son los números de la serie de Hill, sin embargo, existen ocasiones en que este índice alcanza valores altos cuando la equidad es alta es decir que dos o más especies co-dominan la comunidad (19).

Determinación de las familias abundantes

Para la determinación de las familias más abundantes se considera la sumatoria final de las especies abundantes y se las divide por la riqueza específica que presenta ese punto de monitoreo.

$$\text{Familias abundantes} = \frac{\sum \text{especies abundantes}}{\text{Riqueza específica}} \quad (3)$$

A partir de esta ecuación obtendremos un número entero n , el cual va ser comparado con los valores de abundancia de cada familia, es decir $n \geq$ abundancia.

Índice biótico de familias

El índice biótico de familia asignó diferentes valores de tolerancia, así mismo considera el nivel taxonómico de familia o género de los organismos acuáticos (20).

Se contabilizaron los organismos de las diferentes familias recolectadas en cada sitio de muestreo, ponderando la abundancia de cada una de ellas al multiplicarlas por puntajes que indican el grado de sensibilidad a la contaminación (desde cero a diez, según se asocian a condiciones desde menor hasta mayor grado de contaminación orgánica), de esta manera se obtiene al final un promedio de la sumatoria (21).

Según (22) el IBF es un buen indicador para estimar la calidad de los ríos de cuencas agrícolas y ganaderas, además en la estimación de este índice se incorpora la relación entre la tolerancia y el total de familias encontradas en una muestra, lo cual, hace que el error de los muestreos cualitativos disminuya, permitiendo que sea factible su cálculo (23).

Se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$IBF = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i + T_i)}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (4)$$

Donde:

X_i = Es el número de individuos en una familia/
género.

T_i = Es el puntaje de tolerancia de cada familia/

género.

n_i = Es el número total de individuos en cada estación.

Para la determinación de este índice se estableció una tabla donde detalla los valores de tolerancia.

ORDEN O CLASE	FAMILIA	VALOR DE TOLERANCIA	ORDEN O CLASE	FAMILIA	VALOR DE TOLERANCIA
Plecoptera			Megaloptera		
	Gripopterygiidae	1		Corydalidae	0
	Nolonemouridae	0		Sialidae	4
	Perlidae	1	Lepidoptera		
	Diamphipnoidae	0		Pyralidae	5
	Eustheniidae	0	Platyhelminthes		
	Austroperlidae	1		Turbellaria	4
Ephemeroptera			Acari		
	Baetidae	4	Decapoda		
	Caenidae	7	Coloptera		
	Leptophlebiidae	2		Elmidae	4
	Leptohiphidae	6			
	Siphonuridae	7		Psephenidae	4
	Oligoneuridae	2	Diptera		
	Amelotopsidae	2		Athericidae	2
	Coloburiscidae	3		Blephariceridae	0
	Oniscigastridae	3		Ceratopogonidae	6
Odonata				Chirinomidae	7
	Aeshinidae	3		Empididae	6
	Calopterygidae	5		Ephydriidae	6
	Gomphidae	1		Psychodidae	10
	Lestidae	9		Simuliidae	6
	Libellulidae	9		Tipulidae	3
	Coenagrionidae	9	Amphipoda		
	Cordulidae	5		Gammaridae	4
	Petaluridae	5		Hyalellidae	8
	Calomoceratidae	3	Mollusca		
	Glossosomatidae	0		Amnicolidae	6
	Helicopsychidae	3		Lymnaeidae	6
	Hydropsychidae	4		Physidae	8
	Hydroptilidae	4		Sphaeriidae	8
	Leptoceridae	4		Chiliniidae	6
	Limnephilidae	2	Oligochaeta		
	Ecnomidae	3	Hirudenea		
	Helicophidae	6	Decapoda		
	Polycentropodidae	3		Palaemonidae	4
	Philopotamidae	2			
	Hydrobiosidae	0			
	Sericostomatidae	3			

Tabla 2. Valores de tolerancia de macroinvertebrados bentónicos utilizados en la determinación de Índice Biótico de Familias (IBF). Fuente (24)

Los valores del índice biótico de familia se detallan mediante siete clases de calidad ambiental, correspondiendo a una escala biológica, la cual fue desarrollada para determinar y evaluar el grado de contaminación o perturbación del ambiente evaluado.

Valor IBF	Categoría	Calidad del Agua	Interpretación del grado de contaminación Orgánica
0,00 – 3,75	1	Excelente	Contaminación orgánica improbable
3,76 – 4,25	2	Muy Buena	Contaminación orgánica leve posible
4,26 – 5,00	3	Buena	Alguna contaminación orgánica probable
5,01 – 5,75	4	Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
5,76 – 6,50	5	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable
6,51 – 7,25	6	Pobre	Contaminación sustancial muy probable
7,26 – 10,00	7	Muy pobre	Contaminación orgánica severa probable

Tabla 3. Clasificación de la Calidad de Agua según el Índice Biótico de Familias (IBF). Fuente: (23)

III. RESULTADOS

Durante el estudio se recolectaron un total de 908 macroinvertebrados acuáticos, pertenecientes a 9 órdenes, entre las cuales destacan 5 órdenes con 7 familias abundantes en los tres puntos de monitoreo, como se detalla en la tabla 4.

ESTACIÓN PY-1			
#	Orden	Familia	Especies Abundantes (Abundancia total)
1	Diptera	Chironomidae	33
2	Ephemeroptera	Leptohyphidae	35
3	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	53
4	Odonata	Libellulidae	27

Tabla 4. Resultados de familias abundantes en el punto PY-1.

ESTACIÓN PY-2			
#	Orden	Familia	Especies Abundantes (Abundancia total)
1	Odonata	Calopterygidae	26
2	Trichóptero	Hydropsychidae	23
3	Ephemeroptera	Leptohyphidae	46
4	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	62
5	Decápoda	Palaemonidae	26

Tabla 5. Resultado de familias abundantes en el punto PY-2.

ESTACIÓN PY-3			
#	Orden	Familia	Especies Abundantes (Abundancia total)
1	Odonata	Calopterygidae	37
2	Trichóptero	Hydropsychidae	20
3	Ephemeroptera	Leptohyphidae	53
4	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	77
5	Decápoda	Palaemonidae	36

Tabla 6. Resultado de familias más abundantes en el punto PY-3

El orden **Ephemeroptera** de la familia **Leptophlebiidae** es uno de los macroinvertebrados acuáticos más abundantes con 192 especies, en el mismo orden, pero en la familia **Leptohyphidae** se encontró 134 especies, en el orden **Odonata** se encontró dos familias la **Calopterygidae** con 63 especies y la familia **Libellulidae** con 27 especies, en el orden **decápoda** en la familia **palaemonidae** se encontró 62 especies seguido de la orden **Trichóptero** de la familia **Hydropsychidae** con 43 especies y por último el orden **Diptera** con la familia **Chironomidae** la cual tiene 33 especies; todas estas especies se recolectaron a lo largo de los tres puntos encontrando diferencias entre sus abundancias debido a su diferente cobertura vegetal a la ribera del río.

INDICES	ESTACIÓN PY-1	ESTACIÓN PY-2	ESTACIÓN PY-3
Riqueza	14	15	18
Especies abundantes	246	298	364
Índice de Shannon	2,36	2,46	2,54
Equidad de Hill	1,23	0,81	0,76

Tabla 7. Riqueza, Índice de Shannon, equidad del Hill y especies abundantes en cada estación de muestreo.

A nivel de riqueza se puede observar según la tabla 7, que en la estación de muestreo PY-3 fue mayor con un valor de 18 a diferencia de la estación PY-1 y PY-2 que tienen valores de 14 y 15 respectivamente, sin embargo, para la determinación de especies abundantes se pudo constatar que existió una mayor presencia de macroinvertebrados acuáticos en la estación PY-3.

Para el cálculo del índice de Shannon se consideró todas las especies recolectadas en cada punto de muestreo las cuales se encuentran detalladas en la tabla 4, 5 y 6 teniendo como resultado una diversidad media en cada uno de los puntos puesto que según (Alvarez, E 2016) el rango

establecido va de 0 a 5 siendo 5 una valoración máxima en este caso los resultados obtenidos se encontraron en un rango de 1,6 a 3 indicando una diversidad media en los tres puntos; al calcular la equidad de Hill se pudo constatar en los

puntos PY-2 y PY-3 existe una mayor diversidad debido a que los valores de la equidad según Hill son cercanos a cero, sin embargo, en el PY-1 existe menor diversidad por que la equidad es mayor a uno.

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	PUNTAJE	ABD*PTJ	(ABD*PTJ) /TOTAL
Díptera	Chironomidae	33	7	231	1,56081081
Ephemeroptera	Leptohiphidae	35	6	210	1,41891892
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	53	2	106	0,71621622
Odonata	Libellulidae	27	9	243	1,64189189
ABUN. TOTAL		148	IBF		5,34

Tabla 8. Cálculos del Índice Biótico de Familias (IBF)

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	PUNTAJE	ABD*PTJ	(ABD*PTJ) /TOTAL
Odonata	Calopterygidae	26	5	130	0,71038251
Trichóptero	Hydropsychidae	23	4	92	0,50273224
Ephemeroptera	Leptohiphidae	46	6	276	1,50819672
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	62	2	124	0,67759563
Decápoda	Palaemonidae	26	4	104	0,56830601
ABUN. TOTAL		183	IBF		3,26

Tabla 9. Cálculos del Índice Biótico de Familias (IBF)

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	PUNTAJE	ABD*PTJ	(ABD*PTJ) /TOTAL
Odonata	Calopterygidae	37	5	185	0,82959641
Trichóptero	Hydropsychidae	20	4	80	0,35874439
Ephemeroptera	Leptohiphidae	53	6	318	1,42600897
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	77	2	154	0,69058296
Decápoda	Palaemonidae	36	4	144	0,64573991
ABUN. TOTAL		223	IBF		3,12

Tabla 10. Cálculos del Índice Biótico de Familias (IBF)

Para el cálculo del IBF se considero las especies más abundantes por cada punto tomando en cuenta los valores de tolerancia de macroinvertebrados bentónicos propuesta por Hilsenhoff, los resultados se encuentra detallados en las tablas 8, 9 y 10.

Se puede observar en la tabla 8 los resultados de la estación de muestreo PY-1 tiene una calidad del agua regular con una puntuación de 5,34 la cual corresponde a una escala biológica que va desde 5,01 a 5,75 y determina el grado de contaminación o perturbación del punto de muestreo a evaluar, según la clasificación de la calidad del agua del IBF en el punto de muestreo es probable que exista una contaminación orgánica bastante sustancial.

Para las estaciones de monitoreo PY-2 y PY-3 los resultados fueron de 3,26 y 3,12 respectivamente,

lo cual nos indica que la calidad del agua en esos dos puntos es excelente y de acuerdo a la clasificación de la calidad del agua según el IBF existe una contaminación orgánica improbable.

IV. DISCUSIÓN

En cuanto a la riqueza específica, se acoge la propuesta de Moreno (19), quien al igual que nuestro estudio determinó que un indicador del estado del hábitat, basado en la hipótesis de que un tramo heterogéneo, con alta calidad del agua, permitirá la existencia de una mayor diversidad de especies, siendo así que el punto PY-3 el cual tiene una calidad del agua excelente presenta una mayor diversidad que PY-2 y PY-1 siendo este último un tramo afectado por acciones antropogénicas.

Los trechos estudiados en el río Yuquiapa descri-

ben una homogeneidad espacial, en los cuales se denota que en la parte baja de la zona de estudio (PY-2 y PY-3) un dominante potencial de hojarasca y de sustratos rocosos, lo cual influyeron en la mayor abundancia y riqueza lo que coincide con lo expresado por Walteros., et al (25), y Morrelli (26)

Se han comparado varios estudios realizados en ríos de colombianos por Nuñez (27), Walteros., et al (25), y Roldan (28), con nuestro estudio y se ha podido constatar que existe una riqueza específica y una diversidad alta, además existe una predominancia de los órdenes Ephemeroptera y Odonata encontrados a lo largo de los puntos de muestreo, esto se relaciona con la existencia de aguas transparentes con elevada oxigenación lo que favorece las características físicas del lugar de estudio.

Según Damanik et al., (29) la determinación de la calidad del agua se encuentra en relación a la proporción y abundancia de macroinvertebrados, esto se ve evidenciado en los resultados de nuestro estudio, pues la estaciones que mayor abundancia de especies presentaron PY-2 y PY-3 obtuvieron una calidad del agua excelente según la metodología utilizada.

V. CONCLUSIONES

Se registraron 908 macroinvertebrados acuáticos

distribuidos en 9 órdenes y 19 familias a lo largo del tramo del río Yuquipa, el punto de muestreo que mayor riqueza tuvo fue el PY-3 el mismo que tiene un valor de 18, a diferencia de los puntos de muestreo PY-2 y PY-1 poseen una baja riqueza, esto se debe a la intervención humana y la contaminación que se produce dado que los macroinvertebrados son muy sensibles y no se adaptan al cambio ocurrido, mientras que para la determinación de especies abundantes se pudo constatar que existió una mayor presencia de macroinvertebrados acuáticos en la estación PY-3 con 364 especies.

Para el índice de Shannon el resultado fue una diversidad media en cada uno de los puntos de muestreo y para la equidad de Hill se pudo constatar en los puntos PY-2 y PY-3 existe una mayor equidad debido a que los valores son cercanos a cero enfocándose en el grado de dominancia y la distribución de las especies

Por ende, podemos concluir que la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad de agua en las estaciones muestreadas del río Yuquipa no se han visto afectadas por las actividades antropogénicas. Además podemos finalizar diciendo que el agua de esta fuente hídrica que abastece a gran parte de la población de la parroquia Sevilla Don Bosco presenta buena calidad, evidenciada por los valores del índice biótico de familias IBF.

Referencias

1. Cazorla X. Propuesta De Diseño De Un Sistema De Tratamiento Biológico De Aguas Residuales De La Comunidad "El Tejar Balbanera " En Guamate. Interciencia. 2018;489(20):313–35.
2. Triyanto J, Janjua PZ, Samad G, Khan N, Ishaq M, Rumiati AT, et al. Evaluación De La Calidad Del Agua Mediante La Utilización De Macro Invertebrados Bentónicos, Como Bioindicadores: Estudio De Caso En El Río Suárez (Chiquinquirá – Boyacá). Rev Chil Hist Nat. 2003;6(1):51–66.
3. Ladrera R. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas Inf Ambient [Internet]. 2018;39:24–9. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>
4. Hauer R, Lamberti G. Métodos en ecología de arroyos. Estructura del ecosistema. Nueva York: Elsevier Inc.; 2017. 128 p.
5. García S, Moreno C, Morón M, Castellanos I, Pavón N. Integrando la estructura taxonómica en el análisis de la diversidad alfa y beta de los escarabajos Melolonthidae en la Faja Volcánica Transmexicana. Rev Mex Biodivers [Internet]. 2016;87(3):1033–44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.003>
6. González M, Zaragoza S, Pérez C. Análisis de la diversidad de Coleoptera en el bosque tropical caducifolio en Acahuizotla, Guerrero, México. Rev Mex Biodivers [Internet]. 2017;88(2):381–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.008>

7. Jost L, Gonz A. Midiendo la diversidad Biológica: Más allá del índice de Shannon. *Acta zoológica Lilloana*. 2012;56(January 2012):14.
8. Rodríguez H. Plan Estratégico de desarrollo turístico sostenible para la parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Morona, provincia de Morona Santiago 2015-2025. 2016;151.
9. Durán P. Memoria Técnica Alcantarillado Subsistema 12. Alcaldía Morona. Macas; 2015.
10. Valladolid M, Martínez-Bastida JJ, Araúzo M, Gutiérrez C. Abundancia y biodiversidad de los macroinvertebrados del río Oja (La Rioja, España). *Limnetica*. 2006;25(3):745–52.
11. Bernal J, Rodríguez A, Rios T. Contribuciones Al Desarrollo De La Entomología En Panamá. *Puente Biol*. 2019;9:55–67.
12. Roldán G. Bioindicador de la calidad del agua en Colombia; Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Antioquia: Universidad de Antioquia; 2003.
13. Miñano P, Olaya M, Huamantincó AA. Clave taxonómica de ninfas de Ephemeroptera (Insecta) del sudeste de Perú. *Rev Peru Biol*. 2019;26(4):411–28.
14. Vinhote E, Freitas F, Azevedo C, Souza C. Diversity and similarity of species of natural regeneration after logging in commercially managed forest in central amazon. *Cienc Florest*. 2020;30(4):1116–29.
15. Damanik-Ambarita MN, Lock K, Boets P, Everaert G, Nguyen THT, Forio MAE, et al. Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologia* [Internet]. marzo de 2016;57:27–59. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0075951116000050>
16. Campo AM, Duval VS. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *An Geogr la Univ Complut*. 2014;34(2):25–42.
17. Rubio S. Cálculo del índice de biodiversidad de especies faunísticas en el Bosque Protector Aguarongo. Tesis. 2016;73.
18. Alvarez E. Informe del estado actual del componente biótico al proyecto de Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental del Puerto de Aguas Profundas de Posorja. *Cardno*. 2016;6–192.
19. Moreno C. Métodos para medir la biodiversidad. *Manuales y Tesis SEA*. Zaragoza-España; 2001. 86 p.
20. Huaman Matos LD. Diversidad de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua en las lagunas de Pucushuclo y Ñahuimpuquio – Provincia de Chupaca. 2019;109.
21. Sermeño J, Serrano L, Springer M, Paniagua M, Pérez D, Rivas A, et al. Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos. Vol. 1, *Bioma*. San Salvador, El Salvador; 2010.
22. Figueroa R, Palma A, Ruíz V, Niell X. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Rev Chil Hist Nat*. 2007;225–242(225–242):18.
23. Cárdenas E, Lugo L, González J, Tenjo A. Aplicación del índice biótico de familias de Macroinvertebrados Para La Caracterización Del Río Teusaca, afluente del río Bogotá. *UDCA Actual Divulg Científica*. 2018;21(2):587–97.
24. Figueroa R, Valdovinos C, Araya E, Parra O. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. En: *Revista Chilena de Historia Natural*. Sociedad de Biología de Chile; 2003. p. 275–85.
25. Rodríguez JMW, Rojas JMC, Gómez JHM. Ensamble de macroinvertebrados acuáticos y estado ecológico de la microcuenca Dalí-Otún, Departamento de Risaralda, Colombia. *Hidrobiologica*. 2016;26(3):359–71.
26. Morelli E, Verdi A. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Rev Mex Biodivers*. 2014;85(4):1160–70.
27. Nuñez JC, Fragoso P. Uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca media del río Guatapurí (Valledupar, Colombia). *Inf tecnológica* [Internet]. 2020;31(6):207–16. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000600207&lang=es%0Ahttp://www.scielo.cl/pdf/infotec/v31n6/0718-0764-infotec-31-06-207.pdf
28. Roldán-Pérez G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat*. 2016;40(155):254.
29. Damanik M, Pieter C, Tien G, Eurie M, Peace S, Suhareva N, et al. Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologia*. 2016;

ESTRÉS LABORAL EN PERSONAL MÉDICO Y ENFERMERÍA DE ATENCIÓN PRIMARIA ANTE LA EMERGENCIA SANITARIA POR COVID-19.

Job stress in primary care medical and nursing personnel in the COVID-19 health emergency.

¹Betzy Evelyn Moncada Rodríguez , ¹Mónica Paola Suárez Llucca , ¹Luis Duque Cordova , ²Kenny Fernando Escobar Segovia* 

¹Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Facultad de Postgrado, Guayaquil, Ecuador.

²Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

* kescobar@espol.edu.ec

Resumen

El estrés laboral implica un conjunto de reacciones fisiológicas, cognitivas, emocionales y conductuales, que el individuo experimenta ante circunstancias que implican excesiva presión en un contexto laboral. Esta situación puede repercutir negativamente en el desempeño, la motivación, la satisfacción y el compromiso del trabajador con la empresa. Considerando la complejidad de las condiciones laborales impuestas por COVID-19 al personal sanitario, el objetivo del presente estudio fue analizar el estrés laboral entre profesionales sanitarios de atención primaria (médicos/as y enfermeros/as) que trabajan en un Distrito de Salud del Ministerio de Salud Pública del Ecuador durante la emergencia sanitaria por COVID-19. El estudio es de tipo cuantitativo de corte transversal, se aplicó a una muestra no probabilística a conveniencia de 41 personas un cuestionario de variables sociodemográficas y el cuestionario de estrés laboral (JSS). Ambos tipos de profesionales presentan niveles elevados de estrés laboral, siendo los médicos quienes obtienen las puntuaciones más altas y personas mayores a 30 años. Es indispensable profundizar en este tipo de análisis para obtener datos que permitan toma de decisiones acertadas que eviten pérdida de vidas, desgaste innecesario del personal sanitario y la disminución de su productividad.

Palabras claves: Personal sanitario, COVID-19, Salud mental.

Abstract

Job stress involves a set of physiological, cognitive, emotional and behavioral reactions that the individual experiences when faced with circumstances that imply excessive pressure in a work context. This situation can have a negative impact on the performance, motivation, satisfaction and commitment of the worker with the company. Considering the complexity of the working conditions imposed by COVID-19 on health personnel, the objective of this study was to analyze work stress among primary care health professionals (doctors and nurses) who work in a Health District of the Ministry of Public Health of Ecuador during the health emergency due to COVID-19. The study is of a quantitative cross-sectional type; a questionnaire of sociodemographic variables and the Job Stress Questionnaire (JSS) were applied to a non-probabilistic convenience sample of 41 people. Both types of professionals present high levels of work stress, with doctors obtaining the highest scores and people over 30 years of age. It is essential to deepen this type of analysis in order to obtain data that will allow for sound decision making to avoid loss of life, unnecessary wear and tear on healthcare personnel and a decrease in their productivity.

Keywords: Health personnel, COVID-19, Mental health.

Fecha de recepción: 06-01-2021

Fecha de aceptación: 05-05-2021

Fecha de publicación: 25-05-2021

I. INTRODUCCIÓN

El estrés laboral puede definirse como un conjunto de reacciones fisiológicas, cognitivas, emocionales y conductuales que el individuo experimenta ante circunstancias que implican excesiva presión o demanda de respuesta en un determinado contexto laboral (1). Se trata de un estado que puede producir alteraciones físicas y mentales que repercuten negativamente en el desempeño, la motivación, la satisfacción y el compromiso del trabajador, y, por consiguiente, en el clima laboral de la empresa (2-3). Estas consecuencias han dado lugar al desarrollo de numerosos estudios que pretenden explicar la relación entre las demandas de las organizaciones o empresas y los recursos del individuo para afrontarlas.

Este acercamiento al análisis del estrés laboral y su desarrollo se puede explicar mejor mediante tres modelos. El primero, es el modelo ajuste persona-ambiente, que establece que debe existir una relación entre la persona y el ambiente laboral en el que se desenvuelve, es decir, se trata de encontrar un balance entre las necesidades del trabajador y los suministros disponibles para poder cumplir con tales necesidades (2). El segundo, es el modelo demanda-control, que plantea dos dimensiones (demanda y control), a partir de las cuales se considera que las demandas no son estresantes si se combinan con un control adecuado sobre el trabajo y el ambiente. Por lo tanto, la tensión, la fatiga, la ansiedad, la depresión y las enfermedades físicas se deben al desajuste entre el desempeño del trabajo que se realiza y la capacidad que tiene el trabajador para controlar esa demanda (3). Finalmente, el tercero es el modelo esfuerzo-recompensa, que determina las condiciones de riesgo laboral cuando hay presencia de carga de trabajo, demandas y obligaciones del puesto de trabajo, frente a las estrategias que la organización establece para que el trabajador pueda afrontar las demandas y recibir beneficios (4). A partir de estos modelos han surgido diferentes instrumentos destinados a analizar el estrés ocupacional desde diferentes niveles y dimensiones, algunos de los cuales se explican a continuación, por su relevancia en este campo de estudio: 1) Cuestionario sobre el contenido del trabajo [Job Content Questionnaire] (5), 2) Cues-

tionario de Estrés Laboral Genérico del NIOSH [Generic Job Stress Questionnaire] (6), y 3) Cuestionario de Estrés Laboral (JSS) (7).

El cuestionario de Estrés Laboral JSS (7), se trata de la adaptación española del Job Stress Survey (8), diseñada para medir el nivel general de estrés laboral en adultos. Este cuestionario cuenta con tres índices (estrés laboral, presión laboral y falta de apoyo de la organización), a partir de los cuales se analiza la severidad y la frecuencia con que se presentan 30 eventos estresores. Esta información se obtiene mediante una lista de 60 situaciones relacionados con el trabajo, que tiene una duración de 15-20 minutos y debe ser aplicada de manera individualizada.

En el contexto de este estudio, es importante mencionar algunos de los elementos que pueden incidir en el estrés laboral y, a su vez, en la presencia de alteraciones físicas y mentales, el ambiente de trabajo, la organización y administración de una actividad, los sistemas de trabajo y la calidad de las relaciones humanas (9-10). Estos factores pueden deberse a la presencia de trabajos con gran demanda de atención y responsabilidad, amenaza de demandas laborales, liderazgo inadecuado, rotación de turnos, jornada de trabajo excesiva y actividades físicas corporales inadecuadas, que influyen negativamente en el rendimiento laboral y el bienestar del individuo. En lo posible, se debe evitar que el profesional llegue a la insatisfacción profesional y familiar, que habitualmente se ve reflejada en actitudes de agresividad, inadecuadas relaciones interpersonales en el ámbito laboral y familiar, etc. (11). La calidad de la respuesta de la persona a factores que generan estrés puede proteger su salud integral o generar, agravar y cronificar patologías físicas y mentales. Una de las consecuencias del estrés laboral es el síndrome de Burnout, que corresponde a un estado de agotamiento físico y psicológico, que se desarrolla de manera progresiva, cuya principal consecuencia en el contexto laboral es el desinterés del trabajador por su función, sus tareas y sus compromisos, dando lugar a un peor rendimiento general y, como consecuencia, a pobres indicadores de la organización en cuanto a productividad y cumplimiento de sus objetivos (12-14).

Actualmente, la pandemia por COVID-19 parece haber agravado los niveles de estrés laboral presente en trabajadores de diversas áreas, incluida la sanitaria. En este ámbito, y dadas las características de las medidas tomadas por los gobiernos, en orden a prevenir el contagio y atender debidamente al usuario en las unidades de salud, el personal sanitario, especialmente médicos/as y enfermeros/as, por su papel en el servicio que brindan al paciente, se ha visto expuesto a un conjunto de situaciones, factores y limitaciones que representan una carga de estrés añadida a la habitual, como son: condiciones inseguras, escases de equipos de protección personal, falta de medicamentos, medidas de seguridad estrictas y necesidad de concentración, entre otros. En este sentido, estudios recientes han resaltado algunos de los principales factores relacionados con el agravamiento del estrés laboral y sus consecuencias en el personal sanitario, en el marco de la pandemia por COVID-19: agotamiento físico mental, complejidad en la toma de decisiones difíciles y en la detección de pacientes sospechosos, sufrimiento por la pérdida de pacientes y compañeros de trabajo, etc. La afectación psicológica se presenta, de modo más frecuente, con sintomatología de ansiedad, fatiga, traumas y depresión (15-18).

Las condiciones laborales a nivel hospitalario causan problemas mentales en el personal sanitario, como estrés, ansiedad, síndrome de depresión, insomnio, ira y miedo. El personal médico que mantiene contacto directo con pacientes COVID-19 manifiestan un alto nivel de ansiedad que es relacionado con el estrés y reducción de la calidad del sueño, angustia, reacciones exageradas que puede recurrir a trastornos depresivos, estrés postraumáticos etc. (19).

Es oportuno señalar que, la forma en que se ha presentado la COVID-19 y el impacto que ha generado en la seguridad y el desarrollo de cada sociedad, guarda relación con los recursos disponibles de una nación y las estrategias que aplica cada gobierno para afrontar esta pandemia y evitar, primordialmente, la pérdida de vidas, el desgaste innecesario del personal sanitario y la disminución evitable de productividad. A pesar de la necesidad de contar con información, que

permita a las instancias ministeriales competentes en el contexto laboral sanitario (p.ej., Ministerio de Salud Pública, Ministerio del Trabajo), diseñar estrategias y tomar medidas dirigidas a obtener mejores resultados en esta materia, hasta la fecha no se han desarrollado estudios sobre el estrés laboral del personal sanitario ecuatoriano en los meses de confinamiento por motivo de la COVID-19.

En función de lo referido, por los elevados niveles de estrés en el personal sanitario que está causando la situación actual como es la enfermedad COVID-19, el objetivo del presente estudio fue estudiar las diferencias de estrés laboral entre profesionales sanitarios de atención primaria ante la emergencia sanitaria, que trabajan en un Distrito de Salud del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, utilizando como instrumento de estudio el cuestionario de variables sociodemográficas y el cuestionario de estrés laboral (JSS) que mide el nivel general de estrés laboral, como la severidad y la frecuencia con que ocurren 30 fuentes genéricas de estrés (equivalencia de puntuaciones directas en percentiles (Pc), considerándose como hipótesis que estos profesionales presentarán un nivel elevado de estrés laboral, siendo éste de mayor magnitud en los/as médicos/as, porque se asume que desempeñan un rol de mayor responsabilidad en el entorno sanitario.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de un estudio cuantitativo de corte transversal.

Participantes

La muestra de este estudio fue de tipo no probabilística a conveniencia y estuvo compuesta por 41 profesionales sanitarios de atención primaria que trabajan en unidades de un Distrito de salud del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, en la provincia de Guayas.

Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión fueron: (a) ser médico/a o enfermero/a, (b) trabajar actualmente en

unidades de salud de atención primaria de un Distrito de Salud de la provincia del Guayas, (c) haber prestado atención profesional personalizada en el lapso de marzo a octubre de 2020, datos obtenidos mediante encuestas sociodemográficas realizadas por escrito por cada profesional (d) conocer las características del estudio, y (e) firmar el consentimiento informado.

Instrumentos y medidas

Para la obtención de datos necesarios para el presente estudio, se diseñó un protocolo de evaluación compuesto por dos instrumentos: 1) Cuestionario ad hoc de variables sociodemográficas y de salud, y 2) Cuestionario de Estrés Laboral (JSS) (7).

Cuestionario ad hoc de variables sociodemográficas y de salud.

Se diseñó un cuestionario, cuya aplicación requiere aproximadamente 15 minutos, que mide variables sociodemográficas y de salud relacionadas con el estrés laboral en un contexto sanitario: edad, sexo, estado civil, número de hijos, nivel de estudios finalizado, meses de ejercicio profesional (durante su vida laboral), meses de labor en el lugar de trabajo actual, meses de trabajo durante la pandemia producida por el virus Sars-CoV-2 (desde marzo hasta octubre de 2020), número de personas a su cargo (dentro del contexto laboral), otras actividades profesionales (independientes de su labor en la unidad de salud donde trabaja), horas semanales de actividad física, enfermedades físicas actuales (si padece o no, y cuáles), enfermedades mentales actuales (si padece o no, y cuáles) y patologías relacionadas con la enfermedad COVID-19 (problemas de salud cuya aparición está relacionada con la situación de pandemia, según el profesional).

Cuestionario de Estrés Laboral (JSS) (7).

Esta herramienta mide, en adultos, en el lapso de 15 a 20 minutos, tanto el nivel general de estrés laboral como la severidad y la frecuencia con que ocurren 30 fuentes genéricas de estrés, dando lugar a tres escalas y seis subescalas. A continuación, se transcribe la explicación que el autor aporta sobre cada medida y su finalidad, tal como figura en el manual del instrumento (pp.

20-21).

Escalas:

JS-X. Índice de Estrés laboral (Job Stress Index). El índice de Estrés laboral (JS-X) proporciona una estimación del nivel global de estrés laboral que experimenta un individuo en su contexto de trabajo. Combina las puntuaciones de severidad y frecuencia de todos los ítems del JSS.

JS-S. Severidad del Estrés laboral (Job Stress Severity). La escala de Severidad del Estrés laboral (JS-S) indica la puntuación media de severidad percibida por el individuo en las 30 situaciones estresantes del JSS. Tales puntuaciones están basadas en la comparación de cada uno de los 29 ítems de severidad (2 a 30) con el estresor estándar (ítem 1) al que le ha sido asignada una puntuación intermedia de 5.

JS-F. Frecuencia del Estrés laboral (Job Stress Frequency). La escala de Frecuencia del Estrés laboral (JS-F) indica la frecuencia media con la que las 30 situaciones estresantes del JSS se han dado en los últimos 6 meses (ítems 31 a 60).

Subescalas de Presión laboral y Falta de apoyo de la organización:

JP-X. Índice de Presión laboral (Job Pressure Index). El índice de Presión laboral (JP-X) evalúa (combinando la severidad y la frecuencia) el estrés laboral experimentado por un individuo atribuible a la presión procedente de su trabajo, tal como puede ser el trabajar tiempo extra, el cumplir plazos de finalización o el papeleo excesivo. Estos 10 estresores reflejan aspectos estresantes de la estructura, el diseño o las obligaciones del trabajo.

JP-S. Severidad de la Presión laboral (Job Pressure Severity). Esta subescala evalúa el nivel medio de severidad percibida respecto a los 10 estresores del JSS más directamente relacionados con la presión en el trabajo.

JP-F. Frecuencia de la Presión laboral (Job Pressure Frequency). Esta subescala evalúa la frecuencia media de los 10 estresores del JSS más

directamente relacionados con la presión en el trabajo.

LS-X. Índice de Falta de apoyo de la organización (Lack of Organizational Support Index). El índice de Falta de apoyo de la organización (LS-X) evalúa (combinando la severidad y la frecuencia) la cantidad de estrés laboral atribuible a la falta de apoyo de la organización, tal y como puede ser la dificultad para acceder a los superiores, a los compañeros de trabajo poco motivados y a la falta de oportunidades de promoción. Estos 10 estresores reflejan acontecimientos que implican a otras personas (p. ej., dificultades con los superiores y compañeros) o políticas y procedimientos organizacionales, más que aspectos del trabajo en sí mismos.

LS-S. Severidad de la Falta de apoyo de la organización (Lack of Organizational Support Severity). Esta subescala evalúa el nivel medio de severidad percibida respecto a los 10 estresores del JSS más directamente relacionados con la Falta de apoyo de la organización.

LS-F. Frecuencia de la Falta de apoyo de la organización (Lack of Organizational Support Frequency). Esta subescala evalúa la frecuencia media con la que se producen los 10 estresores del JSS más directamente relacionados con la Falta de apoyo de la organización.

Los coeficientes de fiabilidad superaron el 0,85 en los nueve indicadores, mientras que la estructura factorial mostró un ajuste moderado con respecto a la de la versión original, que reveló dos factores: Presión laboral y Falta de apoyo de la organización. Para el procesamiento de las respuestas, se utilizaron los baremos españoles correspondientes al Grupo III (7) (que abarca las profesiones de mayor carga intelectual y responsabilidad dentro de una organización) de los apéndices del cuestionario de estrés laboral, los cuales indican los valores de percentiles (Pc) en los que se encuentran los resultados de cada escala y desde donde se puede apreciar las diferencias entre los valores a analizar (p. 80).

Procedimiento

Una vez comprobados los criterios de inclusión,

se explicaron las características del estudio a cada participante, quien firmó el consentimiento informado antes de iniciar la aplicación del protocolo de evaluación. La participación de cada profesional fue a título personal, no institucional. El trabajo de campo fue realizado entre septiembre y octubre de 2020, ya que el instrumento de estrés laboral JSS tiene la capacidad de evaluar a partir de los 6 meses los niveles de estrés, en total, cada evaluación individual tomó entre 45 y 60 minutos. No se presentaron inconvenientes durante la aplicación del protocolo de evaluación a la muestra de estudio. Las respuestas de cada cuestionario fueron registradas, procesadas y consolidadas en una base de datos.

Análisis

Se aplicaron estadísticos descriptivos para presentar las características sociodemográficas, de salud y de estrés laboral, para la muestra total. Además, se realizaron comparaciones de medias de muestras independientes (t de student) entre los resultados obtenidos por el personal sanitario y por grupos de edades en cada uno de los nueve indicadores del Cuestionario de estrés laboral, estableciendo niveles de significancia para valores $p < 0,05$. Finalmente, los datos fueron procesados utilizando el paquete estadístico SPSS.22 para Windows (20).

III. RESULTADOS

Los datos sociodemográficos de la muestra (ver Tabla 1) revelan que en las variables que mide el cuestionario sociodemográfico se encontró que dentro de los encuestados la mayor cantidad fueron mujeres (54%), así mismo los encuestados están entre edades comprendidas desde los 20 a los 65 años (M (media) = 30,02 años; DT (desviación típica) = 10,520 años), dividida en dos grupos: 22 médicos/as (M = 34,14 años; DT = 11,247 años) y 19 enfermeros/as (M = 25,26 años; DT = 07,332 años). También se observaron resultados de salud relacionados con el estrés laboral, en donde los médicos/as puntúan más alto que los enfermeros/as.

Respecto a las variables del Cuestionario de Estrés Laboral, que miden el nivel general de estrés

laboral, mediante tres escalas y seis subescalas (ver Tabla 2), los análisis revelan diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas por médicos/as y enfermeros/as (ver equivalencia de puntuaciones directas en percentiles (Pc), entre paréntesis, para apreciar la magnitud del impacto del conjunto de estresores). Para el Índice de Estrés laboral (Pc 85 (35,00-38,89) vs Pc 65 (24,87-27,23)) y su subescala severidad del Estrés laboral (Pc 75 (6,23-6,40) vs Pc 50 (5,43-5,59)); para el Índice de Presión laboral (Pc 90 (44,30-50,79 vs Pc 70 (29,70-32,39)) y su subescala severidad de la presión laboral (Pc 75 (6,30-6,49 Vs Pc 50 (5,40-5,59)); y para el Índice de Falta de apoyo

de la organización (Pc 80 (34,42-38,59) Vs Pc 60 (22,10-24,79)).

En la tabla 3 se pudo apreciar diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas por grupos de edad entre las personas menores o iguales a 30 años y para los mayores a 31 años para el Índice de Estrés laboral con los mismos percentiles Pc 85 y Pc 65, Índice de frecuencia de estrés laboral (Pc70 (4,53-4,82) vs Pc85 (5,53-5,99)) , Índice de presión laboral (Pc 75 (32,40-35,49) vs Pc 90 (44,30-50,79)) y para el Índice de falta de apoyo a la organización (Pc 65 (24,80-27,89) vs Pc 80 (34,42-38,59)).

Variables	Muestra total N = 41	Médicos/as n = 22	Enfermeros/as n = 19
	f o M (% o DT)	f o M (% o DT)	f o M (% o DT)
Edad	30,02 (10,520)	34,14 (11,247)	25,26 (7,332)
Sexo			
Hombres	19 (46)	10 (45)	9 (47)
Mujeres	22 (54)	12 (55)	10 (53)
Estado civil			
Soltero	29 (71)	13 (59)	16 (84)
Unión libre	2 (05)	2 (09)	
Casado	10 (24)	7 (32)	3 (16)
Número de hijos	0,59 (0,921)	0,73 (1,077)	0,42 (0,692)
Nivel de estudios finalizado			
Tercer nivel	34 (83)	17 (77)	17 (89)
Cuarto nivel	7 (17)	5 (23)	2 (11)
Meses de ejercicio profesional	56,39 (100,377)	83,45 (121,929)	25,05 (55,802)
Meses de labor en el lugar de trabajo actual	20,15 (25,212)	27,50 (27,885)	11,63 (19,044)
Meses de trabajo durante la COVID-19	5,34 (1,559)	5,27 (1,549)	5,42 (1,610)
Número de personas a su cargo	5,76 (22,597)	10,27 (30,407)	0,53 (1,504)
Otras actividades profesionales			
No	31 (76)	15 (68)	16 (84)
Sí	10 (24)	7 (32)	3 (16)
Horas semanales de actividad física	2,86 (3,338)	2,18 (2,575)	3,65 (3,976)
Enfermedades físicas actuales			
No	30 (73)	13 (59)	17 (89)
Sí	11 (27)	9 (41)	2 (11)
Enfermedades mentales actuales			
No	32 (78)	15 (68)	17 (89)
Sí	9 (22)	7 (32)	2 (11)
Patologías relacionadas con la COVID-19			
No	5 (12)	2 (09)	3 (16)
Sí	36 (88)	20 (91)	16 (84)

Tabla 1. Variables sociodemográficas y de salud
Nota. F (Frecuencia), M (Media), % (Porcentaje), DT (Desviación Típica)
Elaboración: los autores

Escala/ Subescala	Muestra total N = 41	Médicos/as n = 22	Enfermeros/as n = 19	Valor p	Inferior 95% CI	Superior 95% CI
	M (DT)	M (DT)	M (DT)			
JS-X	32,709 (15,450)	38,002 (15,112)	26,580 (13,789)	0,016*	2,226	20,618
JS-S	6,009 (1,351)	6,399 (1,169)	5,558 (1,436)	0,045*	0,018	1,664
JS-F	4,968 (1,770)	5,429 (1,760)	4,435 (1,671)	0,073	-0,096	2,082
JP-X	39,628 (19,529)	45,875 (19,178)	32,395 (17,762)	0,026*	1,737	25,224
JP-S	6,376 (1,588)	6,832 (1,457)	5,847 (1,606)	0,046*	0,017	1,952
JP-F	5,790 (2,069)	6,305 (1,929)	5,195 (2,115)	0,087	-0,168	2,388
LS-X	29,847 (14,523)	35,101 (14,459)	23,763 (12,328)	0,011*	2,775	19,901
LS-S	5,824 (1,347)	6,190 (1,188)	5,400 (1,426)	0,060	-0,036	1,615
LS-F	4,615 (1,798)	5,036 (1,759)	4,126 (1,762)	0,107	-0,205	2,025

Tabla 2. Medias de las puntuaciones directas para las escalas y subescalas del Cuestionario de Estrés Laboral con respecto a la profesión.

Nota. JS-X (Índice de Estrés laboral), JS-S (Severidad del Estrés laboral), JS-F (Frecuencia del Estrés laboral), JP-X (Índice de Presión laboral), JP-S (Severidad de la Presión laboral), JP-F (Frecuencia de la Presión laboral), LS-X (Índice de Falta de apoyo de la organización), LS-S (Severidad de la Falta de apoyo de la organización), LS-F (Frecuencia de la Falta de apoyo de la organización). *p < 0,05: presentan diferencias estadísticamente significativas.

Elaboración: los autores.

Escala/ Subescala	Muestra total N = 41	Menores o igual a 30 años	Mayores a 30 años	Valor p	Inferior 95% CI	Superior 95% CI
		n = 28	n = 13			
	M	M	M			
	(DT)	(DT)	(DT)			
JS-X	32,709 (15,450)	28,781 (12,743)	41,1685 (17,798)	0,015*	-22,222	-2,551
JS-S	6,009 (1,351)	5,793	6,473	0,136	-1,581	0,222
		(1,406)	(1,133)			
JS-F	4,968 (1,770)	4,600	5,761	0,049*	-2,318	-0,004
		(1,379)	(2,272)			
JP-X	39,628 (19,529)	34,877 (17,015)	49,861 (21,299)	0,02*	-27,502	-2,466
JP-S	6,376 (1,588)	6,096	6,976	0,099	-1,934	0,173
		(1,541)	(1,577)			
JP-F	5,790 (2,069)	5,396	6,638	0,073	-2,606	0,122
		(1,729)	(2,529)			
LS-X	29,847 (14,523)	26,567 (12,500)	36,909 (16,501)	0,032*	-19,746	-0,935
LS-S	5,824 (1,347)	5,692	6,1054	0,368	-1,329	0,504
		(1,461)	(1,057)			
LS-F	4,615 (1,798)	4,278	5,338	0,079	-2,247	0,127
		(1,497)	(2,213)			

Tabla 3. Medias de las puntuaciones directas para las escalas y subescalas del Cuestionario de Estrés Laboral con respecto a grupos de edad

Nota. JS-X (Índice de Estrés laboral), JS-S (Severidad del Estrés laboral), JS-F (Frecuencia del Estrés laboral), JP-X (Índice de Presión laboral), JP-S (Severidad de la Presión laboral), JP-F (Frecuencia de la Presión laboral), LS-X (Índice de Falta de apoyo de la organización), LS-S (Severidad de la Falta de apoyo de la organización), LS-F (Frecuencia de la Falta de apoyo de la organización). *p < 0,05: presentan diferencias estadísticamente significativas; se tomó 30 años por ser la media de la edad en el grupo de estudio.

Elaboración: los autores.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman las hipótesis planteadas, pues ambos tipos de profesionales revelan niveles de estrés laboral según la escala de la metodología aplicada, haciendo referencia a la tabla de baremos del apéndice del JSS (7) (Pc 50-59 bajo, Pc 60-74 moderado, Pc75 o superior alto), los/as médicos/as presentan puntuaciones más altas que los/as enfermeros/as en los nueve parámetros que mide el cuestionario de estrés laboral (7). Si bien en términos estadísticos los hallazgos indican lo referido, desde la perspectiva clínica y laboral es indispensable considerar la magnitud del efecto de los estresores (trabajar horas extras, falta de oportunidades de promoción, equipamiento insuficiente o de pobre calidad entre otros) en ambos tipos de profesionales, por sus implicaciones en la salud laboral y el desempeño profesional, además, la estructura psicométrica del cuestionario de estrés laboral (JSS) sugiere poner énfasis en los resultados que arrojan el Índice de Estrés laboral, por ser una medida global del estrés laboral que experimenta un individuo (se trata de la combinación de la severidad más la frecuencia del estrés laboral que experimenta un individuo en su contexto de trabajo); el Índice de Presión laboral, por ser una medida específica del estrés atribuible a la presión del entorno laboral (se trata de la combinación de la severidad más la frecuencia de la presión laboral experimentada por un individuo atribuible a la presión procedente de su trabajo); y el Índice de falta de apoyo de la organización, por una medida del nivel de estrés laboral atribuible a la falta de apoyo de la organización (se trata de la combinación de la severidad más la frecuencia de la cantidad de estrés laboral atribuible a la falta de apoyo de la organización). Por esta razón, la discusión se centra en los hallazgos más relevantes en estos tres índices, aportando, entre paréntesis, la equivalencia de la media de las puntuaciones directas obtenidas en cada índice o subescala, para médicos/as y enfermeros/as, en percentiles, de acuerdo con su grupo normativo de comparación, y su relación con algunas variables sociodemográficas y de salud.

En primer lugar, en el índice de estrés laboral (Pc 85 vs Pc 65) se evidencia que los/as médicos/as puntúan más alto que los/as enfermeros/as. Exis-

ten diversas explicaciones a estas diferencias, como son tener mayor experiencia profesional, llevar más tiempo en el lugar de trabajo actual y contar con más personal bajo su dirección. A esto se suman las funciones y las responsabilidades asociadas a su cargo, que implican toma de decisiones, respuesta inmediata y gestión adecuada de los recursos en una situación compleja como la que ha generado la pandemia por la enfermedad COVID-19. También hay que considerar la edad media de este grupo y la carga añadida de responsabilidad de tener una familia y realizar menos actividad deportiva física, factores que pueden justificar que presenten más patologías físicas (especialmente, hipertensión y problemas respiratorios) y mentales (especialmente, ansiedad, depresión y trastornos del sueño) en el momento de la evaluación. En relación con un estudio realizado en una de las regiones italianas más afectadas, donde se mostraron que los trabajadores sanitarios de primera línea revelan niveles altos de síntomas depresivos debido a que se encuentran expuestos a situaciones de alto riesgo, que pueden hacer que se sienten inseguros en el trabajo, la implacable propagación del virus, la falta de descanso suficiente y la amenaza permanente de infectarse (21).

En segundo lugar, el índice de presión laboral (Pc 90 vs Pc 70) es coherente con los resultados expuestos anteriormente, al demostrar que los médicos/as perciben niveles de presión más altos. Las condiciones de trabajo impuestas por el Ministerio de Salud del Ecuador ante la emergencia sanitaria ha requerido un esfuerzo descomunal por parte del personal sanitario y una disponibilidad total: jornadas intensivas de trabajo, horas extras de trabajo, falta de recursos para atender satisfactoriamente la demanda laboral asociada a su función, escaso control de la carga laboral, imposibilidad de programar y distribuir adecuadamente el trabajo, dirigir grupos de trabajo en situaciones complejas, etc. (22). Estas circunstancias afectan considerablemente a ambos tipos de profesionales, pero en intensidad distinta. Sin embargo, tanto médicos/as como enfermeros/as reportan diversas alteraciones de salud que, en su opinión, están asociadas directamente al periodo de trabajo en el marco de la pandemia por COVID-19 y al estilo de vida que ha impuesto a la

sociedad ecuatoriana (especialmente, trastornos del sueño, cefaleas, ansiedad, depresión, irritabilidad y diversas manifestaciones psicosomáticas), desde marzo de 2020 hasta la fecha. En comparación con otro estudio donde los resultados presentaron una alta carga psicológica y prevalencia de síntomas de salud, una proporción considerable de participantes tenía síntomas de depresión, ansiedad, insomnio y angustia. Enfermeras, trabajadores de primera línea, y aquellos en Wuhan informaron haber experimentado niveles de síntomas más graves de depresión, ansiedad, insomnio y angustia; depresión grave entre médicos y enfermeras; ansiedad severa entre hombres y mujeres; insomnio severo entre los trabajadores de primera línea, frente a los de la segunda línea (23).

Finalmente, el Índice de Falta de apoyo de la organización (Pc 80 vs Pc 60) indica que los médicos/as perciben menos apoyo por parte de la organización que los/as enfermeros/as. En la línea de lo discutido anteriormente, es posible que estos profesionales hayan experimentado, en esta fase de pandemia por la enfermedad COVID-19, dificultades para acceder a sus superiores y compañeros de trabajo o ver satisfechas sus demandas por parte del Ministerio de Salud Pública. Este dato puede estar ligado a la carga laboral que asumen, en gran medida por la brecha en materia de profesionales sanitarios necesarios para atender las necesidades de la población, en una situación de normalidad, realidad que se potencia en una emergencia sanitaria (12). Esta relación entre estrés laboral y patologías físicas y mentales ha sido referida en otros estudios, donde se evidencia que los niveles elevados de estrés, presión laboral y falta de apoyo se relacionan con el agotamiento físico y mental en el personal de salud (24-28).

Los hallazgos del presente estudio confirman la incipiente información que se tiene en esta materia durante la pandemia por la enfermedad COVID-19, particularmente en nuestro país, a la vez que fomentan una vía de investigación crucial para la gestión de talento humano del Sistema Nacional de Salud, que se ve obligado a tomar medidas necesarias para evitar el deterioro físico y mental innecesario del personal sanitario, res-

ponsable de la atención directa al usuario. Esto requiere la revisión y atención inmediata de las necesidades en materia de infraestructura, de personal, de equipos y de insumos, junto con la aplicación de una estrategia inteligente de gestión del talento humano, que repercutirá favorablemente en la productividad a corto, mediano y largo plazos del personal y en los indicadores de eficiencia y eficacia de la organización y, particularmente, de satisfacción del usuario.

La principal fortaleza de este estudio radica en que es la primera vez, que se lleva a cabo un análisis del nivel de estrés en profesionales sanitarios del Sistema Nacional de Salud (médicos/as y enfermeros/as), que han brindado, desde que se inició la emergencia sanitaria por la enfermedad COVID-19, atención personalizada al usuario. Sin embargo, se presentan como limitaciones evidentes el tamaño de muestra y la falta de inclusión de otros profesionales de la salud, como psicólogos, obstetras, odontólogos/as y tecnólogos/as médicos/as, en cuanto al primer nivel de atención en salud.

V. CONCLUSIONES

Ante la emergencia sanitaria por la enfermedad COVID-19, el personal sanitario evaluado, médicos/as y enfermeros/as se encuentran expuestos a situaciones que repercuten de manera negativa en la salud física y mental. Los/as médicos/as presentan puntuaciones más elevadas de niveles de estrés y clínicamente significativas que los/as enfermeros/as en los nueve parámetros que mide el cuestionario de estrés laboral: índice de estrés laboral, severidad del estrés laboral, frecuencia del estrés laboral, índice de presión laboral, severidad de la presión laboral, frecuencia de la presión laboral, índice de falta de apoyo de la organización, severidad de la falta de apoyo de la organización y frecuencia de la falta de apoyo de la organización, así como también, en algunas escalas dependiendo de los grupos de edad de los participantes en el estudio, siendo los que tienen una edad mayor a 30 años los que presentan mayor estrés laboral según la escala utilizada. Para dar un impulso significativo a esta línea de investigación, futuros estudios deberán, subsanar estas limitaciones e incluir un conjunto más am-

plio de variables que pueden estar relacionadas, directa e indirectamente, con el estrés laboral del profesional sanitario, dentro y fuera de su entorno laboral.

Referencias

1. Rodríguez D. Consecuencias del síndrome de burnout en el trabajo y estrategias de prevención de riesgos para la seguridad y salud laboral. *Noticias*. 2020; 3(5).
2. Chambel M, Peiró J. Do values related to job control matter in predicting well-being at work? *Revista de psicología de la salud*. 2005; 17: p. 67-81.
3. Eller N, Netterstrøm B, Gyntelberg F, Kristensen T, Nielsen F, Steptoe A, et al. Work-related psychosocial factors and the development of ischemic heart disease: a systematic review. *Cardiology in review*. 2009; 17: p. 83-97.
4. Gil-Monte P. Situación actual y perspectiva de futuro en el estudio del estrés laboral: la Psicología de la salud ocupacional. Unidad de Investigación Psicosocial de la Conducta Organizacional (UNIPSIPO). *Información Psicológica*. 2010;: p. 63-86.
5. Karasek R, Brisson C, Kawakami N, Houtman I, Bongers P, Amick B. The Job Content Questionnaire (JCQ): an instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics. *Journal of occupational health psychology*. 1998; 3(322).
6. Hurrell J, McLaney A. Exposure to job stress: A new psychometric instrument. *Scandinavian Journal of Work, environment & Health*. 1988; 14: p. 27-28.
7. Catalina C. Cuestionario de estrés laboral. Adaptación española del Job Stress Survey (Spielberger y Vagg, 1991). Madrid: Tea Ediciones. 2010.
8. Spielberger C, Vagg P. Job Stress Survey (JSS). Professional manual. Odesa, Florida;: 1991.
9. Pérez J. ¿Qué es el estrés laboral y como medirlo? *Salud Uninorte*. 2019; 35: p. 156-185.
10. Collin-Orellana A, Vásquez-Cassinelli J, Duque-Córdova L, Espinoza-Samaniego C, Arias-Ulloa C, Escobar-Segovia K. Improvement in service quality by analyzing the relationship between psychosocial risks and labor engagement in a vertical transport equipment maintenance company. In 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education Caribbean Conference for Engineering and Technology: "Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development" LACCEI; 2020; Buenos Aires.
11. Mamani-Encalada A, Obando-Zegarra R, Uribe-Malca A, Vivanco-Tello M. Factores que desencadenan el estrés y sus consecuencias en el desempeño laboral en emergencia, 3. *Revista Peruana de Obstetricia y Enfermería*. 2007; 3.
12. Fernandes M, Alencar-Ribeiro A. Salud mental y estrés ocupacional en trabajadores de la salud a la primera línea de la pandemia de COVID-19. *Revista Cuidarte*. 2020;: p. 12-22.
13. Dongil-Collado E. Pautas para detectar el estrés laboral. *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*. Universidad Católica de Valencia. 2009; 56(48).
14. Patlan J. ¿Qué es el estrés laboral y cómo medirlo? *Revista Salud Uninorte*. 2019;: p. 156-184.
15. Castillo S. El Síndrome de "Burn Out" o Síndrome de Agotamiento Profesional. *Med. leg. Costa Rica*. 2001; 17(2): p. 11-14.
16. Castillo G, Rosas L, Cajías L, Escobar-Segovia K. Identificación del Síndrome de Burnout en personal médico del área de emergencias en un hospital de segundo nivel en Machala-Ecuador. *Revista Ciencia y Salud Virtual*. 2019; 2: p. 79-89.
17. Badahdah A, Khamis F, Al-Mahyijari N, Al-Balushi M, Al-Hatmi H, Al-Salmi I, et al. The mental health of health care workers in Oman during the COVID-19 pandemic. *The International Journal of Social Psychiatry*. 2020.
18. Ybaseta-Medina J, Becerra-Canales B. El personal de salud en la pandemia por COVID-19. *Revista Médica Panacea*. 2020;: p. 72-73.
19. Salopek-Žiha D, Hlavati M, Gvozdanović Z, Gašić M, Placento H, Jakić H, et al. Differences in

distress and coping with the COVID-19 stressor in nurses and physicians. *Psychiatria Danubina*. 2020; 32(2): p. 287-293.

20. IBM Corp. IBM SPSS Statistics for Windows (version 22.0). 2013..

21. Di Tella M, Romeo A, Benfante A, Castelli L. Salud mental de los trabajadores de la salud durante la pandemia de COVID-19 en Italia. *Revista de evaluación en la práctica clínica*. 2020; 26(6): p. 1583-1587.

22. Xu H, Johnston A, Greenslade J, Wallis M, Elder E, Abraham L, et al. Stressors and coping strategies of emergency department nurses and doctors: A cross-sectional study. *Australasian emergency care*. 2019;; p. 180-186.

23. Lai J, Ma S, Wang Y, Cai Z, Hu J, Wei N, et al. Factors associated with mental health outcomes among health care workers exposed to coronavirus disease 2019. *JAMA network open*. 2020; 3(3).

24. Basu S, Qayyum H, Mason S. Occupational stress in the ED: a systematic literature review. *Emergency medicine journal: EMJ*. 2017;; p. 44-47.

25. Espinoza-Guerra E, Quimí-Espinosa J, Escobar-Segovia K, Camacho-Polo I. Riesgos psicosociales y satisfacción laboral en empresas que prestan servicios de salud ocupacional: un estudio en la ciudad de Guayaquil. *Revista Psicología UNEMI*. 2020; 7: p. 21-39.

26. Gómez-Salgado J, Andrés-Villas M, Domínguez-Salas S, Díaz-Milanés S, Ruiz-Frutos C. Related Health Factors of Psychological Distress During the COVID-19 Pandemic in Spain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(3947).

27. García-Iglesias J, Gómez-Salgado J, Martín-Pereira J, Fagundo-Rivera J, Ayuso-Murillo D, Martínez-Riera J, et al. Impacto del SARS-CoV-2 (Covid-19) en la salud mental de los profesionales sanitarios: una revisión sistemática. *Revista española de salud pública*. 2020 julio; 94.

28. Gómez-Salgado J, Domínguez-Salas S, Romero-Martín M, Ortega-Moreno M, García-Iglesias J, Ruiz-Frutos C. Sense of coherence and psychological distress among healthcare workers during the COVID-19 pandemic in Spain. *Sustainability (Switzerland)*. 2020 September; 12(17).

APLICACIÓN DEL ALGORITMO K-MEDOID PARA LA SEGMENTACIÓN DE LOS ALUMNOS INGRESANTES DE UNA UNIVERSIDAD.

Application of the k-medoid algorithm for the segmentation of entering students at a university.

Ledvir Ayrton Walter Chavez Valderrama* , Jesús Walter Salinas Flores 

Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Economía y Planificación, Departamento de Estadística e Informática, Lima, Perú.

*lchavezvalderrama@gmail.com

Resumen

Actualmente, en el área de educación superior se ha vuelto indispensable la gestión de los datos para la toma de decisiones académicas y la mejora de los procesos educativos, para ello la analítica y estadística han sido llevados al ámbito tecnológico, donde prima la automatización de procesos y la gestión de grandes bases de datos a través de algoritmos de Machine Learning, uno de los más utilizados son los algoritmos clustering, cuyo propósito es agrupar datos por similitud. El presente estudio tuvo como objetivo encontrar tipos de estudiantes universitarios respecto a sus variables sociodemográficas, económicas y de rendimiento académico, utilizando el algoritmo K-medoid en datos de alumnos ingresantes a la Universidad Nacional Agraria La Molina de Lima, Perú. Se pudo determinar que los ingresantes en estudio se pueden segmentar en 3 grupos, cada uno con características propias, lo que permitirá impulsar cambios a favor de la calidad educativa y promover la renovación de los espacios de enseñanza de manera personalizada en torno al tipo de estudiante que la universidad gestiona.

Palabras Claves: Perfil del ingresante, algoritmos de agrupamiento, segmentación, K-medoid.

Abstract

Currently, in the area within higher education, data management has become essential for academic decision making and the improvement of educational processes. Analytics and statistics have been taken to the technological field, where the processes automation and the large databases management through Machine Learning algorithms are the most used, among which are the clustering algorithms, whose purpose is to group data by similarity. The objective of this study was to find types of university students with respect to their sociodemographic, economic and academic performance variables, using the K-medoid algorithm on data of students entering the Universidad Nacional Agraria La Molina in Lima, Peru. It was determined that the students under study can be segmented into 3 groups, each with its own characteristics, which will make it possible to promote changes in favor of educational quality and promote the renovation of teaching spaces in a personalized way around the type of student that the university manages.

Keywords: Admitted student profile, clustering algorithms, segmentation, K-medoid.

Fecha de recepción: 03-01-2021 Fecha de aceptación: 09-03-2021 Fecha de publicación: 31-05-2021

I. INTRODUCCIÓN

La preocupación de la comunidad educativa y los responsables de las políticas educativas en las ins-

tituciones de educación superiores gira en torno a mejorar la eficiencia académica y del entorno educativo, buscando prevenir problemas como la deserción universitaria que en el Perú anualmente puede

alcanzar el 30% de la cantidad de alumnos ingresantes (7), universitarios que por distintas razones como: problemas económicos, falta de vocación en la carrera profesional, falta de apoyo por parte de la universidad y plana universitaria (profesores/orientadores), expectativas defraudadas en la formación y bajo rendimiento académico dejan sus estudios superiores; para ello, es de suma importancia conocer al estudiante que se gestiona desde su inicio en la vida universitaria; conocer sus fortalezas y debilidades, ello permitirá al docente evaluar y proponer las mejores prácticas y metodologías que requieran sus estudiantes.

El objetivo principal de la investigación es lograr identificar cuáles son los distintos grupos de estudiantes que ingresan a una universidad. Se busca adicionalmente caracterizar cada uno de estos grupos y entender sus peculiaridades, conocimientos que promueven la sinergia de esfuerzos entre estudiante – docente, para que este último tenga información del tipo de ingresante que gestiona y con

ello diseñe estrategias y renueve sus espacios de enseñanza de manera personalizada, aprovechando toda información del ámbito de la enseñanza (8).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada con los datos de los alumnos ingresantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en Lima, Perú durante los semestres 2015-I y 2015-II, los datos fueron obtenidos a partir de la vinculación entre las bases de datos de la Oficina de Estudios y Registros Académicos, del Centro de Admisión y Promoción y la Oficina de Bienestar Universitario y Asuntos Estudiantiles.

La población investigada fueron todos los alumnos ingresantes de la UNALM de las modalidades: Concurso Ordinario y Dos Primeros Puestos de Colegios de Educación Secundaria, con un total de 690 estudiantes. Las variables identificadas en la aplicación de ambas técnicas se muestran en la Tabla 1.

Variable	Descripción
VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS	Tiempo transcurrido desde que terminó el 5to año de secundario e ingresó a la universidad, Edad del ingresante al momento del examen de admisión, Ubicación del colegio donde cursó el 5to año de secundaria (Lima o Provincia), Sexo del ingresante
VARIABLES SOCIOEDUCATIVAS	Tipo de institución de procedencia (Privada o Pública)
VARIABLES SOCIOECONÓMICAS	Aporte semestral asignado al ingresante
VARIABLES DE RENDIMIENTO EN LAS ÁREAS DEL CONOCIMIENTO EN LA SECUNDARIA	Nota obtenida en el 5to año de secundaria en el área de Ciencia tecnología y Ambiente, en el área de Comunicación, en el área de Matemática, Nota promedio del último año de estudios
VARIABLES DE RENDIMIENTO EN EL EXAMEN DE ADMISIÓN	Nota obtenida en los cursos de RM, RV, Matemática, Física, Química y Biología en el examen de admisión. Nota general obtenida en el examen de admisión. Si el alumno pertenece o no al tercio superior en la especialidad a la que ingresó.
VARIABLES DE ELECCIÓN EN EL INGRESO A UNA CARRERA	Modalidad de ingreso a la universidad. Carrera a la que ingresó. Orden de elección que tuvo la carrera a la cual ingresó (1º, 2º o 3º opción)

Tabla 1. Determinar el número de clusters con el índice de Dunn

El tipo de investigación fue de carácter descriptivo, se identificó los grupos de ingresantes de la UNALM a través de la descripción de sus variables. El diseño de la investigación fue de carácter no experimental-transversal, ya que se contó con datos de los estudiantes que se recolectaron de diferentes fuentes. Para identificar los grupos se utilizó un algoritmo clustering que es un método exploratorio multivariado iterativo no supervisado (22, 23, 26) que describe el comportamiento de los objetos en grupos en la fase exploratoria de su investigación, ya que el resultado es exclusivo de los objetos incluidos en el análisis (27) de modo que el analista no asigna las clases previamente, es utilizado en varias áreas desde la década de 1960 (10, 24). El clustering

clasifica los objetos, asignándolos en grupos internamente homogéneos, pero también heterogéneos entre ellos (4, 9, 17). Uno de los algoritmos clustering más utilizados y conocidos es el K-means (6, 15), técnica que distribuye los objetos a través del sistema de particiones en un número k de clusters previamente definido por el investigador (19, 13), sin embargo, este enfoque, tiene un inconveniente frente a la presencia de elementos con outliers (2, 12, 18) que pueden tener un efecto extremo en el análisis y provocar un agrupamiento inadecuado (3, 14, 20).

Frente a ello, se han desarrollado algoritmos más apropiados para lidiar con los valores atípicos (21).

Un algoritmo más robusto a los outliers y al ruido, que ocurren en un ambiente real sin control es el algoritmo K-medoid (5), el cual se basa en similitud (1). En lugar de utilizar la media convencional, se utiliza medoids para representar los clusters (16).

El medoid es un elemento del conjunto de datos y es el más centralizado del conjunto de datos. El algoritmo K-medoids inicia con la selección aleatoria de k elementos de datos como centros iniciales para representar los k clusters, los elementos restantes se incluyen en el grupo que tiene el medoid más cercano a ellos y posteriormente se determina un nuevo centro que puede representar mejor al grupo. En cada iteración, todos los elementos distintos a los centros se asignan nuevamente a los clusters que tienen el medoid más cercano, provocando que los medoids alteren su ubicación.

El algoritmo minimiza la suma de las distancias entre cada elemento de datos y su correspondiente medoid, este ciclo se repite hasta que ningún medoid cambie su colocación, esto marca el final del proceso y se tienen los clusters finales. La ubicación de cada centro puede cambiar en cada una de las $\frac{n!}{k!(n-k)!}$ iteraciones, así se encuentran los k clusters que representan n objetos de datos; el algoritmo fue diseñado para no depender del orden de las observaciones o una semilla inicial, debido a que prueba todas las posibles combinaciones, por lo que siempre converge en la misma solución.

Para evaluar cuán diferente son dos observaciones de tipo mixto X e Y con m atributos, donde se tiene p atributos numéricos y $m-p$ atributos categóricos, el algoritmo calcula la disimilitud (11), como:

$$d(X, Y) = \sum_{j=1}^p (x_j - y_j)^2 + \gamma \sum_{j=p+1}^m \delta(x_j, y_j) \quad (1)$$

donde el primer término es la medida de distancia euclidiana al cuadrado en los atributos numéricos y el segundo es la medida de disimilitud de coincidencia simple en los atributos categóricos, siendo $\delta(x_j, y_j)=0$ para $x_j=y_j$ y $\delta(x_j, y_j)=1$ para $x_j \neq y_j$, γ es un peso para atributos categóricos, introducido para evitar favorecer cualquier tipo de atributo. Un cálculo estimado de γ es de la siguiente manera:

$$\gamma = \frac{\text{Promedio (Varianza o desviación estándar de las variables numéricas)}}{\text{Promedio (Heurística para variables categóricas)}} \quad (2)$$

donde la heurística para variables categóricas se calcula como: $1 - \sum_{j=p+1}^m p_j^2$ o $1 - \max(p_j)$ con $j = p+1, \dots, m$; siendo p_j la proporción de la categoría j en la variable cualitativa. La solución para encontrar el mejor algoritmo clustering y el número óptimo de conglomerados k se llama generalmente validez del cluster. Para esta investigación, se utilizó el Índice de validación de Dunn (25), cuyo objetivo es identificar un conjunto de clusters que sean compactos, con una varianza pequeña entre los miembros del cluster, y que éstos estén bien separados de los miembros de otros clusters. Un valor más alto del índice de Dunn indica un mejor rendimiento del algoritmo de clustering, tiene un valor entre cero e infinito.

III. RESULTADOS

Para aplicar el algoritmo K-medoid es necesario conocer a priori el número de clusters k a formarse. En este caso, se utilizó el índice de validación interna de Dunn, calculándolo de manera iterativa cambiando el número de cluster y el valor de semilla inicial, el valor de k seleccionado fue aquel que permitió obtener el índice de Dunn más alto.

N° Cluster											
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.1	0.16	0.13	0.13	0.1	0.15	0.11	0.11	0.11	0.08	0.08	0.08

Tabla 2. Determinar el número de clusters con el índice de Dunn

Se observa en el Tabla 2 que al aplicar el algoritmo K-medoid los valores del índice de validación interna de Dunn óptimos fue 0.16 por lo que el número clusters óptimo es $k=3$.

Analizando los resultados obtenidos, se realizó

la Tabla 3 de resumen general para caracterizar cada uno de los grupos de ingresantes 2015 de la UNALM. Asimismo, se obtuvo que el 36% de los ingresantes pertenecen al cluster 1, el 42% al cluster 2 y el 22% al cluster 3.

Denominación	Cluster1	Cluster2	Cluster3
Años colegio admisión	↓	→	↑
Edad admisión	↓	→	↑
Aporte Semestral	↑	→	↓
CTA_Colegio	→	↑	↓
COM_Colegio	→	↑	↓
MAT_Colegio	→	↑	→
Nota_Colegio	→	↑	↓
RM_Admisión	↑	→	↓
RV_Admisión	↑	→	↓
MAT_Admisión	↑	↓	→
FIS_Admisión	↑	↓	→
QUI_Admisión	↑	↓	→
BIO_Admisión	↑	↓	→
Nota Admisión	↑	↓	→
Dept_Colegio	Lima y provincia	Lima y provincia	Lima
Sexo	Masculino	Femenino	Masculino
Tipo_Colegio	Pública	Privada y Pública	Pública
Tercio Superior Esp	Si	No	No
Modalidad	Concurso Ordinario	Concurso Ordinario y Dos Primeros Puestos de Colegios de Educación	Concurso Ordinario
Elección_Esp_Ingreso	Primera	Segunda o Tercera	Segunda o Tercera

Tabla 3. Resumen general de los segmentos formados

Se observó que el cluster con mayor porcentaje de alumnos ingresantes fue el 2 con 42%, dado los re-

sultados obtenidos los ingresantes se clasificaron en:

Cluster	Características
1 Ingresante previsto	Se caracterizan por evidenciar conocimientos previstos o esperados al ingresar a la universidad, ya que en su mayoría mostraron tener un alto rendimiento en el examen de admisión con desempeño académico medio en el colegio, en su mayoría ocuparon el tercio superior en su carrera e ingresaron a la especialidad que eligieron su primera opción, se les fue asignado un aporte semestral mayor al promedio dada su situación socioeconómica.
2 Ingresante en proceso	Se caracterizan por estar en camino a lograr conocimientos previstos o esperados al ingresar a la universidad por lo cual requieren acompañamiento durante un tiempo razonable para alcanzarlo, en su mayoría mostraron tener un desempeño académico muy bueno en el colegio pero no suficiente para afrontar el examen de admisión ya que alcanzaron un rendimiento entre regular y bajo en este, en su mayoría no ocuparon el tercio superior en su carrera e ingresaron a la especialidad que eligieron como su segunda o tercera opción, se les fue asignado un aporte semestral igual al promedio dada su situación socioeconómica.
3 Ingresante en inicio	Se caracterizan por estar empezando a desarrollar conocimientos previstos o esperados al ingresar a la universidad por lo cual necesita mayor tiempo de acompañamiento e intervención del consejero de acuerdo con su ritmo y estilo de aprendizaje para alcanzarlo, en su mayoría mostraron tener un desempeño académico malo en el colegio y alcanzaron un rendimiento entre regular y bajo en el examen de admisión, en su mayoría no ocuparon el tercio superior en su carrera e ingresaron a la especialidad que eligieron como su segunda o tercera opción, se les fue asignado un aporte semestral menor al promedio dada su situación socioeconómica.

Tabla 4. Características de cada segmento

Con el fin de validar los resultados obtenidos de la segmentación se cruzó esta información con el promedio ponderado acumulado de los alumnos que obtuvieron al término de su primer año de estudios superiores, ya que en este periodo los universitarios

llevan cursos generales que buscan reforzar sus conocimientos adquiridos antes de ingresar a la universidad. Para el análisis se clasificó el promedio ponderado acumulado como: EXCELENTE: notas ente 16.5 y 20, BUENO: notas entre 12,5 y 16.5,

REGULAR: notas entre 10,5 y 12.5 o MALO: notas entre 0 y 10.5. Se observó que más de la mitad de los ingresantes que tuvieron un promedio ponderado acumulado en su primer año de estudios EXCELENTE se encuentran en el cluster 1, los alumnos BUENOS y REGULARES se encuentran en su mayoría en el cluster 2, mientras que los alumnos MALOS se encuentran agrupados en el cluster 3. Validando así lo mencionado anteriormente.

Todo esto permite entender que los clusters 2 y 3, son los perfiles de ingresantes que deben ser atendidos con prioridad por autoridades pertinentes dentro de la institución, a través de diversas estrategias educativas, apoyo económico y orientación con el fin de que a futuro no tengan bajo rendimiento académico, retraso en sus estudios, dilatación del tiempo de estudio, deserción, entre otros.

V. CONCLUSIONES

Al aplicar el algoritmo de clustering K-medoid, es

posible agrupar a los ingresantes de una universidad pública respecto a sus variables socioeconómicas, demográficas y de rendimiento educativo, se pudo identificar 3 tipos de ingresantes cada uno con características diferentes, se denominaron:

Ingresante previsto, Ingresante en proceso e Ingresante en inicio; este último dado sus características necesita mayor tiempo de acompañamiento e intervención del consejero de acuerdo con su ritmo y estilo de aprendizaje frente a los otros segmentos, por otro lado el Ingresante previsto puede ser considerado el grupo de ingresantes con mejores características para la universidad.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al personal de la Universidad Nacional Agraria La Molina por las facilidades brindadas en la recopilación de la información de las bases de datos de cada oficina.

R eferencias

1. Arora P, Virmani D, Varshney S. Analysis of K-Means and K-Medoids Algorithm for Big Data. *Procedia Computer Science*. 2016; 78: 507-512. Disponible en: <https://bit.ly/2s5X9xy>.
2. Adams J, Hayunga D, Mansi S, Reeb D, Verardi V. Identifying and treating outliers in finance. *Financial Management*. 2019; 48(2): 345-384. Disponible en: <https://cutt.ly/9hawFSN>.
3. Acock A. *A gentle introduction to Stata*. 4th ed. College Station: Stata Press. 2014
4. Aggarwal C. An introduction to cluster analysis. In C. Aggarwal, C. Reddy (Eds.). *Data clustering: Algorithms and applications* (pp. 1-28). New York: CRC Press. 2014.
5. Bhat A. K-medoids clustering using partitioning around medoids for performing face recognition. *International Journal of Soft computing, Mathematics and Control*. 2014; 3(3): 1-12. Disponible en: <https://cutt.ly/Hharh0H>.
6. Boehmke B, Greenwell B. K-means Clustering. In *Hands-On Machine Learning with R* (pp. 399-416). 1st ed. New York: CRC Press. 2014. Disponible en: <https://cutt.ly/KhaqBcJ>.
7. Castro M. Factor principal que determina la deserción de los estudiantes del primer y segundo ciclo de una universidad privada de lima - campus lima centro, durante el periodo 2018 I - II [Tesis de maestría]. Perú: Universidad Tecnológica del Perú; 2019. Disponible en: <https://n9.cl/157s>.
8. Eckert K, Suénaga R. Aplicación de técnicas de Minería de datos al análisis de situación y comportamiento académico de alumnos de la UGD. In *XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*. Argentina. 2013. Disponible en: <https://bit.ly/2Q5vppC>.
9. Everitt B, Hothorn, T. Cluster analysis. In B. Everitt, T. Hothorn, *An Introduction to Applied Multivariate Analysis with R* (pp. 163-200). 1st ed. New York: CRC Press. 2011.
10. Fávero L, Belfiore P. Análise de agrupamentos. In *Manual de análise de dados: Estatística e modelagem multivariada com Excel, SPSS e Stata* (pp. 309-378). 1st ed. São Paulo: GEN. 2017.
11. Huang Z. Extensions to the k-Means Algorithm for Clustering Large Data Sets with Categorical Values. *Data Mining and Knowledge Discovery*. 1998; 2: 283 - 304. Disponible en: <https://bit.ly/2FMUgoH>.
12. Hair J, Black W, Babin B, Anderson R. *Multivariate data analysis*. 8th ed. Ireland: Cengage Learning EMEA. 2018
13. Hartigan J, Wong M. Algorithm AS 136: A K-means clustering algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society*. 1979; 28(1): 100-108. Disponible en: <https://bit.ly/30jLpV1>.

14. Irizarry R, Love M. Data analysis for the life sciences with R. 1st ed. United Kingdom: Chapman and Hall/CRC. 2016.
15. Janssen A, Wan P. K-means clustering of extremes. *Electronic Journal of Statistics*. 2020; 14(1): 1211–1233. Disponible en: <https://cutt.ly/ihaupE6>.
16. Kaufman L, Rousseeuw P. Partitioning around medoids (Program PAM). In *Finding groups in data: An introduction to cluster analysis* (pp. 68–125). 1st ed. New York: Wiley-Interscience. 1990.
17. Ketchen D, Shook C. The application of cluster analysis in strategic management research: An analysis and critique. *Strategic Management Journal*. 1996; 17(6): 441–458. Disponible en: <https://cutt.ly/Whaq1Kh>.
18. Loperfido N. Kurtosis-based projection pursuit for outlier detection in financial time series. *The European Journal of Finance*. 2020; 26(2–3): 142–164. Disponible en: <https://cutt.ly/dhaq0Oc>.
19. MacQueen J. Some methods for classification and análisis of multivariate observations. *Proceedings of the Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*. 1967; 1: 281–297. Disponible en: <https://cutt.ly/YhaubYD>.
20. Malhotra N. *Marketing research: An applied orientation*. 7th ed. New York: Pearson. 2018.
21. Pandey P, Singh I. Comparison between K-mean clustering and improved K-mean clustering. *International Journal of Computer Applications*. 2016; 146(13): 39–42. Disponible en: <https://cutt.ly/Shaq3uw>.
22. Rai P, Singh S. A Survey of Clustering Techniques. *International Journal of Computer Applications*. 2010; 7(12): 1-5. Disponible en: <https://cutt.ly/OhauJpX>.
23. Raulji G. A Review on Fuzzy C-Mean Clustering Algorithm. *International Journal of Modern Trends in Engineering and Research*. 2014; 2(2): 751-754. Disponible en: <https://bit.ly/2FSxewM>.
24. Scoltock J. A survey of the literature of cluster analysis. *The Computer Journal*. 1982; 25(1), 130–134. Disponible en: <https://cutt.ly/Ghaq8Rg>.
25. Vallejo D. *Clustering de documentos con restricciones de tamaño [Tesis de maestría]*. España: Universidad Politécnica de Valencia; 2015. Disponible en: <https://n9.cl/r2mjx>.
26. Velmurugan T, Santhanam T. A comparative analysis between K-medoids and fuzzy C-means clustering algorithms for statistically distributed data points. *Journal of Theoretical and Applied Information Technol*. 2011; 27: 19-29. Disponible en: <https://bit.ly/3867V6o>.
27. Wang W, Zhang Y. On fuzzy cluster validity indices. *Fuzzy Sets and Systems*. 2007; 158(19): 2095-2117. Disponible en: <https://cutt.ly/DhaifXB>.

CÁLCULO EN LA DOSIFICACIÓN DE DULCAMARA KALANCHOE GASTONIS BONNIERI SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN POLLOS EN MORONA SANTIAGO, ECUADOR.

Calculation of dulcamara kalanchoe gastonis bonnieri dosage on broiler production parameters in Morona Santiago, Ecuador.

¹Víctor Huebla Concha , ¹José-Hernán Negrete* , ¹Santiago-Nathanael Toapanta , ²Luis-Alfonso Condo , ³Erenkan Lucero Wamputsrik 

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Ingeniería en Zootecnia, Macas, Ecuador.

²Universidad Regional Amazónica IKIAM, Facultad Socioambiental, Ingeniería en Biocomercio, Tena, Ecuador.

³Investigador Independiente, Macas, Ecuador.

*jose.negrete@espoch.edu.ec

Resumen

En la provincia de Morona Santiago, se utilizó 4%, 8% y 12 % de extracto de Dulcamara Kalanchoe gastonis bonnieri en el agua de bebida en pollos broilers de la línea COBB 500 durante la etapa de crecimiento y engorde con el objetivo de reducir su morbilidad y mortalidad frente a un tratamiento de control para reducir costos de producción. El diseño de la investigación fue experimental, cuantitativa, analítica. En 100 aves de un día de edad se aplicó un diseño al azar con 4 tratamientos, cada uno de ellos con 5 repeticiones bajo condiciones controladas; para el análisis de información se utilizó el Análisis de Varianza, y el método Tukey. Estadísticamente no se registraron diferencias significativas; pero con el extracto de dulcamara al 4% se obtuvo un peso final de 2.690,88 g; 2.646,92 g de peso ganado y 1,97 de conversión alimenticia sin presentar mortalidad y morbilidad a excepción del tratamiento de control. Al emplear el extracto de Dulcamara también se registró un beneficio/costo de 1,39 dólares al disminuir costos de producción y generar mayor rentabilidad. Se concluye que es recomendable utilizar extracto de Dulcamara al 4% como una opción en la producción de pollos broilers.

Palabras claves: Kalanchoe gastonis bonnieri, dulcamara, salud animal, pollos de engorde.

Abstract

In Morona Santiago province, 4%, 8% and 12% extract of Dulcamara Kalanchoe gastonis bonnieri was used in drinking water in broiler chickens of the COBB 500 line during the growth and fattening stage in order to reduce their morbidity and mortality compared to a control treatment to reduce production costs. The research design was experimental, quantitative, analytical. A random design with 4 treatments was applied to 100 one-day-old birds, each with 5 repetitions under controlled conditions; Analysis of Variance and the Tukey method were used for information analysis. Statistically there were no significant differences; but with the 4% dulcamara extract a final weight of 2,690.88 g was obtained; 2,646.92 g of weight gained and 1.97 of feed conversion without presenting mortality and morbidity except for the control treatment. The use of Dulcamara extract also resulted in a cost/benefit of US\$1.39 by reducing production costs and generating higher profitability. It is concluded that it is advisable to use Dulcamara extract at 4% as an option in broiler production.

Keywords: Kalanchoe gastonis bonnieri, dulcamara, animal health, broilers.

I. INTRODUCCIÓN

La utilización de la Dulcamara para tratamiento o mejoramiento de especies animales ha generado importantes investigaciones internacionales, tal es el caso del estudio denominado “Efficacy of a *Kalanchoe gastonis-bonnieri* extract to control bacterial biofilms and dental calculus in dogs” en donde se estableció la eficacia de la Dulcamara como agente antimicrobiano contra las bacterias de la cavidad oral canina. Otro estudio importante a nivel nacional es el titulado “Evaluación de la dulcamara (*Kalanchoe gastonis bonnieri*) en la etapa de crecimiento y engorde en pollos broiler en el barrio Santán del cantón Latacunga” que evaluó la adición de extracto de Dulcamara en agua de bebida para pollos broiler determinando así su eficacia y beneficios.

La demanda en el consumo de pollos en Morona Santiago ha venido creciendo significativamente por lo que la actividad de crianza de pollos broilers o de engorde resulta rentable siempre que se cuente con tiempos menores en la producción, así como carne de calidad y precios competitivos en el mercado.

Para desarrollar esta actividad, usualmente se hace uso de antibióticos, mismos que producen resistencia bacteriana, factor que conlleva un problema para la alimentación de quienes consumen la carne y a su vez encarece el costo de producción en la crianza de pollos.

La *Kalanchoe gastonis-bonnieri* se trata de una planta originaria de Madagascar – África, introducida al Ecuador y conocida en la amazonía ecuatoriana como Dulcamara; es utilizada por los nativos como medicina natural. Esta planta contiene alcaloides, triterpenos, glucósidos, flavonoides, esteroides y lípidos, su extracto contiene un grupo de productos químicos llamados bufadienolides, que por su actividad resultan muy apetecidos en la industria de la medicina.

El nombre de Dulcamara se deriva del latín «Dulcamare» que significa agridulce, contiene alcaloides, triterpenos, glucósidos, flavonoides, además de bufadienolides; la investigación denominada “Respuesta del cultivo de dulcamara (*Kalanchoe gastonis bonnieri*) a la aplicación edáfica complementaria con tres tipos de bioestimulantes” realizada en Cumbayá provincia de Pichincha, se determina que este vegetal tiene

un efecto antibacteriano, preventivo antitumores de cáncer (1).

El extracto de *Kalanchoe gastonis bonnieri* o KGB según lo nominado por Beltrán et al. 2003 (2), fue útil para controlar la microbiota oral de los perros por lo que se determina que podría estar relacionada con la actividad antibacteriana (3). La KGB, es una especie utilizada por las etnias como medicina natural de la familia Crassulaceae, en la medicina latinoamericana es utilizada como anticonceptivo, así como en el tratamiento de infecciones genitales-urinarias y vaginales (4). Entre las muchas propiedades de la KGB están las antioxidantes, inmunomoduladoras y vasodilatadoras, que de acuerdo a lo que menciona la Administración Federal de Drogas y Medicinas de Estados Unidos (FDA), resultan ser prometedoras para controlar algunos tipos de cáncer, tumores, leucemia, lupus, miomas, complicaciones pulmonares y renales, diabetes, bronquitis, úlceras, quemaduras y problemas cutáneos. (5)

La avicultura es una actividad económica importante para la provincia de Morona Santiago, por lo que los productores se ven obligados a mantener estándares altos de productividad. Por esta razón en este estudio se incorporó Dulcamara en las dietas de pollos como un tratamiento antibiótico diferente al tradicional.

Considerando que las propiedades medicinales de la Dulcamara han sido utilizadas para contrarrestar enfermedades presentes en humanos, esta investigación consideró disminuir los índices de morbilidad y mortalidad en pollos de engorde frente a un tratamiento de control para que de esta manera se reduzcan los costos de producción, generando una alternativa de mejoría en la calidad de carne.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en el cantón Santiago (2°43'01.2"S 78°19'03.4"W), provincia de Morona Santiago, Ecuador. El diseño de la investigación fue experimental, analítico y cuantitativo; la dosificación de KGB utilizada fue del 4%, 8% y 12 % frente a un tratamiento de control, el propósito fue establecer calcular el beneficio costo en la producción de pollos Broilers de la línea Cobb 500, así como establecer su nivel de

productividad sanitaria adecuada.

Para el estudio experimental se trabajó con un galpón con 20 divisiones en donde se distribuyeron equitativamente a 100 pollos de un día de edad (línea Cobb 500) de un día de edad. El peso inicial promedio de los pollos era de 43,48 g, a quienes se les aplicó de forma aleatoria cuatro tratamientos y cinco repeticiones.

Las unidades experimentales contenían 5 pollos tiernos que en total por cada tratamiento sumaban 25 pollos. El fin de esto fue el de comprobar el efecto de la KGB sobre la mortalidad y morbilidad de los pollos. La ecuación utilizada para el cálculo de la muestra fue $n=pq/e^2$, donde n : (100) es la muestra, p (0,5) la probabilidad de éxito, q (0,5) la probabilidad de fracaso y e (0,05) el error admitido.

En cuanto a la dosificación de KGB en el agua de bebida de pollos fue el siguiente: sin extracto de KGB y 100 % de agua (T0); 4 % de KGB y 96 % de agua (T1); 8 % de KGB y 92 % de agua (T2); 12 % KGB y 88 % de agua (T3). En los tratamientos se utilizó un diseño al azar. El análisis de varianza (ADEVA), se utilizó para el análisis de los datos conjuntamente con la prueba de significación estadística de Tukey con una tasa de error del 0,05%, y análisis de correlación y regresión.

Los parámetros de medición experimental en gramos fueron: Peso inicial, Peso final, Ganancia de peso total, Conversión alimenticia, Peso a la canal; mientras que los parámetros de medición experimental en porcentaje fueron: Rendimiento a la canal, Mortalidad, Morbilidad. El cálculo del beneficio/costo y el económico se realizó en dólares.

III. RESULTADOS

El peso inicial promedio tomado utilizando el método gravimétrico de los pollos fue de 43,48 g, siendo homogéneos ($P>0.21$).

Un peso inicial de 45,85 g en pollos broilers fue adecuado para suministrar KGB, siendo ligeramente superior al registrado en el presente estudio. Al volver a pesar a los pollos a los 49 días utilizando el método gravimétrico, no se registró diferencias significativas ($P>0.05$); sin embargo hay que destacar que con la aplicación de KGB al 4 % el peso máximo de los pollos fue de 2.690,88 g y el mínimo de 2.571,08 g que corresponde al tratamiento control.

La ganancia de peso obtenida por diferencias de peso entre el peso a los 49 días menos el peso inicial no registró diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), sin embargo, al aplicar 4 % de extracto de dulcamara permitió una ganancia de peso de 2.646,92 g y al utilizar dulcamara en pollos registraron 2.691,1 g de ganancia de peso, al aplicar 1,5% de extracto de dulcamara y sin dulcamara 2.923,05 g (6).

La relación entre el consumo de alimento y la ganancia de peso más conocido como conversión alimenticia no presentó diferencias significativas ($P>0.05$), sin embargo se puede manifestar que al utilizar extracto de dulcamara en dosis de 4%, alcanzó una eficiencia de alimento de 1,97 seguido del 8 % con el que se obtuvo 1,98 y al aplicar 12 % de dulcamara se obtuvo 1,99, elevándose a 2,06 los pollos manejados bajo un sistema convencional, de esta manera se puede evidenciar que hubo un efecto positivo de la dulcamara en la eficiencia alimenticia.

Variables	Tratamientos				E.E.	Prob.
	0%	4%	8%	12%		
Peso Inicial (g)	43,44	43,96	43,16	43,36	0,20	0,21
Peso final (g)	2571,08	2690,88	2678,64	2652,16	0,32	0,52
Ganancia de peso (g)	2527,64	2646,92	2635,48	2608,80	0,32	0,52
Consumo de alimento (g)	5200,00	5200,00	5200,00	5200,00		
Conversión Alimenticia	2,06	1,97	1,98	1,99	0,31	0,49
Peso a la canal (g)	2028,65	2092,75	2056,72	2129,79	0,38	0,70
Rendimiento a la canal (%)	78,85	77,73	76,74	80,30	0,20	0,19
Mortalidad (%)	0,00	0,00	0,00	0,00		
Morbilidad (%)	20,00	0,00	0,00	0,00		0,01

Tabla 1. Comportamientos productivas-sanitarias en pollos broilers por efecto de tres niveles de extracto de dulcamara.

El peso a la canal de los pollos broilers, no se determinaron diferencias estadísticas, sin embargo, las aves que estuvieron bajo el efecto del 12 % de dulcamara en el agua de bebida registraron 2.129,79 g y apenas 2.028,65 g para el tratamiento control.

El peso a la canal del pollo broiler fue de 2.701 g, (7) al utilizar diferentes relaciones de Lisina: Energía sobre los diferentes parámetros zootécnicos del pollo siendo superiores a los encontrados en el presente trabajo.

El rendimiento a la canal de los pollos broilers no registraron diferencias estadísticas por efecto de diferentes niveles de extracto de dulcamara en

agua de bebida, sin embargo, al utilizar 12 % de extracto de dulcamara alcanzaron el 80,30 % de rendimiento a la canal, seguido del tratamiento control que registró 78,85 %, mientras que al utilizar el 8 % de dulcamara se registró 76,74% de rendimiento a la canal.

Durante el período de estudio no se registró mortalidad en los pollos de engorde broilers en ninguno de los tratamientos aplicados, incluido el de control, por lo que se deduce que la dosificación al suministrar extracto de dulcamara en el agua de bebida aplicada resultó adecuado.

En cambio en los pollos que estuvieron bajo el efecto del tratamiento control en un 20%, si se registró morbilidad.

Rubros	Unidad	Cant.	C. Unit.	T0	T1	T2	T3
Pollos	pollo	100	0,7	17,50	17,50	17,50	17,50
Balanceado	lb	1040	0,325	84,50	84,50	84,50	84,50
Dulcamara	ml	1008	0,01		1,68	3,36	5,04
Antibiótico	g	250	8	8,00	0,00	0,00	0,00
Vacunas	dosis	400	0,04	4,00	4,00	4,00	4,00
Depreciación	periodo			2,00	2,00	2,00	2,00
Servicios Básicos	U.S.D.			3,00	3,00	3,00	3,00
Mano de obra	U.S.D.			5,00	5,00	5,00	5,00
Total Egresos		124,00	117,68	119,36			
Pollos vivos	pollo			25	25	25	25
Peso	lb			5,66	5,93	5,90	5,84
Cantidad Carne	lb			141,58	148,18	147,50	146,04
Precio	U.S.D.			1,10	1,10	1,10	1,10
Total Ingresos				155,74	162,99	162,25	160,65
Beneficio / Costo	U.S.D.			1,26	1,39	1,36	1,33
Utilidad	U.S.D.			31,74	45,31	42,89	39,61
Costo Unitario	U.S.D.			0,88	0,79	0,81	0,83

Tabla 2. Cálculo costo / beneficio.

En cuanto al parámetro económico, la utilización 4, 8 y 12 % de dulcamara en el agua de bebida, registró beneficios de 1,39, 1,36 y 1,33 dólares para los tres tratamientos indicados, lo cual significa que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio neto de 0,39; 0,36 y 0,33 dólares, mientras que los pollos que no recibieron el extracto de dulcamara, presentaron un beneficio/costo de 1,26; demostrándose que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 0,26 dólares que es una rentabilidad baja (Tabla 2).

Considerando éstos, se demuestra un menor gasto y una mayor rentabilidad al utilizar el extracto de dulcamara en la producción avícola, en

comparación con el uso de medicamentos convencionales.

IV. DISCUSIÓN

En la investigación denominada “Evaluación de tres Niveles de Enzima Allzme-SS (Solid State Fermentation) en Dietas para Pollos Cobb 500 y Ross 308” realizada en la granja avícola Barriónuevo ubicada en el Puyo, provincia de Pastaza, se evalúa la aplicación de la enzima Allzme-SS en pollos de engorde, en donde se registró una ganancia de peso de 3.000 g y 2.900 g (8, 9), valores superiores a los registrados en el presente

estudio; de la misma manera manifiesta que la ganancia de peso de pollos durante su crecimiento y engorde fueron de 2.297, 2.645, 2.252, 2.256 y 2.624 g respectivamente (10) valores que se encuentran dentro de los establecidos en la presente investigación.

Por otra parte, en el estudio “Evaluación de la Dulcamara (*kalanchoe gastonis bonnieri*) en la etapa de crecimiento y engorde en pollos broiler en el barrio Santán del cantón Latacunga”, se determinó que con la utilización de KGB al 1,5% el peso máximo de pollos fue de 3.691,1 g y el peso mínimo de 2.923,05 g (11), valores superiores a los determinados en este estudio.

Otra investigación importante es “Efecto de la suplementación de dos tipos de Fitassas en pollos, sobre desempeño y metabolismo en zonas de altura” se evaluó dos tipos de fitasas (sólida y líquida) para evaluar el desempeño productivo y metabólico en pollos COBB 508, donde se registran pesos a la canal de 1.950 g (12), siendo inferior al registrado en el presente estudio.

Cabe mencionar la información obtenida del estudio “Aceites esenciales y fenoles de *Allium cepa* Var. Red creole (Cebolla Morada) en la producción de pollos broiler” desarrollado en el cantón Guano, provincia de Chimborazo, se evaluó el comportamiento productivo y sanitario de pollos broiler por efecto de tres niveles de extracto de *Allium cepa* (cebolla morada) en donde en pollos COBB 508 el rendimiento a la canal fue de 70,70; 73,33; 74,1 % (13), valores inferiores a los reportados en la presente investigación.

Al utilizar extracto de dulcamara se obtuvieron conversiones de alimento de 1,80 y 2,32 (14), valores extremos a los registrados en el presente estudio, esto quizá se debe a múltiples factores que influyeron en la crianza de pollos como genética y manejo del ambiente externo. La conversión alimenticia en pollos de engorde también se registra 2,17 y 2,10 (15), aunque también se registran conversiones de 1,81 y 1,49 (16, 17). De la misma manera las conversiones alimenticias de los pollos fueron 2,34; 1,69 y 1,73 (18 - 25), valo-

res que se encuentran alrededor de los recopilados en el presente estudio.

Sobre la base de los resultados de esta investigación, se demuestra un menor gasto y una rentabilidad mayor al utilizar el extracto de dulcamara en la producción avícola, en comparación con el uso de medicamentos convencionales.

V. CONCLUSIONES

Al utilizar diferentes niveles de extracto de dulcamara en la alimentación de broilers, mejoró el comportamiento productivo en relación con el tratamiento de control, evidenciándose una ganancia de peso de 2.646,88 g, conversión alimenticia 1,97 un peso final de 2.690,88 g, en pollos que recibieron el extracto al 4%.

La aplicación de extracto de dulcamara al 4%, 8% y 12% en el agua de bebida de los pollos no generó mortalidad y morbilidad en pollos broilers, por el contrario se mejoró los parámetros sanitarios y zootécnicos, notándose mejoras significativas.

En cuanto al análisis económico se concluye que los tratamientos en los que se utilizó extracto de dulcamara resultaron ser favorables, obteniendo un beneficio/costo de 1,39 dólares.

Se recomienda elaborar dietas para pollos broilers que incluyan extracto de dulcamara al 4%, por cuanto mejora los comportamientos productivo – sanitarios y económicos de las aves.

Los beneficios de la aplicación de la *Kalanchoe gastonis – bonnieri* (Dulcamara) en pollos de engorde resultan importantes por lo que debería ser aplicado en otras especies de animales de criadero reemplazando el uso de antibióticos.

VI. AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por generar el espacio para desarrollar la presente investigación, así como a cada uno de los investigadores autores de este estudio.

Referencias

1. Mayla, M., & Marcelo, L. (2013). Respuesta del cultivo de dulcamara (*Kalanchoe gastonis bonnieri*) a la aplicación edáfica complementaria con tres tipos de bioestimulantes. Cumbaya, Pichincha. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito – Ecuador. p 5.
2. Beltrán M.L.M., Pérez A.M.P., Sánchez A.G. & Ruiz L.H. 2003. Male rat infertility induction/spermatozoa and epididymal plasma abnormalities after oral administration of *Kalanchoe gastonis-bonnieri* natural juice. *Phytother. Res.* 17:315-319.
3. Abdalla S, et al (2017). Efficacy of a *Kalanchoe gastonis-bonnieri* extract to control bacterial biofilms and dental calculus in dogs.
4. Palumbo A., et al (2017). Potential Therapeutic Effects of Underground Parts of *Kalanchoe gastonis-bonnieri* on Benign Prostatic Hyperplasia
5. Mayla, M., & Marcelo, L. (2013). Respuesta del cultivo de dulcamara (*Kalanchoe gastonis-bonnieri*) a la aplicación edáfica complementaria con tres tipos de bioestimulantes. Cumbayá, Pichincha.
6. Guamushig, F. (2016). Evaluación de la dulcamara (*Kalanchoe gastonis bonnieri*) en la etapa de crecimiento y engorde en pollos broiler en el barrio Santán del Cantón Latacunga. (Tesis de grado. Ing...). Universidad Técnica de Cotopaxi. Carrera de Medicina Veterinaria. p. 40,70, 97.
7. Freire, M. Berrones, A. 2008. Efecto de diferentes relaciones de Lisina: Energía sobre parámetros zootécnicos en pollos de engorde en Altura. Escuela politécnica del Ejército. Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2506/1/T-ESPE-IA-SA%20I-003423.pdf>.
8. Andrade. V. 2012. Evaluación de tres Niveles de Enzima Allzme-SS (Solid State Fermentation) en Dietas para Pollos Cobb 500 y Ross 308. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. ESPOCH. Riobamba, Ecuador.
9. Motoche, M. 2017. Evaluación de balanceados comerciales más la adición de pigmentante natural en la alimentación de pollos broilers en el cantón Morona. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Zootecnista. ESPOCH – Ext. Morona Santiago.
10. Guatatuca, L. 2016. Comportamiento productivo de los pollos broilers COBB 500 con la aplicación de diferentes niveles de la enzima (allzyme ssf) en el centro de investigación, posgrado y conservación amazónica (CIPCA). Proyecto de investigación. Facultad de Ciencias de la Tierra. UEA – Puyo – Ecuador. Pp 42 – 58.
11. Guamushig, F. (2016). Evaluación de la dulcamara (*Kalanchoe gastonis bonnieri*) en la etapa de crecimiento y engorde en pollos broiler en el barrio Santán del Cantón Latacunga. (Tesis de grado. Ing...). Universidad Técnica de Cotopaxi. Carrera de Medicina Veterinaria. p. 100, 104, 105.
12. Ortiz, M., y Torres M. 2013. Efecto de la suplementación de dos tipos de fitasas en pollos, sobre desempeño y metabolismo en zonas de altura. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolqui. Recuperado el 15 de mayo de 2016 de: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7063/1/TEspe-047204.pdf>.
13. Sánchez, M. 2016. Aceites esenciales y fenoles de *allium cepa* var. red creole (cebolla morada) en la producción de pollos broiler. Tesis de Grado. Carrera de Zootecnia, Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
14. Chiriboga, A. 2015. Evaluación de tres balanceados energéticos-proteicos comerciales y dos aditivos alimenticios en la alimentación de pollos parrilleros.tumbaco, pichincha. Tesis previa a la obtención del grado de Ingeniero Agronomo. Escuela de Ingeniería agronómica, Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador. En línea 05/02/2020. (<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3240/1/T-UCE-0004-04.pdf>).
15. Chiriboga, A. 2015. Evaluación de tres balanceados energéticos-proteicos comerciales y dos aditivos alimenticios en la alimentación de pollos parrilleros.tumbaco, pichincha. Tesis previa a la obtención del grado de Ingeniero Agronomo. Escuela de Ingeniería agronómica, Facultad de

- Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador. En línea 05/02/2020. (<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3240/1/T-UCE-0004-04.pdf>).
16. Bermúdez, H. 2005. Objetivos de la Producción. Santo Domingo de los Achiras, EC. AGRI-PAC. s. p. (Guía de producción).
 17. Vaca, F.; Araque M. 2006. Evaluación de tres balanceados proteicos energéticos etapa inicial – final, en la alimentación de pollos parrilleros para la venta a las ocho semanas. Sangolquí, Pichincha. Rumipamba.
 18. Guevara, I. 2006. Uso de acidificantes intestinales en el control de escherichia coli. Tesis de grado. Facultad de Ing. Zootecnia. ESPOCH – Riobamba – Ecuador. Pp 70 – 75.
 19. Pillaga, V. 2010. Evaluación de tres niveles de enzimas (Allizime vegpro) en la alimentación de pollos parrilleros. Tesis de grado. Facultad de Ing. Zootecnia. ESPOCH – Riobamba – Ecuador. Pp 70 – 75.
 20. Romero, M. 2010. Utilización de promotores Sel-plexl en el engorde de pollos parrilleros. Tesis de grado. Facultad de Ing. Zootecnia. ESPOCH – Riobamba – Ecuador. Pp 56 – 80.
 21. Martínez, M., Díaz, M. F., Hernández, Y., Sarmiento, M., & Sierra, F. 2013. Sustitución de pasta de soya comercial (*Glycine max*) por harina de frijol de soya germinada y sin germinar en dietas de pollos de engorde. *Livestock Research for Rural Development*, 25(7).
 22. Gonzáles, S., Icochea, E., Reyna, P., Guzmán, J., Cazorla, F., Lúcar, J., ... & San Martín, V. (2013). Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 24(1), 32-37.
 23. Casamachin, M. L., Lopez, F. J., & Ortiz, D. (2007). Evaluación de tres niveles de inclusión de morera (*Morus alba*) en alimento para pollos de engorde. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 5(2), 64-71.
 24. Shiva, C., Bernal, S., Sauvain, M., Caldas, J., Kalinowski, J., Falcón, N., & Rojas, R. (2012). Evaluación del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) y extracto deshidratado de jengibre (*Zingiber officinale*) como potenciales promotores de crecimiento en pollos de engorde. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 23(2), 160-170.
 25. Orozco Campo, R., Meleán Romero, R., & Rodríguez Medina, G. (2004). Costos de producción en la cría de pollos de engorde. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*, 9(28), 637-659.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALGAS CHLOROPHYTA PARA REMOVER MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE SHUSHUFINDI, ECUADOR.

Evaluation of the capacity of Chlorophytal algae to remove organic matter in wastewater from the Shushufindi municipal slaughterhouse, Ecuador.

Melanie Ocaña Mejía , Ana Rafaela Pacurucu , Yolanda Díaz Heredia* 

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador

*ydiaz@esPOCH.edu.ec

Resumen

Se evaluó la capacidad de algas Chlorophyta aisladas de la laguna Limoncocha para remover materia orgánica en aguas residuales del camal municipal del cantón Shushufindi, Provincia de Sucumbíos – Ecuador. Se utilizó un fotobiorreactor tubular para aplicar seis tratamientos de 1.8 L, con cinco repeticiones cada uno. Los tratamientos dirigidos a evaluar el crecimiento de las algas consistieron en el uso del medio de cultivo Nitrofoska foliar, con y sin aireación; para las pruebas de reducción de materia orgánica se aplicaron cuatro tratamientos con dilución de 1:3 del agua residual: dos unidades experimentales inoculadas con algas Chlorophyta, con y sin aireación; y dos unidades experimentales sin inoculación de algas, con y sin aireación. El fotoperiodo fue de 12 horas a 22.38°C y un pH de 8.45. El tratamiento más eficiente para la remoción de DBO5 (83.1%), fosfatos (58.9%), nitrógeno total Kjeldahl (63.1%), corresponde al cultivo aireado de algas Chlorophyta en agua residual diluida, presentando además mayor productividad celular (41944 células/L/día) en comparación al crecimiento en el medio de cultivo. La remoción más eficiente de sulfatos (58.9%) se obtuvo mediante el cultivo de algas Chlorophyta en agua residual diluida sin aireación.

Palabras claves: Biorremediación, tratamiento de aguas residuales, Chlorophyta.

Abstract

In this study, the capacity of isolated Chlorophyta algae from Limoncocha lagoon to remove organic matter in wastewater from the Shushufindi municipal slaughterhouse (Province of Sucumbios – Ecuador) was evaluated. Six different treatments of 1.8 L, with five replicates each, were applied in a tubular photobioreactor. The treatments aimed at assessing algae growth consisted of using of Nitrofoska foliar culture medium, with and without aeration; while for the organic matter reduction tests, four treatments were applied at a 1:3 dilution of the litter wastewater: two experimental units inoculated with Chlorophyta algae, one with aeration and one without aeration; and two experimental units without algae inoculation, with and without aeration. The photoperiod was 12 hours at 22.38°C and a pH value of 8.45. The most efficient treatment for the BOD5 (83.1%), phosphate (58.9%), and total Kjeldahl nitrogen (63.1%) removal was the aerated cultivation of Chlorophyta algae in diluted bed wastewater, showing higher cell productivity (41944 cells/L/day) compared to the growth in the culture medium. The most efficient sulfate removal (58.9%) was obtained by Chlorophyta algae culture in diluted, non-aerated, farmyard wastewater.

Keywords: Bioremediation, wastewater treatment, Chlorophyta algae.

I. INTRODUCCIÓN

Los vertidos líquidos derivados del sacrificio de ganado son una fuente importante de contaminación de las aguas superficiales de acuerdo a datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que coincide con el reporte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) entre 1990 y 2010, que señala un aumento de materia biodegradable que afecta uno de cada siete kilómetros de los ríos en América Latina (1).

La materia orgánica presente en estas descargas, es utilizada por los microorganismos como fuente de nutrientes para la generación de energía, consumiendo oxígeno hasta alcanzar niveles de anaerobiosis (2). El incremento de la turbidez y la disminución de la cantidad de luz afectan a la vegetación y a especies acuáticas (3).

Existe una creciente problemática frente al tratamiento de aguas residuales y la posibilidad de reutilizarlas, por lo que se han planteado sistemas biológicos capaces de remover los contaminantes a costos reducidos (4). Las algas constituyen una alternativa eficiente de tratamiento al ser capaces de utilizar las aguas residuales como sustrato para su crecimiento (5). Estos organismos unicelulares fotosintéticos captan luz solar, CO_2 y nutrientes del medio para producir biomasa que puede ser aprovechada por su alto contenido proteico (6), para la producción de biocombustibles (7,8,9), reducción de CO_2 atmosférico (4), o para la producción de metabolitos secundarios para salud y cosméticos (10).

El camal municipal del cantón Shushufindi, Provincia de Sucumbíos – Ecuador, se encuentra situado junto al río Eno en el que se descarga el agua residual proveniente de sus actividades, un efluente con altas concentraciones de proteínas, grasas, aceites, sólidos suspendidos y residuos procedentes de esta industria, y por lo tanto rica en nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos y materia orgánica.

Este trabajo ha evaluado la capacidad de las algas Chlorophyta presentes en la laguna Limoncocha para depurar las aguas residuales del camal municipal del cantón Shushufindi, al ser organismos

que presentan una alta capacidad para utilizar elementos como el nitrógeno y fósforo presentes en el agua (3), de fácil manejo y adaptación y crecimiento rápido.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo y cultivo de algas Chlorophyta

Las algas Chlorophyta fueron aisladas a partir de muestras superficiales de 300 mL del agua de la laguna Limoncocha tomadas en tres puntos: punto 1, El Caño; punto 2, desembocadura de Playa Yacu; punto 3, Muelle. La toma de muestras se realizó en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176: muestreo de fitoplancton. Éstas fueron homogenizadas para formar una muestra compuesta y luego cultivadas en Nitrofoska foliar al 5% v/v durante 15 días, posteriormente se verificó la presencia de las algas mediante la prueba de Lugol (11).



Figura 1. Puntos de muestreo en la laguna de Limoncocha.

El muestreo del agua residual procedente del camal municipal del cantón Shushufindi se realizó en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176: muestreo de agua. Para la formulación de muestras compuestas de 5L, se tomó una muestra simple por cada hora de funcionamiento 7 en total, su volumen se determinó en relación al caudal medido por método de vertedero circular en el punto de descarga.

Pruebas de control de crecimiento y degradación de materia orgánica.

Las pruebas incluyeron seis distintos tratamientos de 1.8 L, con cinco repeticiones cada uno, en un fotobiorreactor tubular discontinuo con un

fotoperiodo de 12 horas, lámparas led de 800 Lux, a una temperatura de 22.38°C y un pH de 8.45.

Para el control de crecimiento se utilizó Nitrofoska foliar al 5% como medio de cultivo (12), al que se adicionó el inóculo algal al 5% v/v (12,13); el tratamiento dos (T2) recibió aireación y el tratamiento uno (T1) se mantuvo sin aireación.

Las pruebas de reducción de materia orgánica incluyeron cuatro tratamientos que utilizaron el agua residual del camal en dilución de 1:3 (1,3); dos unidades experimentales fueron inoculadas con algas Chlorophyta al 5% v/v, un tratamiento sin aireación (T3) y otro con aireación (T4); y dos unidades experimentales sin inoculación de algas, un tratamiento sin aireación (T5) y otro con aireación (T6).

Medición de parámetros

Los valores de pH fueron monitoreados cada 24 horas utilizando el pH-metro Acumet XL150, considerando que el pH del agua residual fue de 8.44 ± 0.22 , un valor óptimo para el cultivo de algas (13), no fue necesario el uso de un agente corrector. El pH inicial promedio de los cultivos con Nitrofoska foliar fue de 6.99 ± 0.05 , por lo que se utilizó KOH al 10% para corregirlo.

El conteo diario en cámara de Neübauer permitió obtener las curvas de crecimiento y calcular la productividad celular (1); se realizó la medición de parámetros fisicoquímicos para cada tratamiento hasta el día en el que se evidenciaba un decremento del número celular.

El registro diario de conductividad, sólidos disueltos totales (TDS) y temperatura se obtuvo mediante un multiparámetros KETOTEK.

Para la determinación de DBO5 se utilizó el método respirométrico 5210-B, el valor del nitrógeno total se obtuvo por el método de Kjeldahl, para la medición del nivel de fosfatos se utilizó el método de fósforo soluble en agua por ácido ascórbico 3500-D y para los sulfatos se usó el método 4-229-A. Estas mediciones se llevaron a cabo al inicio y al final del ensayo.

Análisis estadístico

Se realizó un ANOVA y una prueba de Tukey; para cada una de las pruebas se tomó un nivel de significancia del 5%.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Control del pH

Se recomienda un pH alcalino para el crecimiento óptimo de algas porque facilita la solubilidad de minerales como el calcio, hierro, magnesio, cobre y zinc, permitiendo una mejor absorción de nutrientes (13).

El agua residual presentó un pH inicial de 8.45 ± 0.22 , y los tratamientos con Nitrofoska foliar registraron un pH inicial promedio de 8.42 ± 0.14 , observándose una tendencia creciente en los tratamientos a lo largo del ensayo (gráfico 1). Los valores promedio de pH medidos fueron: tratamiento cuatro (T4), 9.32 ± 0.17 ; tratamiento dos (T2), 9.28 ± 0.15 ; tratamiento uno (T1), 9.0 ± 0.1 ; tratamiento tres (T3), 8.89 ± 0.33 ; tratamiento seis (T6), 8.81 ± 0.13 ; y, tratamiento cinco (T5), 8.25 ± 0.10 .

Los tratamientos que incluyen el inóculo de algas Chlorophyta y reciben aireación (T4 y T2) presentan el mayor incremento del valor de pH, sin diferencias significativas entre ellos, y los tratamientos con algas pero sin aireación (T1 y T3) muestran un incremento moderado del valor del pH, sin diferencias significativas entre ellos. Este efecto se debería a la actividad fotosintética de las algas por la asimilación del CO_2 del medio (14); el CO_2 , al estar disuelto en agua, forma moléculas de ácido carbónico (H_2CO_3) que se disocia con gran facilidad en protones (H^+) e iones bicarbonato (HCO_3^-) (2), y estos a su vez se disocian en iones carbonato (CO_3^{2-}) y protones (H^+) (15).

La acidificación observada en el tratamiento cinco (T5), que no recibió el inóculo algal ni aireación, podría deberse a bacterias anaerobias; estos organismos generan energía mediante vías fermentativas principalmente, produciendo sustancias orgánicas como el ácido láctico, ácido propiónico, ácido acético, butanol, etanol y acetona,

cuya presencia causa la disminución del valor pH en el medio (16).

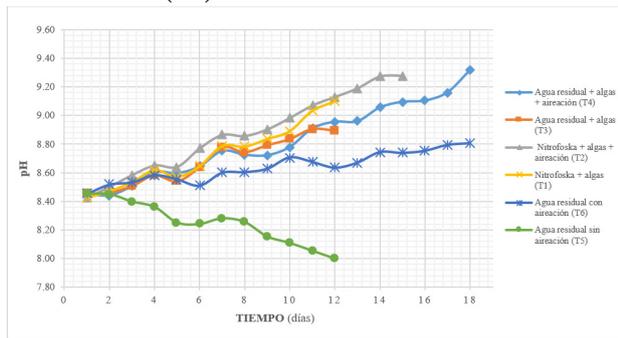


Gráfico 1. Evolución del pH promedio durante el ensayo

Crecimiento celular

Se evaluaron los cuatro tratamientos a los que se aplicó el inóculo algal: los tratamientos uno (T1) y dos (T2), que utilizaron Nitrofoska foliar como medio para el crecimiento celular; y, los tratamientos tres (T3) y cuatro (T4), formulados a partir del agua residual.

Los tratamientos sin aireación presentan menor crecimiento celular y llegan a la fase de muerte más rápidamente que los tratamientos que se oxigenaron (gráfico 2).

El tratamiento cuatro (T4) presenta la mayor productividad celular, con 41944 células/L/día a los 17 días, seguido por el tratamiento dos (T2), con 39061 células/L/día a los 14 días.

Los resultados demuestran que la oxigenación es un factor limitante por encima del contenido de nutrientes en el medio (17). La eficiencia de los tratamientos con aireación se debería a la complementación biológica entre las algas y bacterias presentes en el sistema; tanto nitrificantes como bacterias que degradan la materia orgánica del efluente en presencia de oxígeno, despidiendo dióxido de carbono.

Este dióxido de carbono junto con el incorporado gracias a la aireación es utilizado por las algas en su proceso metabólico, desprendiendo el oxígeno requerido por la biomasa bacteriana. Estos datos sugieren que las aguas residuales con elevado contenido de materia orgánica constituyen un medio eficiente para la producción de biomasa algal (18).

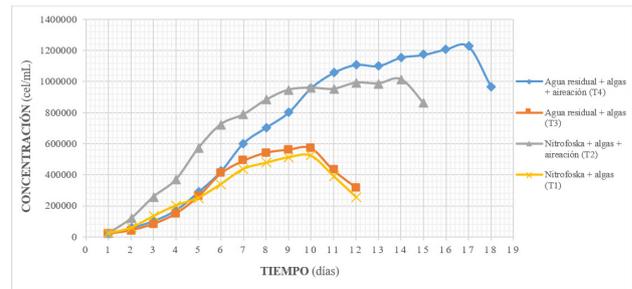


Gráfico 2. Crecimiento de las algas Chlorophyta

Degradación de la materia orgánica

Se evaluaron los cuatro tratamientos formulados a partir del agua residual: tres (T3), cuatro (T4), cinco (T5) y seis (T6); considerando que el inóculo algal se aplicó únicamente a los dos primeros tratamientos citados.

La conductividad eléctrica (CE) y sólidos totales disueltos (TDS) permiten evaluar el consumo de iones metálicos y sales minerales presentes en el agua, elementos que intervienen en el proceso de fotosíntesis llevado a cabo por las algas (31), y cuyos valores se consideran requerimientos principales para el cultivo de algas (30), afectando de forma directa a la diversidad y crecimiento de algas (29).

El porcentaje promedio de reducción de la conductividad eléctrica (CE) fue: 4.22% en T3, 20.65% en T4, 20.32% en T5, y 43.76% en T6; en general, las bacterias consumen más iones que las algas durante la respiración celular, lo que explica el rápido descenso en T6 y T5 (19). Como se observa en el gráfico 3, la CE tiende a disminuir en todos los tratamientos, lo que supondría también una reducción de los niveles de cloruros, nitratos, sulfatos, fosfatos, sodio, magnesio y calcio, principalmente (20).

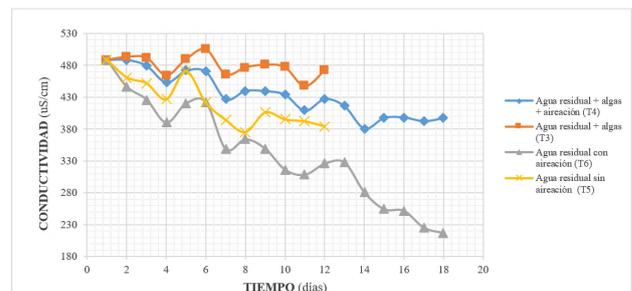


Gráfico 3. Comportamiento de la conductividad en cada tratamiento

En función de la eficiencia en la reducción de sólidos

dos disueltos totales (TDS), se tienen los siguientes resultados: tratamiento seis (T6), 56.93%; tratamiento cuatro (T4), 20.66%; tratamiento cinco (T5), 16.64%; y, tratamiento tres (T3), 8.84%. Como se observa en el gráfico 4, el nivel de TDS tiende a disminuir en todos los tratamientos en el transcurso del tiempo, al igual que el efecto observado durante el monitoreo de la CE, lo que representa el descenso de la concentración de las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en el medio en forma molecular, ionizada o en forma de suspensión micro-granular (20), notándose una menor eficiencia en los tratamientos que no recibieron aireación.

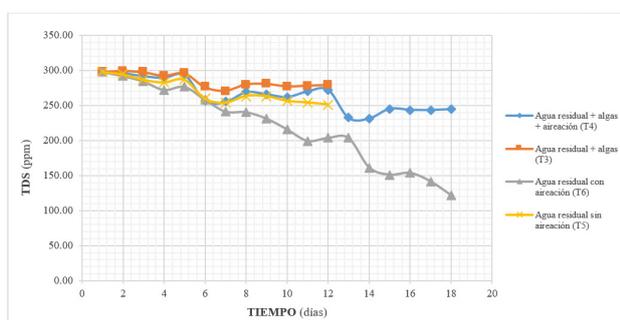


Gráfico 4. Variación del nivel de TDS a lo largo de los tratamientos.

Los niveles de fosfatos, nitrógeno total Kjeldahl y demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) del agua residual procedente del camal, exceden los límites establecidos en el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua; 43 mg/L de fosfatos frente a un máximo de 10 mg/L, 47.8 g/L de nitrógeno total Kjeldahl con relación al límite de 15 mg/L y, 1676 mg/L correspondientes a la DBO_5 sobre 100 mg/L permitidos. El único parámetro que se encuentra dentro de la norma es el de sulfatos, con un valor de 429 mg/L respecto al límite permitido que es de 1000mg/L (21). La evaluación de la depuración del agua residual se centró en la evolución de estos parámetros mediante la aplicación de los cuatro tratamientos antes citados.

La tasa de reducción de la DBO_5 fue: 83.1% \pm 5.9 en T4, 76.1% \pm 4.4 T3, 50.4% \pm 5.7 en T6, y 25.9% \pm 5.1 en T5. Como se muestra en el gráfico 5, los tratamientos que incluyeron el inóculo algal (T4 y T3) demostraron ser los más eficientes en la disminución de los niveles de materia orgánica

susceptible de degradación biológica, lo que se fundamenta en la complementación existente entre las algas y bacterias presentes en el sistema.

Las bacterias degradan la materia orgánica transformándola en agua y dióxido de carbono, con un incremento de biomasa, productos que son utilizados por las algas en su proceso metabólico tras el cual desprenden oxígeno que será requerido por estas especies bacterianas (22).

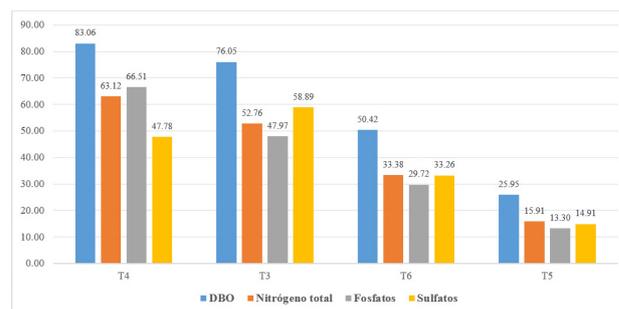


Gráfico 5. Porcentaje de reducción de DBO_5 , Nitrógeno total, Fosfatos y Sulfatos.

En cuanto a los niveles de nitrógeno total Kjeldahl, se observa que el tratamiento cuatro (T4) logra una reducción de 63.1% \pm 2.3, seguida de T3, con 52.8% \pm 5.3; T6, con 33.3% \pm 7.1; y, finalmente T5, con 14.9% \pm 6.6 (gráfico 5). La eficiencia de T4 se atribuiría al crecimiento de las Chlorophyta considerando que el nitrógeno es uno de los principales requerimientos nutricionales de las algas.

El estado de este elemento en el cultivo es importante para la productividad de biomasa (20); la diferencia en los porcentajes de reducción con respecto a otros estudios se debería a que algunas formas de nitrógeno no pudieron ser asimiladas por las algas, debido a las condiciones de cultivo y a la variedad de especies presentes (17, 23, 24).

El porcentaje promedio de reducción de fosfatos en los diferentes tratamientos se muestra a continuación: T4, 66.5% \pm 7.7; T3, 48.0% \pm 6.6; T6, 29.7% \pm 7.6; y T5, 13.3% \pm 3.4 (gráfico 5).

Todos los tratamientos son estadísticamente diferentes, siendo el tratamiento cuatro (T4) el más eficiente; este resultado se relaciona con la necesidad de fósforo como requerimiento esencial en los organismos fotosintéticos para la producción de ATP.

A diferencia del efecto de reducción observado con la DBO_5 , el nivel de nitrógeno y los fosfatos, en donde T4 resultó ser el tratamiento más eficiente, en el caso de los sulfatos fue T3 el tratamiento que generó la mayor tasa de disminución con $58.9\% \pm 7.7$; seguido por T4, con $47.8\% \pm 8.7$; a continuación T6, con $33.3\% \pm 7.1$; y, finalmente T5, con $14.9\% \pm 6.6$ (gráfico 5). La mayor reducción de sulfatos en cultivos sin aireación estaría relacionada con la capacidad de ciertas especies de Chlorophyta de crecer a bajas concentraciones de CO_2 como organismos mixotróficos, utilizando compuestos orgánicos e inorgánicos como aceptores de electrones en el proceso de respiración, entre ellos los sulfatos (25, 26, 27).

Microalgas Chlorophyta identificadas morfológicamente.

Las algas presentes en los distintos tratamientos, que fueron analizadas mediante microscopía y mostraron características propias de las Chlorophyta, se describen en la Figura 2 (28).

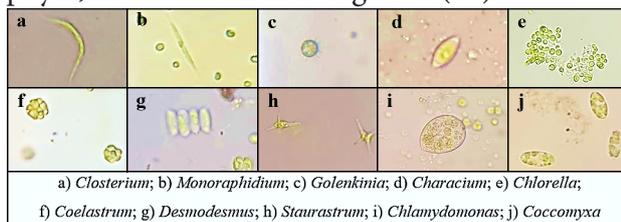


Figura 2. Microalgas Chlorophyta identificadas morfológicamente.

IV. CONCLUSIONES

Los datos demuestran que los tratamientos con algas Chlorophyta logran una reducción eficiente de materia orgánica por los requerimientos metabólicos de nutrientes como nitrógeno, fosfatos y sulfatos, y por las asociaciones simbióticas con las bacterias generando cantidades representativas de biomasa.

El nitrógeno y su disponibilidad se manifiestan como nutriente limitante para el crecimiento celular, siendo la relación N/P obtenida en los ensayos de 1.1/1N/P frente a 4/3 que se establece bibliográficamente como óptima (32), sin embargo la oxigenación constituyó un factor limitante por encima del contenido de nutrientes en el medio.

El tratamiento más eficiente para la remoción de DBO_5 , fosfatos y nitrógeno total es el tratamiento cuatro (T4), correspondiente al cultivo de algas en agua residual de camal con aireación.

Además, este tratamiento presenta una productividad celular mayor a la obtenida mediante el uso de un medio de cultivo, lo que demuestra que las aguas residuales de camal constituyen una alternativa óptima y económica para la producción de biomasa algal con gran potencial biotecnológico que podría beneficiar a la comunidad.

Referencias

1. Coca M, Solana M, García-González MC, Riaño B, Hernández D, Bertucco A. Microalgae cultivation in high rate algal ponds using slaughterhouse wastewater for biofuel applications. *Chemical Engineering Journal*. 2015; 285: 449–458
2. Bolado S, Matin J, Lebrero R, Pérez S, García D, Marín D. “Tratamiento y valorización de aguas residuales mediante microalgas” en: XII reunión de la Mesa Española de Tratamiento de Aguas Residuales META 2016. Madrid-España: META; 2016. 6.
3. Codina M, García C, Barón J, da Silva S, Bosch J. Planta piloto de microalgas para mejoramiento del tratamiento efluentes urbanos en Catamarca, Argentina. [Internet]. Argentina: Instituto Nacional del Agua. 2014 [citado 3 Enero 2019]. Disponible en: http://www.ina.gov.ar/pdf/ifrrhh/02_012_Codina.pdf
4. Mendez-Suaza L, Albarracín I, Cravero M, Salomón R. Crecimiento de *Scenedesmus Quadricauda* en efluentes cloacales de la ciudad de Trelew, Chubut, Argentina. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*. 2011; 28: 36-41
5. Fernández J, Martín M, Mosquera F, Curt M. “Uso de microalgas inmovilizadas en biofilm para tratamiento de aguas residuales” en: XII Congreso Nacional del Medio Ambiente CONAMA 2014. Madrid-España: CONAMA; 2014. 16.
6. Dong X, Zhao Y, Li T, Huang L, Zhao P, Xu JW. Enhancement of lipid production and nutrient

- removal of *Monoraphidium* sp. FXY-10 by combined melatonin and molasses wastewater treatment. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2019; 99:123–31
7. Acuña G, Serrano R. Los conflictos socio-ambientales energéticos en América Latina: a propósito de las energías renovables en la agenda 2030/UN. *Desarrollo Sostenible y Matriz Energética en América Latina*. 2017; 77
 8. Álvarez-Díaz PD, Ruiz J, Arbib Z, Barragán J, Garrido-Pérez MC, Perales JA. Freshwater microalgae selection for simultaneous wastewater nutrient removal and lipid production. *Algal Research*. 2017; 24: 477–485
 9. Jankowska E, Sahu AK, Oleskowicz-Popiel P. Biogas en microalgae: Review on microalgae's cultivation, harvesting and pretreatment for anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017; 75: 692–709.
 10. Pasqualetti M, Tempesta S, Malavasi V, Barghini P, Fenice M. Lutein production by *Coccomyxa* sp. SCCA048 isolated in a heavy metal-polluted river in Sardinia (Italy). *Journal of environmental protection and ecology*. 2015; 16 (4): 1262–1272
 11. Sullivan Graham E, Dean C, Yoshida T, Twary S, Teshima M, Alvarez M, Zidenga T. Oil and gas produced water as a growth medium for microalgae cultivation: A review and feasibility analysis. *Algal Research*. 2017; 24: 492–504.
 12. Cai W, Zhao Z, Li D, Lei Z, Zhang Z, Lee D. Algae granulation for nutrients uptake and algae harvesting during wastewater treatment. *Chemosphere*. 2019; 214: 55–59
 13. Ramos R, Pizarro R. (2018). Crecimiento y capacidad de biorremediación de *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta) cultivada en aguas residuales generadas en el cultivo del pez dorado *Seriola lalandi* (Perciformes: Carangidae). *Revista de biología marina y oceanografía*. 2018; 53(1): 75-86.
 14. García C, Arbib Z, Perales JA. Cinéticas de crecimiento y consumo de nutrientes de microalgas en aguas residuales urbanas con diferentes niveles de tratamiento. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 2015; 6(1): 49–68.
 15. Chasquibol S, Aguirre M, Bravo A, Lengua C, Tomás Ch, Delmás R, Rivera C. Estudio químico y nutricional de las variedades de la raíz de la *Polymnia sonchifolia* “Yacón”. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*. 2002; 5(1), 37-42
 16. Sathasivam R, Ebenezer V, Guo R, Ki JS. Physiological and biochemical responses of the freshwater green algae *Closterium ehrenbergii* to the common disinfectant chlorine. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2016; 133: 501-508
 17. Zhou W, Min M, Li Y, Hu B, Ma X, Cheng Y. A hetero-photoautotrophic two-stage cultivation process to improve wastewater nutrient removal and enhance algal lipid accumulation. *Bioresource Technology*. 2012; 110: 448–55
 18. Salazar M, Bernal V, Martínez E. “Tratamiento de efluentes anaerobios con microalgas clorofitas (*Chlorella vulgaris* y *Sphaerocystis* sp)” en: XI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería 2005. Mérida-México: Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería; 2005
 19. Hernández I, Arroyo J, Reyna V. Remoción biológica de nutrientes en aguas residuales urbanas con fotobiorreactores utilizando microalgas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2016; 17: 3569-3580
 20. Gao S, Waller P, Khawam G, Attalah S, Huesemann M, Ogden K. Incorporation of salinity, nitrogen, and shading stress factors into the Huesemann Algae Biomass Growth model. *Algal Research*. 2018; 35: 462-470
 21. Ministerio del Ambiente de Ecuador. Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente. 2002; 81
 22. Varela G, Grotiuz G. *Temas de Bacteriología y Virología Médica*. 2a ed. Uruguay: Oficina del Libro FEFMUR; c2004. Sección I, Tema 3, Fisiología y metabolismo bacteriano; p. 43-57.
 23. Herrera J, Malo B, Arévalo J, Fernández D. Evaluación a nivel laboratorio de la capacidad de

- remoción de materia orgánica de *Chlorella vulgaris* en las aguas residuales de la PTAR Salitre. *Revista Mutis*. 2018; 8(1): 34-42
24. Andrade C, Vera A, Cárdenas C, Morales E. Producción de biomasa de la microalga *Scenedesmus* sp. utilizando aguas residuales de pescadería. *Revista Técnica de la Universidad del Zulia*. 2009; 32(2): 126-135.
25. Ahmad A, Buang A, Bhat AH. Renewable and sustainable bioenergy production en microalgal co-cultivation with palm oil mill effluent (POME): A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016; 65: 214-234
26. Markou G. Fed-batch cultivation of *Arthrospira* and *Chlorella* in ammonia-rich wastewater: Optimization of nutrient removal and biomass production. *Bioresource Technology*. 2015; 193: 35-41
27. Zhoua H, Shenga Y, Zhao X, Gross M, Zhiyou W. Treatment of acidic sulfate-containing wastewater using revolving algae biofilm reactors: Sulfur removal performance and microbial community characterization. *Bioresource Technology*. 2018; 264: 24-34.
28. Algaebase, Listing the World's Algae. [Internet]. AlgaeBase. [citado 25 Febrero 2019]. Disponible en: <https://www.algaebase.org/>
29. Baylon M. et al Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas alto andinas del departamento de Pasco (Perú). *Revista Scielo Perú*. vol.17, n.1, pp.119-132. ISSN 1726-226
30. Guerron P. Relación entre las variables fisicoquímicas y la concentración de microalgas en la laguna de Monte Redondo. Zamorano. Honduras. 2015.
31. Lujan A. Las algas, indicadores de la calidad del agua. Departamento de ciencias Naturales UNRC. 2000. Recuperado de https://www.produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/20-algas.pdf
32. John J. Ramírez-R. Rois González-B. Establecimiento del nutriente limitante con base en los cambios de la estructura del ensamblaje fitoplanctónico en un embalse tropical. *Medellin Colombia. Caldasia* 34(2):421-441. 2012

APLICACIONES DE CÁÑAMO COMO ALTERNATIVA RENTABLE A LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA DE ECUADOR TRAS LA PANDEMIA DE COVID-19.

Hemp applications as a profitable alternative to the economic reactivation of Ecuador after the Covid-19 pandemic.

Henry Adrian Gallegos Dávila* 

Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Quito, Ecuador.

*hagallegos@uce.edu.ec

Resumen

El presente estudio muestra un análisis del aprovechamiento del cáñamo como una potencial alternativa para la reactivación económica del Ecuador tras la crisis que atraviesa durante y después de la pandemia de Covid-19. Para ello se estudiaron 3 puntos principales que son: el enfoque económico, donde se muestra la situación actual de la economía ecuatoriana y el flujo de dinero que genera el cáñamo a nivel mundial es decir los principales importadores y exportadores; el enfoque legal, donde se exponen las modificaciones en leyes ecuatorianas respecto al cáñamo y algunos beneficios que estas conllevan; y finalmente el enfoque Agrícola e industrial donde se evidencia la potencialidad productiva del cáñamo y productos derivados del cáñamo. Finalmente, de manera general se puede concluir que el aprovechamiento del cáñamo apoyado de las vigentes reformas de COIP, permitirá crear numerosas plazas de trabajo en diferentes sectores como el agrícola, comercial e industrial. Paralelamente se proyecta incrementar el nivel de exportaciones y fomentar el comercio interno; es decir la compra y venta de materia prima o productos derivados del cáñamo.

Palabras claves: Cáñamo Importaciones, Cáñamo Exportaciones, Productos Cáñamo, Covid 19.

Abstract

This study shows an analysis of the use of hemp as a potential alternative for the economic revival of Ecuador after the crisis experienced during and after the Covid-19 pandemic. To this end, three main points were studied: the economic approach, which shows the current situation of the Ecuadorian economy and the luxury of money generated by hemp worldwide, i.e. the main importers and exporters; the legal approach, which sets out the changes in Ecuadorian laws with respect to hemp and some of the benefits that these entail and finally, the agricultural and industrial approach where the productive potential of hemp and hemp-derived products is highlighted. It can be generally concluded that hemp utilization is supported by the current COIP reforms will allow the creation of numerous jobs in different sectors such as agriculture, commercial and industrial. At the same time, it is planned to increase the level of exports and promote domestic trade; is the purchase and sale of raw materials or products derived from hemp.

Keywords: Hemp Imports, Hemp Exports, Hemp products, Covid 19.

I. INTRODUCCIÓN

La industrialización del cáñamo, es decir la elaboración masiva de productos derivados del cáñamo como toda nueva industria generará numerosas plazas de trabajo lo cual favorece la dinamización económica en diferentes áreas productivas del Ecuador. Empezando por la reactivación y renovación de la industria agrícola (producción de materias primas), pasando por la industria de los procesos y finalmente la comercialización del producto e incluso como materia prima (importación y exportación de cáñamo).

En la actualidad, estamos en deuda con nuestro país en el ámbito industrial y esta puede ser la oportunidad de reivindicarnos. Una vez obtenida la materia prima y apoyados por las vigentes reformas del Código Orgánico Integral Penal en cuanto al uso autorizado del cáñamo con fines de producción, industrialización y comercialización. Se abre un amplio abanico de opciones en cuanto a procesos y productos que involucran el cáñamo como se ha realizado en diferentes países a lo largo de la historia, obteniendo así productos como fibras textiles, plásticos, papel, aceites y actualmente incluso casas a base de cáñamo.

Es importante tomar en cuenta que esta es una vía factible hacia la reactivación económica ya que como se menciona empieza desde la siembra y cosecha del cáñamo dinamizando los sectores agrícolas para continuar con una revolución industrial donde podemos obtener gran diversidad de productos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada en el presente trabajo fue cualitativa y cuantitativa, llevada a cabo mediante investigación bibliográfica. Para lo cual se recopiló y analizó información bibliográfica enfocada al estudio del cáñamo en Ecuador y a nivel mundial de diferentes autores como: publicaciones de artículos científicos, tesis, capítulos de libros, revistas y bases de datos. También se tomaron como referencias diferentes videoconferencias relacionadas con el cáñamo y su aprovechamiento en Ecuador.

La revisión de los documentos se realizó tan-

to en inglés como español, publicados desde el año 2010 hasta el 2020. Empleando el buscador de literatura académica Google Scholar y otras bases de datos como repositorios de las universidades, PubMed, Redalyc, Elsevier, ScienceDirect o SciELO; las palabras usadas se concentraron en título y palabras clave, relacionadas a estudios realizados sobre el cáñamo.

Con el objetivo de presentar un análisis del aprovechamiento del cáñamo como una potencial alternativa para la reactivación económica, se filtró la información más relevante y actual, aplicando criterios de selección como el periodo de estudio, área geográfica, accesibilidad, autenticidad, relevancia en nuestro tema de estudio, idioma, y tipo de documento. Finalmente, mediante una lectura crítica y detallada, se eligieron los documentos para el correspondiente estado del arte; categorizando la información en tres grupos (enfoque económico, enfoque legal y enfoque agrícola e industrial).

Además, los datos recopilados se procesaron mediante herramientas informáticas (Excel) para una mejor visualización.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Enfoque económico (una breve mirada del problema):

La situación económica que atraviesa Ecuador durante y tras la pandemia muestra una gran caída. Como se puede evidenciar en las previsiones macroeconómicas del (1), donde se plantearon tres escenarios con diferentes supuestos como la producción de petróleo, las importaciones y exportaciones totales, inversión pública y privada, los gastos del gobierno y las remesas. De lo cual se estimó que el PIB, principal indicador macroeconómico a nivel global, decaería entre 7.27 y 9.59 puntos para 2020. Esto, de manera general se traduce en una fuerte crisis económica y un notorio aumento en las tasas de desempleo; lo que es evidente debido a la falta de productividad de las empresas y negocios en general, durante los primeros meses de la pandemia.

Por otro lado, el precio del petróleo disminuyó

respecto al 2019, cuando se cotizó en 51,3 dólares por barril, mientras que, en marzo de este año se valorizó en 23 dólares por barril. (1). Además, como consecuencia de la erosión del cauce del Río Coca en las provincias de Napo y Sucumbíos, la economía ecuatoriana se vio afectada debido a la rotura de las tuberías del (SOTE)¹ y del (OCP)² en abril del presente año.

El Camaño en números:

Es evidente el beneficio que se ha obtenido a nivel global de esta planta ancestral y además es un reflejo de su rentabilidad, ya que, a diferencia de otros productos, donde sus importaciones y exportaciones tienden a decaer en el tiempo. Según International Trade Statistics, el número de Importaciones y Exportaciones Globales expresada en dólares americanos ha aumentado en función del tiempo (Gráfico 1). Principalmente el nivel de exportaciones donde para el año 2019 a nivel global se registran 22'892 000 [dólares] a diferencia de su año más bajo (2014) con 2'966 000 [dólares] (2).

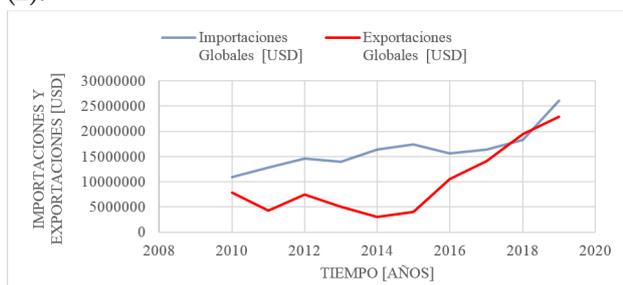


Gráfico 1. Importaciones y Exportaciones globales de Cáñamo medido en dólares en función del tiempo. Elaborado a partir de: (2).

Alemania lidera el mercado de importaciones con valores crecientes del producto “5302 Cáñamo (*Cannabis sativa* L., (en bruto o trabajado, pero sin hilar; estopas y desperdicios de cáñamo, incluido los desperdicios de hilados y las hilachas)”; así para 2010 importaron, 1167 [miles de dólares americanos], para el año 2015 se obtuvieron 4 784 [miles de dólares]. Para el año 2019, se registran 3646 [miles de dólares], seguido de España con 3206 [miles de dólares], y República Checa 3144 [miles de dólares] (2). De esto se puede concluir que Alemania puede abrir un amplio mercado del producto a diversos países que se están uniendo a la iniciativa de sacarle provecho al Cáñamo Industrial, desarrollando un potencial

¹Sistema de Oleoducto Transecuatoriano

²Oleoducto de Crudos Pesados

mercado primario como se encuentra en otros estudios “Plan de Negocios y potencialidad del cultivo de cáñamo en Ecuador” (3).

Por otro lado, Países Bajos, Suiza y Croacia ha sacado un gran provecho siendo los principales exportadores generando un creciente flujo de efectivo en torno a las exportaciones de esta planta en la última década (Gráfico 2), donde para el año 2019 se registran valores de 6292, 5650 y 2515 [miles de dólares] respectivamente (2).



Gráfico 2. Exportaciones de los principales países exportadores de Cáñamo, expresadas en dólares en función del tiempo. Elaborado a partir de: (2)

Finalmente (4), se plantea un análisis comparativo donde; la producción de cannabis no psicoactivo rico CBD, a cielo abierto implica niveles de costes de producción, riesgo bajos y rentabilidad altos. Por otro lado, la siembra en invernadero presenta costos de producción riesgo y rentabilidad muy altos qué se debe tomar en cuenta a la hora de incursionar en este negocio.

El Enfoque legal.

Grandes cambios se aproximan en Ecuador, gracias a la actual situación jurídica del cáñamo. Donde una serie de modificaciones en los artículos han abierto las puertas al aprovechamiento de esta planta, ya sea con fines comerciales (producción e importación de materia prima y derivados de cáñamo) o industriales, impulsando y desarrollando la obtención de productos derivados del cáñamo industrial.

En el webinar abierto, organizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería el miércoles 20 de mayo del 2020 en el cual se expone la normativa y oportunidades del cultivo de cannabis en Ecuador; Andrés Luque, subsecretario de producción agrícola del MAG, menciona con respecto a la reforma en el código orgánico integral penal

(COIP); que el 24 de diciembre del 2019 la asamblea decide por mayoría de votos la despenalización del cultivo y producción del cannabis en Ecuador con un contenido inferior al 1% de THC (componente psicoactivo del cannabis. Además, se instauro al MAG³ como órgano competente para emitir la regulación respecto a la reforma que entró en vigor el 21 de junio del 2020. Esta reformulación en el COIP⁴ posibilita dos tipos de cosecha: el cáñamo para uso industrial y el cannabis no psicoactivo o cáñamo; el cual debido a que presenta propiedades fenotípicas similares al cannabis psicoactivo, no permitirá el auto cultivo. Por otra parte, al tener un plazo de 120 días, las disposiciones transitorias tienen como fecha límite el 19 de octubre del 2020 para expedir la regulación a partir de la ley vigente (4).

Algunas ventajas de la normativa del Ecuador respecto a otras normativas del cáñamo se mencionan que en Ecuador el MAG, será el encargado desde la importación y la producción de semillas hasta la exportación de biomasa o aceite crudo lo cual agilizará los procesos ya que, en otros países las licencias son emitidas por varias instituciones. Ecuador también permitirá la comercialización de biomasa para evitar errores que han cometido otros países, que enfocados en mejorar la producción industrial interna se estancaron, no pudieron procesar su materia prima y tampoco exportarla. Además, las licencias serán intransferible y sus costos serán variables, con determinado costo por hectárea (4).

El Ministerio de Agricultura y ganadería menciona que las licencias solo podrán ser solicitadas por personas jurídicas, entidades públicas, cooperativas o asociaciones de pequeños y medianos productores residentes en el país; los cuales deberán presentar la respectiva documentación sobre las inversiones y estados financieros que demuestren la legalidad de los recursos que se emplearán en dicho proyecto.

Otro requisito principal, es tener una promesa de compra de su producto ya sea del mercado interno o externo; en otras palabras, deberán tener un comprador (destino final) asegurado. Además, se deberán presentar antecedentes penales para el trámite, con el fin de evitar actos de corrupción

por parte de personas que quieran sacar provecho de la nueva normativa (5).

Así, Ecuador se suma a los países de Latinoamérica que se adelantaron a la iniciativa; como Uruguay, que el 7 de enero del 2014 autoriza el uso del cannabis para fines científicos y médicos, industrialización para uso farmacéutico (Ley 27.350). Chile que el 7 de diciembre del 2015, Permite el uso terapéutico del cannabis durante un corto periodo de tiempo, regulaciones especiales establecidas para otorgar licencias, para control y supervisión para el cultivo industrial y comercial, así como para la investigación científica o la elaboración de fitofármacos que contengan THC (Ley 20.000 y Decreto 84). Colombia en 2016, legalizó el acceso al cannabis medicinal, permitiendo el cultivo, procesamiento y exportación comercial de productos de marihuana medicinal para uso sanitario y científico. Argentina el 19 de abril de 2017, permite investigación médica y científica (Ley. 19.172 y Decreto 46-015) (6).

El enfoque Agrícola e Industrial.

Luque (4), menciona que el aprovechamiento del cáñamo se puede enfocar en la obtención de materia prima, lo cual fomenta el desarrollo agrícola ya que el proceso abarca desde la compraventa de semillas, pasando por la siembra, cultivo y terminando con la cosecha del cáñamo para su posterior comercialización (interna o externa). En este punto, se plantea un análisis comparativo entre las principales zonas productivas del Ecuador y se concluye que las zonas costa y la sierra son las más adecuadas para la producción del cáñamo; ya que el oriente debido a su alto porcentaje de humedad, la cosecha es muy propensa a la formación de hongos. Además, se encuentra que la sierra presenta ciclos de producción más largo y cosechas con contenido de CBD más alto, a diferencia de la región costa, cuyos ciclos de producción son más cortos y sus cosechas tienen contenido de CBD más bajo.

Por otro lado, también se aprovecha estas materias primas para el desarrollo industrial interno. Desde este punto de vista, se puede obtener una diversidad muy amplia de productos elaborados a partir del cáñamo que van desde: bolsas bio-

³Ministerio de Agricultura y Ganadería

⁴Código Orgánico Integral Penal

degradables elaboradas con celulosa de cáñamo dirigida a grandes y medianas empresas (7), pasando por la fabricación de papel de cáñamo (8), aceites de semilla de cáñamo con aplicaciones gastronómicas o la extracción de aceites ricos en CBD destinados a la industria cosmética o farmacéutica (9), para tratamientos de epilepsia, esclerosis múltiple, enfermedades inflamatorias crónicas como la poliartritis crónica, enfermedades de inflamación intestinal, entre otros (10). Algunas propiedades terapéuticas de los principales cannabinoides que se pueden aprovechar en este punto son: el Cannabidiol (CBD) como ansiolítico, antipsicótico, analgésico y antiespasmódico; Delta-9- tetrahidrocannabinol (Δ^9 -THC) como analgésico, antiemético y antiinflamatorio; Cannabinol (CBN) como sedante, anticonvulsivo, antibiótico y antiinflamatorio y finalmente el Cannabicromeo (CBC) como antiinflamatorio, antimicótico y analgésico (11).

Otros productos que se pueden obtener son bio-combustibles como bioetanol a partir de biomasa de cáñamo (12), bebidas alcohólicas aromatizadas con flores de cáñamo (13). También se puede producir materiales estructurales novedosos compuestos de cáñamo industrial y (HDPE)⁵ reciclado con muy buenas propiedades mecánicas (14), incluso se pueden elaborar ladrillos a base de cáñamo industrial (15), para su posterior aplicación en la construcción de casas ecológicas (16).

Por otra parte, estudios muestran como resultado de un análisis comparativo entre Uruguay, Chile y Argentina (países que nos llevan ventaja en la despenalización y aprovechamiento esta planta) que los 3 países coinciden en contemplar la vía de la importación, pero, además, dos de ellos consideran que es necesario ir más allá y regular otras formas de producción de derivados de la planta garantizando un acceso a los mismos. Es decir, plantean promover la producción masiva de derivados del cáñamo y no solamente materia prima para exportación; enfocándose además de las exportaciones, en el consumo interno de estos productos (17).

Así, por ejemplo, entre los primeros registros de aprovechamiento del cáñamo en la industria

ecuatoriana. Laboratorios Beautik, firma que opera en Durán introducirá en el mercado una línea de champú, acondicionador, crema para peinar y mascarilla capilar que se elabora con aceite de la semilla de cannabis rico en ácidos grasos esenciales y omega 3, 6 y 9 (18).

Manejo y cultivo del cáñamo industrial

Hay que tomar en cuenta que las propiedades del producto obtenido van a depender de muchos factores cómo una variedad de la semilla, lugar dónde se va a cultivar es decir su calidad de suelo y condiciones climáticas, por ello la importancia del manejo del cultivo en función del uso que se quiera dar el producto final. En este caso nos enfocamos en el cáñamo industrial con un contenido (THC < 1%) desde su siembra, su cultivo y manejo; pasando por la obtención de materias primas cómo son semillas, cañamones ricos en aceite y diferentes fibras que pueden ser comercializados como materia prima o aprovecharlas en algún proceso industrial para la obtención de productos textiles, aceites, cosméticos, materiales compuestos, medicamentos, entre otros (19).

Entre las principales necesidades del cultivo está la tierra, ya que el cáñamo necesita tierras sueltas (aproximadamente 15% de arena fina, 15% de humus y pequeñas cantidades de arcilla para evitar encharcamientos) ricas en nutrientes (principalmente calcio y potasio). Además, se debe controlar la salinidad y que el pH no sea menor de 5.5 (evitar elevada acidez). La cantidad de luz durante el crecimiento es de al menos 8 horas diarias de sol y 7 horas de oscuridad ininterrumpidas. Finalmente, la cantidad de agua y riego varía según el clima y temperatura de la zona; pero de manera general se requiere una precipitación pluvial mínima de aproximadamente 700 mm al año y humedad abundante (20).

En cuanto al clima, la temperatura ambiental ideal en el día oscila entre los 20 y 25 °C y por la noche entre 13 y 17 °C en un entorno templado con adecuada humedad ya que son susceptibles a las bajas temperaturas (pueden modificar sus propiedades). Otro factor importante son los abonos empleados ya que se estima, que el cáñamo requiere 15 kg de fertilizante por kg de fi-

⁵Polietileno de alta densidad

bra obtenido; ya que esta compone el 6.5 % de la masa vegetal. Otros estudios han medido la cantidad de (N, P₂O₅, K₂O) que el cáñamo extrae del suelo durante un ciclo de vida, obteniendo (102; 66 y 117) [kg/ha] respectivamente. De ser necesaria la aplicación de abonos; se recomienda que sean orgánicos (estiércol animal, humus orgánico y otros) y abonar mínimo dos meses antes de la siembra evitando el uso de turba ya que esta acidifica el suelo (21, 22).

Calculadora del crecimiento y rendimiento

En base a estudios compilatorios de campo de Seedcx.com y la Universidad de Ridgely / Kennebec Ltd. Se ha desarrollado una herramienta de cálculo del cáñamo industrial en función del número de hectáreas sembradas; donde, en base a aproximaciones se puede obtener los requisitos de cultivo, la población y densidad de siembra, la cantidad de nutrientes (fosfato, nitrógeno y potasa) en kilogramo requeridos, el rendimiento los valores monetarios potenciales de su venta al por mayor (New Age Hemp).

Así, por ejemplo, tomando una base de cálculo, para 10 hectáreas de cultivo de cáñamo se requieren 1000 kg de nitrógeno, 700 kg de potasa y 450 kg de fosfato. Los rendimientos de fibra estimados son 447 780 Kg de fibra BAST (con un valor monetario de 4 447 800 €) y 1 383 760 kg de fibra HURD (con un valor monetario de 7 223 227. 2 €) y para semillas de aceite son 177047.15 litros de aceite de semilla (valor monetario de 2 478 660.1 €) y 938.98 kg de extracto de CBD con un valor monetario de 23 474 500 € (New Age Hemp).

Altos rendimientos de fibra se pueden conseguir con densidades de siembra entre 250 a 400 semillas viables por metro cuadrado (50-60 libras por acre); sin embargo, dependerá del tipo de suelo, la fertilidad de este de tipo de cultivo. Por otro lado, la producción de semilla o grano requerirá densidades más bajas entre 35 y 45 libras por acre (New Age Hemp).

Clasificación sistémica:

El Cannabis se encuentra dentro del grupo de las

Angiospermas, en la clase Magnoliopsidas, subclase Hamamelidas, orden Urticales, en la familia Cannabaceas donde encontramos dos especies, el lúpulo (*Humulus lupulus* L.), y el cáñamo (*Cannabis sativa* L.) (23).

Dentro del *Cannabis sativa*, se encuentran tres subespecies (*indica*, *rudelaris* y *sativa*) distinguidas por su origen, tipo de semilla y el manejo de su crecimiento. Así, *Cannabis sativa Indica* típica del sudeste asiático son relativamente pequeñas, pero bastante ramificadas, de forma cónica pueden alcanzar 1.5 metros de altura; por otro lado, *Cannabis sativa Rudelaris* originaria de Rusia normalmente de menor ramificación, pero de mayor altura, alcanza entre dos y cinco metros de altura y finalmente la *Cannabis sativa Sativa* originaria de Europa y África presenta altura y ramificación moderada, alcanzando entre 1.5 y 2 metros de alto (24).

En la actualidad, gracias al desarrollo agrónomo y tecnológico se han obtenido una gran variedad especies modificadas y por ello es necesaria una clasificación más práctica. De un lado, estas plantas con porcentajes bajos de THC (0.2-0.3) % con fines principalmente industriales como el cáñamo industrial y el cannabis no psicoactivo (25) y por otro lado variedades como (Skunk, o Silver Haze) con mayor contenido de THC (5-10) % para fines terapéuticos e investigativos (20).

La planta del Cannabis germina, crece, se desarrolla al pasar por ocho etapas o estadios vegetativos así: al germinar, la raíz sale de la extremidad afilada de la semilla; luego de 48h de la germinación, la raíz tiene una longitud aproximada de 2.5 a 4 cm (a partir de aquí, el crecimiento se ralentiza); transcurridas 72-96 horas comienza a desarrollarse bajo tierra un sistema de raicillas laterales, los cotiledones (aún pegados), empiezan a asomar a la superficie y a ejercer presión para deshacerse de la envoltura de la semilla; al llegar al día cinco el tallo de la plántula comienza a levantarse, (se cae la envoltura y se abren los cotiledones); el tallo crece constantemente hasta el día diez aproximadamente (aparece el primer par de hojas verdaderas); después el segundo y tercer par de hojas; al comienzo de la semana tres, se caen los cotiledones (la planta crecerá

bien si dispone de suficiente luz). Después en los meses tres y cuatro los machos echarán flores, y más tarde las hembras y finalmente se produce la fecundación, donde los machos primero se vuelven amarillos y luego mueren; mientras que las hembras, producen cañamones y después empiezan a marchitarse (20).

Ventajas del cultivo de cáñamo

Entre las principales ventajas del cultivo de cáñamo esta su asombrosa velocidad de crecimiento; ya que, este puede alcanzar alturas de aproximadamente cuatro metros entre tres y cuatro meses (dependiendo de las condiciones del cultivo); además, en las primeras dos a tres semanas se puede evidenciar a nivel general del cultivo, el desarrollo de una especie de tapiz verde y espeso que posteriormente se convertirá en un frondoso bosque de cáñamo erradicado de malas hierbas del suelo. Otra ventaja es que puede ser cultivado orgánicamente evitando el empleo de químicos nocivos para el medioambiente, es decir que no requiere de pesticidas y herbicidas (20).

Sin embargo, para mejorar su rendimiento, se prefieren suelos ricos en nutrientes (de baja acidez y bajo contenido de metales pesados) y un adecuado suministro de agua. A la par, mejora el rendimiento de futuros cultivos del suelo debido a que devuelve al terreno aproximadamente 38-40% de la extracción de minerales que realiza durante su desarrollo.

También puede ser manejado como un cultivo de rotación, alternando cosechas de cáñamo con otros productos como por ejemplo maíz, papas, trigo, remolacha, entre otros. Y se dice que un campo de trigo o de papas es 10% más productivo si el año anterior ha sido plantado con cáñamo ya que, casi tan rápido como su crecimiento hacia arriba crece también su fina red de raíces que se extienden por la tierra esponjándola y aireándola, preparando el suelo para próximos cultivos (26).

Estos aspectos lo convierten en un cultivo económicamente viable, debido a su rápido crecimiento y sus bajos requerimientos de mantenimiento. El cáñamo además, supera a otros productos como

el trigo, la soya, heno, entre otros en rendimientos netos (dólares por área de cultivo); ya sea en el precio bala de la fibra/rendimiento que se estima en 500 dólares por hectárea y precio alto de la fibra/rendimiento 1250 dólares por hectárea (26).

IV. CONCLUSIONES

Ecuador, evidentemente puede enfocar su reactivación económica en el aprovechamiento del cáñamo ya que debido a las reformas del COIP puestas en vigencia desde el 21 de junio del 2020, se permite el cultivo y producción del cannabis con un contenido inferior al 1% de THC (componente psicoactivo de la planta).

Esta reactivación económica se puede enfocar en la producción de cáñamo como materia prima para su posterior comercialización (interna o externa) o en el aprovechamiento de estas materias primas para el desarrollo industrial interno. Así, la reactivación empieza desde la compraventa de semillas y la producción de materia prima, es decir, arranca en el sector agrícola, generando numerosas plazas de trabajo desde el campo, ya sea en la siembra, producción y cosecha de cáñamo hasta la posterior comercialización interna y exportación de materia prima hacia los principales mercados importadores de cáñamo como Alemania, España, República Checa e incluso Estados Unidos.

Por otro lado, a nivel interno se puede promover el desarrollo del sector industrial con el aprovechamiento de esta planta que tiene una amplia gama de aplicaciones en diferentes sectores industriales.

Así, por ejemplo, en la industria alimenticia, farmacéutica, la industrial de los cosméticos y la industria en general; ya que, como se mencionó en este estudio de la planta se pueden obtener desde aceites, plásticos, papel, biocombustibles hasta la elaboración de casas.

En resumen, se puede generar una gran cantidad de plazas de trabajo, se incrementa el nivel de exportaciones, se estimula el comercio interno ya sea por la compra o venta de materia prima o productos derivados del cáñamo.

1. Banco Central del Ecuador. El covid-19 pasa factura a la economía ecuatoriana: decrecerá entre 7,3% y 9,6% en 2020 [Internet]. 2020 [cited 2020 Jul 19]. Available from: <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1366-el-covid-19-pasa-factura-a-la-economia-ecuatoriana-decrecera-entre-73-y-96-en-2020>
2. International Trade Statistics. Trade Map - Lista de los importadores para el producto seleccionado (Cáñamo (*Cannabis sativa* L.), en bruto o trabajado, pero sin hilar; estopas y desperdicios de ...) [Internet]. 2020 [cited 2020 Jul 20]. Available from: https://www.trademap.org/tradestat/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=3%7C%7C%7C%7C%7C5302%7C%7C%7C4%7C1%7C1%7C1%7C2%7C1%7C1%7C1
3. Pino Herrera O. ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA Y PROCESADORA DE FIBRA DE CÁÑAMO INDUSTRIAL EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA PARA LA EXPORTACIÓN AL MERCADO ALEMÁN EN EL PERIODO 2019-2029 [Internet]. 2019 [cited 2020 Jul 19]. p. 148. Available from: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15967/ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA Y PROCESADORA DE FIBRA DE CÁÑAMO INDUSTRIAL EN LA ~1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15967/ESTUDIO%20DE%20PRE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20LA%20CREACION%20DE%20UNA%20EMPRESA%20PRODUCTORA%20Y%20PROCESADORA%20DE%20FIBRA%20DE%20CANAMO%20INDUSTRIAL%20EN%20LA%20PICHINCHA%20PARA%20LA%20EXPORTACION%20AL%20MERCADO%20ALEMAN%20EN%20EL%20PERIODO%202019-2029.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
4. Luque A. Normativa y Oportunidades del Cultivo de Cannabis en Ecuador - YouTube [Internet]. Youtube ; 2020 [cited 2020 Aug 24]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=T-LudjgljwWU&t=3179s>
5. Ministerio de Agricultura Y Ganadería. MAG explica cómo será el uso industrial del cáñamo – Ministerio de Agricultura y Ganadería [Internet]. 2020 [cited 2020 Jul 22]. Available from: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-explica-como-sera-el-uso-industrial-del-canamo/>
6. Aguilar S, Gutiérrez V, Sánchez L, Nougier M. Políticas y prácticas sobre cannabis medicinal en el mundo [Internet]. Ciudad de México ; 2018 Apr [cited 2020 Aug 19]. Available from: [http://fileserv.idpc.net/library/Medicinal cannabis briefing_SPA_FINAL.PDF](http://fileserv.idpc.net/library/Medicinal%20cannabis%20briefing%20SPA_FINAL.PDF)
7. Cayllahua B, Mendoza Suárez J, Alberto C, Ortega R, Jessica G, Salas S, et al. Biohemp Perú Item Type info:eu-repo/semantics/bachelorThesis [Internet]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC); 2020 [cited 2020 Jul 15]. Available from: <http://hdl.handle.net/10757/651992>
8. Arencibia F, Peña B, Goyeneche J. La fabricación del papel de cáñamo: eco alternativa sostenible en zonas de alta vulnerabilidad. Mundo Fesc [Internet]. 2020 Jan;10(19):67–79. Available from: <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/511/552>
9. Fuentes E, Acurio L. El Cáñamo (*Cannabis sativa* L.) para uso industrial y farmacéutico: una visión desde la industria alimentaria. *CienciaAmérica*. 2020 Dec 16;9(4):99.
10. Schluttenhofer C, Yuan L. Challenges towards Revitalizing Hemp: A Multifaceted Crop. 2017 Nov [cited 2021 May 16];22(11):917–29. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138517301772>
11. Daya. Cannabis medicinal: una breve guía sobre usos y efectos - Fundación Daya [Internet]. Fundación Daya. 2016 [cited 2020 Aug 19]. Available from: <http://www.fundaciondaya.org/cannabis-medicinal-usos-efectos-tipos-de-cannabis/>
12. Zhao J, Xu Y, Wang W, Griffin J, Roozeboom K, Wang D. Bioconversion of industrial hemp biomass for bioethanol production: A review. *Fuel* [Internet]. 2020 Dec 1 [cited 2021 May 14];281:118725. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001623612031721X>
13. Ascriczzi R, Iannone M, Cinque G, Marianelli A, Pistelli L, Flamini G. “Hemping” the drinks: Aromatizing alcoholic beverages with a blend of *Cannabis sativa* L. flowers. *Food Chem* [Internet]. 2020 Sep 30 [cited 2021 May 15];325:126909. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620307718>
14. Lu N, Johnson R. HEMP FIBER REINFORCED COMPOSITE WITH RECYCLED HIGH DENSITY POLYETHYLENE AND PRODUCTION THEREOF [Internet]. US 2017/0121473

- A1, 2017 [cited 2020 Jul 22]. Available from: <https://patentimages.storage.googleapis.com/1a/3b/00/4a75cf157fb546/US20170121473A1.pdf>
15. Ospina Pedraza Oscar Andres. Diseño de modelo de negocio verde a partir de la producción de ladrillos a base cáñamo industrial [Internet]. reponame: Repositorio Institucional Universidad El Bosque. [Bogotá]: Universidad El Bosque; 2019 [cited 2020 Jul 21]. Available from: <http://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2617>
16. Shea A, Lawrence M, Walker P. Hygrothermal performance of an experimental hemp-lime building. *Constr Build Mater*. 2012 Nov 1;36:270–5.
17. Mora Bassante JE. “LA PRODUCCIÓN DE CANNABIS CON FINES TERAPÉUTICOS PARA TUTELAR EL DERECHO AL ACCESO A LA SALUD A TRAVÉS DE ENTIDADES AUTÓNOMAS, COMUNITARIAS Y DE MEDICINA ALTERNATIVA.” [Internet]. [Ambato]: Pontificia Universidad Católica del Ecuador ; 2018 [cited 2020 Aug 19]. Available from: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/2504/1/76787.pdf>
18. Reyes J. La industria cosmética ecuatoriana comienza uso de cannabis como materia prima | Economía | Noticias | El Universo. *El Universo* [Internet]. 2020 Jul 17 [cited 2020 Aug 12]; Available from: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/07/17/nota/7908537/cannabis-ecuador-industria-capilar-medicinal>
19. Company G, Cano J, Zaragoza Á. El legado del cáñamo en Callosa de Segura (Alicante): clave en su industrialización y la configuración de su territorio. *Geographos* [Internet]. 2020 Jan 2 [cited 2021 May 17];11(122):1–25. Available from: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/103368/1/German_Company.pdf
20. Acosta X. Agroecología del cáñamo. La Fertilidad de la Tierra [Internet]. 2001 [cited 2020 Sep 2];29–32. Available from: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Ferti/Ferti_2001_6_29_32.pdf
21. Fassio A, Rodríguez M, Ceretta S. Cáñamo (Cannabis sativa L.) [Internet]. Montevideo; 2013 [cited 2020 May 17]. Available from: <http://www.inia.org.uy>
22. New Age Hemp. Calculadora del crecimiento, Rendimiento y salida | [Internet]. New Age Hemp. [cited 2020 Sep 2]. Available from: <https://newagehemp.es/calculadora-del-crecimiento-rendimiento-y-salida/>
23. Integrated Taxonomic Information System (ITIS). Cannabis sativa L [Internet]. 2014 [cited 2021 May 16]. Available from: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TS-N&search_value=19109#null
24. García J. Ensayo De Variedades De Cáñamo En La Vega Baja del Segura [Internet]. [Elche]: Universidad Miguel Hernández; 2016. Available from: http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2971/1/TFG_García_Hernández%2C_Jorge.pdf
25. Callaway J. A more reliable evaluation of hemp THC levels is necessary and possible. *J Ind Hemp* [Internet]. 2008 Oct 13 [cited 2020 May 17];13(2):117–44. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15377880802391142>
26. Gamarra J. TRABAJO FINAL DE CAÑAMO INDUSTRIAL [Internet]. Academia. 2020 [cited 2020 Sep 2]. Available from: https://www.academia.edu/3289598/TRABAJO_FINAL_DE_CAÑAMO_INDUSTRIAL

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LAS FRECUENCIAS FUNDAMENTALES DE MODELOS ESTRUCTURALES ANTE SISMOS ESCALADOS Y ARTIFICIALES.

Experimental study of the fundamental frequencies of structural models in the face of scaled and artificial earthquakes.

Villalba Nieto Paola Ximena* , Guaygua Quillupangui Byron Armando , Cepeda Aveiga Ángel Israel , Hipocuro Simbaña Narcisa Alexandra .

Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, Quito, Ecuador.

*pxvillalba@uce.edu.ec

Resumen

La instrumentación de edificaciones nos permite evaluar y analizar el diseño de una edificación existente, e identificar los posibles daños después de la ocurrencia de un evento sísmico moderado a severo, considerando la frecuencia fundamental como parámetro esencial en la Dinámica de Estructuras. El presente estudio tiene como propósito analizar las frecuencias fundamentales de seis modelos estructurales, y comparar los resultados obtenidos con los métodos de análisis descriptivos Modal Espectral y Paso a paso en el tiempo. El análisis experimental se realizó en la mesa de vibración Quanser XY Shake Table III; empleando tres registros sísmicos corticales y tres por subducción, además de cuatro acelerogramas artificiales generados apropiadamente. La fase experimental consistió en la construcción y ensayo de los modelos, encontrando las aceleraciones registradas de los sismos y acelerogramas seleccionados escalados a un desplazamiento de 2.5 cm. Finalmente las respuestas dinámicas obtenidas experimentalmente, fueron llevadas del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia a través de la Transformada Rápida de Fourier, para lo cual se desarrolló una subrutina en MATLAB que incluyó el filtro de Butterworth y el suavizado mediante la función de Konno & Ohmachi, la cual procesa de manera directa las aceleraciones entregadas por los acelerógrafos.

Palabras clave: frecuencias fundamentales, análisis dinámicos, mesa de vibración, transformada fourier.

Abstract

The instrumentation of buildings allows us to evaluate and analyze the design of an existing building, and identify possible damage after the occurrence of a moderate to severe seismic event, considering the fundamental frequency as an essential parameter in the Dynamics of Structures. The purpose of this study is to analyze the fundamental frequencies of six structural models, and to compare the results obtained with the Modal Spectral and Step by step descriptive methods of analysis over time. The experimental analysis was carried out on the Quanser XY Shake Table III vibration table using three cortical and three subduction seismic recordings, in addition to four appropriately generated artificial accelerograms. The experimental phase consisted of the construction and testing of the models, finding the recorded accelerations of the earthquakes and selected accelerograms scaled to a displacement of 2.5 cm. Finally, the dynamic responses obtained experimentally were taken from the time domain to the frequency domain through the Fast Fourier Transform, for which a subroutine was developed in MATLAB that included the Butterworth filter and smoothing using the Konno & Ohmachi function, which directly processes the accelerations delivered by the accelerometer.

Keywords: fundamental frequencies, dynamic analysis, vibration table, fourier transform.

I. INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un territorio sísmicamente activo que durante su historia ha sido el escenario de varios terremotos destructivos, los cuales han sido generados por tres regímenes tectónicos: Cortical, Subducción Interplaca y Subducción Intraplaca.

A pesar de esto, fue en el código Ecuatoriano de la Construcción CEC 2000 publicado en el 2001, en el que por primera vez se presenta un mapa de zonificación sísmica para Ecuador, el cual dividía al país en 4 zonas sísmicas basadas en estudios de peligro sísmico; actualmente se encuentra en vigencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015, la cual añade no solo una caracterización al peligro sísmico, sino que presenta además la zonificación sísmica del territorio, contando con 6 zonas.

De la misma forma en la NEC, dentro de las metodologías de diseño sísmico se exponen dos métodos de análisis dinámico lineal, el Modal Espectral y el Paso a paso en el tiempo.

Estos métodos de análisis descriptivos, son una alternativa para el estudio y comprensión de los efectos de excitaciones sísmicas, ya que nos permiten conocer las respuestas máximas de la estructura; pero al ser estos métodos analíticos es importante estudiar sus resultados mediante ensayos experimentales.

La mayoría de los sismos de gran magnitud $M_w > 6$ que se han presentado en el país no tienen registros en acelerogramas, ya que en el año 2009 se creó la RENAC (Red Nacional de Acelerógrafos), mientras que en los últimos años la EPN (Escuela Politécnica Nacional) ha desplegado una red sísmica local en la ciudad de Quito, lo que nos lleva a contar con datos únicamente de los últimos años, de acuerdo con (1).

Se hace necesario el estudio de eventos ocurridos a nivel internacional, seleccionados en función de fuentes similares, y también la generación de acelerogramas artificiales.

La frecuencia fundamental (o periodo fundamental) es un parámetro dinámico primordial en el análisis de estructuras sometidas a excitaciones sísmicas, de ahí que en los últimos años se han venido determinando en estructuras existentes mediante instrumentación de sensores sísmicos, utilizando vibraciones forzadas, grabación de sismos y vibraciones ambientales, los cuales a través de la Transformada rápida de Fourier nos permiten pasar del Análisis del dominio del tiempo, al dominio de la frecuencia.

En el estudio realizado por (2), se analizó estadísticamente 152 edificaciones de hormigón armado en la ciudad de Quito, para establecer la variación del periodo fundamental a través de vibraciones ambientales.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La etapa experimental consideró la construcción de seis modelos estructurales con materiales encontrados en el mercado.

En la Tabla 1 se muestran las características generales de cada modelo, con una descripción de los materiales usados.

En los modelos de cuatro y seis pisos se acoplaron dos acelerómetros biaxiales, mientras que en los modelos de dos y tres pisos uno. En la Fig. 1 como ejemplo se observa el modelo 2 acoplado en la mesa de vibración con la instalación de dos acelerómetros.

Modelo	Altura (m)	Pisos	Peso (kg)	Materiales
1	1.50	4	34.50	MDF, Tubo cuadrado hueco, tol, Ángulos de acero
2	1.70	6	6.50	Varillas roscadas, Acrílico, tuercas, MDF
3	1.60	4	18.80	Tol, Varilla cuadrada, Ángulos de acero
4	0.50	2	2.65	Tol, varilla roscada, tuercas, MDF
5	0.85	3	3.65	Acrílico, varilla roscada, tuercas, MDF
6	1.00	2	10.45	Tol, varilla cuadrada, ángulos de acero

Tabla 1. Características de los modelos estructurales.

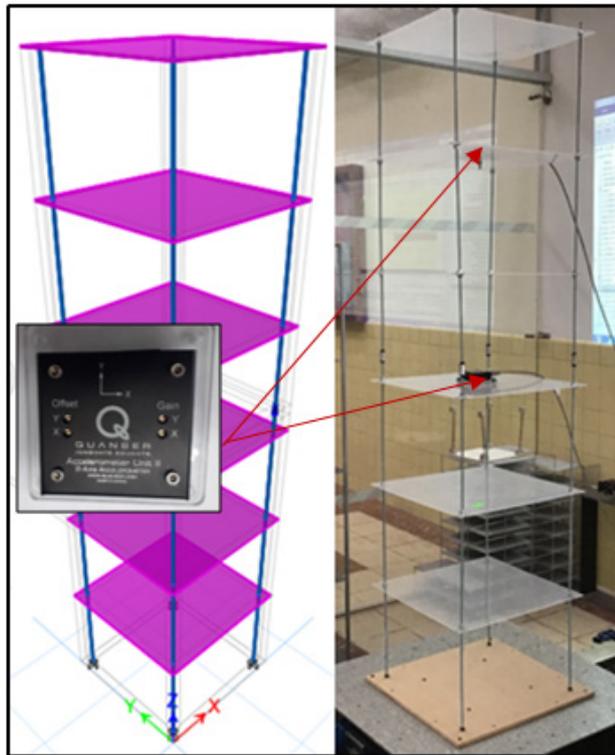


Figura 1. Características de los modelos estructurales.
Fuente: Los autores.

Se realizó la comparación de los resultados obtenidos a través de métodos de análisis dinámicos Modal Espectral y Paso a Paso en el Tiempo, con las respuestas obtenidas de los modelos construidos a partir de la aplicación de distintos movimientos sísmicos, simulados a través de la mesa de vibración Quanser XY Shake Table III del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Modelos de la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática de la Universidad Central del Ecuador.

Registros sísmicos y acelerogramas artificiales utilizados

Ecuador es un país con alta peligrosidad sísmica, se tiene acceso a datos de registros sísmicos ocurridos en los últimos años, sin embargo, para escenarios críticos se hace necesario la inclusión de registros compatibles de otros países, que a pesar de tener similares características geomorfológicas de terreno, no reflejan la realidad sísmica de la localidad, razón por la cual se utilizó además acelerogramas artificiales.

Se utilizó dos tipos de sismos: subducción e impulsivos, en función a su índice de Impulsividad (I_p) de acuerdo al criterio de (3), que considera sismos impulsivos y fuertemente impulsivos si su índice es menor a 20. Para subducción, los sismos

utilizados se encuentran en la Tabla 2 que incluyó el sismo sucedido en Pedernales en abril de 2016, en las estaciones Pedernales APED y Portoviejo APO1.

Sismo	Bases de Datos	Magnitud	Estación	I_p
Maule - Chile (2010)	RENADIC	8.8	Angol	188.32
			Llolleo	118.57
Michoacán - México (1985)	RAII-UNAM	8.1	Chilpancingo	35.86
			Caleta de Campos	35.02
Muisne - Ecuador (2016)	RENAC	7.8	Pedernales APED	79.12
			Portoviejo APO1	43.24

Tabla 2. Sismos por Subducción

Los registros de los sismos de Quito de agosto de 2014, a pesar de tener un índice de impulsividad mayor a 30, se incluyeron dentro de los sismos impulsivos, debido a que se registraron dentro del DMQ; considerando que en esta ciudad atraviesa un sistema de fallas ciegas. Estos registros fueron escalados a la aceleración máxima del espectro de diseño en aceleraciones establecido en la NEC para un suelo tipo D en la ciudad en mención. Tabla 3.

Para generar los acelerogramas artificiales se utilizó una función transitoria a partir de la metodología propuesta por (3), dicha función es cambiada al dominio de la frecuencia a través de la transformada rápida de Fourier, donde se realiza el ajuste del espectro modificando las amplitudes (4); seguidamente se compara con el espectro objetivo y se cambia de nuevo al dominio del tiempo por medio de la inversa de la transformada rápida de Fourier, para finalmente ajustar la línea base y la aceleración máxima (6, 13-17).

Sismo	Base de datos	Magnitud	Estación	I_p
Northridge - 01 - EE.UU. (1994)	PEER	6.69	LA Dam	10.93
			J.F.P.G.B	14.83
Kocaeli - Turquía (1999)	PEER	7.51	Duzce	12.93
			Yarimca	10.56
Quito - Ecuador (2014)	RENAC	5.1	EPN (12-08-2014)	102.94
		4.7	EPN (12-08-2014)	60.81

Tabla 3. Sismos Impulsivos

Los acelerogramas artificiales consideraron los espectros objetivos de diseño en aceleraciones

de la NEC tanto en Pedernales como en Quito, y como fuente de intensidad los sismos de Pedernales en la estación de Portoviejo y el del sismo de Quito del 12 de agosto de 2014 respectivamente.

Los registros sísmicos y acelerogramas artificiales fueron escalados a un desplazamiento de 2,5cm, conservando las aceleraciones originales en las dos direcciones de análisis para la simulación en la mesa de vibración; obteniendo los valores de las aceleraciones en el tiempo en los dos sentidos x e y de los acelerómetros instalados en cada modelo ensayado. Las aceleraciones registradas por las excitaciones sísmicas tienen un rango de apreciación de 0,0002g.

Análisis de Fourier

La Transformada de Fourier es una herramienta matemática capaz de extraer la información frecuencial de una forma de onda una vez conocido su comportamiento temporal y viceversa (7, 18-23). Una señal compleja puede ser descompuesta en una serie de armónicos sinusoidales, y expresada mediante la siguiente suma:

$$F(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n \cos(2\pi n\omega_0 t) + b_n \sin(2\pi n\omega_0 t) \quad (1)$$

$$F(t) = C_0 \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \cos(n\omega_0 t - \theta_n) \quad (2)$$

Donde:

ω_0 : Es la frecuencia angular fundamental del armónico.

a_n, b_n, c_n y θ_n : Son los coeficientes de Fourier que definen las funciones senoidales múltiples de la fundamental.

Un filtro es un elemento que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal que pasa a través de él, pudiendo modificar tanto su amplitud como su fase (8). El filtro de Butterworth es muy utilizado para producir la respuesta más plana que sea posible hasta la frecuencia de corte. A medida que aumenta el orden del filtro se incrementan la pendiente de atenuación.

La función de Konno y Ohmachi (9, 24-26), de tipo trigonométrica-logarítmica, considera como

frecuencia central, la de mayor amplitud aplicando un coeficiente exponencial (10, 27-29). El control del suavizado se lleva a cabo mediante la aplicación de una constante que varía entre 0 y 100, es decir entre un suavizado muy fuerte y muy suave, respectivamente. (8), recomiendan este tipo de suavización ya que preserva el número de puntos de alta y baja frecuencia.

Para procesar las señales entregadas por los acelerógrafos utilizados, a fin de llevar a las mismas del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, se desarrolló una subrutina en MATLAB compatible con los datos entregados por el software Quanser, programación propia de la mesa de vibración; que permite tomar los vectores tiempo y aceleración de los Tas medidos por los acelerómetros, separar las frecuencias mayores a 10 Hz y el ruido de la señal con un filtro pasa-baja de Butterworth, realizar la FFT, suavizar con el método de Konno y Ohmachi y graficar tanto el acelerograma como el espectro de Fourier.

En el espectro de Fourier los picos característicos representan las frecuencias de los modos de vibración, siendo el de mayor amplitud el que corresponde a la frecuencia fundamental, es decir al periodo del primer modo de vibración. En la Fig. 2 se observan los diagramas de las aceleraciones entregadas por los acelerómetros de la mesa de vibración, el acelerograma filtrado, Espectro de Fourier y el correspondiente suavizado obtenido de la subrutina en Matlab desarrollada en este trabajo.

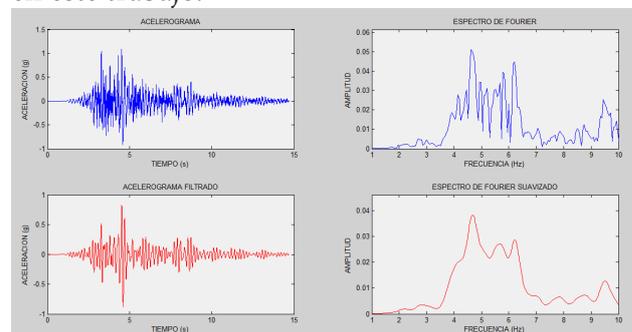


Figura 2. Procesamiento de señales: Espectro de Fourier suavizado
Fuente: Los autores.

III. RESULTADOS

Se encontró la frecuencia fundamental experimental de los modelos ante la aplicación de los registros sísmicos y acelerogramas artificiales

escalados, en cada sentido de análisis x e y, dividiendo los resultados tanto para sismos por subducción como impulsivos, encontrando el valor promedio de cada modelo ensayado.

En la Fig. 3 se observan los Espectros suavizados de Fourier de los seis modelos con su promedio para el sentido de análisis x, ante la aplicación de sismos por subducción, indicándose las amplitudes máximas y sus correspondientes frecuencias y periodos. Se puede apreciar que en el modelo 2 la frecuencia fundamental no corresponde aparentemente a la amplitud de mayor valor; esto sucede por la apreciación del acelerómetro uti-

lizado, sin embargo se verificó el valor correcto tanto con la aplicación de sismos impulsivos y los modelos matemáticos realizados. En la Fig. 4 se observan los Espectros suavizados de Fourier de los seis modelos con su promedio para el sentido de análisis x, ante la aplicación de sismos impulsivos.

En la Fig. 5 se muestran los valores de las frecuencias fundamentales de los seis modelos obtenidos de los análisis dinámicos Modal espectral, Paso a paso (Tiempo historia) tanto para los sismos impulsivos como no impulsivos, y los obtenidos experimentalmente.

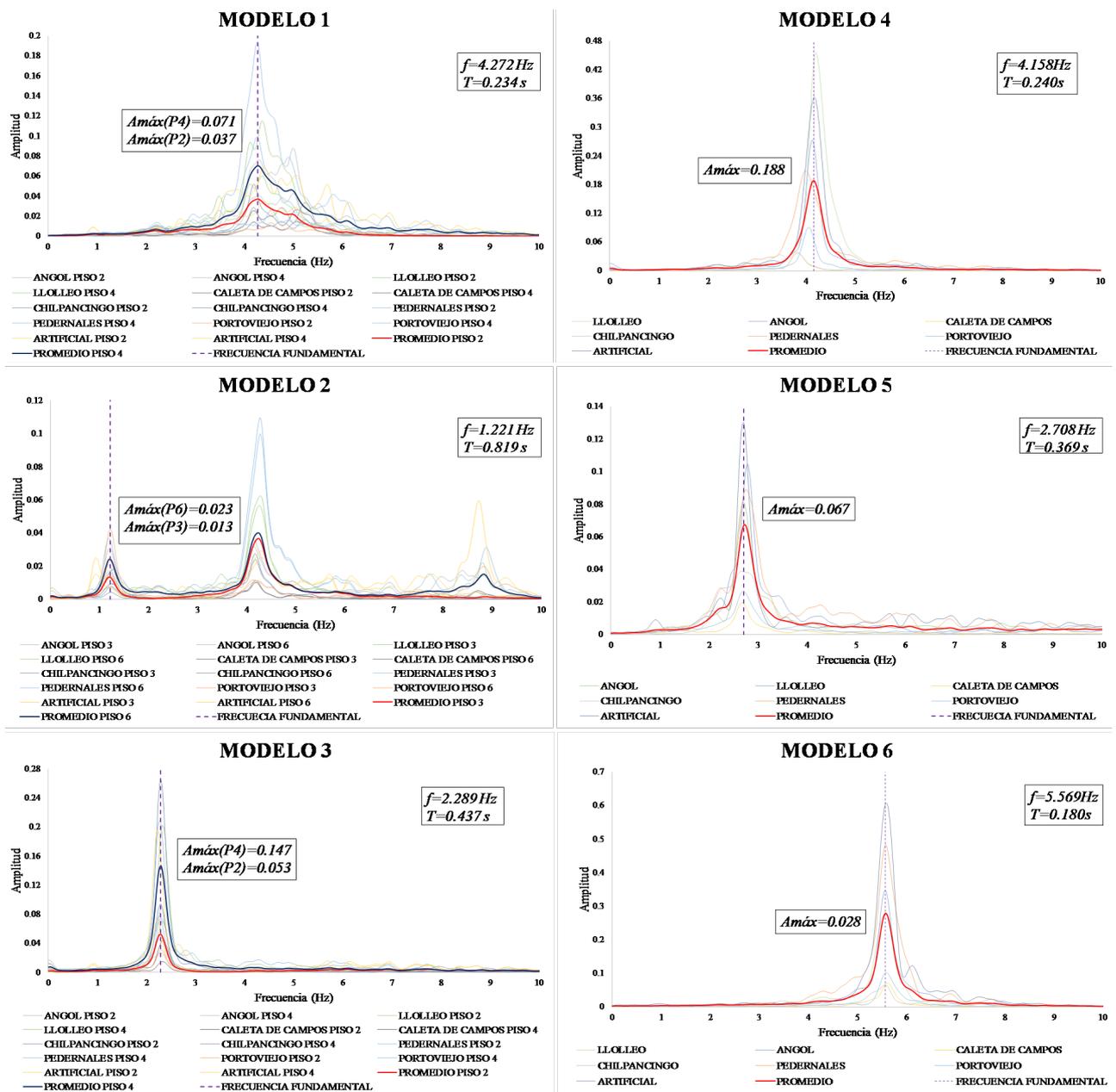


Figura 3. Frecuencias fundamentales de los modelos ante sismos por subducción
 Fuente: Los autores.

a) Modelo 1: El porcentaje de variación entre el análisis Modal Espectral y Paso a paso fue de 1.24%, mientras que para los análisis teóricos y experimental de 8.87%. La selección de los materiales fue adecuada, las conexiones viga – columna trabajaron apropiadamente y, a pesar de que durante la fase experimental se produjo la rotura de uno de los puntos de solda en la base, los resultados son consistentes.

b) Modelo 2: El porcentaje de variación entre el análisis Modal Espectral y Paso a paso fue de 4.00%, mientras que para los análisis teóricos y experimental de 4.69%.

Al ser de menor frecuencia fundamental, en la fase experimental con sismos por subducción no se logró determinar la frecuencia fundamental en el mayor pico (apreciación de los acelerómetros utilizados).

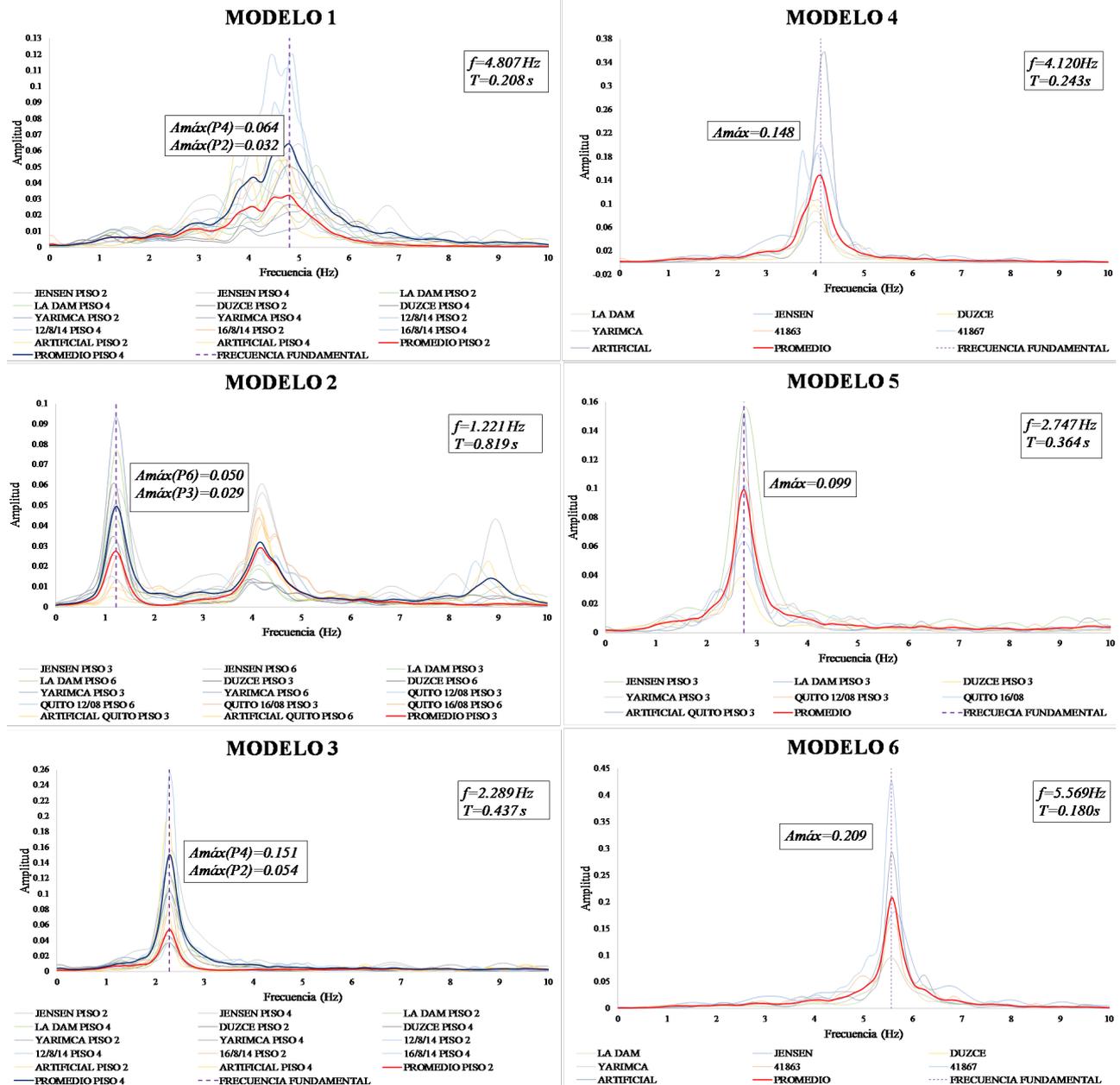


Figura 4. Frecuencias fundamentales de los modelos ante sismos corticales Fuente: Los autores.

c) Modelo 3: el porcentaje de variación entre el análisis Modal Espectral y Paso a paso fue de 0.00%, mientras que para los análisis teóricos y experimental de 4.18%.

d) Modelo 4: el porcentaje de variación entre el análisis Modal Espectral y Paso a paso fue de 0.20%, mientras que para los análisis teóricos y experimental de 15.87%.

e) Modelo 5: el porcentaje de variación entre el análisis Modal Espectral y Paso a paso fue de 0.92%, mientras que para los análisis teóricos y experimental de 16.81%. A pesar de contar con materiales similares al modelo 2, al tener una menor altura, la estructura es muy rígida, pudiendo influir las conexiones mediante tuercas

en el resultado final.

f) Modelo 6: el porcentaje de variación entre el análisis Modal Espectral y Paso a paso fue de 0.52%, mientras que para los análisis teóricos y experimental de 4.17%, lográndose una excelente simulación de los elementos, conexiones y bases.

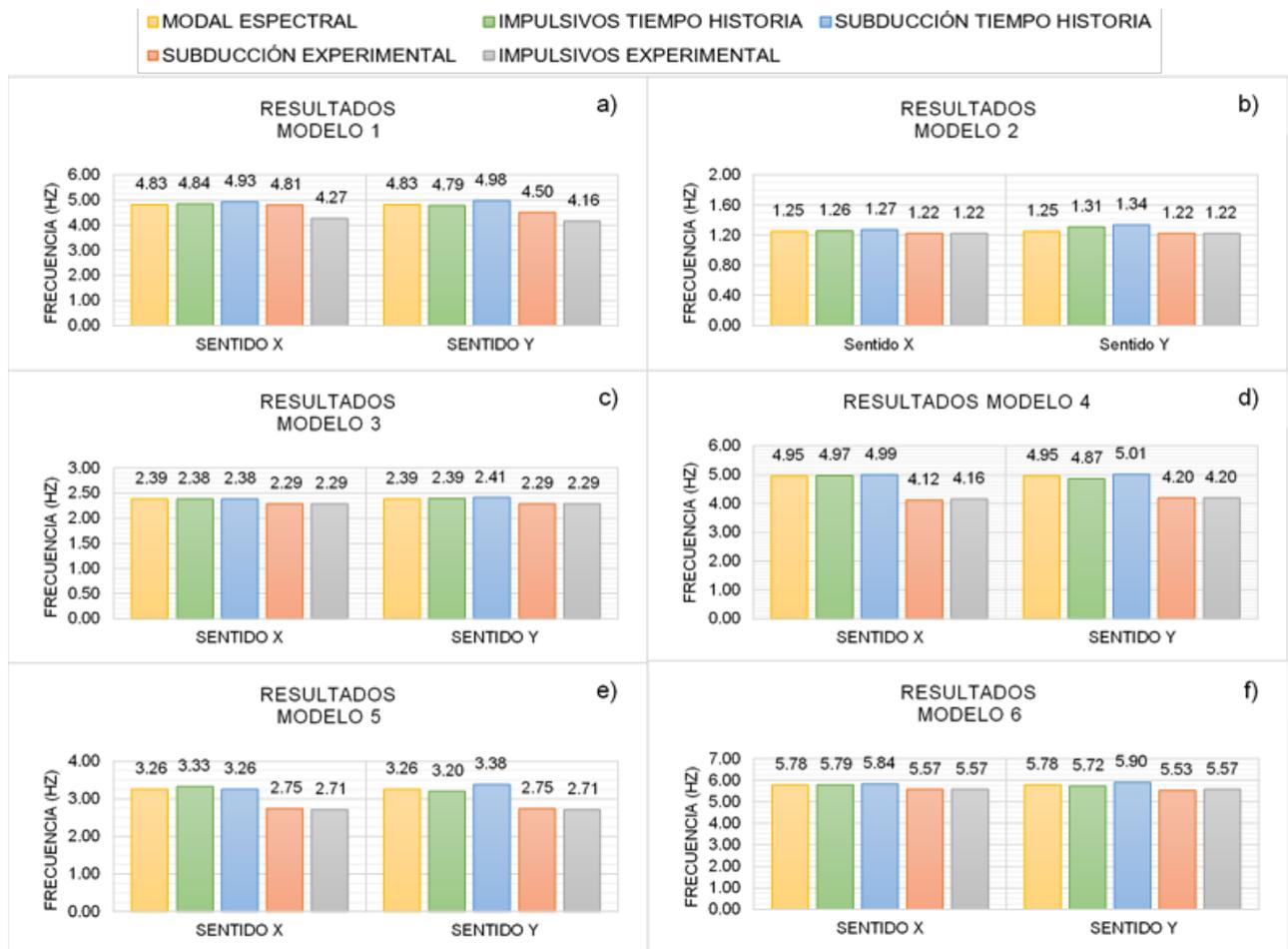


Figura 5. Comparación de los resultados de las frecuencias fundamentales teóricas y experimentales. Fuente: Los autores.

El porcentaje de variación entre el promedio de los valores obtenidos en el análisis Paso a paso y el Modal Espectral fue para el caso de sismos por subducción de 1,93%, y para sismos impulsivos de 0,75%.

La diferencia en porcentaje entre el promedio de los valores obtenidos en los análisis dinámicos teóricos y los experimentales fue para el caso de sismos por subducción de 10,25%, y para sismos impulsivos de 12,63%.

Si tomamos como referencia el estado del arte en el país, donde los resultados alcanzan una aproximación del 90% entre valores experimentales y

teóricos de respuestas en aceleraciones, de acuerdo con (11, 12), los resultados alcanzados en esta investigación son congruentes. La variación de los valores obtenidos teóricos y experimentales es mínima, considerando los múltiples factores que intervienen en la fabricación de los modelos y realización del ensayo.

Hay que indicar que el presente estudio incluye parámetros adicionales, como la fabricación de modelos con múltiples grados de libertad, aplicación de aceleraciones de sismos escalados y artificiales en los dos sentidos de análisis simultáneas, respecto a las consideraciones tomadas en los estudios de referencia mencionados.

IV. CONCLUSIONES

El estudio de las frecuencias fundamentales a través de metodologías como la grabación de sismos, vibraciones forzadas o vibraciones ambientales, ha comenzado a tomar relevancia en Ecuador, encontrándose estructuras con instrumentación propia, y requiriéndose tanto en el ámbito público como en el privado la realización de ensayos de vibraciones ambientales, por lo que el estudio experimental de la Dinámica de estructuras se vuelve primordial.

A través de la generación de acelerogramas artificiales, utilizando como fuente de intensidad registros sísmicos reales, se logró obtener acelerogramas compatibles con un sitio específico, los cuales fueron replicados en la mesa de vibración con éxito y que conjuntamente con sismos reales escalados a desplazamientos, se simularon y midieron las aceleraciones registradas en seis

modelos construidos con materiales accesibles en el mercado. Para estudiar el dominio de las frecuencias de los resultados entregados por los acelerógrafos en los modelos experimentales, se utilizó la transformada rápida de Fourier, a través del filtro de Butterworth, obteniendo el espectro de frecuencias suavizado mediante la función de Konno & Ohmachi.

Los valores conseguidos en los modelos experimentales y los obtenidos en los análisis Modal Espectral y Paso a Paso en el Tiempo, tienen porcentajes de variaciones entre 4% y 17%, siendo el modelo 6 construido con losas de tol, columnas de varillas cuadradas unidas mediante puntos de solda, y la base mediante ángulos, el que obtuvo los mejores resultados, demostrándose la importancia de considerar simular apropiadamente el empotramiento en la base. La frecuencia fundamental

R eferencias

1. Taipei L. Análisis de las ecuaciones de predicción de movimientos de suelo para el Ecuador utilizando datos registrados durante el periodo 2000 – 2011 en las estaciones sísmicas de banda ancha y acelerógrafos. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito. Ecuador; 2013.
2. Parra K. & Sarango J. Análisis estadístico del periodo experimental de vibración en edificios aporricados de hormigón armado en el Distrito Metropolitano de Quito. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito. Ecuador; 2016.
3. Panella D. Frau C. Tornello M. IDENTIFICACIÓN DE REGISTROS SÍSMICOS IMPULSIVOS PARA. Mecánica Computacional. 2013.
4. Gasparini, D. A., and Vanmarcke, E. H. Simulated earthquake motions compatible with prescribed response spectra. Evaluation of Seismic Safety of Buildings Report No. 2, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, USA; 1976.
5. Marco Mucciarelli, Angelo Masi, Maria Rosaria Gallipoli, Paolo Harabaglia, Analysis of RC Building Dynamic Response and Soil-Building Resonance Based on Data Recorded during a Damaging Earthquake (Molise, Italy, 2002); 2004.
6. Paspuezán P. & Vargas D. Evaluación de las respuestas máximas obtenidas a través del análisis paso a paso en el tiempo con acelerogramas artificiales generados mediante software, en cuatro edificios de distinto período, ubicados en Quito y Pedernales. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería. Ciencias Físicas y Matemática. Quito. Ecuador; 2018.
7. Carrillo C. Fundamentos del Análisis de Fourier. Vigo, España; 2003.
8. Sandoval V. & Vera M. Estudio de la robustez de la estimación espectral de la técnica H/V de Nakamura para Estudios de Caracterización Dinámica de Suelos. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcs218e/doc/bmfcs218e.pdf>; 2013.
9. Konno K. & Ohmachi T. Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor. Bulletin of the Seismological Society of America. 228-241. Obtenido de <http://www.eq.db.shibaura-it.ac.jp/papers/Konno&Ohmachi1998.pdf>; 1998.
10. Jaramillo A. Piña J. & Aguilar R. Aplicación del método de cocientes espectrales para la reconfiguración detallada del mapa de Isoperiodosen la cuenca del valle de México. Artículo. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica. A.C. Cancún - México. Obtenido de https://www.smig.org.mx/admArticulos/eventos/1_Reunion_Cancun/2_XXVI_Reunion_Nacional/6_Geotecnia_sismica/I5AGBH_1.pdf; 2012.

11. Stacey J. Remodelación de mesa de excitación dinámica: Comportamiento dinámico de estructuras a escala. Tesis de pregrado. Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito. Ecuador; 2015.
12. Colcha V. & Tibán E. Estudio comparativo del comportamiento dinámico de modelos estructurales teóricos y modelos estructurales experimentales. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería. Ciencias Físicas y Matemática. Quito. Ecuador; 2018.
13. Aguiar R. Análisis Sísmico de Edificios. Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército; 2008.
14. Aguiar R. Dinámica de Estructuras con CEINCI-LAB. Segunda Edición. Centro de Investigaciones Científicas. Universidad de las Fuerzas Armadas; 2012.
15. Alfonso V. El riesgo sísmico en Quito: análisis y simulaciones. Master 2 SGT Prefal “Ciencias y Gestión del Territorio”. Geología. Riesgos y Gestión del territorio; 2010
16. Architectural Institute of Japan. Earthquake Motion and Ground Conditions in Commemoration of the 20th Anniversary of the Research Subcommittee on Earthquake Ground Motion. the Architectural Institute of Japan. Tokio, Japón; 1993.
17. Beauval C, Yepes H, Bakun W, Egred J, Alvarado A, Singaicho J. Locations and magnitudes of historical earthquakes in the Sierra of Ecuador (1587 – 1966). *Geophysical Journal International* 181. 1613 – 1633; 2010.
18. Carrillo J. Bernal N. & Porras P Evaluación del diseño de una pequeña mesa vibratoria para ensayos en Ingeniería Sismo-Resistente. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. 89-105. Obtenido de <http://www.redalyc.org/comocitar.oe?id=91129721006>; 2013.
19. Cepeda A. & Hipocuro N. Análisis de las frecuencias fundamentales de modelos estructurales con excitaciones sísmicas. Tesis de pregrado. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería. Ciencias Físicas y Matemática. Quito. Ecuador; 2019.
20. Chango D. Análisis Teórico experimental de la variación del período fundamental durante el proceso de construcción de un edificio de acero. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito. Ecuador; 2016.
21. Dr. Erol Kalkan P. Smoothing function for Fourier Amplitude Spectrum. Obtenido de MATLAB Central File Exchange: https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/70217-smoothing-function-for-fourier-amplitude-spectrum?s_tid=FX_rc1_behav; 2019.
22. Dunand F. Bard P. Y. Chatelain J. Guéguen P. Vassail T. & Farsi M. Damping and frequency from random method applied to in situ measurements of ambient vibrations. 12th ECEE. ID Paper 869;
23. Espinoza, F. Determinación de Características Dinámicas de Estructuras. Barcelona. Obtenido de <https://www.tdx.cat/handle/10803/6221>; 1999.
24. Esquivel L. & Miranda P. Frecuencia fundamental de entresijos: Métodos analíticos y validación experimental. *Ingeniería*. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/11084/15655>; 2013.
25. Flores H. Lomnitz C. & Yussim S. Estimación de velocidades de fase a partir del análisis de microtemores con método SPAC. México DF. México; 2004
26. González G. Series de Fourier. Transformadas de Fourier y Aplicaciones. *Divulgaciones Matemáticas*. 43-60. Obtenido de <http://divmat.demat-fecluz.org/volumenes-antiores/vol-5-no-1-2-1997>; 1997.
27. Ivanovic S. Trifunac M. & Todorovska M. Ambient vibration tests of structures a review. *ISSET Journal of Earthquake Technology*. 165-197; 2000.
28. James J. F. A Student’s Guide to Fourier Transforms with Applications in Physics and Engineering. Cambridge: Cambridge University Press. Obtenido de www.cambridge.org/9780521176835; 2011.
29. Salas P. & Campos I. Filtros no Lineales. Tlatemoani. Obtenido de <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/17/filtros.html>; 2014.

MOLIENDA DE ZANAHORIA: UNA ESTRATEGIA PARA PRODUCIR ALIMENTOS CON VALOR AGREGADO

Carrot milling: a strategy for value-added food production.

¹Cristian Patiño-Vidal* , ¹Cristina Muñoz-Shugulí , ²Marcelo Patiño-Vidal , ³Jorge Ocampo-Jiménez , ²Eduardo Muñoz-Jácome 

¹Universidad de Santiago de Chile, Facultad Tecnológica, Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Chile.

²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica/ Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Industrial/ Escuela de Ingeniería Agronómica, Ecuador.

³La Universal, Departamento de Mejora Continua, Ecuador

*cristian.patino@usach.cl

Resumen

La molienda es una operación unitaria ampliamente utilizada en la industria alimentaria para transformar granos, vegetales y carnes, a productos con tamaño pequeño. En este sentido, en el presente trabajo se diseñó y construyó un molino de martillos a pequeña escala con el objetivo de reducir el tamaño de zanahoria deshidratada y así, obtener un alimento con valor agregado. Los parámetros del molino como fuerza, torque y potencia se determinaron mediante cálculos teóricos, mientras que los parámetros operacionales como coeficiente de molienda y rendimiento se determinaron mediante el proceso de molienda y tamizado de la zanahoria. La fuerza necesaria del equipo para moler la zanahoria fue $5820 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$, mientras que el torque y potencia requerida por el motor para generar los cortes a través de los martillos fueron $34,92 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ y $989,28 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$, respectivamente. Un rendimiento del 90 % y un coeficiente de molienda de 10 permitió reducir el diámetro de la zanahoria desde 5 cm hasta 0,5 cm. Estos resultados demuestran que el equipo diseñado y construido en este trabajo permite reducir el tamaño de zanahoria deshidratada, proceso que da valor agregado al alimento y que se podría consumir como un snack natural.

Palabras clave: Molienda, molino de martillos, snack, industria de alimentos.

Abstract

Milling is a unit operation widely used in the food industry to turn grains, vegetables and meats into small-sized products. In this context. In this sense, a small-scale hammer mill was designed and built in order to reduce the size of dehydrated carrots and thus obtain a value-added food. Mill parameters such as force, torque and power were determined by theoretical calculations, while operational parameters such as milling coefficient and performance were determined by the carrot milling and sieving process. The force required by the equipment to mill the carrot was $5820 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$, whereas the torque and power required by the motor to generate the cuts through the hammers were $34.92 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ and $989.28 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$, respectively. A performance of 90 % and a milling coefficient of 10 allowed to reduce the diameter of the carrot from 5 cm to 0.5 cm. These results show that the equipment designed and built in this work allows to reduce the size of dehydrated carrot, a process that gives added value to the food and could be consumed as a natural snack.

Keywords: Milling; hammer mill; snack; food industry.

I. INTRODUCCIÓN

La molienda es una operación unitaria ampliamente utilizada en la industria minera, farmacéutica, agricultura, papel y de alimentos, la cual permite reducir el tamaño de piezas grandes a partículas pequeñas con un tamaño definido, mediante la aplicación de golpes, presiones de cizallamiento o corte (1–3). En el área de los alimentos, esta técnica se ha utilizado desde la antigüedad por los primeros homínidos que utilizaban herramientas de piedra para cortar principalmente granos, raíces y madera, hasta la actualidad mediante el uso de máquinas industriales que permiten obtener productos más elaborados como harinas, balanceados, alimentos instantáneos, entre otros (4–6). Así, diferentes equipos como quebrantadores, trituradoras, máquinas de corte y molinos, como el de martillos, son los más utilizados en la industria para reducir el tamaño de varios alimentos (7).

El molino de martillos es un equipo que contiene un disco rotor compuesto por una serie de pequeñas piezas de corte denominados “martillos” que giran a alta velocidad en el interior de una carcasa cilíndrica, con la finalidad de romper o trocear la alimentación o carga que ingresa por la parte superior de dicha carcasa (8,9). El diseño de este tipo de máquinas está determinado tanto por las características del alimento a procesar tales como tamaño inicial y final, forma, friabilidad o capacidad de ruptura, así como por las características de operación requeridas por el equipo como fuerza, torque, potencia, grado de desintegración, entre otros (10,11). El uso del molino de martillos en la industria de alimentos tiene una gran presencia. Esto debido a que su aplicación está involucrado en empresas multinacionales de productos altamente comercializados como las cervecerías, fábricas de harinas o piensos (12). En estas empresas, la preferencia del molino de martillos frente a otro tipo de máquinas como el molino de piedra, molino de discos, molino de cuchillas o molino de chorros se debe principalmente a las ventajas que ofrece tales como: i) la obtención de partículas con tamaños muy homogéneos (13), ii) la capacidad de trabajar con altas velocidades de alimentación (12), iii) la capacidad de molienda continua con grandes

cantidades de alimento y altos rendimientos del producto (14), y iv) el resguardo de las propiedades activas del alimento (15). De acuerdo con esto, diversas investigaciones han centrado sus objetivos en el diseño y construcción de este tipo de molinos con potencial aplicación en alimentos como el maíz o los cereales. Por ejemplo, Atarama (2018) realizó la sistematización del diseño de un molino de martillos con la finalidad de producir harina a partir de granos de maíz (16). Asimismo, Verdesoto (2015) reportó el diseño de un molino de martillos con la capacidad de procesar 250 kg/h de maíz para producir balanceados en granjas avícolas (17). De igual manera, Chávez y Ramos (2018) diseñaron un molino de martillos con la finalidad de procesar 500 kg/h de cereales y forraje (18).

Se puede evidenciar que los trabajos mencionados solamente se enfocaron en la molienda de granos para la producción de harinas y su posterior consumo. Por esa razón, el diseño y construcción de un molino de martillos y su posterior aplicación para la obtención de productos como los snacks, es una estrategia que permitiría agregar valor a diferentes alimentos.

Los *snacks* generalmente son alimentos que tienen un gran valor comercial por su facilidad de manipulación y consumo, pero un reducido valor nutricional debido a su alto procesamiento (19,20). Sin embargo, en los últimos años la mayoría de investigaciones se han enfocado en la obtención de alimentos más nutritivos, fáciles de manipular y, sobre todo, mínimamente procesados (21,22). De acuerdo con un análisis realizado por ProChile, en el 2017 se estimó que el mercado mundial de los snacks se encontraba por encima de los 375.000 millones de dólares, de los cuales el 50% de este valor correspondía a la venta de snacks naturales y un 30% a la venta de snacks orgánicos (23). Por lo tanto, como los gustos y preferencias del consumidor se ha direccionado a alimentos más naturales en los últimos años, la zanahoria se constituiría en un alimento de gran interés que podría ser usado para el desarrollo de snacks naturales debido a su bajo costo y alto valor nutritivo (24). La zanahoria (*Daucus carota L.*) es uno de los alimentos más cultivados y consumidos a nivel mundial. Según la platafor-

ma FAOSTAT de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, en 2016 se estimó una producción de 42,7 millones de toneladas de zanahoria en el mundo (25), y en varios estudios se describe que esta enorme demanda se debe a su valor nutritivo (26).

Por otro lado, para el desarrollo de un snack a partir de zanahoria, es necesario primero deshidratar el alimento y posteriormente reducir su tamaño, con el fin de llevarlo a un formato versátil para el consumidor. Por ese motivo, el uso de un molino de martillos constituye una excelente alternativa, siendo necesario su diseño y construcción para la producción a pequeña escala. Además, como el uso de este tipo de maquinaria podría inicialmente beneficiar a pequeños y medianos productores de zanahoria en Ecuador, la presente investigación se inscribió dentro del proyecto “Definición de alternativas productivas ecosociales para el manejo sustentable de la microcuenca del río Chimborazo”, ya que en la parte baja de esta microcuenca, en las parroquias San Andrés, San Juan y Santiago de Calpi, el cultivo de zanahoria ocupa una superficie mayor a 100 hectáreas (27–29). De esta forma, la producción de snacks naturales permitiría dar valor agregado a este importante producto primario de la provincia de Chimborazo, y por otra parte, se generarían emprendimientos sostenibles con la capacidad de ser replicados en otras latitudes de la sierra ecuatoriana, donde el cultivo de la zanahoria ocupa superficies mucho mayores, incidiendo positivamente también en tres de las prioridades más importantes de Ecuador tales como: el cambio de la matriz productiva, el comercio justo y la generación de empleo a través del fomento del emprendimiento (30).

En base a estos antecedentes se ejecutó la presente investigación, con el objetivo de diseñar y construir un molino de martillos a pequeña escala que permita agregar valor al cultivo de zanahoria cuando se reduce su tamaño.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

Como materia prima se utilizó zanahoria *Dau-*

cus carota L. de la variedad *Chantenay Red Core*, obtenida de los mercados populares “Mayorista”, “La Condamine”, “San Alfonso” y “Dávalos” de la ciudad de Riobamba en la provincia de Chimborazo en Ecuador. Por otro lado, se utilizó acero inoxidable AISI 304 L 2B como material de construcción del molino de martillos.

B. Obtención y preparación del material vegetal

Para la preparación de las muestras se siguió el protocolo establecido por Beltrán y Veloz (2015) (31). Las zanahorias se cortaron en rodajas de 2 cm de espesor y 5 cm de diámetro, se secaron a 65 °C durante 1 hora en un secador de bandejas tipo armario y se pesaron periódicamente en una balanza digital Radwag (WLC-6/A2, Polonia) hasta obtener un peso constante. La muestra deshidratada (200 gramos) se almacenó en un ambiente libre de humedad hasta su uso.

C. Datos teóricos del molino de martillos

Los cálculos de ingeniería requeridos para el dimensionamiento del molino de martillos se realizaron tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Una capacidad de molienda de zanahoria seca de 10 kg/h, requerimiento de un equipo de baja escala (32).
- Un diámetro final de partícula de 5 cm, con el fin de facilitar la manipulación y consumo del producto tipo snack por parte del consumidor.
- Una densidad del alimento de 1110 kg/m³, calculada mediante el método de desplazamiento de volumen.

De acuerdo con esta información, se establecieron los datos teóricos para los martillos, tolva de alimentación y motor del molino, los cuales se muestran en la Tabla 1 y en las Figuras 1 y 2

Especificación técnica	Unidad	Valor
Distancia entre los martillos frontales	m	0,006
Número de martillos	-	16,00
Velocidad angular del motor	Revoluciones por segundo	28,33
Ancho de la tolva de alimentación	m	0,150
Longitud de la tolva de alimentación	m	0,250
Altura de la tolva de alimentación	m	0,030

Tabla 1. Datos teóricos para el dimensionamiento del molino de martillos.

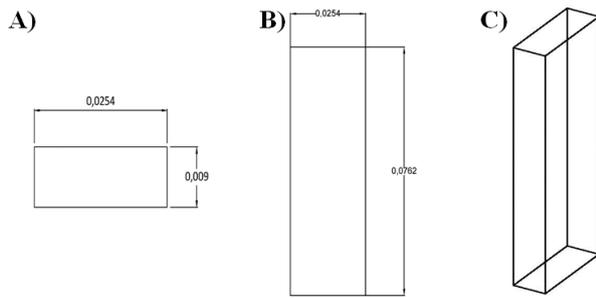


Figura 1. Vistas de diseño: A) superior, B) frontal, y C) 3D de un martillo del molino.

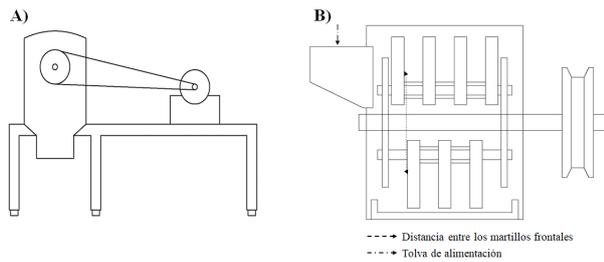


Figura 2. Vistas de diseño: A) lateral, y B) interna del molino de martillos.

D. Cálculo de los parámetros teóricos y operacionales del equipo

1) Parámetros teóricos

El área de entrada a cada martillo (A_e) y el volumen de la tolva de alimentación (V_t) para la zona de alimentación se determinaron mediante las ecuaciones 1 y 2, respectivamente.

$$A_e = a * l \quad (1)$$

$$V_t = A * L * H \quad (2)$$

Donde: a y l es el ancho y largo de cada martillo, mientras que A , L y H es el ancho, largo y la altura de la tolva de alimentación.

La fuerza requerida (F) del molino de martillos basado en un esfuerzo de corte de un material vegetal deshidratado $\sigma_{mv} = 3 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}^2$ se determinó mediante la ecuación 3 (33).

$$F = A_e * \sigma_{mv} \quad (3)$$

El torque (T) y potencia (W) requerido por el motor del molino se calcularon mediante las ecuaciones 4 y 5, respectivamente.

$$T = F * r \quad (4)$$

$$W = T * \omega \quad (5)$$

Donde: r es la distancia entre los martillos frontales y ω es la velocidad angular del motor.

2) Parámetros operacionales

Una vez diseñado el equipo mediante los cálculos teóricos mencionados, se construyó un mo-

lino de martillos a pequeña escala. La zanahoria deshidratada se molió durante 5 minutos en el equipo, y se tamizó en tamices con luz de malla de 1, 0,75 y 0,5 cm. Además, el producto neto (P_n) y porcentaje de rechazo ($\%R$) se determinaron mediante las ecuaciones 6 y 7, respectivamente.

$$P_n = P_i - P_{\text{finos}} \quad (6)$$

$$\%R = P_f / P_n \quad (7)$$

Donde: P_i es el peso inicial de la zanahoria con un diámetro de 5 cm, P_{finos} es el peso de la zanahoria molida con un tamaño menor a 0,5 cm, y P_f es el peso final de la zanahoria molida con un tamaño igual a 0,5 cm.

Finalmente, el rendimiento y el coeficiente de molienda (Σ) del molino de martillos se determinaron mediante las ecuaciones 8 y 9, respectivamente.

$$R = P_n / P_i \quad (8)$$

$$\Sigma = D_i / D_f \quad (9)$$

Donde: D_i es el diámetro inicial y D_f el diámetro final de la zanahoria molida.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Parámetros teóricos del molino de martillos

La Tabla 2 muestra los parámetros teóricos calculados para el dimensionamiento del molino de martillos. Se obtuvo una carga máxima de zanahoria deshidratada de $0,0011 \text{ m}^3$ (V_t), y la fuerza requerida por la máquina para romper el material vegetal seco fue de $5820 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ (N). A pesar de que en la literatura existente no se evidencian datos para la molienda de zanahoria, los datos obtenidos se acercan a valores de fuerza requeridos para otros alimentos. Por ejemplo, Chávez y Ramos (2018) demostraron que una fuerza de 2087,2 N fue necesaria para romper cereal y forraje, mientras que Atarama (2018) calculó una fuerza de 6633,79 N para romper granos de maíz (16,18), en ambos casos con un molino de martillos. Es evidente que la fuerza que requiere un molino para reducir el tamaño de un material está estrechamente relacionada con el esfuerzo de corte y las características propias de la muestra, como la dureza. Rastogi et al. (2008) reportaron una dureza de aproximadamente 190 N

para zanahoria fresca (34). De acuerdo con ello, se observa que la zanahoria aumentó significativamente su dureza luego de deshidratarse, ya que se requirió una elevada fuerza para romperla. Este hecho está probablemente relacionado al pretratamiento de secado de la zanahoria, en donde las moléculas de agua que actúan como plastificante son desplazadas, lo cual genera un vegetal más duro (35). Sin embargo, el secado de la zanahoria con temperaturas entre 60 y 70 °C también produce un colapso en la estructura fibrilar, promoviendo un cambio en la viscosidad local (interna) de la matriz (36), lo cual puede generar un material vegetal menos fuerte que el maíz (16).

Por otra parte, el torque y la potencia necesaria del motor que permitiría girar los 16 martillos para moler la zanahoria deshidratada fueron de 34,92 kg*m²/s² y 989,28 kg*m²/s³, respectivamente. El torque es la fuerza necesaria que requiere el motor del molino para hacer girar sus componentes internos (16). En efecto, el torque requerido por el motor de nuestro equipo es 2 veces menor respecto al de un molino de 32 martillos diseñado para producir harina de sorgo (37). Así también, Atarama (2018) observó que un incremento de 24 a 36 martillos en un molino para procesar maíz produjo un aumento del torque de 100 a 160 kg*m²/s² (16). Por otra parte, altas cargas de alimentación en el equipo conllevarían al uso de motores más potentes, y viceversa. Al comparar la capacidad de molienda del molino de martillos para producir harina de sorgo (173 kg/h) (37) respecto a la capacidad de nuestro molino (10 kg/h), se observa que la potencia requerida para moler la zanahoria deshidratada es 17 veces menor. En definitiva, tanto el torque como la potencia requerida de un motor en un molino de martillos se relacionan directamente con el número de martillos y la capacidad de carga, respectivamente.

Parámetro	Unidad	Valor
Área de entrada a cada martillo	m ²	0,0019
Volumen de tolva de alimentación	m ³	0,0011
Fuerza	kg*m/s ²	5820,0
Torque	kg*m ² /s ²	34,920
Potencia	kg*m ² /s ³	989,28

Tabla 2. Parámetros teóricos calculados para el molino de martillos

B. Parámetros operacionales del molino de martillos

Luego del proceso de molienda y tamizado, la cantidad de producto con un tamaño mayor o igual al deseado se define como el producto neto molido (P_n), la relación entre la cantidad de producto con el tamaño deseado (P_f) y la cantidad de producto neto molido se define como el porcentaje de rechazo (%R), y la cantidad de producto con un tamaño menor al deseado se define como producto fino (P_{finos}) (38). En la presente investigación, se diseñó y construyó un molino de martillos con la capacidad de reducir el tamaño de zanahoria deshidratada a 0,5 cm. La Tabla 3 muestra los resultados de los parámetros operacionales del equipo luego de procesar la zanahoria. Posterior a los procesos de molienda y tamizado de los 200 gramos de zanahoria, el valor de P_f y P_{finos} fue 0,164 y 0,021 g, respectivamente. De acuerdo con estos resultados, la cantidad de P_n obtenido fue de 0,179 g con un porcentaje de rechazo del 91,62%, operando el molino de martillos con un rendimiento del 90%. Estos resultados evidenciaron que los parámetros de diseño utilizados anteriormente permitieron construir un molino de martillos altamente eficiente para reducir el diámetro de la zanahoria deshidratada desde 5 cm a 0,5 cm.

Por otro lado, la relación entre los tamaños de entrada y salida de las muestras durante el proceso de molienda se denomina como coeficiente de molienda (Σ), cuyo valor puede estar entre 2 y 15 (39). Valores cercanos a 2 indican que el equipo no está cumpliendo con las especificaciones de diseño, mientras que valores cercanos a 15 afirman su correcto funcionamiento. La Tabla 3 muestra que se obtuvo un valor de Σ igual a 10 luego del proceso de molienda de la zanahoria deshidratada, demostrando que el molino de martillos cumplió con las especificaciones iniciales establecidas en su diseño.

Parámetro	Unidad	Valor
Producto neto	kg	0,179
Porcentaje de rechazo	%	91,62
Rendimiento	%	90,00
Coficiente de molienda	-	10,00

Tabla 3. Parámetros operacionales del molino de martillos

IV. CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un molino de martillos a pequeña escala con la capacidad de reducir el tamaño de zanahoria deshidratada desde 5 cm hasta 0,5 cm. Un menor número de martillos y una menor capacidad de molienda produjo que los valores del torque y potencia requeridos por el motor del equipo sean menores respecto a los valores que se requieren en un motor de un molino para producir harina de sorgo. El alto valor de porcentaje de rechazo evidenció que el 91,62 %

del producto neto molido mantuvo un diámetro de 0,5 cm, mientras que un rendimiento del 90 % demostró que el molino fue capaz de procesar los 200 gramos de zanahoria deshidratada casi en su totalidad.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Hannibal Brito Moina y al Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

R eferencias

1. Barderas AV, Obaya Valdivia AE. Operaciones Unitarias para la Industria Alimentaria (Un enfoque basado en competencias) [Internet]. Cuautitlán; 2016 [cited 2020 Apr 14]. 535 p. Available from: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/56515559/OperacionesUnitariasparalaIndustria-Alimentaria.pdf?response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_NACIONAL_AUTONOMA_DE_MEXICO.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASI
2. Kotamarthy L, Metta N, Ramachandran R. Understanding the effect of granulation and milling process parameters on the quality attributes of milled granules. *Processes* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2020 Aug 27];8(6):683. Available from: www.mdpi.com/journal/processes
3. Seibert KD, Collins PC, Luciani C V., Fisher ES. MILLING OPERATIONS IN THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY. In: *Chemical Engineering in the Pharmaceutical Industry* [Internet]. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2019 [cited 2020 Aug 27]. p. 861–79. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/9781119600800.ch38>
4. Pawar T, Pavan Kumar P, Ashwin Kumar MS, Jyothi Lakshmi A, Sakhare SD, Dasappa I, et al. Milling interventions for the production of atta for Indian flat bread with low carbohydrate digestibility. *J Food Sci Technol* [Internet]. 2020 Sep 11 [cited 2020 Aug 27];57(9):3400–8. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-020-04373-x>
5. Cappelli A, Oliva N, Cini E. Stone milling versus roller milling: A systematic review of the effects on wheat flour quality, dough rheology, and bread characteristics [Internet]. Vol. 97, *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier Ltd; 2020 [cited 2020 Aug 27]. p. 147–55. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092422441930980X>
6. Gao W, Chen F, Wang X, Meng Q. Recent advances in processing food powders by using superfine grinding techniques: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* [Internet]. 2020 Jul 1 [cited 2020 Aug 27];19(4):2222–55. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12580>
7. Salas Lara CG. Diseño de un molino de rodillos para molienda de granos, destinado al área de alimentos de CESTTA-ESPOCH [Internet]. [Riobamba]: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2012 [cited 2020 Apr 14]. Available from: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/1982/1/96T00161.pdf>
8. Ojomo OA, Fawohunre AJ. Development of a Hammer Mill with Double Sieving Screens. *Eur J Eng Res Sci* [Internet]. 2020 May 31 [cited 2020 Aug 27];5(5):617–21. Available from: <https://www.ejers.org/index.php/ejers/article/view/1763>
9. Sumardi S, Nurjaman F, Isnugroho K, Junaedi A, Handoko AS. The alloy steel from manganese-chrome-copper as an alternative material to make hammer mill hammers. In: *PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL SEMINAR ON METALLURGY AND MATERIALS (ISMM2019): Exploring New Innovation in Metallurgy and Materials* [Internet]. AIP Publishing; 2020 [cited 2020 Aug 27]. p. 060009. Available from: <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0001925>

10. Lyu F, Thomas M, Hendriks WH, van der Poel AFB. Size reduction in feed technology and methods for determining, expressing and predicting particle size: A review. Vol. 261, *Animal Feed Science and Technology*. Elsevier B.V.; 2020. p. 114347.
11. Cortazar-Figueroa LM, Meléndez-Pérez R, Oliver-Hernández DM. Consumo de energía y distribución de tamaño de partícula en la molienda de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y pimienta negra (*Piper nigrum* L). *Rev Mex Ing química* [Internet]. 2008 [cited 2020 Apr 14];7(2):123–30. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382008000200004
12. Ezurike BO, Osazuwa OJ, Okoronkwo CA, Okoji KI. Design, construction and performance evaluation of a flat screen hammer mill machine. *African J Sci Technol Innov Dev* [Internet]. 2018 Sep 19 [cited 2021 May 6];10(6):683–90. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20421338.2018.1491675>
13. Selle PH, Truong HH, Khoddami A, Moss AF, Roberts TH, Liu SY. The impacts of hammer-mill screen size and grain particle size on the performance of broiler chickens offered diets based on two red sorghum varieties. *Br Poult Sci* [Internet]. 2019 Dec 9 [cited 2021 May 6];60(3):209–18. Available from: <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=cbps20>
14. Lee D, Kim MJ, Kwak HS, Kim SS. Characteristics of bread made of various substitution ratios of bran pulverized by hammer mill or jet mill. *Foods* [Internet]. 2020 Jan 4 [cited 2021 May 6];9(1):48. Available from: www.mdpi.com/journal/foods
15. Polari JJ, Garcí-Aguirre D, Olmo-García L, Carrasco-Pancorbo A, Wang SC. Impact of industrial hammer mill rotor speed on extraction efficiency and quality of extra virgin olive oil. *Food Chem* [Internet]. 2018 Mar 1 [cited 2021 May 6];242:362–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29037701/>
16. Atarama Valdiviezo LA. Sistematización de diseño de molinos de martillos fijos para grano [Internet]. [Piura]: Universidad de Piura; 2018 [cited 2020 Apr 14]. Available from: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP_6ff40fbb7817d0607edb693f42d5681d
17. Verdesoto García MF. Diseño de un molino artesanal para maíz con una capacidad de 250 kg/h para granjas avícolas [Internet]. [Quevedo]: Universidad Técnica de Quevedo; 2015 [cited 2020 Apr 1]. Available from: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1415/1/T-UTEQ-0010.pdf>
18. Chávez Vela FH, Ramos Vásquez G. Diseño de un molino de martillos para cereales y forraje de 500 kg/h en el anexo de Batangrande, Lambayeque [Internet]. [Pimentel]: Universidad Señor de Sipán; 2018 [cited 2020 Apr 1]. Available from: [http://200.60.28.26/bitstream/handle/uss/4949/Chávez Vela %26 Ramos Vasquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://200.60.28.26/bitstream/handle/uss/4949/Chávez_Vela_%26_Ramos_Vasquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
19. Hepworth AD, Moding KJ, Stifter CA. A laboratory-based assessment of mother-child snack food selections and child snack food consumption: Associations with observed and maternal self-report of child feeding practices. *Food Qual Prefer* [Internet]. 2020 Jul 1 [cited 2020 Aug 27];83:103898. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950329319306123>
20. Setiyowati E, Alamsyah S. Effect Of Health Education About Snack Foods On Snack Food Preferences In Elementary School Students At SDN Jagir 1/393 Surabaya. *J Ners dan Kebidanan Indonesia* [Internet]. 2020 Apr 30 [cited 2020 Aug 27];7(3):136. Available from: <http://ejournal.almaata.ac.id/index.php/JNKI>
21. Soleno Wilches R. Tecnologías no térmicas en el procesado y conservación de alimentos vegetales. *Rev Colomb Investig agroindustriales*. 2015 Dec 24;2:73.
22. Sant'Anna PB, Melo Franco BD, Maffei DF. Microbiological safety of ready-to-eat minimally processed vegetables in Brazil: an overview. *J Sci Food Agric* [Internet]. 2020 Oct 8 [cited 2020 Nov 12];100(13):4664–70. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.10438>
23. ProChile. Tendencias de Snacks Saludables en Ecuador [Internet]. 2017 Nov [cited 2021 May 13]. Available from: https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2017/11/ficha_tendencias_snacks_saludables_ecuador_2017.pdf
24. Gebhardt SE, Thomas RG. Nutritive Value of Foods [Internet]. 2002 [cited 2020 Apr 14]. Available from: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT11131126/PDF>
25. Keser D, Guclu G, Kelebek H, Keskin M, Soysal Y, Sekerli YE, et al. Characterization of aroma and phenolic composition of carrot (*Daucus carota* 'Nantes') powders obtained from intermittent mi-

crowave drying using GC-MS and LC-MS/MS. *Food Bioprod Process*. 2020 Jan 1;119:350-9.

26. Janiszewska-Turak E, Witrowa-Rajchert D. The influence of carrot pretreatment, type of carrier and disc speed on the physical and chemical properties of spray-dried carrot juice microcapsules. *Dry Technol* [Internet]. 2020 Feb 8 [cited 2020 Apr 14];1-11. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07373937.2019.1705850>
27. Cholota A. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia San Andrés [Internet]. San Andrés; 2014 [cited 2020 Apr 20]. Available from: https://www.gadsanandres.gob.ec/images/PDOT_SAN_ANDRES_2015.pdf
28. Fernández Vinueza DF. Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia San Juan [Internet]. San Juan; 2015 [cited 2020 Apr 20]. Available from: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/066082350001_ACTUALIZACION_PDYOT_SAN_JUAN_2015-2019_30-10-2015_22-28-53.pdf
29. Paca Alguasaca JA. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia de Santiago de Calpi [Internet]. Santiago de Calpi; 2015 [cited 2020 Apr 20]. Available from: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/066082180001_Calpi_ultimo_30-10-2015_21-08-14.pdf
30. Moreno L. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida [Internet]. Quito; 2017 [cited 2020 Apr 20]. Available from: https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf
31. Beltrán Cabrera TP, Veloz Gavilanez SA. Diseño y Construcción de un Secador tipo Armario para la deshidratación hasta el diez por ciento de Berro, Espinaca, Zanahoria [Internet]. [Riobamba]: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2015 [cited 2020 Mar 31]. Available from: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/3654>
32. Calderón De Zacatares V, López LM, Duville KE, Bermúdez CE. Utilización de Molinos CTI para la Producción Artesanal de Harina de Sorgo. *INTSORMIL Sci Publ* [Internet]. 2012 [cited 2021 May 13]; Available from: <http://digitalcommons.unl.edu/intsormilpubs>
33. Zambrano Santana LR. Diseño de una máquina picadora de rastrojo, para producción de abono orgánico [Internet]. [Guayaquil]: Escuela Superior Politécnica del Litoral; 2004 [cited 2020 Mar 31]. Available from: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14653>
34. Rastogi NK, Nguyen LT, Balasubramaniam VM. Effect of pretreatments on carrot texture after thermal and pressure-assisted thermal processing. *J Food Eng*. 2008 Oct;88(4):541-7.
35. Rajkumar G, Shanmugam S, Galvão M de S, Leite Neta MTS, Dutra Sandes RD, Mujumdar AS, et al. Comparative evaluation of physical properties and aroma profile of carrot slices subjected to hot air and freeze drying. *Dry Technol* [Internet]. 2017 Apr 26 [cited 2021 May 13];35(6):699-708. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373937.2016.1206925>
36. Xu C, Liu D, Li Y, Li G, Zhang J, Gao R. Implication of water state on glass transition temperature in hot air-dried carrot slices. *LWT - Food Sci Technol*. 2017 Oct 1;84:780-7.
37. Montegudo Castillo YR. Diseño de un molino de martillo para la obtención de harina de sorgo [Internet]. [Santa Clara]: Universidad Central Marta Abreus de las Villas; 2016 [cited 2020 Apr 1]. Available from: http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7177/Montegudo_Castillo_Yandry_Reinaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
38. Samaniego Toapanta MX, Estrada Yambay EW. Diseño y construcción de un equipo mixto de molienda y tamizado para materiales minerales [Internet]. [Riobamba]: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2012 [cited 2020 Apr 8]. Available from: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1973/1/96T00152.pdf>
39. Patiño Vidal CJ, Ocampo Jiménez JA. Diseño y construcción de un equipo reductor de tamaño de berro, espinaca, zanahoria [Internet]. [Riobamba]: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2014 [cited 2020 Apr 8]. Available from: http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/3877/1/96T00282_UDCTFC.pdf





Perfiles

