



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE AMBATO

ALIMENTOS

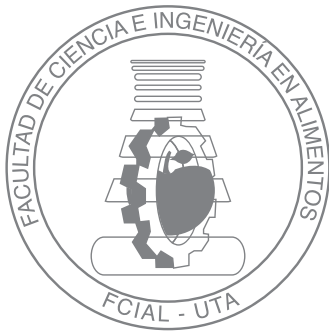
Ciencia e ingeniería

VOLUMEN 27-1
Junio 2019



Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

ISSN 1390-2180



ALIMENTOS

CIENCIA E INGENIERÍA

Revista de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
Vol. 27-1 · 2019

EDITORIAL

Me complace presentar el nuevo número de la Revista Alimentos Ciencia e Ingeniería de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, una de las dos nuevas publicaciones de la editorial en el área de estudios de la ciencia y tecnología de alimentos y biotecnología. La revista ofrece una oportunidad emocionante al considerar áreas interdisciplinarias en un momento de grandes cambios en todo el panorama de las ciencias biológicas y alimentarias.

El objetivo de Alimentos Ciencia e Ingeniería es publicar trabajos de investigación actualizados, de alta calidad y originales junto con revisiones perspicaces y relevantes. Además, la revista aspira a ser atractiva y accesible, y al mismo tiempo integradora y desafiante. Cada número de la revista proporcionará una visión contemporánea, sólida base teórica y metodológica y una clara contribución al conocimiento en el campo de propiedades, usos y aplicaciones de diversas matrices biológicas. Sin embargo, todos los tipos de trabajos estarán sujetos al proceso de revisión doble ciego de la revista.

Finalmente, invito a los investigadores a publicar con nosotros, ya sea individualmente o en colaboración. Su aporte es muy apreciado y hará una contribución sustancial al desarrollo y éxito de la revista. Mis mejores deseos y gracias de antemano por su contribución a la Revista Alimentos Ciencia e Ingeniería.

Dra. Mirari Arancibia Soria

*Decana, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología,
Universidad Técnica de Ambato, Av. Los Chasquis y Río Payamino, Ambato,
Ecuador. Tel: + 593 (3) 2 400 989. Correo electrónico: revista.fcial@uta.
edu.ec*

TABLA DE CONTENIDO

DESCRIPCIÓN

La revista ALIMENTOS CIENCIA E INGENIERÍA (ACI) es una publicación semestral de artículos técnicos de Tesis de Grado, Trabajos Estructurados de Manera Independiente, Trabajos de Investigación realizados en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA), así como contribuciones de otras Universidades e Instituciones con las cuales la Facultad mantiene convenios de cooperación mediante el intercambio científico y cultural con el propósito de contribuir en la búsqueda de respuestas adecuadas a las necesidades teórico-prácticas en materia de investigación, creación e innovación tecnológica.

AUDIENCIA

La revista ACI cubre una amplia temática enmarcada en los ámbitos de la Ingeniería de Alimentos y la Biotecnología, especialmente en su aspecto aplicado, orientándose a una audiencia compuesta por científicos del área de la química, bioquímica, microbiología y tecnología alimentaria, así como relacionados con la nutrición.

INDEXACIÓN

Latindex (en Catálogo desde Diciembre 2014)

DIRECTORIO

Dr. Galo Naranjo López,

Rector, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Dra. Adriana Reinoso Núñez,

Vicerrectora Académica, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Ing. Jorge León Mantilla,

Vicerrector Administrativo, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Dra. Mirari Arancibia Soria,

Decana FCIAL, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Dr. Carlos Rodríguez Meza,

Subdecano FCIAL, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Dr. Freddy del Pozo,

Director DIDE, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

COMITÉ EDITORIAL

Editor

Dr. Christian Franco-Crespo, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Revisores estilo

Dra. Verónica García Ibarra, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Ing. Cecilia Carpio, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Revisores internos

Dra. Liliana Cerda, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Dr. David Terán Mera, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Dr. Mario García, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Revisores externos

Dra. Fernanda la Torre, UNIANDES (Ecuador)

Dr. Alberto Aguirre, Universidad SEK (Ecuador)

Dra. Verónica García, Universidad Santiago de Compostela (España)

ISSN

1390-2180 (Edición impresa)

TIRAJE

350 ejemplares impresos en papel

PERIODICIDAD

Semestral (dos números al año)

AÑO DE INICIO DE PUBLICACIÓN

1992 (34 Volúmenes editados hasta la fecha)

REVISTA ELECTRÓNICA

Accesible a través de:

• Sitio web FCIAL: http://fcial.uta.edu.ec/fcial3/index.htm#xl_xr_page_revistaaci

• Plataforma OJS: <http://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/aci/index>

CONVOCATORIA PRÓXIMOS NÚMEROS

Fechas límite (deadlines) para entrega de manuscritos:

• Para publicación en DICIEMBRE 2019:

Recepción de manuscritos hasta: 15 SEPTIEMBRE 2019

• Para publicación en JUNIO 2020:

Recepción de manuscritos hasta: 15 ABRIL 2020.

Dirección postal:

Secretaría de la Decanatura de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, Av. Los Chasquis y Río Payamino, casilla 18-01-0334, Ambato (Ecuador).

Dirección electrónica (Editor): revista.fcial@uta.edu.ec

Teléfono: +593 (03) 2400 987 Ext. 103.

CONTENIDOS

PRODUCTION OF LIPIDS FROM PSYCHROPHILIC MICROALGAE PRESENT IN ANTARCTIC GLACIERS FOR THE SYNTHESIS OF BIOFUEL.....	13
COMPORTAMIENTO ANTIOXIDANTE Y POLIFENOLICO DE LA GUAVIDUCA (<u>PIPER</u> <u>CARPUNYA</u> L) EN EXTRACCION SECA Y HUMEDA.....	35
LA NECESIDAD DE EVALUAR EL DESPLIEGUE DE TECNOLOGÍA EN MODELOS DE SISTEMAS DE ENERGÍA PARA DESCARBONIZAR EL SECTOR RESIDENCIAL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA.....	45
ADOLESCENTES Y JÓVENES: SIMILITUDES Y DIFERENCIAS EN LOS HÁBITOS Y TRASTORNOS ALIMENTARIOS.....	67
EFFECTOS DE TÉCNICAS DE VINIFICACIÓN EN LOS VINOS TINTOS PARA CONSAGRAR DE UVA CABERNET SAUVIGNON.....	80
OBTENCIÓN DE UN MEDIO ENRIQUECIDO EN PROTEÍNAS A PARTIR DE RESIDUOS DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i>) POR FERMENTACIÓN MICROBIANA.....	93

PRODUCTION OF LIPIDS FROM PSYCHROPHILIC MICROALGAE PRESENT IN ANTARCTIC GLACIERS FOR THE SYNTHESIS OF BIOFUEL.

Huilca,G¹; Licto,L²; Flores,R³; Proaño,F.⁴

1 Department of Life Sciences, Faculty of Biotechnology, ESPE University,

*E-mail address: eghuilca@espe.edu.ec

2 Department of Biotechnology, Faculty of Biotechnology, UDLA University.

*E-mail address: slicto@udlanet.ec

3 Sustainable Chemistry Laboratory, Faculty of Chemical Sciences, UCE University

*E-mail address: ronnyronn@hotmail.com

4 Department of Life Sciences, Faculty of Biotechnology, ESPE University,

*E-mail address: fwproaño@espe.edu.ec

ABSTRACT

Microalgae had a negative impact on the overall sensory quality. Psychrophilic microalgae live in extremely cold environments, their growth increases because they have enzymes in their structure that only adapt to temperatures below 0 ° C. For this reason, the Sustainable Chemistry Laboratory of the Central University of Ecuador, together with the Ecuadorian Antarctic Institute (INAE), made an expedition in the Greenwich, Roberts, Dee, Barrientos and Antarctic Towers where several microalgae consortia were collected, where 15 samples from Greenwich Island and Roberts were analyzed at 21 days at different temperatures, from which the genera *Chlorella* sp, *Chlorococcum* sp and *Stichococcus* sp. Subsequently, isolation was made in Petri dishes to obtain monoalgal cultures. Each of the isolated genera was massified in a volume of 5 mL until reaching a volume of 250 mL in modified M1 medium at a temperature of 4 ° C and 24 ° C, 5000 lux and a photoperiod of 12:12 hours. The Bligh & Dyer method was used for the extraction of lipids. The values of the lipid concentration showed that the genus *Chlorella* sp is the highest concentration with a value of 0.2802 mg / mL at 4 ° C and a value of 2.6704 mg / mL at 24 ° C on the 22nd day of its exponential phase in comparison with the genera *Chlorococcum* and *Stichococcus* sp.

Keywords: *Chlorella* sp, *Chlorococcum*, *Stichococcus* sp., *Antarctica*, *Lipids*, *Bligh & Dyer method*.

1. INTRODUCTION

Psychrophilic microalgae are photosynthetic organisms that belong to the plant kingdom and adapt to temperatures of -5°C (Martínez, 2010). In Ecuador, studies of psychrophilic microorganisms have been conducted in the Chimborazo Glaciers (Correa, 2013). The psychrophilic microalgae collected in the Greenwich, Roberts, Dee, Barrientos and Torre islands of the Antarctic Archipelago have survived to the present, according to data from the Pedro Vicente Maldonado Antarctic Station, the type of genera identified in the microalgae consortium has increased by 2. in 2013 to 6 in 2014. There are 35 samples collected in total, of which 11 belong to Greenwich Island and correspond to the largest number of samples collected containing psychrophilic algae so far. The collections that also have a high abundance belong to the Greenwich Island with 5 genera. The psychrophilic microalgae that have less survival belong to Dee Island (Ecuador Antarctic, 2014). The Sustainable Chemistry Laboratory of the Central University of Ecuador is a government entity that aims to obtain different genera of microalgae from the samples collected, as well as the isolation of the genera: *Chlorella* sp, *Chlorococcum* sp and *Stichococcus* sp, to carry out processes at a pilot scale to subsequently extract lipids and synthesize biodiesel. The research focuses on the field and laboratory area to study the essential oil extracted from psychrophilic microalgae to make way for the synthesis of biofuel as an alternative source of diesel, as well as the isolation and massification of

surviving microalgae (Flores, 2013). The obtaining of biofuel is extracted from lipids of microalgae collected at low temperatures belonging to the Chlorophyta, Bacillariophyta and Euglenophyta division (Amaro, Guedes, & Malcata, 2011). The most prevalent genera are *Haematococcus* sp., *Chlorella* sp., *Stichococcus* sp., *Diatoma* sp., *Navicula* sp. and *Filamentosa* sp, are characterized by being present in the three years of sampling (Molina, 2015). The marine and freshwater species that contain the highest amount of lipids for the production of biodiesel are *Dunaliella* with 116 mg / L / day and *Nannochloris* with 76.5 mg / L / day, as well as the genus *Chlorella* sp with 50 mg / L / day (MALGAS, 2013). In our country, no psychrophilic microalgae genera have been reported for the synthesis of biodiesel (Flores, 2013). The open systems for obtaining microalgae were developed between 1935 and 1940 due to the scarcity of food. The application was made on an industrial scale with the purpose of obtaining an alternative source of proteins of vegetable and animal origin to replace food for human consumption (Colorado, Moreno, & Pérez, 2013). The first microalgae were massified to obtain lipids during the Second World War in Germany, the studies were carried out by German scientists with the purpose of purifying contaminated waters (MALGAS, 2013). In 1953, microalgae cultures are studied for the use of photosynthetic gas exchangers used in space travel and as sources of microbial proteins (BEAM, 2013). In 1980 the cultivation of microalgae is produced for the improvement of the environment, transforming the organic samples

and sediments from the wastewater into biomass and renewed waters for later use in biofertilizers and water for irrigation. In 1982 at world level, oil increased value, giving alternative ideas such as the use of microalgae as a source of solar energy (Colorado, Moreno, & Pérez, 2013). From 2013 to 2015, samples of microalgae were collected in the islands near the Pedro Vicente Maldonado Scientific Station, climate diversity is an important factor in the synthesis of fatty acids to use them as an alternative source of energy. The sample collected at Punta Figueroa on Greenwich Island in Antarctica has guaranteed the best consortium of microalgae in the production of effective oils such as behemoth, myristic, stearic, palmitic, linoleidic, oleic, palmitoleic, arachidic and linoleidal. The genus of microalgae and the temperature from which the sample was obtained is important for obtaining lipids in dry weight, as well as the extraction methods used (Flores, 2013).

Currently, the European Union has implemented ideas to develop energy as biodiesel from microalgae consortia with the purpose of reducing derivatives from oil sources and the emissions produced by gases during the greenhouse effect (Wackett, 2008). Among the genera of microalgae identified with higher lipid productivity are *Chlorella sp* and *Chlorococcum sp* (Flores, 2013). But there are major drawbacks that researchers face with the use of microalgae: the presence of high concentrations of biomass means that more energy is required, and the moderate amount of biofuel produced by microalgae on a pilot scale (AINEnergía, 2015). The cryophilous microorganisms

commonly known as psychrophilic inhabit extremely cold environments, their growth increases because they have enzymes in their structure that only adapt to temperatures below 0 ° C. The cell membrane is made up of fats that flow to the point of freezing (Barreiro & Sandoval, 2006). Among the psychrophilic Antarctic microalgae is *Chlorella sp*, which shows rapid growth in cell cultures (Chinnasamy & Bhatnagar, 2010). Its shape is spherical, green because it contains high levels of chlorophyll (Kanno & Kazie, 2005). Therefore, researchers have opted for studies with psychrophilic microalgae, which could represent a safe alternative for the production of lipids. Among the psychrophilic Antarctic microalgae investigated are mainly: *Pandorina sp*, *Chlorella sp*, *Stichococcus sp*, *Chlamydomona sp* and *Chlorococcum sp* (Molina, 2015). Other results obtained in microalgae such as *Scenedesmus ovalternus*, *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis sp* and *Isochysis sp*, have determined the production of lipids with a growth of 32.7 mg / L / day, obtaining a large amount of biodiesel. These results allow us to conclude that some genera of microalgae could be useful for the production of lipids (Bérmudez, 2012).

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Collection of samples.

The samples were awarded by the Sustainable Chemistry Laboratory of the Central University of Ecuador as part of the project of the Ecuadorian Antarctic Institute (INAE). These were taken from Greenwich Island and Roberts Island located in Antarctica,

later moved to Ecuador in different test tubes with their respective covers.

2.2. Adaptation process

Several samples of biomass were taken from the original tubes, where consortiums 15IGa2 with coordinates 35 ° 59 '36' 'S and 48 ° 27' 27 ' ' O,

consortium 15IGc1 with coordinates 35 ° 53 '30' 'S and 76 ° 43 '17' 'O and the 15IRe1 consortium with coordinates 35 ° 43' 40 ' ' and 72 ° 13 '27' 'O were adapted to different temperatures in the laboratory after going through a 21-day adaptation process in function of the modified culture medium M1 as shown in Table 1.

Table 1. Adaptation of the genres of consortium 15IGa2, 15IGc1 and 15IRe1 at 21 days.

Consortium	Original Sample	Adaptation 4 ° C	Adaptation 24 ° C
15IGa2	<i>Haematococcus sp.</i>	<i>Chlorella sp.</i> <i>Chlorococcum sp.</i>	They did not survive
	<i>Chlorococcum sp.</i>		
	<i>Chlorella sp.</i>		
	<i>Stichococcus sp.</i>		
	<i>Diatoma sp.</i>		
15IGc1	<i>Chlorella sp.</i>	<i>Chlorella sp.</i>	They did not survive
	<i>Stichococcus sp.</i>	<i>Stichococcus sp.</i>	
	<i>Chlorococcum sp.</i>	<i>Chlorococcum sp.</i>	
	<i>Chlorella sp.</i>		
15IRe1	<i>Haematococcus sp.</i>	<i>Chlorococcum sp.</i>	<i>Chlorococcum sp.</i>
	<i>Chlorococcum sp.</i>		<i>Chlorella sp.</i>
	<i>Chlorella sp.</i>	<i>Chlorella sp.</i>	
	<i>Stichococcus sp.</i>		<i>Stichococcus sp.</i>

2.3. Isolation in solid culture medium.

This technique was used to separate the three selected microalgae genera after the adaptation process in this case were *Chlorella sp* belonging to consortium 15IGa2, *Chlorococcum sp* belonging to consortium 15IGc1 and *Stichococcus sp* belonging to consortium 15IRe1. Agar was added to the modified M1 medium and 40 mL were distributed in three Petri dishes, then two drops of each consortium were inoculated in each of the boxes and spread with a sterile bacteriological loop. The respective lid was placed and the box

was covered with parafilm paper, the Petri boxes were inverted and placed at 24 ° C with a 24 hour photoperiod, illumination of 4500 lux for two weeks. The microalgae were observed in the inverted microscope.

2.4. Preparation of culture medium

Three test tubes were used with 5 mL of modified M1 medium and a small amount of each microalga isolated from its respective Petri box was placed with a 24 hour photoperiod at 24 ° C with 4500 lux illumination, placing a stopper on the part top of the tube so that it has aeration for two weeks. The

culture medium used for the microalgal growth was the modified M1 medium.

2.5. Modified culture medium M1

The medium was prepared in three different bottles according to the amount of volume required, the volume

of distilled water was measured with a 1000 mL pipette, then the three bottles were autoclaved for 90 minutes at a pressure of 15 PSI and a temperature of 121 ° C. The composition of the modified M1 medium is shown in Table 2 (Salas, 2015).

Table 2. Composition of modified culture medium M1 for 1000 mL (Salas, 2015)

STOCK	CONCENTRATION
Stock I	(g / L)
KH ₂ PO ₄	0.3
K ₂ HPO ₄	0.18
Stock II	(g / L)
FeCl ₃ ·6H ₂ O	0.002
Stock III	(g / L)
NaCl	0.1
CaCl ₂	0.02
MgSO ₄	2.65
FeSO ₄	0.002
KNO ₃	0.7025
KCl	0.30
ZnSO ₄	0.0007
H ₃ BO ₃	0.034
EDTA	0.03
MnSO ₄	0.003
CoCl ₂	0.02 mg
CuSO ₄	0.3
Na ₂ Mo	0.04 mg

2.6. Conditions culture microalgae psychrophilic Antarctic

Once growth was obtained in each test tube, it was massed in 18 bottles of 250 mL. The genera *Chlorella sp*, *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* were inoculated into the modified M1 medium in three bottles of 250 mL per each gender at temperatures of 4 ° C and 24 ° C. A system was added to each of the bottles. Aeration of 0.5 L / min, a fuse glass with a diameter of 0.6 mm was attached to a hose, this system was connected to a 5000 Power Pump of 60 Hz, 5 W and 110 V with 2 outputs. Lighting was installed using lamps at 5000 lux with a photoperiod of 12:12 hours. The jars are monitored every day. A cell count was performed using the Neubauer chamber every 3 days. A data record was kept for 28 days to obtain values in the graph of absorbance vs lipid concentration, using the Excel 2008 program.

2.7. Bligh & Dyer extraction method

Five mL of each vial with its respective microalga at different temperatures in 18 test tubes was placed, placing aluminum foil on top to avoid contamination, placed in the oven at 80 ° C in a period of 48 hours. After this time elapsed, 3 mL of a mixture of chloroform-methanol solvents (1: 2) was added. The test tubes (Tube 1) were sonicated in 3 cycles of 15 minutes by adding distilled water and ice. The tubes were incubated at 4 ° C for 24 hours protecting them from the light with aluminum foil. The next day the tubes were sonicated in 3 cycles of 15 minutes adding distilled water and ice. They were centrifuged at 4700 rpm for

20 minutes at 24 ° C, then the extracts were recovered with a Pasteur pipette, to transfer the supernatant to new 15 mL tubes (Tube 2). 1.5 mL of a chloroform methanol (1: 2) solvent mixture was added to the residual biomass of (Tube 1), this step is done to extract more dry biomass lipids from the microalgae. It was again centrifuged at 4700 rpm for 20 minutes at 24 ° C recovering more extract from (Tube 1) to place it in (Tube 2).

2 mL of distilled water from (Tube 2) containing the extract was added and vortexed. The excess water was removed with a Pasteur pipette, and the last centrifugation was performed at 4700 rpm for 10 minutes at 24 ° C to separate the lower phase formed by chloroform and lipids. Then 1 mL of chloroform was added to further separate the lower phase, a Pasteur pipette was introduced with great care, air was bubbled to the bottom of the tube. The phase of chloroform and lipids was passed from (Tube 2) to (Tube 3), and how much volume was taken was measured. The aqueous phase was washed with 1 mL of chloroform, mixed in the vortex and centrifuged at 4700 rpm for 10 minutes at 24 ° C, the lower phase was recovered and placed in (Tube 3). It was left in a water bath overnight with shaking at 37 ° C without a lid. The next day, after the chloroform was evaporated, 2 mL of concentrated sulfuric acid were added. The tubes were sealed with aluminum foil in order to avoid contamination, a blank was prepared (Tube with sulfuric acid). The tubes were heated in an oven at 200 ° C for 15 minutes without lids. The tubes were placed in the refrigerator at 4 ° C to cool, 3 mL of distilled water was added. The tubes were sonicated for 15 minutes and mixed with vortex

until the sample was homogeneous and without residues of organic matter. The samples were transferred to the cells

and the absorbance was read at 375 nm in the spectrophotometer. The materials used are shown in Table 3.

Table 3. Materials used in the Bligh & Dyer Method

Equipment	Reagents	Materials
	Test tubes	
Refrigerator	Aluminum foil	Distilled water
Sonicador	Glass bottles	Ice
Centrifuge	100 mL test tube	Chloroform
Vortex	Pipettes	Methanol
Digital balance	Petri boxes	Sulfuric acid
	Stove	

2.8. Quantification of lipids extracted by spectrophotometry

The amount of lipids extracted from the genera *Chlorella sp*, *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* was obtained in the spectrophotometer. To perform the quantification, all the steps mentioned above were developed in the Bligh & Dyer extraction method to measure the absorbance at 375 nm. The concentration of lipids obtained from each gender at different temperature was calculated by the following equation

$$[Lipids] = \left(\frac{Ab - 0.0126}{2.8311} \right) \times \frac{3.5}{V_{ext}}$$

(Equation 1)

Where: Ab (Absorbance), Vext (Volume extracted from the sample). The concentration of lipids indicated the lipid production in time. These data were calculated through the SPSS 15.0 program. The equation of the line was obtained with experiments previously carried out at the Central University of Ecuador.

$$y = 2.831 + 0.0126 \quad (\text{Equation 2})$$

$$R^2 = 0.999$$

2.9. Determination of the growth curve of *Stichococcus sp*.

To obtain the dry weight of the genus *Stichococcus sp*. in the stationary phase to determine the growth curve, first the test tubes were weighed on the analytical balance before placing the volume of each bottle, then 5 mL of each bottle was placed at a temperature of 4 °C and 24 °C. In the 6 test tubes measured above, aluminum foil was used in the upper part to avoid contamination in the sample, then the tubes were placed in the oven at 80 °C in a period of 48 hours. Once the dry biomass was obtained inside each tube, it was reweighed in the analytical balance, the results were taken in a register and analyzed using the Excel 2008 program. Through the analysis of ANOVA and Duncan's Test, the factor temperature and gender in the production of lipids for the synthesis of biofuel was determined through the SPSS 15.0 program.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3. 1. *Chlorella sp, Chlorococcum sp and Stichococcus sp.*

Massification

Microalgae samples obtained from the 15IGa2, 15IGc1 and 15IRe1 consortiums of Greenwich Island and Roberts Island of the Antarctic Islands were conserved in 3 test tubes, with modified M1 medium, in a 24 hour photoperiod at a temperature of 24 ° C with aeration and illuminance of 4500 lux. After two weeks of isolation, the microalgae isolated in their respective Petri box were observed, and the genera *Chlorella sp, Chlorococcum sp and Stichococcus sp.* in the modified M1 medium with three repetitions

of each in bottles of 250 mL at 4 ° C and 24 ° C in a photoperiod of 12:12 hours, with moderate aeration and with illuminance of 5000 lux.

Analysis of cell growth at different temperatures

The values indicated in Table 4 and Table 5 in relation to cell growth at the temperature of 4 °C, indicated that in three replications (A, B and C), the average number of *Chlorella sp* cells per mL in the exponential phase on day 22 was 285'000 000 cel / mL, compared to the genus *Chlorococcum sp* which was 95'100 000 cel / mL, both microalgae were at the same temperature, phase, illumination, photoperiod and aeration.

Table 4. Average cell growth of the genus *Chlorella sp* at 4 °C

<i>Chlorella / MI</i>				
DAYS	A	B	C	AVERAGE
0	0	0	0	0
4	1,40E + 06	1.38E + 06	1.39E + 06	1.39E + 06
11	3,10E + 06	3.09E + 06	3,11E + 06	3,10E + 06
15	2,80E + 07	2,90E + 07	2,84E + 07	2,85E + 07
18	1,00E + 08	1.04E + 08	1.08E + 08	1.04E + 08
22	2,90E + 08	2.81E + 08	2,85E + 08	2,85E + 08
25	2,60E + 08	2,55E + 08	2.67E + 08	2.61E + 08

Table 5. Average cell growth of the genus *Chlorococcum sp* at 4 °C

<i>Chlorococcum / mL</i>				
DAYS	A	B	C	AVERAGE
0	0	0	0	0
4	4.67E + 05	4.60E + 05	4.63E + 05	4.63E + 05
11	1.03E + 06	1.03E + 06	1.04E + 06	1.03E + 06
15	9.33E + 06	9,67E + 06	9,47E + 06	9,49E + 06
18	3,33E + 07	3,47E + 07	3,60E + 07	3,47E + 07
22	9,67E + 07	9,37E + 07	9,50E + 07	9.51E + 07
25	8.67E + 07	8,50E + 07	8.90E + 07	8.69E + 07

The three repeats (A, B and C) of the genus *Stichococcus sp* at a temperature of 4 °C indicated an average value of cells per gram on day 22 of its exponential phase of 0.88 cel / g, in this

case performed the dry weight count, due to the fact that a cell count cannot be executed in the Neubauer Chamber due to its morphology. The values are shown in Table 6.

Table 6. Average cell growth of the genus *Stichococcus sp* at 4 °C

Stichococcus / g				
DAYS	A	B	C	AVERAGE
0	0	0	0	0
4	0.02	0.02	0.02	0.02
11	0.16	0.17	0.16	0.16
15	0.38	0.36	0.36	0.37
18	0.65	0.68	0.68	0.67
22	0.88	0.90	0.88	0.88
25	0.74	0.78	0.78	0.76

The data indicated in Table 7 and Table 8 in relation to cell growth at 24 °C, showed that in three replications (D, E and F) the average cell number of *Chlorella sp* per mL in the

exponential phase in the day 22 was 604,000,000 cel / mL compared to the genus *Chlorococcum sp* which was 201,000,000 cel / mL, both genera were in equal conditions.

Table 7. Average cell growth of the genus *Chlorella sp* at 24 °C

Chlorella / mL				
DAYS	D	E	F	AVERAGE
0	0	0	0	0
4	1,35E + 06	1.36E + 06	1.34E + 06	1,35E + 06
11	1.38E + 08	1,48E + 08	1,52E + 08	1,46E + 08
15	3.53E + 08	3.05E + 08	3,11E + 08	3,23E + 08
18	4.70E + 08	4,75E + 08	4,80E + 08	4,75E + 08
22	6,00E + 08	6.02E + 08	6,10E + 08	6.04E + 08
25	5,26E + 08	4.78E + 08	5,18E + 08	5.07E + 08

Table 8. Average cell growth of the genus *Chlorococcum sp* at 24 °C

DAYS	Chlorococcum / mL			
	D	E	F	AVERAGE
0	0	0	0	0
4	4.50E + 05	4.53E + 05	4,47E + 05	4.50E + 05
11	4,60E + 07	4.94E + 07	5.05E + 07	4,86E + 07
15	1,18E + 08	1.02E + 08	1.04E + 08	1.08E + 08
18	1,57E + 08	1.58E + 08	1,60E + 08	1.58E + 08
22	2,00E + 08	2.01E + 08	2.03E + 08	2.01E + 08
25	1,75E + 08	1,59E + 08	1.73E + 08	1,69E + 08

The three repetitions (D, E and F) of the genus *Stichococcus sp* at 4 °C presented an average value of cells for each gram on day 22 of its exponential

phase of 1.18 cel/g, the cell count was performed by dry weight. The values are indicated in Table 9.

Table 9. Average cell growth of the genus *Stichococcus sp* at 4 °C

Stichococcus / g				
DAYS	D	E	F	AVERAGE
0	0	0	0	0
4	0.13	0.15	0.15	0.14
eleven	0.30	0.30	0.29	0.30
fifteen	0.60	0.63	0.63	0.62
18	0.80	0.83	0.80	0.81
22	1,15	1,18	1.20	1,18
25	0.85	0.78	0.78	0.80

The genera *Chlorella sp*, *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* grew in the modified M1 medium that contained several macroelements and microelements to contribute to microalgal growth (Salas, 2015). Figure 1 and Figure 2 show that *Chlorella sp* microalgae had greater cell growth at 28 days in its three repetitions at 4 °C and 24 °C in relation to the genus *Chlorococcum sp* indicated in Figure 3 and Figure 4.

Figure 1.- Growth curve of *Chlorella sp* cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 4 °C.

Figure 2.- Growth of curve *Chlorella sp* cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 4 °C.

Figure 3.- Growth curve of *Chlorococcum sp* cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 4 °C.

Figure 4.- Growth curve of *Chlorococcum sp* cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 24 °C.

Figure 5 and Figure 6 show the cell growth of *Stichococcus sp* at 28 days, with three repetitions at different temperatures. This microalga was under the same conditions as *Chlorella sp* and *Chlorococcum sp*.

Figure 5.- Growth curve of *Stichococcus sp* cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 4 °C.

Figure 6.- Growth curve of *Stichococcus sp* cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 24 °C.

The genus *Chlorella sp* showed greater cellular growth until day 22 of its exponential phase in comparison with the genera *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp*, because it has a better capacity of absorption of CO₂, which is why it captured all the nutrients contained in the culture medium used which in this case was the modified M1 (Khotimchenko & Yakolevka, 2005). The time in which the microalgal cells were generated is optimal for the

production of lipids and subsequently sintering biofuel and several metabolites. It should also be noted that the modified culture medium M1 favors the growth of the microalga due to the nitrogen and phosphorus components in its composition (Fernández, Sánchez, & Molina, 2001). The cell growth of *Chlorella sp* can be identified in the color according to the light that the microalga receives. At a temperature of 4 ° C they showed a dark green coloration, this is given by the cianelles that they have inside. As the bottles preserved at 24 ° C they took a light green tone, after 7 days they suffer a deterioration by the photo-oxidative effect since the light and the external oxygen act as secondary factors on the microalga, so that more volume of the modified medium M1 was placed, this causes the cells to acquire again the nutrients that were administered at the beginning and thus be able to assimilate components that have not yet been captured by the genus (Chisti, 2007). The modified M1 medium was not used by the *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* for cell growth. One of the factors that influences is the composition that the medium possesses, for this reason other different culture media must be tested until finding the appropriate one in future projects

to carry out cell growth and later the extraction of lipids (Jaramillo, 2011). The BBM culture medium allows the development of a large number of cells of *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* although it presents a small amount of nitrogen in its composition (Kuma, 2010).

Measurement of extracted lipids

The data obtained in Table 10 in relation to the extraction of lipids of the genera *Chlorella sp*, *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp*, indicated that the lipid concentration of the genus *Chlorella sp* at a temperature of 4 ° C on day 22 of the exponential phase it was 0.2802 mg / mL in comparison with the genus *Chlorococcum sp* which presented a concentration of 0.0922 mg / mL and the genus *Stichococcus sp* which was 0.0685 mg/mL. All genera were at the same conditions of aeration, light and photoperiod. Likewise, the concentration of lipids extracted at a temperature of 24 ° C was greater in the genus *Chlorella sp* on day 22 of the exponential phase with a value of 2.6702 mg / mL, while in the genus *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp*, the concentration was 0.8890 mg / mL and 0.5595 mg / mL respectively, as shown in Table 11.

Table 10. Lipid concentration of microalgae genera at 4 °C

Days	Lipids <i>Chlorella sp</i> [mg / mL]	Lipids <i>Chlorococcum sp</i> [mg / mL]	Lipid <i>Stichococcus sp</i> [mg / mL]
0	0	0	0
4	0,1167	0,0380	0.0177
11	0,1682	0,0549	0,0445
15	0.1961	0.0642	0,0519
18	0,2130	0,0698	0.0551
22	0.2802	0,0922	0,0685
25	0.2403	0,0789	0,0587

Table 11. Lipid concentration of the microalgae genera at 24 °C

Days	Lipids <i>Chlorella sp</i> [mg / mL]	Lipids <i>Chlorococcum sp</i> [mg / mL]	Lipid <i>Stichococcus sp</i> [mg / mL]
0	0	0	0
4	0,0740	0,0238	0,0180
11	0,2331	0,0765	0,0653
15	0,2765	0,0910	0,0671
18	1,2562	0,4175	0,1785
22	2,6704	0,8890	0,5595
25	1,7097	0,5687	0,4309

Figure 7 and Figure 8 show the average of lipid concentrations at 28 days, with three repetitions at a temperature of 4 °C and 24 °C.

Figure 7.- Average concentration of Lipids of *Chlorella sp*, *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* at 4°C.

Figure 8.- Average concentration of Lipids of *Chlorella sp*, *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* at 24°C

Chlorella sp adapted at 4 °C showed higher concentration of lipids compared to *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp*. The lower temperatures increased the level of unsaturation and the light intensity of 5000 lux favored the microalgae in the accumulation of triglycerides with a high saturation level (Anderson & Katja, 2003). In addition, the genus *Chlorella sp* at 24 °C showed higher lipid production due to the capture of solar energy and CO₂ from the environment. This microalgae is one of the genera with the highest percentage of lipids, the *Chlorella emersonii* species produces 63% in comparison with the species *Chlorococcum oleofaciens* that presents 44.3% (Faife, Otero, & Álvarez, 2012). *Chlorella sp* presents higher productivity of lipids at different

temperatures due to the high level of triglycerides that contains, in addition to the genetic constitution, the light intensity, pH, salinity, minerals that were factors that influenced the lipid production (Lee, Lewis, & Ahsman, 2009). In all three genera studied there is a variation in the lipid content. The genera *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* showed very low lipid levels because their cell growth could occur under unfavorable conditions, there were not enough stress conditions and they did not assimilate all the nutrients of the culture medium administered at both temperatures (Liang, Dong, Miao, & Dai, 2006). The optimal culture medium for these microalgae genera is the BBM or Bristol because it contains a stock solution of macronutrients, a stock of micronutrients and a stock of traces. In addition, the pH of the medium, the concentrations of each of the stocks, the nitrogen composition, as well as the external factors for the development of cellular growth of microalgae should be taken into consideration (MALGAS, 2013). The genera *Chlorella sp* and *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* presented lipid production at different temperatures, these results were obtained thanks to

the Bligh & Dyer method, which allows to extract a large amount of fatty acids using methanol and chloroform as solvents, without the use of heat (Salas, 2015) The analysis of variance was performed for the cell growth of *Chlorella sp* and *Chlorococcum sp* at different temperatures, where these hypotheses were verified. The analysis of variance was carried out for the lipid concentration of the genera *Chlorella sp*, *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* at different temperatures, where these hypotheses were verified.

Ho: Microalgae gender effect = 0
 Ha: Microalga genre effect ≠ 0

Ho: Temperature effect = 0
 Ha: Temperature effect ≠ 0

By means of the analysis of variance or ANOVA in the SPSS 15.0 program as shown in Table 12 , it was verified that the meanings given by the microalgae and temperature gender factor, related to the significance of 0.05 are lower, so that proceeds to reject the null hypotheses of equality in the factors. For this reason, it was analyzed that the *Chlorella sp* microalgae had a higher lipid concentration at different temperatures.

Table 12. Analysis of ANOVA or variance of the genera *Chlorella sp*, *Chlorococcum sp* *Stichococcus sp* at different temperatures.

Variance analysis					
Source	Sum of Squares Type III	gl	Half quadratic	F	P
Model	4,054	5	0.811	3,935	0.0001
Genus	1,647	2	0.823	3,996	0.0001
Temperature	1,646	1	1,646	7,987	0.0001
Error	6,181	30	0.206		
Total	13,917	36			

Note: To accept the null hypothesis $P > 0.05$. F = Ratio of mean squares, P = significance

The Duncan Test was analyzed through the SPSS 15.0 program to check the genus of microalgae that had the highest lipid production taking into consideration the temperature at which each one of them was. In Table 13 the analysis of the gender

factor was carried out, resulting in the *Chlorella sp* microalga indicating a mean value of 0.619, the value is high so it was grouped in a subset, while the genus *Chlorococcum sp* showed a mean value of 0.205 and the genus *Stichococcus sp* had a mean value of 0.134, presenting low levels for this reason were grouped in the same subset.

Table 13. Duncan test of the genera *Chlorella sp*, *Chlorococcum sp* *Stichococcus sp* at different temperatures.

Duncan Alpha test = 0.05				
Error: 0.206		gl: 30		
Gender	Socks	N	Subset	
<i>Chlorella sp</i>	0.619	12	1	

<i>Chlorococcum sp</i>	0.205	12		2
<i>Stichococcus sp</i>	0,134	12		2

4. CONCLUSIONS

All psychrophilic microalgae present in glaciers in Antarctica produce lipids for the synthesis of biofuel, the genus *Chlorella sp* being the highest concentration with a value of 0.2802 mg / mL at a temperature of 4 °C and a value of 2, 6704 mg / mL at a temperature of 24 °C on day 22 of its exponential phase. The analysis of the lipid composition shows that the temperature and composition of the modified M1 culture medium are important for the adaptation of the microalgal cells, when these are at temperatures of 4 °C and 24 °C, of which the samples adapted to room temperature showed greater cell growth. All samples of microalgae obtained from the 15IGa2, 15IGc1 and 15IRe1 consortiums of Greenwich Island and Roberts Island of the Antarctic Islands were initially massed at a volume of 5 mL, from which the genera *Chlorella sp*, *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* were isolated. until reaching a volume of 250 mL, in a 24-hour photoperiod with aeration and illuminance of 4500 lux. The extraction of lipids was carried out from the Antarctic psychrophilic microalgae using the Bligh & Dyer method for the synthesis of biofuel. The genus *Chlorella sp* generates more lipids at a temperature of 24 °C, and in a small amount at a temperature of 4 °C. The genera *Chlorococcum sp* and *Stichococcus sp* generated a low amount of lipids at different temperatures, taking into account that the lipid concentration is low, it is

not ruled out that other factors have influenced the production of lipids.

Among the psychrophilic Antarctic microalgae is *Chlorella sp*, which shows rapid growth in cell cultures (Chinnasamy & Bhatnagar, 2010). Its shape is spherical, green because it contains high levels of chlorophyll (Kanno & Kazie, 2005).

REFERENCES

- Abd El-Baky, A., & El-Baroty, G. (2013). Healthy benefit of microalgal bioactive substances. *Aquatic Science*, 1(1), 11-23.
- Ahmad, F., Khan, A., & Yasar, A. (2012). Uptake of nutrients from municipal wastewater and biodiesel production by mixed algae culture. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(7), 550-554.
- AINenergía. (2015). Biodiesel a partir de microalgas: ventajas y desventajas. Recuperado el 07 de septiembre de 2016, de <http://ainenergia.com/biodiesel-a-partir-de-microalgas-ventajas-y-desventajas/>
- Albarracín, I. (2007). Microalgas: Potenciales Productores de Biodiesel. *XV Simposio Electrónico Internacional. La producción de biocombustibles con eficiencia, estabilidad, equidad*.
- Alvear Alayón, M. R., Castillo Saldarriaga, C. R., Henao Argumedo, D. L., & Tejada Benítez, L. P. A. (2011). Evaluación del PH y concentración de Nitrogeno en el cultivo de las microalgas *Dunaliella salina* y *Chorella* nativa como fuente de aceite vegetal para la producción del biodiesel (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).
- Amaro, H., Guedes, C., & Malcata, X. (2011). Advances and perspectives in using microalgae to produce biodiesel. *Applied Energy*, 88(10), 3402-3410.
- Anderson, J., & Katja, P. (2003). Does Excessive Phosphorus Necessarily Cause Increasing Biomass of Diazotrophic Cyanobacteria. In *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology, Ecology*, 52(3), 205-217.
- ASOCAE. (2011). Política económica del Antártico. Recuperado el 10 de septiembre de 2016, de http://www.natureduca.com/ant_eco_politicaecon.php
- BancoMundial. (2013). Indicadores del desarrollo mundial. Recuperado el 11 de septiembre de 2016, de <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.COMM.FO.ZS/countries>
- Barraza, C., Collao, V., Espinoza, C., Moya, F., & Thun, G. (2009). *Producción de biodiesel a partir de microalgas*. Monografía. Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Barreiro, J., & Sandoval, A. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Caracas, Venezuela: Editorial Equinoccio.
- Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2006). *Algae, Anatomy, Biochemistry and a Biotechnology*. Boca Raton, Florida: Taylor & Francis Group.
- BEAM. (2013). History of Microalgae Culture. Recuperado el 07 de Septiembre de 2016, de <http://www.bsb.murdoch.edu.au/groups/beam/BEAM-App10.html>
- Bérmudez, L. S. (2012). Estudio de cuatro cepas nativas de microalgas para evaluar su potencial uso en la producción de biodiesel. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Cárdenas, P. (2010). Biodiesel a partir de microalgas antárticas. Estudio parámetros de crecimientos de éstas. Trabajo de Grado. Punta Arenas: Universidad de Magallanes.
- Carvajal, A., Cadena, M., Molina, D., Romero, P., Gavilanez, F., & Morales, E. (2013). Cultivo de una cepa carotenogénica de *Chlorococcum* sp (Chlorophyta: Chlorococcales) aislada de rizósfera de *Vicia faba* (Haba). *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 36(2), 309-324.
- Carvalho, P., Silva, O., Baptista, M., & Malcata, F. (2011). Light Requirements in Microalgal Photobioreactors: An Overview of Biophotonic Aspects. *Appl Microbiological Biotechnology*, 89

- (5), 1275-1288.
- Castillo, C., Henao, D., & Tejada, L. (2011). *Obtención y comparación de los aceites obtenidos de las microalgas Dunaliella salina y Chlorella nativa como materia prima para la producción de biosiesel*. Trabajo de Grado. Cartagena: Programa de Ingeniería Química Universidad de Cartagena.
- Chen, P., Min, M., & Wang, L. (2009). Review of the biological and engineering aspects of algae to fuels approach. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2(4), 56-60.
- Chinnasamy, S., & Bhatnagar, A. (2010). Microalgae cultivation in a wastewater dominated by carpet mill effluents for biofuel applications. *Bioresource Technology*, 101(9), 3097-3105.
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25(3), 294-306.
- Cobos, M., Castro, J., & Cerdeira, L. (2014). Potencial biotecnológico para la producción sustentable de biodiesel de microalgas oleaginosas aisladas del río Itaya, Loreto, Perú. *Ecología Aplicada*, 13(2), 169- 175.
- Colorado, M., Moreno, D., & Pérez, J. (2013). Desarrollo, producción y beneficio ambiental de la producción de microalgas. La experiencia en La Guajira, Colombia. *Ambiente y Desarrollo*, 17(32), 113-126.
- Correa. (2013). Comparación de la biodiversidad de hongos psicrófilos y psicrótrofos presentes en ecosistemas glaciares de la Antártida y el Chimborazo. Tesis de Grado. Ambato. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Des Abbayes, H., Chadefaud, M., Grassé, P., Feldmann, J., & Prévot, A. (1989). *Botánica vegetales inferiores*. Barcelona: Reverté.
- Dortch, Q. (1990). The Interaction Between Ammonium and Nitrate Uptake in Phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series. oldendorf*, 61(1), 183-201.
- EcuadorAntártico. (2014). La Estación Científica Pedro Vicente Maldonado hacia el estatus de base permanente. *Ecuador Antártico*, 6(7): 1-40.
- Faife, E., Otero, M., & Álvarez, A. (2012). Producción de biodiesel a partir de microorganismos oleaginosos. Una fuente de energía renovable. (Parte II: Microalgas). *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 46(3), 26-35.
- Fernández, F., Sánchez, J., & Molina, Y. (2001). Airlift driven external loop tubular photobioreactors for outdoor production of microalgae: assessment of design and performance. *Chemical Engineering Science*, 56(8), 2721-2732.
- Flores, R. (2013). Evaluación de algaspsicrófilas antárticas como posible fuente de energía renovable. Recuperado el 12 de septiembre de 2016, de <http://docplayer.es/9880628-Evaluacion-de-algas-psicrofilas-antarticas-como-posible-fuente-de-energia-renovable-avance-semester-uno.html>
- Garbisu, C., Blanco, A., Alkorta, I., Llama, M., & Serra, J. (1999). Biotecnología con cianobacterias. *Investigación y Ciencia*, 272. 64-71.
- Garibay, A., Vásquez, D., Sánchez, M., Serrano, L., & Martínez, A. (2009). Biodiesel a partir de microalgas. *Bio Tecnología*, 13(3), 38-61.
- Gavilanez, F., Morales, E., & Molina, D. (2013). *Taller de biotecnología de microalgas y cianobacterias*. Quito: Instituto de Ciencias Básicas UCE.
- González, Á., Kafarov, V., & Guzmán, A. (2009). Desarrollo de métodos de extracción de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas. *Prospectiva*, 7(2), 53-60.
- Gouveia, L. (2011). Microalgae as a Feedstock for Biofuels. *SpringerBriefs in Mi-*

- crobiology*, DOI: 10.1007/978-3-642-17997-6_1.
- Hannon, Gimpel, Tran, Rasala, & Mayfield. (2010). Biofuels from algae: challenges and potential. *Biofuels*, 1(5): 763–784.
- Huang, Y., Chen, M., & Liu, D. (2008). Effect of Nitrogen, Phosphorus, Light Formation and Disappearance and Water Temperature on the of Blue - green Algae Bloom. *Journal of Northwest Science*, 36(9), 93-100.
- Infante, C., Angulo, E., Zárate, A., Florez, J., Barrios, F., & Zapata, C. (2012). Propagación de la microalga *Chlorella* sp. en cultivo por lote: cinética del crecimiento celular. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 3(2).
- Jaramillo, J. (2011). Evaluación Tecnológica Económica de la producción de bio-combustibles a partir de microalgas. *Universidad Nacional de Colombia*, 109-112.
- Kanno, T., & Kazie, U. (2005). *Chlorella vulgaris* and *Chlorella vulgaris* extract (CVE): The Powerfull Japanese Medicinal Green Algae as a Biological Response Modifier. Woodland Publishing.
- Khotimchenko, S., & Yakolevka, I. (2005). Lipid composition of the red alga *Chlorella crinitus* exposed to different levels of photon irradiance. *Phytochemistry*, 66(1), 73-79.
- Klochkova, T., Kang, G., Cho, C., Poeschel, J., West, J. & Kim, H. (2006). Biology of a terrestrial green alga *Chlorococcum* sp. (Chlorococcales, Chlorophyta) collected from the Miruksazi stupa in Korea. *Phycology*, 45(3), 349-358.
- Kumar, N. (2010). Nutrient removal, growth response and lipid enrichment by a phytoplankton community. *Biomass Algal*, 1(3), 1-28.
- Lee, A., Lewis, D., & Ahsman, P. (2009). Microbial flocculation, a potentially low-cost harvesting technique for marine microalgae for the production of biodiesel. *Journal of Applied Phycology*, 21(5), 559-567.
- Liang, X., Dong, W., Miao, X., & Dai, C. (2006). Production technology and influencing factors of microorganism grease. *Food Reserve Disease*, 27(3), 46-47.
- Liu, C., Sun, H., & Zhu, L. (2006). Effects of Salinity Formed with Two Inorganic Salts on Freshwater Algae Growth. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 26(1), 157-161.
- Madigan, M., Martinko, J., & Parker, J. (2003). *Brock Biología de los microorganismos*. Illinois: Pearson Prentice Hall.
- MALGAS. (2013). Aplicaciones de las microalgas: estado de la técnica. Madrid. España: AST Ingeniería SL.
- Martínez, A. (2010). *Evaluación del crecimiento celular y de los pigmentos obtenidos de la microalga Haematococcus pluvialis (Chlorophyta: Volvocales) cultivada en diferentes medios*. México DF. México: Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y tecnología avanzada.
- Molina. (2015). Diversidad de microalgas en muestras colectadas entorno a la estación antártica ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado en el verano austral de 2013 y 2014. *RAPAL*, 1-22.
- Monthieu, C. (2010). Estudio técnico económico de la extracción de los lípidos de las microalgas para la producción de biodiesel. Universidad Pontificia Comillas.
- Navarrete, F., Demarco, A., Mambil, E., & Romera, N. (2014). *Modelo de producción de biodiesel a partir de algas en Argentina* (Doctoral dissertation, Universidad Argentina de la Empresa). Recuperado el 12 de septiembre de 2016, de <http://www.dinamica-de-sistemas.com/revista/0613e-dinamica-de-siste>

mas

- Salas, Cando, M. L. (2015). *Perfil lipídico de microalgas antárticas recolectadas en febrero 2013 en el Archipiélago Schetland del sur. Universidad Central del Ecuador.*
- Sánchez, Y., Piloto, R., Goyos, N., & Ferrer, N. (2012). Predicción del número de cetano de biocombustibles a partir de su composición de ácidos grasos. *Ingeniería Mecánica, 15(2)*, 147-157.
- Santamaría, P., García, F., & Roselló, J. (2010). *Biología y Botánica. (Vol.2)*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Santos, M., & Mesquita, J. (1984). *Ultrastructural study of Haematococcus lacustris (Girod) Rostafinski (Volvocales) I. Some aspects of carotenogenesis*. Coimbra, Portugal: Universidad de Coimbra. *49(1)*, 215-228.
- Scheffler, J. (2007). Underwater Habits. *Illumin, 9(4)*.
- Sivakumar, G., Jeong, K., & O Lay, J. (2014). Bioprocessing of *Stichococcus bacillaris* strain siva2011. *Biotechnology for Biofuels, 7(1)*, 62.
- Tan, X., Kong, F., & Yu, Y. (2009). Effects of Enhanced Temperature on Algae Recruitment and Phytoplankton Community Succession. *China Environmental Science, 29(6)*, 578-582.
- Ugwu, C., & Aoyagi, H. (2008). Photobioreactors for mass cultivation of algae. *Bioresource Technology, 99(10)*. 4021-4088.
- Voet, D., Voet, J., & Pratt, C. (2007). *Fundamentos de Bioquímica*. Madrid: Médica Panamericana.
- Wackett, L. (2008). Microbial-based fuels: science and technology. *Microbial Biotechnology, 1(3)*: 211-225.
- Zang, C., Huang, S., & Wu, M. (2011). Comparison of Relationships Between pH, Dissolved Oxygen and Chlorophyll a for Aquaculture and Nonaquaculture Waters. *Water Air and Soil Pollution, 219(1- 4)*, 157-174.

Paper Received June 25, 2018 Accepted June 25, 2018

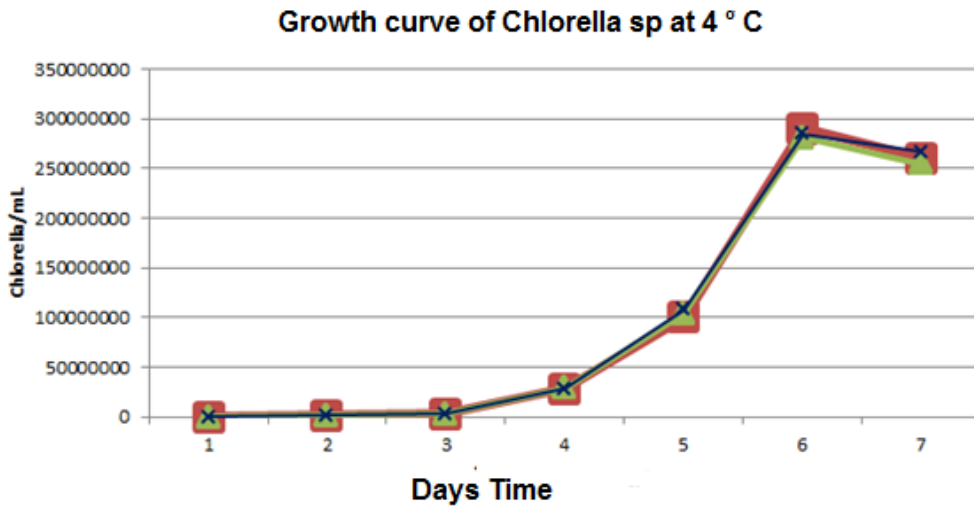


Figure 1.- Growth curve of *Chlorella sp* cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 4 °C.

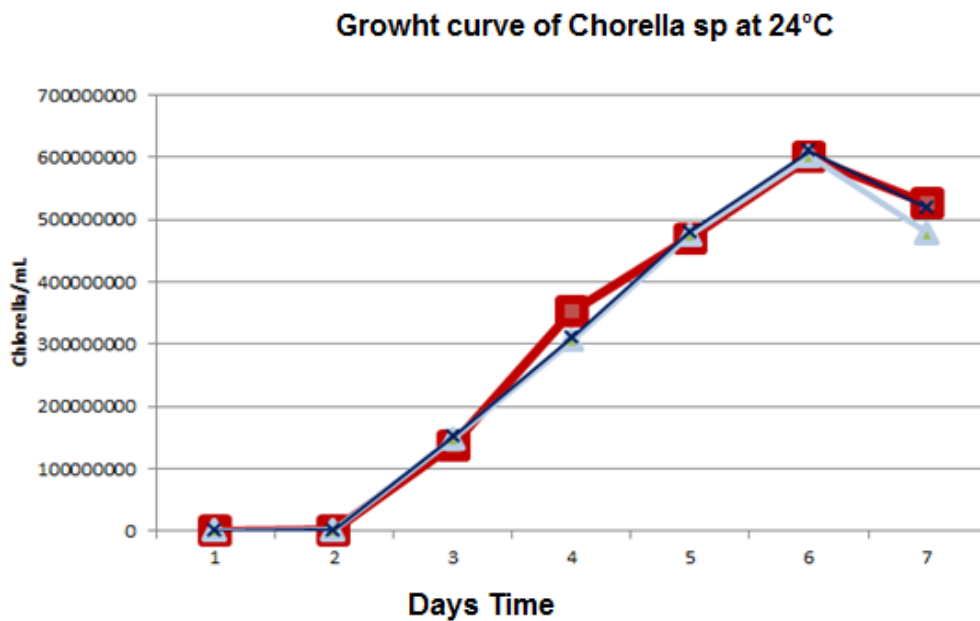


Figure 2.- Growth of curve *Chlorella sp* cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 4 °C.

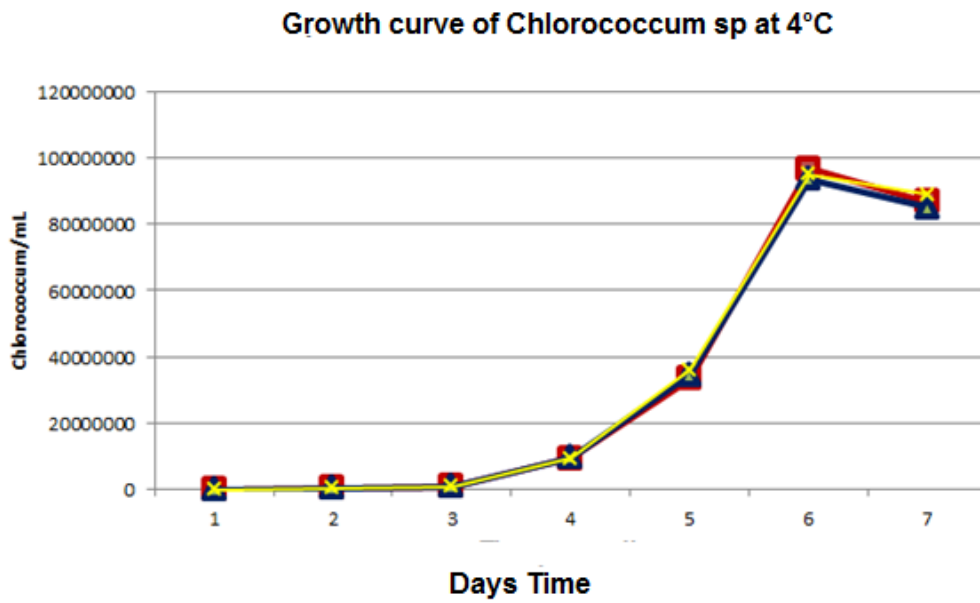


Figure 3.- Growth curve of *Chlorococcum* sp cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 4 °C.

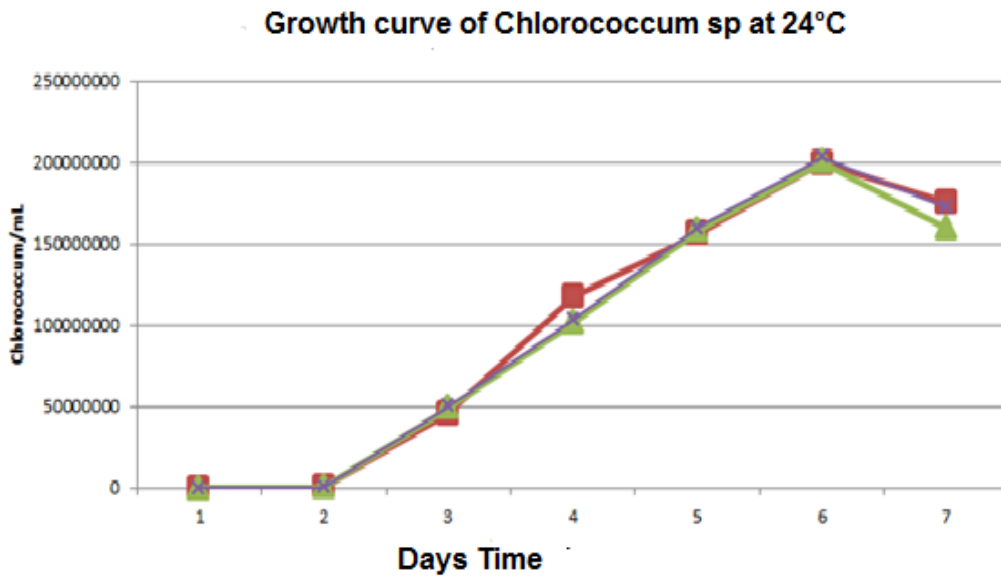


Figure 4.- Growth curve of *Chlorococcum* sp cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 24 °C.

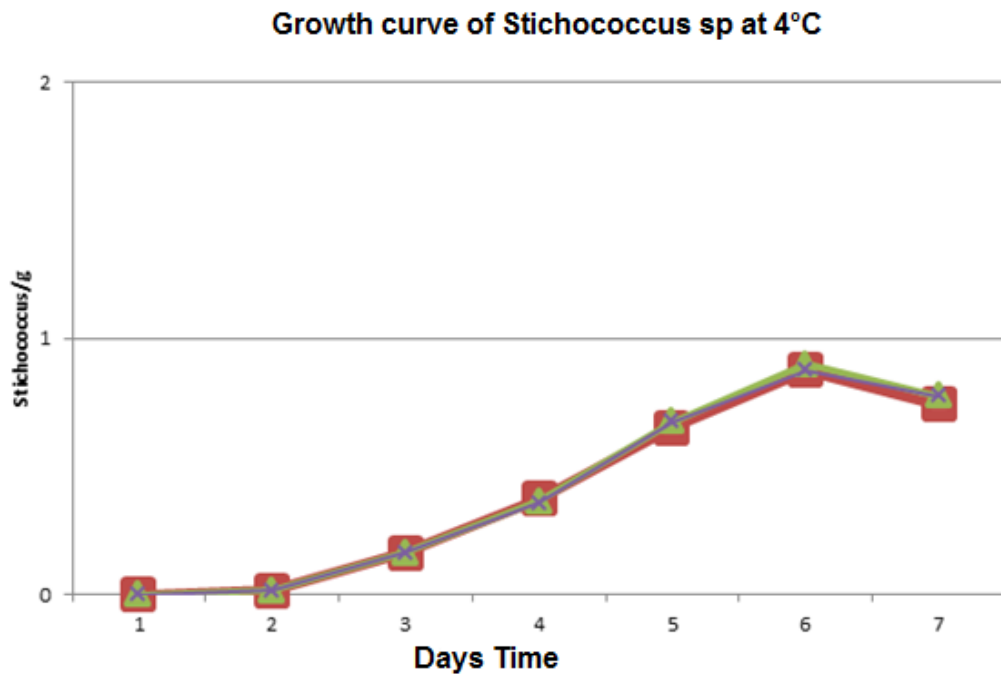


Figure 5.- Growth curve of *Stichococcus* sp cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 4 °C.

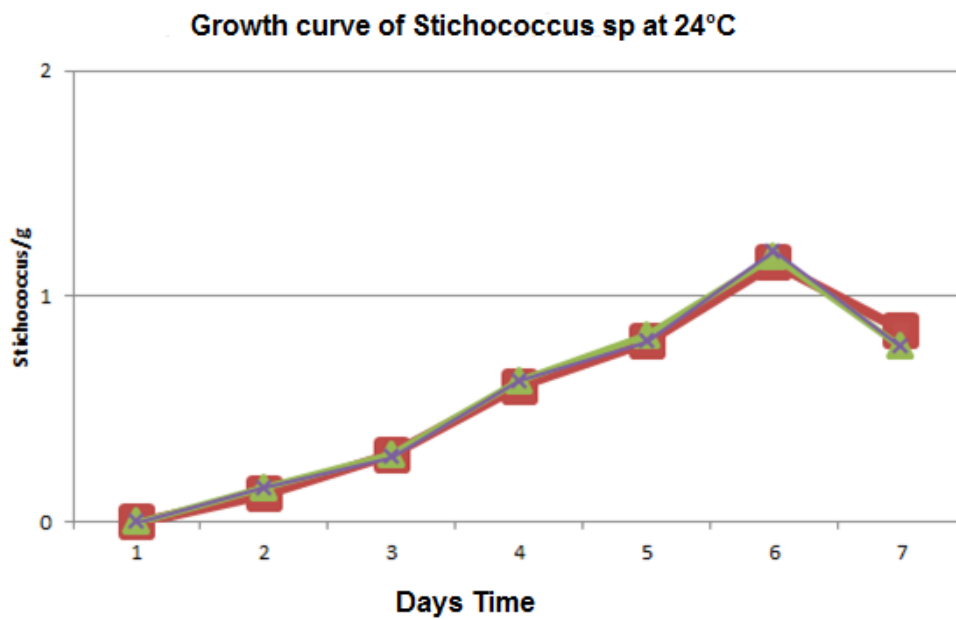


Figure 6.- Growth curve of *Stichococcus* sp cultivated in M1 modified in 3 repetitions at 24 °C.

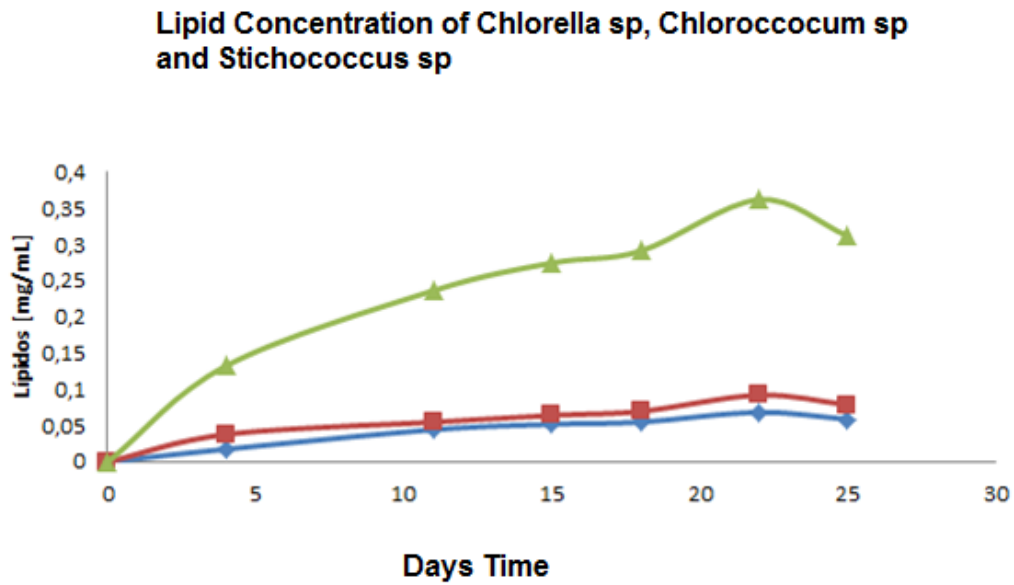


Figure 7.- Average concentration of Lipids of Chlorella sp, Chlorococcum sp and Stichococcus sp at 4°C.

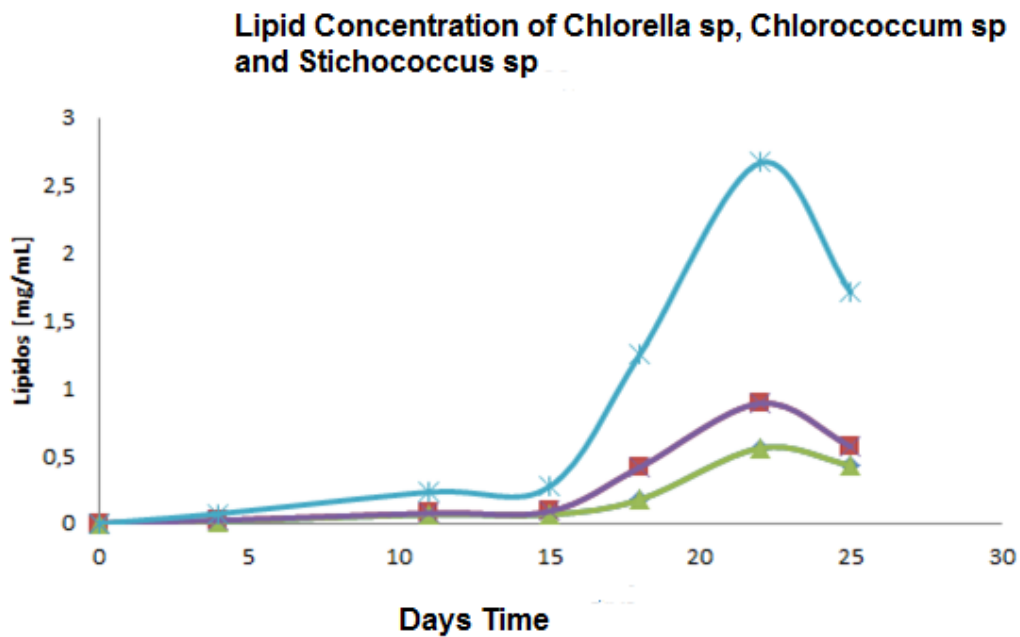


Figure 8.- Average concentration of Lipids of Chlorella sp, Chlorococcum sp and Stichococcus sp at 24°C

COMPORTAMIENTO ANTIOXIDANTE Y POLIFENOLICO DE LA GUAVIDUCA (*Piper carpunya L*) EN EXTRACCION SECA Y HUMEDA.

Miguel Enríquez*, Manuel Pérez

Universidad Estatal Amazónica. Departamento de Ciencias de la Tierra. Km. 2½, vía Puyo a Tena (Paso Lateral). Tel. (+593) 32-888-118 / 32-889-118. Código Postal: 160150. Puyo, Ecuador.

*E-mail address: menriquez@uea.edu.ec

RESUMEN

Los aceites esenciales son sustancias aromáticas que se encuentran en diferentes partes de las plantas, pudiendo ser extraídos de hojas, tallos, flores y/o raíces. Son mezclas complejas de hidrocarburos, terpenos, alcoholes, compuestos carbonílicos, aldehídos aromáticos y fenoles. Los provenientes de especias y condimentos son cada vez más utilizados en la industria de los alimentos y farmacéutica. En el presente trabajo se determinó el comportamiento polifenólico y antioxidante de la Guaviduca, con hojas húmedas y secas, estas especies, provenientes de la región subtropical de la Provincia de Chimborazo, Cantón Pallatanga, por medio de la actividad polifenólica mediante Folin-Ciocalteu y actividad antioxidante total según FRAP (Ferric ion reducing antioxidant Power) y ABTS (Ácido 2,2 –azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico). El método de extracción de aceites esenciales utilizado para esta investigación fue la destilación por arrastre con vapor, empleando reflujo con una trampa de Clevenger para separar los aceites más ligeros que el agua. Se determinó cuantitativamente el rendimiento del aceite esencial a partir del peso húmedo y seco de la especie vegetal. Se empleó un diseño Simplex-Lattice para determinar los puntos de medición de actividad antioxidante (proporciones de los aceites esenciales). Se observa un valor elevado de antioxidante en la muestra seca de guaviduca. Este comportamiento puede deberse a la degradación de compuestos activos con actividad antioxidante y a la pérdida de aceites esenciales por el proceso de evaporación durante el secado.

Palabras clave: *Guaviduca, aceites esenciales, Folin-Ciocalteu, FRAP, ABTS.*

1. INTRODUCCIÓN

Se puede afirmar que el uso de plantas medicinales nació con el hombre, desde tiempos prehistóricos hasta comienzos del siglo XIX, por ensayo y error, se utilizó los elementos que la naturaleza le brindaba para curar sus enfermedades y las de sus animales, y así mismo mejorar su estado de ánimo. Las plantas fueron utilizadas desde el origen de la humanidad como fitoterapéuticos para prevenir o sanar lesiones y enfermedades. Desde el año 1649, con la llegada del cristianismo a América, los jesuitas estudiaron las primeras plantas amazónicas y sus utilidades. Los resultados de estas investigaciones fueron publicados en el libro *Shedula Romana* donde informaban sobre *Cinchona officinallis* (quina), de la cual se han obtenido diversos alcaloides fenólicos, entre ellos la quinina, que se ha utilizado durante más de treientos años para curar la malaria. Para hacer buen uso de las plantas se deben tener conocimientos básicos acerca de los tipos de especies de plantas, de su manejo y utilización, la dosificación y la forma de preparación (Quispe et al., 2017).

Esta especie vegetal, crece en las comunidades cercanas a bosques tropicales tanto de la Amazonía y la región subtropical de la región insular del Ecuador. Posee compuestos bioactivos, entre los que están los polifenoles, representan un conjunto importante, durante los últimos años se realizaron estudios que relacionan esta clase de moléculas con funciones benéficas para la salud humana (De Vargas et al. 2016).

En la medicina tradicional es usada por la población local, como infusión para contrarrestar dolores intestinales, y

como antimicrobiana. Se han realizado diferentes estudios fitoquímicos que han conducido al aislamiento de una amplia variedad de metabolitos secundarios, dentro de ellos alcaloides, lignanos, neolignanos, terpenoides, kavapironas, piperolidas, chalconas y dihidrochalconas, flavonas y flavanonas, mismos que generan una amplia gama de actividades biológicas y con potencial farmacológico. (Sauñe.; Reynel, 2013).

La metodología más reconocida y aplicada para la determinación del contenido total de polifenoles es el ensayo de Folin-Ciocalteu (Proestos and Varzakas, 2017). Existen otras técnicas para la determinación actividad antioxidante total, entre estas se encuentran el método FRAP (Ferric ion reducing antioxidant Power) reportado por Benzi y Strain (1996) y el ABTS (ácido 2,2 –azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico) informado por Re et al. (1999).

En el presente trabajo se determinó el comportamiento antioxidante y polifenólico de la Guaviduca (*Piper carpunya* L) con la hoja de esta especie proveniente de la región subtropical de la Provincia de Chimborazo (Cantón Pallatanga), por medio de la actividad polifenólica mediante Folin-Ciocalteu y actividad antioxidante total según FRAP y ABTS, con los resultados posteriormente se utilizara en la planta de producción probando diferentes niveles de extracto de la especie vegetal en la producción de embutidos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

Se llevó a cabo en los laboratorios de Química y Biología de la Universidad

Estatad Amazonica, ubicada en el Km 2 ½ de la vía Puyo a Tena, paso lateral.

2.2. Extracción de principios activos

El material vegetal fue lavado con agua potable, secado en estufa (Barnstead International, E.E.U.U.) con recirculación de aire a una temperatura de 45 °C, pulverizado en molino de cuchillas (Thomas Scientific, E.E.U.U.) y luego tamizado, con el objetivo de garantizar un tamaño de partícula inferior a 0,5 mm, considerado adecuado para la posterior obtención de los extractos (Azwanida, 2015; Ph. Eur., 2017). El extracto de Guaviduca seleccionado se realiza con el método de Extracción Asistida por Ultrasonido (Ultrasound Assisted Extraction – UAE) (Branson Ultrasonics, E.E.U.U.). Para la extracción se utilizó una mezcla etanol: agua en proporción 9:1, con una relación de 250 mL de disolvente por cada 50 g de muestra pulverizada. Las extracciones fueron realizadas por triplicado. Se trabajó a 35 °C durante 1 hora y posteriormente la mezcla fue filtrada a través de un filtro de Gooch y el extracto crudo obtenido fue

concentrado con evaporador rotatorio (Büchi, Alemania) a temperatura de 45°C y presión reducida de 600 mmHg hasta un volumen final de 50 mL.

2.2. Determinación de fenoles totales

Para la implementación del ensayo de Folin-Ciocalteu (Proestos and Varzakas, 2017), previamente se construyó una curva de calibración haciendo diluciones sucesivas a partir de una disolución concentrada de 1000 mg.L⁻¹ de ácido gálico (estándar de referencia, tabla 1). A partir de esta disolución se prepararon 10 ml de cada una de las diluciones diluidas de concentraciones crecientes de ácido gálico entre 5 y 25 mg.L⁻¹. Para esta determinación se tomaron 40 µl de la muestra en un matraz aforado de 10 ml y se añadieron 500 µl de reactivo Folin Ciocalteu. Se dejó en reposo protegido de la luz por 10 minutos. Una vez terminado este tiempo, se añaden 500 µl de disolución de carbonato de sodio al 10%. Se homogeniza y se coloca en oscuridad por 2 horas, para finalizar con la medida de la absorbancia a 765 nm contra blanco de reactivos.

Tabla 1. Preparación de la curva patrón de ácido gálico a partir de una disolución concentrada de 1 000 mg.L⁻¹. Volumen final 10 mL (agua destilada).

Componentes añadidos	Concentración de ácido gálico (mg.L ⁻¹)				
	5	10	15	20	25
Ácido gálico (uL)	50	100	150	200	250
Reactivo Folin-Ciocalteu (uL)	500	500	500	500	500
Disolución de carbonato de sodio 10% (uL)	500	500	500	500	500

2.3. Determinación de actividad antioxidante

Método FRAP (Ferric ion reducing antioxidant Power): En este método se mide la reducción de 2,4,6-Tripiridiltriazina Férrica (TPTZ) a un producto coloreado por la actividad de compuestos antioxidantes (Benzi y Strain, 1996).

Se construyó una curva de calibración haciendo diluciones sucesivas a partir de una disolución concentrada de 1000 mg.L⁻¹ de ácido gálico (estándar de referencia, tabla 2). A partir de esta disolución se prepararon 10 ml de cada una de las disoluciones diluidas de concentraciones crecientes de ácido

gálico entre 5 y 25 mg.L⁻¹. Para esta determinación se tomaron 80 µl de la muestra en un matraz aforado de 10 ml y se añadieron 5 mL de disolución de FRAP, se aforó con agua destilada. Se deja reposar, en una estufa a 37°C, por 30 minutos y se lee la absorbancia a una longitud de onda de 593 nm contra blanco.

Para esta determinación se añadieron, en un matraz de 10 mL, donde, 80 µL de muestra, se adicionaron 5 mL de disolución de FRAP. Se dejó reposar, en una cámara oscura a 37 °C, por 30 minutos. Para finalmente medir la absorbancia a una longitud de onda de 593 nm contra blanco.

Tabla 2. Curva de Calibración, método DPPH.

Componentes añadidos	Concentración de ácido gálico (mg.L ⁻¹)				
	5	10	15	20	25
Ácido gálico (uL)	10	20	25	30	35
Disolución FRAP (mL)	5	5	5	5	5

Método ABTS (Ácido 2,2 –azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico): Este se fundamenta en la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical catión coloreado ABTS•, el cual es formado previamente por la oxidación del ABTS (2,2´-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)) por metamioglobina y peróxido de hidrógeno. Los resultados son expresados como equivalentes de Trolox (Re et al., 1999).

Fue construida una curva de calibración haciendo diluciones sucesivas a partir

de una disolución concentrada de 1000 mg.L⁻¹ de ácido gálico (tabla 3). A partir de esta disolución se prepararon 10 ml de cada una de las disoluciones diluidas de concentraciones crecientes de ácido gálico entre 5 y 25 mg.L⁻¹.

Para esta determinación se tomaron 40 µL de la muestra y se colocaron en la cubeta del espectrofotómetro. Se adicionaron 2 mL de la disolución del radical y se esperaron 7 minutos. Se realizó la lectura de absorbancia a una longitud de onda de 730,0 nm contra un blanco de etanol.

Tabla 3. Preparación de la curva patrón de trolox a partir de una disolución concentrada de 1 000 mg.L⁻¹. Volumen final 10 mL (agua destilada).

Componentes añadidos	Concentración de ácido gálico (mg.L ⁻¹)				
	5	10	15	20	25
Ácido gálico (uL)	20	30	40	50	60
Radical ABTS (mL)	2	2	2	2	2

2.5. Métodos estadístico

Se realizó un experimento con dos factores, y 6 muestras para sus análisis:

Tabla 4. Factores

FACTORES		
Estado de las Hojas	Niveles	Hojas secas
		Hojas Húmedas
Técnicas de análisis	Niveles	Método Folin-Ciocalteua.
		FRAP (Ferric ion reducing antioxidant Power)., ABTS

Se analizó las 2 muestras, obtenidas en seco y húmedo con la variable de salida polifenoles totales y actividad antioxidante. Para el análisis respectivo se usó el Anova de una sola vía con 6 tratamientos, y la prueba de Tukey, aplicando un experimento factorial, con la determinación de intervalos de confianza para la media de la población.

Técnicas de análisis: El análisis estadístico fue desarrollado mediante el software IBM SPSS Versión 21.0.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 4 se muestran los resultados de actividad polifenólica por el método

Folin-Ciocalteu y de actividad antioxidante totales según los métodos de FRAP y ABTS. Se observan valores mayores, en todas las determinaciones, del aceite esencial obtenido de muestras húmedas de hojas de Guaviduca debido a que antes de efectuar la extracción, se realizó una extracción con agua y etanol. Este comportamiento puede deberse a la degradación de compuestos activos con actividad antioxidante y a la pérdida de aceites esenciales por el proceso de evaporación durante el secado.

Tabla 5. Actividad poli fenólica por el Método de Folin-Ciocalteu y actividad antioxidante total por FRAP y ABTS a aceites esenciales de Guaviduca (*Piper carpunya L*) en muestras húmedas y secas.

Aceites esenciales	Técnicas de análisis		
	Folin-Ciocalteu	FRAP	ABTS
	765 nm	593 nm	730 nm
Aceite esencial muestra húmeda (mg/L)	23,72456667	13,26978333	0,314
Aceite esencial muestra seca (mg/L)	19,33716667	9,1035	0,126666667

A continuación, se grafica la actividad polifenólica total mediante Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante según FRAP y ABTS, en los aceites esenciales de Guaviduca (*Piper carpunya L*) en muestras húmedas y secas (figura 1). Se evidencia mayor actividad polifenólica total según

Folin-Ciocalteu (mg equivalente de ácido gálico.L⁻¹) en aceites esenciales de Guaviduca (*Piper carpunya L*) en muestras húmedas y secas. La actividad antioxidante total por FRAP presentó mayores valores de actividad que el método ABTS.

Figura 1. Actividad polifenólica total según Folin-Ciocalteu (mg equivalente de ácido gálico.L⁻¹) y actividad antioxidante total por FRAP y ABTS (mg equivalente de TROLOX.L⁻¹) a aceites esenciales de Guaviduca (*Piper carpunya L*) en muestras húmedas y secas.

Tabla 6. ANOVA para la Guaviduca

ANOVA PARA GUAVIDUCA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2835,534	5	567,107	2737,396	,000
Dentro de grupos	6,215	30	,207		
Total	2841,749	35			

El nivel de significación de la prueba es ,000 por lo que se rechaza la hipótesis nula en relación a que son

homogéneos, y se asume la alternativa que es homogéneo. Esto se lo realiza mediante la prueba de Tukey.

Tabla 7. TUKEY para la Guaviduca

Guaviduca						
HSD Tukey ^a						
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
ABTS seca	6	,1267				
ABTS húmeda	6	,3140				
Frap seca	6		9,1035			
Frap húmeda	6			13,2698		
Folin seca	6				19,3372	
Folin húmeda	6					23,7246
Sig.		,979	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

De igual manera todos los tratamientos no son significativamente diferentes entre sí, en relación a los métodos ABTS seca y ABTS húmeda, ABTS húmeda y Frap seca, Frap húmeda y Folin seca. Es de destacar que Folin húmeda es significativamente diferente a las demás técnicas de análisis.

La medicina tradicional en el Ecuador ha sido sostenida por los pueblos ancestrales de más bajos recursos, quienes han encontrado una alternativa más accesible y de menos costo, de acuerdo a su cosmovisión. En este contexto la Guaviduca ha sido utilizada, por la medicina ancestral, durante decenas de años en diferentes regiones. Muchos compuestos antioxidantes se pueden encontrar en plantas, incluidos fenoles, carotenoides, antocianinas y tocoferoles (Jakubowski, Bartosz, 1997). Cerca del 20% de las plantas conocidas se han utilizado en estudios farmacéuticos, lo que ha tenido un impacto positivo en el sistema de salud, como el tratamiento del cáncer y otras enfermedades nocivas (Naczk and Shahidi, 2006). Las plantas generan

diversos compuestos bioactivos entre ellos polifenoles. Las altas concentraciones de fotoquímicos, que pueden proteger contra el daño de los radicales libres, se acumulan en frutas, verduras y plantas en general (Suffredini et al., 2004). Las plantas que contienen fotoquímicos beneficiosos pueden complementar las necesidades del cuerpo humano actuando como antioxidantes naturales (Boots et al., 2008). Compuestos fenólicos como flavonoides, taninos y ligninas, que se encuentran en las plantas, actúan como antioxidantes con eficacia (Suffredini et al., 2004). El consumo de frutas y verduras se ha relacionado con varios beneficios para la salud, como resultado de propiedades medicinales y alto valor nutricional (Valko et al., 2006). Los antioxidantes controlan y reducen el daño oxidativo en los alimentos al retrasar o inhibir la oxidación causada por las especies reactivas de oxígeno, lo que en última instancia aumenta la vida útil y la calidad de estos alimentos (Ames et al., 1993). El betacaroteno, el ácido ascórbico y muchos

compuestos fenólicos desempeñan papeles dinámicos para retrasar el envejecimiento, reducir la inflamación y prevenir ciertos cánceres (Duthie et al., 1996).

La especie vegetal, utilizada en el presente trabajo fue estudiada antes por Castillo (2014) quien comprobó la actividad antiulcerosa del extracto hidroalcohólico de la Guaviduca (*Piper carpunya*). El género su investigación en base al Manual de Técnicas de Investigación (CYTED, 1995) a través de la inducción de úlcera gástrica aguda por etanol absoluto al 96%, en ratas (*Rattus Wistar*) hembras, con un porcentaje de inhibición de las úlceras en un 50% en el grupo tratado y de un 46,2% en el grupo testigo con lo que se concluye que el extracto hidroalcohólico de Guaviduca (*Piper carpunya*) posee actividad gastroprotectora, produciendo una protección y recuperación de la mucosa gástrica evidenciándose en el análisis macroscópico de los estómagos.

4. CONCLUSIONES

La actividad antioxidante se ha reportado que es concomitante con el poder reductor. Las propiedades reductoras están asociadas a la presencia de compuestos fenólicos que ejercen su acción a través del rompimiento de la reacción en cadena de los radicales libres por donación de un átomo de hidrógeno, de esto se observa que los valores mayores en polifenoles totales y actividad antioxidante por FRAP y ABTS pero no determina significancia aplicando el diseño estadístico, tanto en húmedo como en seco.

El contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante en el aceite

esencial proveniente de las hojas de la Guaviduca, son elevados por los mg de ácido gálico por 100 mL del compuesto, hemos de tener en cuenta la cantidad de disolvente empleado en la extracción y la cantidad de muestra que hemos tomado para realizar el análisis, por lo que estos actúan con los radicales libres y los estabilizan, con lo que pueden ayudar a contrarrestar presencia de enfermedades.

REFERENCIAS

- Ames B.N., Shigenaga M.K., Hagen T.M. 1993. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 90:7915–7922. doi: 10.1073/pnas.90.17.7915.
- Benzie I, Strain J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochem*. 15;239(1):70-6.
- Boots A.W., Haenen G.R., Bast A. 2008. Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. *Eur. J. Pharmacol*. 585:325–337. doi: 10.1016/j.ejphar.2008.03.008.
- Boada Carlos, (2006). El Choco Biogeográfico. *Revista Ecuador terra incógnita*. 40. Disponible en : http://www.terraecuador.net/revista_40/40_choco.htm
- Castillo Valdés Erika Yazmín. 2014. Estudio preclínico de la guayuduca (*Piper carpubya*) de propiedades y efecto antiulceroso en ratas wista. Universidad Técnica de Machala. Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Tesis previa a la obtención del título: Bioquímica-Farmacéutica. 99 p.
- CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo). 1995. http://www.cytcd.org/es/Acciones_destacadas.
- de Vargas Fabiano, Almeida Patricia, de Boleti Ana Paula, Pereira Maria, de Souza Tatiane, de Vasconcellos Marne, Nunez Cecilia, Pohlit Adrian and Lima Emerson. 2016. Antioxidant activity and peroxidase inhibition of Amazonian plants extracts traditionally used as anti-inflammatory. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 16:83. DOI 10.1186/s12906-016-1061-9.
- Duthie S.J., Ma A., Ross M.A., Collins A.R. 1996. Antioxidant supplementation decreases oxidative DNA damage in human lymphocytes. *Cancer Res*. 56:1291–1295.
- García-Ruiz A., Baenas N., Benítez-González A.M., Stinco C.M., Meléndez-Martínez A.J., Moreno D.A., Ruales J. 2017. Guayusa (*Ilex guayusa* L.) new tea: phenolic and carotenoid composition and antioxidant capacity. *J. Sci Food Agric*. 11. doi: 10.1002/jsfa.8255.
- Jakubowski W., Bartosz G. 1997. Estimation of oxidative stress in *Saccharomyces cerevisiae* with fluorescent probes. *Int. J. Biochem. Cell Biol*. 29:1297–1301. doi: 10.1016/S1357-2725(97)00056-3.
- Lizcano Leandro, Siles Maite, Trepiana Jenifer, Hernández Luisa, Navarro Rosaura, Ruiz-Larrea Begoña and Ruiz-Sanz José. 2015. Piper and Vismia Species from Colombian Amazonia Differentially Affect Cell Proliferation of Hepatocarcinoma Cells. *Nutrients*, 7, 179-195; doi:10.3390/nu7010179.
- Naczki M., Shahidi F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *J. Pharm. Biomed. Anal*. 41:1523–1542. doi: 10.1016/j.jpba.2006.04.002.
- Proestos and Varzakas. 2017. Aromatic Plants: Antioxidant Capacity and Polyphenol Characterisation. *Foods*, 6, 28; doi:10.3390/foods6040028.
- Quijano-Abril, M.A.; Callejas-Posada, R.; Miranda-Esquivel, D.R. 2006. Areas of endemism and distribution patterns for Neotropical Piper species (Piperaceae). *J. Biogeogr*. 33, 1266–1278.
- Quispe Guillen, Hwang Seung, Wan Zhiqiang, Zuo Guanglei and Lim Soon. 2017. Screening In Vitro Targets Related to Diabetes in Herbal Extracts from Peru: Identification of Active Compounds in *Hypericum laricifolium* Juss. by Offline High-Performance Liquid Chromatography. *Int. J. Mol. Sci.*, 18, 2512; doi:10.3390/ijms18122512.
- Ramírez Amezcua, J.M. 2016. Piper commutatum (Piperaceae), the correct name for a widespread species in Mexico and Mesoamerica. *Mexican Botanical Act*, 116, 9–19.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol*

- Med. 26(9-10): 1231-1237.
- Sauñe F. Angélica y Reynel R. Carlos. (2013). Árboles y Arbustos de Piper (“atico”) del valle de Chanchamayo, p. de unín (Perú) (Auspiciada por APRODES y CED – FDA) Lima: Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Suffredini I.B., Sader H.S., Gonçalves A.G., Reis A.O., Gales A.C., Varella A.D., Younes R.N. 2004. Screening of antibacterial extracts from plants native to the Brazilian Amazon rain forest and Atlantic forest. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 37:379–384. doi: 10.1590/S0100-879X2004000300015.
- Valko M., Rhodes C.J., Moncol J., Izakovic M., Mazur M. 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem. Biol. Interact.* 160:1–40. doi: 10.1016/j.cbi.2005.12.009.
- Zoghbi, Maria das Graças Bichara; Oliveira, Jorge and Guilhon, Giselle Maria Skelding Pinheiro. 2009. The genus *Mansoa* (Bignoniaceae): a source of organosulfur compounds. *Rev. bras. farmacogn.* [online]. 19(3): 795-804.

The need for assessing technology deployment in energy systems models to decarbonise the residential sector: a systematic literature review

La necesidad de evaluar el despliegue de tecnología en modelos de sistemas de energía para descarbonizar el sector residencial: una revisión sistemática de la literatura

Diego Moya

Carrera de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Ambato, 1801314, Ecuador

Department of Chemical Engineering, and the Grantham Institute - Science and Solutions for a Changing Planet DTP, Imperial College London, London, SW7 2AZ, UK

Institute for Applied Sustainability Research (iSUR), Av. Granados E13-55 e Isla Marchena, No.44, Quito, 170503, Ecuador
da.moya@uta.edu.ec

Abstract

Scientists across the world are working on understanding the potential impact of buildings' energy consumption on climate change and vice versa. Buildings comprise between 20% and 40% of overall energy consumption depending on the economic development, cultural, and geographical features of a country or region; heating and cooling can represent up to 80% of the total energy consumed in buildings. Energy systems models (ESMs) have emerged to help the research community to build logical scenarios and simulate the complexity of energy sectors of the global economy. However, current challenges must still be included in ESMs, especially challenges from the end-use energy sectors (i.e. transport, industry, and buildings). This research review assesses two of these current challenges in modelling the energy transition of the residential building sector (RBS): 1. the consideration of the residential sector in energy systems models, and 2. the available technologies to decarbonise the sector.

Resumen

Científicos de todo el mundo están trabajando para comprender el impacto potencial del consumo de energía de los edificios en el cambio climático y viceversa. Los edificios representan entre el 20% y el 40% del consumo total de energía dependiendo del desarrollo económico, cultural y geográfico de un país o región; la calefacción y la refrigeración pueden representar hasta el 80% de la energía total consumida en los edificios. Han surgido modelos de sistemas de energía (ESM) para ayudar a la

comunidad de investigación a construir escenarios lógicos y simular la complejidad de los sectores energéticos de la economía global. Sin embargo, los desafíos actuales todavía deben incluirse en los ESM, especialmente los desafíos de los sectores de energía de uso final (es decir, transporte, industria y edificios). Esta revisión de la literatura evalúa dos de estos desafíos actuales al modelar la transición energética del sector de la construcción residencial (RBS): 1. La consideración del sector residencial en los modelos de sistemas de energía, y 2. Las tecnologías disponibles para descarbonizar el sector.

Keywords

Heating; cooling; residential sector; energy system models; decarbonisation.

Palabras clave

Calefacción; enfriamiento; sector residencial; modelos de sistemas energéticos; descarbonización.

Abbreviations

Energy Systems Models	ESMs
Agent-Based Modelling	ABM
Geographic Information Systems	GIS
Residential Building Sector	RBS
Buildings Energy System Models	BESM
Buildings Energy System	BES

1. Introduction

Releasing carbon dioxide into the atmosphere by burning fossil fuels for energy use is the principal cause of climate change. Climate change's impact is global, affecting all regions and economic sectors [1]. Global temperatures have reached a record over the last century, and economic activities today use approximately four times the amount of energy compared with at the beginning of the Industrial Revolution [2]. Around two-thirds of the global energy system still relies on fossil fuels despite of almost a century of climate change research, technical innovations and policy debate. This continuing reliance on fossil fuels is because it remains the most easily exploitable energy source, the cheapest energy resource and has the highest consumption subsidies worldwide. Despite some notable progress on improvements in technology for all forms of energy resources, energy-related emissions still increase global warming and climate change around the globe.

The residential building sector (RBS) concentrates a large proportion of global energy demand and resulted energy-related global greenhouse gas (GHG) emissions [3]. The main end-uses energy in buildings are space heating, space cooling, water heating, lighting, and appliances. The energy consumption in these end-uses can vary between 20% and 40% of total energy demand depending on the economic development, cultural, and geographical features of a country or region. Overall, heating and cooling can represent up to 80% of a buildings' total energy consumption [4, 5]; the RBS

accounted for 32% of total global end-uses energy worldwide. Furthermore, GHG emissions from the RBS reached 9.18 GtCO₂eq in 2010, accounting for 20% of all global anthropogenic GHG emissions [6]. With such high energy consumption and energy-related GHG emissions shares, the RBS represents a gigantic opportunity to decarbonise the whole energy system worldwide.

Since the discovery that energy-related emissions increase global warming and climate change, energy systems modelling has excited enormous scientific interest to support the decision-making process of climate and energy policy. Energy systems models (ESMs) build logical scenarios and simulate the complexity of energy supply chain; this includes energy resource extraction, conversion, transportation, consumption and demand. ESMs also simulate the energy market and the regulation of end-use energy sectors [7]; these sectors include industry, transport, agriculture, and the RBS. Recently, the energy systems modelling challenges have attracted the attention of the scientific community. Pfenninger, et al. [8] observed that ESMs across governments, industry and academia lack transparency and open availability. Similar research conducted by Li and Pye [9] showed that qualitative narratives are required in ESMs. Hughes, et al. [10] concluded that a high level of modelling uncertainty is commonly driven by non-technical and non-economic aspects. They agree that multiple actors' behaviour (e.g. investment practices, technology choices) must be considered in ESMs. Pfenninger, et al. [11] suggest that the intermittence of renewables should be also considered in ESMs, resolving

details in time and space. In general, ESMs challenges could be addressed by integrating: human factors, spatial and temporal dimension, and barriers for clean technology diffusion.

The RBS represents the energy consumption in residential and commercial buildings; it has nothing to do with energy consumed when a building is being built (i.e. the construction sector). A great deal of research is currently being conducted to exploit ESMs to elaborate plausible pathways to decarbonise the RBS. Although ESMs are vast and have been developed for more than four decades, a broader scope is still required to provide better understanding of the energy transition of the RBS [12]. In order to promptly decarbonise the RBS, radical solutions must be assessed and implemented [13]. One such promising application of ESMs is the assessment of the use of renewable energy sources, energy efficiency technologies and energy conservation to decarbonise the RBS. ESMs help us to answer and better understand the RBS and the interdependencies among technology diffusion, the supply and demand of energy, and market behaviour along with the impact on global climate change.

This review aims to explore the current challenges of ESMs to simulate the decarbonisation of buildings at global scale. This review has two sections. The first section addresses ESMs that take RBS into account at the country and global level. Current and emerging technologies that can be deployed in buildings to decarbonise the sector are studied in section two. This review is the state of the art for further research to assess pathways to decarbonise the RBS.

2. Literature Review

Although ESM are vast and focus on different scales, this study focuses on models that consider the impact of the energy consumption in buildings in the whole energy system at the country and global level. This study therefore exclude models that deal with only one specific subset of problems, such as quantifying the potential for a specific technology at the building level, or the influence of physical features of buildings in models. This review assesses different ESMs that include the RBS in their approach followed by a comprehensive review of the up-to-date and emerging technologies that might lead the decarbonisation of the sector.

2.1. Energy systems models

Energy systems models are methods to build logical scenarios and simulate the complexity of the extraction of energy resources, conversion and transportation, energy services, market and regulation in scales ranging from cities to the entire globe [7, 14]. A detail classification of ESMs is made by Herbst, et al. [15]. Pfenninger, et al. [11] additionally contribute to the classification, grouping ESMs into four categories: optimization models, simulation models, power systems and electricity market models, and qualitative and mixed-methods scenarios. Hall and Buckley [16] also categorise 22 models and propose a three-classification schema: 1. Purpose and structure; 2. Technological detail; and, 3. Mathematical description. García-Gusano, et al. [17] narrowly classify ESMs in two main groups: 1. Simulation-based models that set

relationships among parameters to test energy policies; and 2. Optimisation-based models that explore techno-economic approaches. Considering these classifications, ESMs are one of the most influential tools supporting energy transition policy today. These models therefore provide technical, economic, environmental, and now even social insight to offer plausible pathways of the global/regional/national energy system change.

The whole energy system consists of a network of components and factors that influence various sectors of the economy. Broadly, these components are the supply sector, the demand sector, the energy market and the emerging climate sector [18]. Figure 1, for example, illustrates the components of

the energy system taking into account the whole economy. More specifically, the energy system network comprises renewable and non-renewable energy resources, conversion and transformation technologies, storage, transmission and distribution technologies, the end-use of energy, the market, and the climate [19, 20]. Researchers have contributed much to the understanding of the energy system's driving factors. Geng, et al. [20] identify six driving factors of the energy system: 1. Production structure [21-23]; 2. Energy structure [23]; 3. Consumption structure [21-23]; 4. Population size [22, 24]; 5. Per capita energy consumption [22, 25]; and 6. Energy intensity [11, 26].

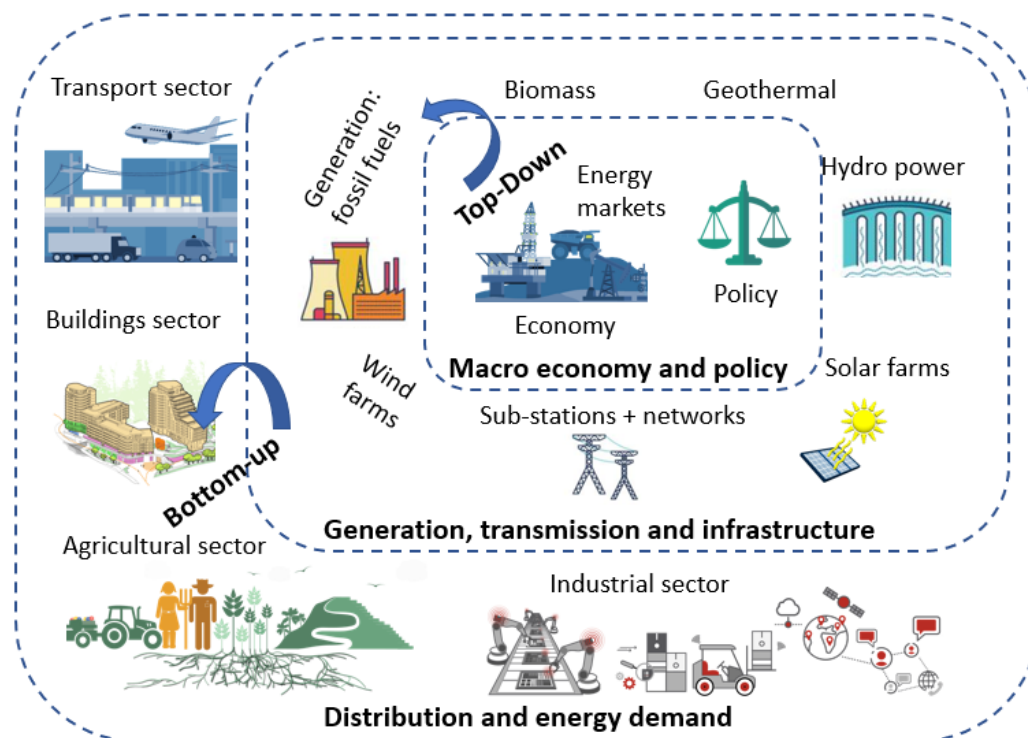


Figure 1: Energy sectors and layers of the energy system.

Other authors also consider emission intensity [22, 27], economy growth, trade structure [23, 27], technology developments [11, 23], climate influence [24, 28], climate change policy [11], and social factors [29, 30]. In other words, an energy system encompasses all the entire process chain from the extraction of primary energy to the final use of energy services and goods in a given society or economy [11] along with energy security and energy policy as seen in [18]. In general, an understanding of the interconnectedness of components and factors along the whole energy system still remains unclear. To address this challenge, ESMs have emerged to explore, analyse, ex-post evaluate, forecast, simulate, optimize, estimate, and conceptualize energy systems [15]. Emerging approaches to investigate contemporaneous challenges of ESMs have been introduced by Pfenninger, et al. [11]. Four challenges are described: 1. Resolving time and space; 2. Balancing uncertainty, transparency and reproducibility; 3. Complexity and optimization across scales; and, 4. Integrating human behaviour, social risks and opportunities. These challenges have been addressed in a number of studies. Assembayeva, et al. [31] report the inclusiveness and transparency of power systems models by adding a spatial and temporal resolution to a techno-economic model. Bosch, et al. [32] additionally consider the temporal and spatial global onshore wind energy potential. DeCarolis, et al. [33] outline best practice for energy system optimization modelling, including the mentioned challenges, named as: setting spatial and temporal boundaries, quantifying uncertainty

and communicating insights. García-Gusano, et al. [17] assess the intersectorial behaviour in energy systems considering socio-economic drivers. Kraan, et al. [34] present an agent-based method used to model imperfect rational behaviour of investors in the electricity sector.

The RBS is a classic case that represents all of the mentioned challenges. This sector requires the adoption of clean and low carbon technologies for decarbonising space heating and cooling, water heating, lighting and appliances [11]. However, the development and understanding of energy transition pathways is not an easy task. To model the dimensions of residential sector energy transition, modelling approaches should represent the interdependencies between generation (weather conditions and renewables intermittence), operation and energy demand (electricity, heating, cooling), infrastructure investments and generation dispatch, market and user behaviour, macroeconomic interactions, and environmental impact [16]. As modelling technology deployment is vital for obtaining insights about pathways to decarbonise the residential sector, an assessment of these tools is needed. Modelling the RBS by taking the whole energy system into account can help stakeholders in academia, government, industry and users to understand and plan the use of cost-effective low carbon and renewable energy technologies [35]. Buildings energy systems (BES) are responsible for consumption and management of energy in buildings [36] and contain electricity, heat and cold suppliers [37]. These energy systems can be represented at different

levels as can be observed in [28]. At the building level, BES models focus on the physical behaviour of energy consumption in buildings and seek energy efficiency and thermal comfort [36]. At the neighbourhood, district and city levels, BES models involve detailed approaches, including information about built structures, occupants' behaviour, and urban environment effects such as meteorological loads [28, 38]. The knowledge frontier of these models has expanded to study BES at the regional and worldwide level.

Researchers are developing buildings energy system models (BESM) with a broader scope to provide better understanding of transition energy system pathways and the interdependence between energy sectors of the global economy (Fig. 2). The main concern is to understand the potential impact of climate change on energy consumption in buildings and vice versa. In this regard, Clarke, et

al. [39] explore the future implications of increasing electricity usage for cooling while decreasing dependency on fossil fuels for heating at the global level. Güneralp, et al. [40] use both top-down and bottom-up approaches to conclude that in the future, urban population density will influence energy consumption as much as energy efficiency technologies worldwide. Berardi [41] also assesses historical data to report energy consumption in the RBSs of the US, EU, Brazil, Russia, India, and China. Other work has been conducted to explore the global potential for district heating and cooling [42] and people's investment behaviour in the building energy sector [43]. Although the energy model landscape is vast – as mentioned previously in [16], there is a limited number of models that evaluate the building energy systems at the regional or global level. The next section addresses the energy models that assess the RBS on a global scale.

Model type	Example	Characteristics
Dynamic-recursive simulation model	Global Change Assessment Model (GCAM)	Technology-rich; interactions energy sector, land use, water and climate mitigation
Individual simulation methodologies	National Energy Modelling System (NEMS)	Modular structure; each energy sector
Linear-programming-based optimization model	MARKAL/TIMES/TIAM family	Select optimal technology mix to meet an energy demand at minimum cost

Figure 2: Energy models that consider the RBS.

The Global Change Assessment Model (GCAM) is a dynamic-recursive simulation model; it is a technology-rich, integrated assessment tool that endeavours to represent the interactions of the energy sector, land use, water and

climate mitigation in the economy [44]. GCAM has been widely used to evaluate climate change mitigation policies (i.e. carbon taxes, carbon trading, and energy technology deployment). In the RBS, GCAM has been used to evaluate the

consequences of future climate change on energy expenditure worldwide [39]. Clarke, et al. [39] follow scenario-based analyses and find that, for a 2 °C global mean surface temperature increase, the global economic output increases 0.1%; this increment is measured in terms of net energy expenditure in buildings. Güneralp, et al. [40] also use GCAM to study the impact of urban density on global BES. They suggest that all global regions should adopt a compact urban development trajectory, rather than dispersed urban forms, in order to achieve likely cumulative energy savings of approximately 300 EJ worldwide through to 2050. In the literature, GCAM has been applied to assess different energy sectors of the economy; however, a global assessment of the RBS has not been conducted to the same extent as other sectors.

The National Energy Modelling System (NEMS) has a modular structure; it aims to apply individual simulation methodologies to each energy sector that facilitates model management. NEMS encompasses thirteen modules, which represent the supply, conversion, demand and market energy sectors [45]. This model is tailored to a US context, and therefore, it is not applicable to other countries. Wilkerson, et al. [46], for instance, use NEMS to examine the impact on the RBS of consumer preferences over end-use technologies. Their approach recognises four conceptual problems with NEMS end-use energy demand projections: 1. Setting of preferred return rate to guide technology choices; 2. Setting of same technology choices constraints in commercial and residential sectors; 3. Using outdated data to represent behavioural parameters; and, 4.

Avoiding feedback of policy and forecasting scenarios to evaluate the preferred return price dynamics.

Cullenward, et al. [47] also present a NEMS-based method which estimates the direct policy costs of direct energy expenditure at the building level in all United States regions. Although NEMS is publicly available, its owners and developers - The US Energy Information Administration EIA - discourage its use because of the difficulty or rigidity of using it [48], which means that the model is poorly understood outside of EIA [46].

The Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP) of the International Energy Agency (IEA) has developed bottom-up energy systems models, the MARKAL/TIMES/TIAM family. The MARKAL (MARKet and ALlocation), the TIMES (The Integrated MARKALEFOM System, Energy Flow Optimization Model) and the TIAM (TIMES Integrated Assessment Model) are linear-programming-based optimization models aimed at selecting the optimal technology mix to meet an energy demand at minimum cost [49]. TIAM consider eleven end-use technologies for the residential sector in the energy consumption sector modules [50]. Using the TIAM approach, Labriet, et al. [51] and Gracceva and Zeniewski [52] assessed severe climate targets and the impact of using gas in end-use sector such as the RBS. They found that gas constitutes an attractive solution to address the uncertainty in the energy system. In the mid-term, gas might play a bridging role to achieve a low-carbon economy until zero-carbon mitigation options become both cost-effective and available. van den Broek, et al. [53]

and van den Broek, et al. [54] recently integrated MARKAL with temporal and spatial dimensions to assess the potential of CO₂ storage as well.

The Open Source Energy Modelling System, OSeMOSYS, is a linear optimization model developed in a modular structure. OSeMOSYS has become popular due to its open availability and flexibility to model long-term energy pathways [55]. Pinto de Moura, et al. [56] uses OSeMOSYS SAMBA - South America Model Base to evaluate the electricity export potential of Bolivia in different scenarios. However, the literature does not provide much other information regarding the OSeMOSYS usage in global studies of the RBS. Another example of optimisation models is the Model for Energy Supply Systems And their General Environmental impact (MESSAGE). MESSAGE is a linear/mixed integer optimization model that allows the representation of technical-engineering, socio-economic, and biophysical processes of energy systems [57]. Its creators and developers, the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) has reported approximately a thousand scientific publications over the last four decades. Currently, MESSAGE provide a well organised open-source documentation of the entire framework [58]. Ürge-Vorsatz, et al. [59] assess the global heating and cooling energy trends in buildings based on MESSAGE projection scenarios. Overall, the literature offers limited MESSAGE applications for the decarbonisation of the RBS.

The Price-Induced Market Equilibrium System (PRIMES) model simulates the energy demand and supply; it has

been used for several EU governments as well as private companies [60]. The PRIMES model is organised in modules representing the behaviour of a specific agent, an energy demander and/or a supplier. One key feature of PRIMES is its capability to support policy analysis in the demand-side such as electricity and heat demands in the RBS [61]. The Long-range Energy Alternatives Planning System (LEAP) is another simulation-based model that supports a wide range of different modelling methodologies for the whole energy sector of an economy [62]. Li [63] provides a detail assessment of previous work using LEAP model in the RBS. LEAP is a widely-used modelling tool for climate change mitigation and energy policy assessment; however, there is a lack of scientific proof of its up-to-date applications in the decarbonisation of the RBS at regional or global scales.

In general, energy systems model tools have been developed for more than four decades around the globe [11, 15, 16, 18, 36, 55, 64, 65]. Particularly, addressing the decarbonisation of the energy consumption in buildings is still a global challenge. It is well-known that the residential sector might account for 25% to 40% of the total energy consumption of a nation, depending on the demographic context and geographic location [5]. Space heating and space cooling along with water heating can represent up to 80% of all the buildings' energy consumption [12]. In order to promptly decarbonise the sector, radical solutions must be assessed to be implemented in the next decades. In that sense, ESMs play a vital role to better understand the

interdependencies among technology diffusion, energy supply and demand, and market behaviour along with the impact in global climate change. Therefore, a big step forward is required to address the challenges of understanding the decarbonising pathways of the RBS. First, buildings energy system models should be able to study the technology availability and future needs, accounting for barriers at the national, regional and global scales – considering that no single technology and/or energy resource might provide a global solution. Second, buildings energy system models should include the heterogeneous behaviour of multiple actors – human factors – in order to account for their complex effects on long-term planning. Third, buildings energy system models should also consider spatial and temporal detail to examine energy supply and demand globally. The next section of this research review address one of these three challenges. Further research should address the remaining two challenges.

2.2. Current and emerging technologies to decarbonise the building stock

The ways that nations use energy have been constantly changing over the course of human development and will certainly change in the future [66]; technology development and diffusion play a key role in this energy change. Although our understanding of the relationship between the factors influencing households' energy choices, the household energy use patterns, and the cleaner energy transition drivers is very limited [67, 68]; the assessment of

the current and emerging technologies to decarbonise the RBS is paramount. At the global scale, decarbonisation of the RBS can be accomplished by both energy conservation and energy efficiency [13]. Energy conservation is any behavioural change that results in less energy use while energy efficiency is the technology use that requires less energy to perform the same function [67]. This section of the literature review addresses the technologies that might play a vital role in the decarbonisation of the RBS on a global scale, classified as: heating, cooling, and electricity (e.g. lighting, appliances, cooking). Additionally, modelling approaches for technology deployment and policy recommendations are also assessed. Related behavioural change with energy conservation is addressed in the agent-based section.

Heat loads in buildings are based on outdoor temperatures [69] and season requirements [70], creating a weather dependency and seasonal variation on demands of heating and cooling. Thus, heating and cooling demands vary from place to place, and even from day to day [71]. Figure 3 shows the schematic of district energy systems considering heating, cooling and power. The main component in the district cooling plant is the absorption chiller which uses heat sources (as the district heating plant) for a cooling cycle. The assessment of these technologies at the global scale must consider local weather conditions and patterns along with the availability of renewable energy sources.

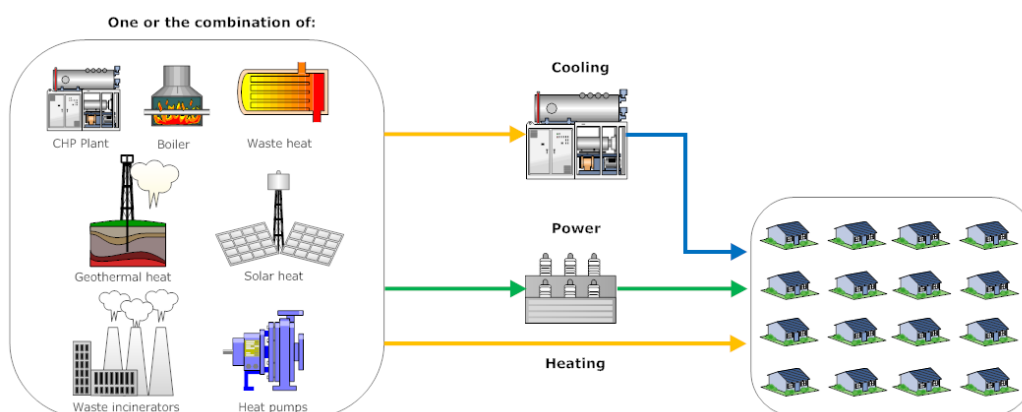


Figure 3: District energy systems.

Werner [72] finds that between 1990 and 2014, 90% of the world's heat supply is dominated by fossil fuels. Werner [72] also shows the four different heat supply methods worldwide. Results illustrate that 51% of the world heat demand is used in buildings from which 43% accounts for the use of direct use of coal, petroleum products, and natural gas as shown in [72].

Additionally, current district cooling systems only met 16% of the total demand and 7% of the residential sector demand in the European Union [72]. Findings also show that current district cold deliveries volumes worldwide are much smaller than district heat deliveries. These figures show enormous need to decarbonise the building heating and cooling sector and a potential opportunity for the introduction of renewable energy resources in the district energy systems. Therefore, future deployment scenarios of district heating and cooling technologies should consider its favourable characteristics such as higher supply security, lower costs, and lower carbon dioxide emissions due to the high possibility of introducing renewables [73].

Lake, et al. [74] analyse six energy sources for district heating and cooling systems. They study the pros and cons of geothermal or ground heat, biomass, waste incineration, waste heat, fossil fuels, and solar thermal. Werner [69] presents the Swedish example in the evolution of use heat supply methods for district heating as can be seen in [69]. In this example, renewable boilers use biomass as fuel and there is no use of other renewable energy resource such as solar or geothermal. In another study, Werner [72] also describe the use of natural cold resources available in deep sea and its use in during warm summers in different parts of the world. Overall, the use of renewable resources would vary depending on the season and geographic location, identifying the need of a worldwide assessment of the different technologies priorities for different regions and countries.

Despite the low awareness of district heating and cooling system benefits, these are a promising heat and cold supply technologies for further mitigation of climate change worldwide [72]. Four further efforts are identified to expand the potential of district

heating and cooling system worldwide: 1. Study future conditions associated to renewables and buildings with low heat demands [75]; 2. Study the impact of introducing the fourth generation of district heating technology [76]; 3. Assess the global potential to mitigate climate change within a common and aggregated vision [72]; and 4. Assess the global potential for future district cooling systems.

On top of DHC systems, District Energy Systems would be able to provide electricity, low-temperature domestic hot water, heating, and cooling [74, 77]. District Energy Systems are the combination of combined heat and power plants with district heating and cooling systems suitable to meet electricity, heat and cooling demands [78]. These systems are also called distributed multi-generation technologies or

trigeneration district energy systems [79]. District energy systems offer a potential climate change mitigation solution due to the opportunity to implement large polygeneration energy conversion technologies connected to buildings over a network [80]. Figure 4 illustrates the evolution of district energy systems. The combination of technologies plus the use of renewable energy sources in the 5th district energy generation present a promising solution to decarbonise the RBS. A part of district heating and cooling technologies within District Energy Systems, a more sustainable energy future of the RBS requires the understanding of the potential implementation of storage technologies, fuel cell technologies, high efficient lighting technologies, and smart grids at global scale.

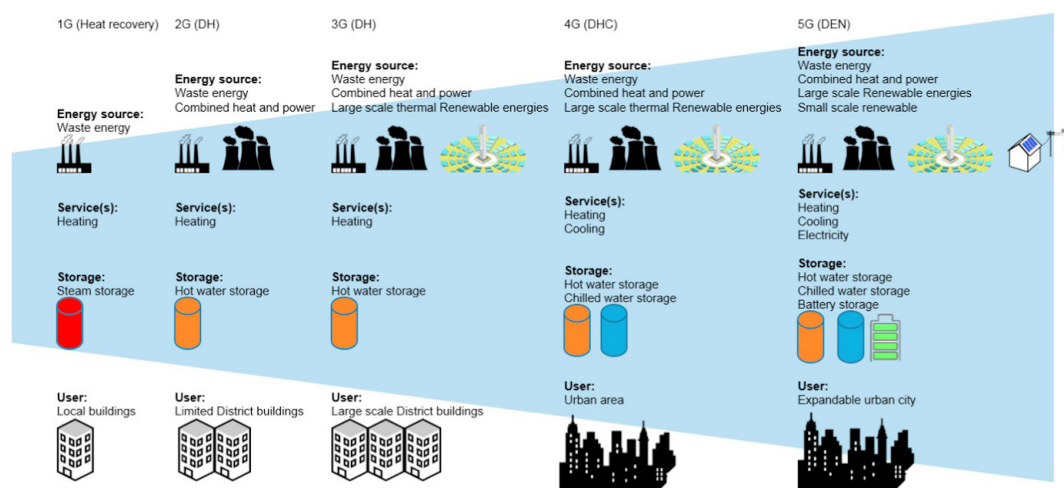


Figure 4: Future generation of district energy systems – concept of the 5th generation [70].

Del Pero, et al. [81] assess the key role of several energy storage technologies to manage intermittency of energy supply and demand, and efficient use of renewable energy sources. von

Geibler, et al. [82] also identify the opportunities to implement micro-fuel cell technologies in the RBS in combined heat and power production. High efficient lighting in residential

buildings can reduce between 60% and 80% of lighting related greenhouse gas emissions [83, 84]. Installation of efficient lighting at large scales, as in regions where incandescent bulbs are still in place, could help to prevent energy crisis. This is the case of Nigeria where 70% of power generated for lighting can be saved by efficient lighting use, as reported in [85]. Another example of massive replacement of incandescent bulbs for fluorescent compact lamps is Ecuador. Sixteen million bulbs were replaced countrywide, saving 10 million USD and 360 GWh of energy consumption each year [86]. Kolokotsa [87] explore the role of smart grids towards increasing energy consumer awareness and rational energy use. Smart grids offer the opportunity of connecting devices and renewables at low voltage level. Smart grids can be viewed as aggregators of consumers, buildings, and low-carbon technologies that allow better supply and demand matching. The impact assessment of these technologies implementation at the global scale and its benefits in terms of climate change mitigation and energy security is still missing.

The deployment strategy valuation of the mentioned technologies as well as the overall system cost estimation can be assessed by energy system models. Depending on the modelling approach, ESMs can also analyse the impact on climate change along with the decarbonisation pathways of the RBS – as this research focus is. Previously, this study described a number of ESMs. Overall, depending on the different level of detail and chosen model structure, building energy system models can be simulation- or optimisation-based, differ in time frame and region

considerations, and follow top-down or bottom-up approaches [88].

MARKAL/TIMES/TIAM family, bottom-up, technology-rich cost optimization models, consider district heating and combined power and heat technologies maximising profit in the long-term technology investment [89, 90]. Wang, et al. [91] apply the Global TIMES model to study the RBS transition at the global scale, finding that between 28 Gt and 32 Gt of CO₂ emission reductions can be achieved in this sector under 1.5- and 2- degree targets respectively. In addition, GCAM, a recursive dynamic bottom-up market equilibrium model, thanks to its logit specifications represents the heterogeneity of technologies market shares [92]. Clarke, et al. [39] use GCAM to study the effects of long-term climate change conditions on building energy expenditures on a global scale, explaining the drivers that link building energy expenditures to regional climate. Although NEMS is a technology-rich model, it does not consider district heating and cooling technologies for the RBS. Wilkerson, et al. [46] analyse the RBS, concluding that NEMS's economic analysis is simplistic and does not consider market failures and behavioural complexities. In general, the assessment of decarbonisation pathways for the RBS on a global scale including human, temporal, and spatial dimensions are still missing in the literature.

The aforementioned models have been used to enhance national and international energy security and low-carbon economy development. In terms of climate change mitigation pathways assessment, the applications of building energy system models

can be summarised as: 1. Scenarios-based policy recommendations; and 2. Technology research and development prioritisation. These two main applications involve decision-making in the academia-research, government and industry sectors. ESMs of the RBS play important roles in seeking pathways to decarbonise the sector. In order to provide accurate results, these modelling approaches still require to consider human investment decision and technology choices, market behaviour, temporal and spatial distribution of energy demand and energy sources at the global scale. As the demand for heating, cooling and electricity in buildings depends on climatic and geographic conditions (population density, life style and culture), technologies assessment and market interaction should be considered at a global perspective.

Concluding remarks

The energy use in nations have been constantly changing over the course of history and will certainly change in the future. While long-term energy transitions occur, global energy-related challenges need to be addressed as well. One of the challenges in energy systems is climate change because of both high share of fossil fuels and related greenhouse gas emission. Particularly, the end-use sectors (transport, industry and buildings) are the focus of developing pathways to decarbonise the energy system. In the RBS, the energy consumption can vary up to 40% of the total energy consumed in nations, depending on economic development, technological innovation and diffusion, energy policy

implementation, and cultural and geographical features. These features are likely to be increasingly prominent in shaping the 21st century energy transition.

The RBS represents an enormous opportunity to decarbonise the whole energy system at the global scale. In this regard, ESMs have been developed for decades; and have played a key role in past and present national energy transitions to study the pathways to decarbonise the sector. However, contemporary challenges of energy systems (e.g. human behaviour, renewables intermittence) are more complex to address today and still need to be included in ESMs to provide pathways for future energy transitions. These challenges can be addressed by integrating the techno-economic perspective, the socio-technical perspective, the spatio-temporal dimension and the political perspective. The techno-economic perspective explains the energy systems of the RBS defining the energy uses and services coordinated through energy markets. However, the techno-economic perspective is based on supply-demand balance often aligned with neoclassical economic idea of market equilibrium. The socio-technical perspective explains emerging technologies innovations, diffusion and deployment by considering the energy system as a socio-technical system – a social system intertwined with technology. Socio-technical energy transition models of the RBS would be able to capture the techno-economic detail with explicit actors' heterogeneity (agents) and transition pathway dynamics of market imperfection. The spatio-temporal dimension contributes

to the understanding of the influence of geographical restrictions in the diffusion of technology at national and even global scales. The intermittence of renewables and its different dispatchable reserve capacity in grid services are the main considerations that current and emerging low-carbon energy systems modellers are considering in models. Finally, the political perspective focuses on the change of energy policy that directly affect the energy system. In the RBS, regulations around electricity pricing systems, carbon taxes, and heating/cooling usage are the main concern of policy makers at the country, region and global levels. However, political perspective is different from the techno-economic, socio-technical and spatio-temporal perspectives as most energy policies are driven by economic actors and normative recommendations. Further research should include the assessment of technology deployment to decarbonise the RBS considering agents heterogeneity and the spatio-temporal dimension of energy demand.

Institute for Applied Sustainability Research (iSUR) supports international research on global sustainability applied to the Global South.

Acknowledgement

The PhD research of Mr Diego Moya has been funded by the Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación - SENESCYT, Award No. CZ03-35-2017, and by the Universidad Técnica de Ambato - UTA, Award No. 1895-CU-P-2017 (Resolución HCU), and supported by The Science and Solutions for a Changing Planet Doctoral Training Partnership, Grantham Institute, UK Natural Environment Research Council (NERC) at Imperial College London, and the Goodenough College. The

References

- [1] B. Obama, “The irreversible momentum of clean energy,” *Science*, vol. 355, pp. 126-129, 2017.
- [2] S. A. Elias, “Climate Change and Energy A2 - Dellasala, Dominick A,” in *Encyclopedia of the Anthropocene*, M. I. Goldstein, Ed., ed Oxford: Elsevier, 2018, pp. 457-466.
- [3] P. Rode, C. Keim, G. Robazza, P. Viejo, and J. Schofield, “Cities and energy: urban morphology and residential heat-energy demand,” *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 41, pp. 138-162, 2014.
- [4] A. Mastrucci, P. Pérez-López, E. Benetto, U. Leopold, and I. Blanc, “Global sensitivity analysis as a support for the generation of simplified building stock energy models,” *Energy and Buildings*, vol. 149, pp. 368-383, 2017/08/15/ 2017.
- [5] J. Ma and J. C. P. Cheng, “Estimation of the building energy use intensity in the urban scale by integrating GIS and big data technology,” *Applied Energy*, vol. 183, pp. 182-192, 2016/12/01/ 2016.
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate change 2014: mitigation of climate change vol. 3: Cambridge University Press*, 2015.
- [7] A. Lind and K. Espegren, “The use of energy system models for analysing the transition to low-carbon cities – The case of Oslo,” *Energy Strategy Reviews*, vol. 15, pp. 44-56, 2017/03/01/ 2017.
- [8] S. Pfenninger, L. Hirth, I. Schlecht, E. Schmid, F. Wiese, T. Brown, et al., “Opening the black box of energy modelling: Strategies and lessons learned,” *Energy Strategy Reviews*, vol. 19, pp. 63-71, 2018/01/01/ 2018.
- [9] F. G. N. Li and S. Pye, “Uncertainty, politics, and technology: Expert perceptions on energy transitions in the United Kingdom,” *Energy Research & Social Science*, vol. 37, pp. 122-132, 2018/03/01/ 2018.
- [10] N. Hughes, N. Strachan, and R. Gross, “The structure of uncertainty in future low carbon pathways,” *Energy Policy*, vol. 52, pp. 45-54, 2013/01/01/ 2013.
- [11] S. Pfenninger, A. Hawkes, and J. Keirstead, “Energy systems modeling for twenty-first century energy challenges,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 33, pp. 74-86, 2014/05/01/ 2014.
- [12] P.-H. Li, I. Keppo, and N. Strachan, “Incorporating homeowners’ preferences of heating technologies in the UK TIMES model,” *Energy*, vol. 148, pp. 716-727, 2018/04/01/ 2018.
- [13] D. Timmons, C. Konstantinidis, A. M. Shapiro, and A. Wilson, “Decarbonizing residential building energy: A cost-effective approach,” *Energy Policy*, vol. 92, pp. 382-392, 2016/05/01/ 2016.
- [14] T. H. Y. Føyn, K. Karlsson, O. Balyk, and P. E. Grohnheit, “A global renewable energy system: A modelling exercise in ETSAP/ TIAM,” *Applied Energy*, vol. 88, pp. 526-534, 2011/02/01/ 2011.

- [15] A. Herbst, F. Toro, F. Reitze, and E. Jochem, "Introduction to Energy Systems Modelling," *Swiss Journal of Economics and Statistics*, vol. 148, pp. 111-135, April 01 2012.
- [16] L. M. H. Hall and A. R. Buckley, "A review of energy systems models in the UK: Prevalent usage and categorisation," *Applied Energy*, vol. 169, pp. 607-628, 2016/05/01/ 2016.
- [17] D. García-Gusano, J. Suárez- Botero, and J. Dufour, "Long-term modelling and assessment of the energy-economy decoupling in Spain," *Energy*, vol. 151, pp. 455-466, 2018/05/15/ 2018.
- [18] P. Crespo del Granado, R. H. van Nieuwkoop, E. G. Kardakos, and C. Schaffner, "Modelling the energy transition: A nexus of energy system and economic models," *Energy Strategy Reviews*, vol. 20, pp. 229-235, 2018/04/01/ 2018.
- [19] J. Andersen, U. Aarhus, and Ø. Institut for, Modelling and optimisation of renewable energy systems : a PhD thesis submitted to School of Business and Social Sciences, Aarhus University, in partial fulfilment of the requirements of the PhD degree in economics and business. Aarhus: Department of Economics and Business, Aarhus University, 2015.
- [20] Y. Geng, H. Zhao, Z. Liu, B. Xue, T. Fujita, and F. Xi, "Exploring driving factors of energy-related CO2 emissions in Chinese provinces: A case of Liaoning," *Energy Policy*, vol. 60, pp. 820-826, 2013/09/01/ 2013.
- [21] G. P. Peters, C. L. Weber, D. Guan, and K. Hubacek, "China's Growing CO2 Emissions A Race between Increasing Consumption and Efficiency Gains," *Environmental Science & Technology*, vol. 41, pp. 5939-5944, 2007/09/01 2007.
- [22] D. Guan, K. Hubacek, C. L. Weber, G. P. Peters, and D. M. Reiner, "The drivers of Chinese CO2 emissions from 1980 to 2030," *Global Environmental Change*, vol. 18, pp. 626-634, 2008/10/01/ 2008.
- [23] S. Liang and T. Zhang, "What is driving CO2 emissions in a typical manufacturing center of South China? The case of Jiangsu Province," *Energy Policy*, vol. 39, pp. 7078-7083, 2011/11/01/ 2011.
- [24] A. T. D. Perera, S. Coccolo, J.-L. Scartezzini, and D. Mauree, "Quantifying the impact of urban climate by extending the boundaries of urban energy system modeling," *Applied Energy*, vol. 222, pp. 847-860, 2018/07/15/ 2018.
- [25] P. Garrone, L. Grilli, and B. Mrkajic, "The energy-efficient transformation of EU business enterprises: Adapting policies to contextual factors," *Energy Policy*, vol. 109, pp. 49-58, 2017/10/01/ 2017.
- [26] K. Fisher-Vanden, G. H. Jefferson, H. Liu, and Q. Tao, "What is driving China's decline in energy intensity?," *Resource and Energy Economics*, vol. 26, pp. 77-97, 2004/03/01/ 2004.
- [27] J. Wei, K. Huang, S. Yang, Y. Li, T. Hu, and Y. Zhang, "Driving forces analysis of energy-related carbon dioxide (CO2) emissions in Beijing: an input-output structural decomposition analysis," *Journal*

- of Cleaner Production, vol. 163, pp. 58-68, 2017/10/01/ 2017.
- [28] L. Frayssinet, L. Merlier, F. Kuznik, J.-L. Hubert, M. Milliez, and J.-J. Roux, "Modeling the heating and cooling energy demand of urban buildings at city scale," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 2318-2327, 2018/01/01/ 2018.
- [29] G. Trotta, "Factors affecting energy-saving behaviours and energy efficiency investments in British households," *Energy Policy*, vol. 114, pp. 529-539, 2018/03/01/ 2018.
- [30] D. Deller, "Energy affordability in the EU: The risks of metric driven policies," *Energy Policy*, vol. 119, pp. 168-182, 8// 2018.
- [31] M. Assembayeva, J. Egerer, R. Mendelevitch, and N. Zhakiyev, "A spatial electricity market model for the power system: The Kazakhstan case study," *Energy*, vol. 149, pp. 762-778, 2018/04/15/ 2018.
- [32] J. Bosch, I. Staffell, and A. D. Hawkes, "Temporally-explicit and spatially-resolved global onshore wind energy potentials," *Energy*, vol. 131, pp. 207-217, 2017/07/15/ 2017.
- [33] J. DeCarolis, H. Daly, P. Dodds, I. Keppo, F. Li, W. McDowall, et al., "Formalizing best practice for energy system optimization modelling," *Applied Energy*, vol. 194, pp. 184-198, 5/15/ 2017.
- [34] O. Kraan, G. J. Kramer, and I. Nikolic, "Investment in the future electricity system - An agent-based modelling approach," *Energy*, vol. 151, pp. 569-580, 2018/05/15/ 2018.
- [35] G. Sousa, B. M. Jones, P. A. Mirzaei, and D. Robinson, "A review and critique of UK housing stock energy models, modelling approaches and data sources," *Energy and Buildings*, vol. 151, pp. 66-80, 2017/09/15/ 2017.
- [36] V. S. K. V. Harish and A. Kumar, "A review on modeling and simulation of building energy systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56, pp. 1272-1292, 2016/04/01/ 2016.
- [37] F. Bünning, R. Sangi, and D. Müller, "A Modelica library for the agent-based control of building energy systems," *Applied Energy*, vol. 193, pp. 52-59, 2017/05/01/ 2017.
- [38] R. E. Best, F. Flager, and M. D. Lepech, "Modeling and optimization of building mix and energy supply technology for urban districts," *Applied Energy*, vol. 159, pp. 161-177, 12/1/ 2015.
- [39] L. Clarke, J. Eom, E. H. Marten, R. Horowitz, P. Kyle, R. Link, et al., "Effects of long-term climate change on global building energy expenditures," *Energy Economics*, 2018/01/06/ 2018.
- [40] B. Güneralp, Y. Zhou, D. Ürge-Vorsatz, M. Gupta, S. Yu, P. L. Patel, et al., "Global scenarios of urban density and its impacts on building energy use through 2050," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, pp. 8945-8950, 2017.
- [41] U. Berardi, "A cross-country comparison of the building energy consumptions and their trends,"

- Resources, Conservation and Recycling, vol. 123, pp. 230-241, 2017/08/01/ 2017.
- [42] J. Renard, "Assessment of global potential and competitiveness for District Heating and Cooling technology," Master, Chemical Engineering, Imperial College, London, 2016.
- [43] Y. Meng, "Simulation of Global Households' Investment in Energy-relevant Technologies in the Residential Sector," Master, Chemical Engineering, Imperial College London, London, 2017.
- [44] M. Muratori, H. Khesghi, B. Mignone, L. Clarke, H. McJeon, and J. Edmonds, "Carbon capture and storage across fuels and sectors in energy system transformation pathways," *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 57, pp. 34-41, 2017/02/01/ 2017.
- [45] D. Daniels. (2017, 09 May). Overview of the National Energy Modeling System (NEMS). Available: https://cepl.gatech.edu/sites/default/files/attachments/NEMS%20Overview_8-31-17FINAL_0.pdf
- [46] J. T. Wilkerson, D. Cullenward, D. Davidian, and J. P. Weyant, "End use technology choice in the National Energy Modeling System (NEMS): An analysis of the residential and commercial building sectors," *Energy Economics*, vol. 40, pp. 773-784, 2013/11/01/ 2013.
- [47] D. Cullenward, J. T. Wilkerson, M. Wara, and J. P. Weyant, "Dynamically estimating the distributional impacts of U.S. climate policy with NEMS: A case study of the Climate Protection Act of 2013," *Energy Economics*, vol. 55, pp. 303-318, 2016/03/01/ 2016.
- [48] S. Pfenninger, J. DeCarolis, L. Hirth, S. Quoilin, and I. Staffell, "The importance of open data and software: Is energy research lagging behind?," *Energy Policy*, vol. 101, pp. 211-215, 2017/02/01/ 2017.
- [49] R. Loulou and M. Labriet, "ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model Part I: Model structure," *Computational Management Science*, vol. 5, pp. 7-40, February 01 2008.
- [50] E. Assoumou, F. Gherzi, J. C. Hourcade, L. Jun, N. Maïzi, and S. Selosse, "Reconciling top-down and bottom-up energy/economy models: a case of TIAM-FR and IMACLIM-R," *Chaire Modélisation prospective au service du développement durable*, 2017.
- [51] M. Labriet, A. Kanudia, and R. Loulou, "Climate mitigation under an uncertain technology future: A TIAM-World analysis," *Energy Economics*, vol. 34, pp. S366-S377, 2012/12/01/ 2012.
- [52] F. Gracceva and P. Zeniewski, "Exploring the uncertainty around potential shale gas development – A global energy system analysis based on TIAM (TIMES Integrated Assessment Model)," *Energy*, vol. 57, pp. 443-457, 2013/08/01/ 2013.
- [53] M. van den Broek, E. Brederode, A. Ramírez, L. Kramers, M. van der Kuip, T. Wildenburg, et al., "An integrated GIS-MARKAL toolbox for designing a CO2 infrastructure network in the Netherlands,"

- Energy Procedia, vol. 1, pp. 4071-4078, 2009/02/01/ 2009.
- [54] M. van den Broek, A. Ramírez, H. Groenenberg, F. Neele, P. Viebahn, W. Turkenburg, et al., “Feasibility of storing CO₂ in the Utsira formation as part of a long term Dutch CCS strategy: An evaluation based on a GIS/MARKAL toolbox,” *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 4, pp. 351-366, 2010/03/01/ 2010.
- [55] F. Gardumi, A. Shivakumar, R. Morrison, C. Taliotis, O. Broad, A. Beltramo, et al., “From the development of an open-source energy modelling tool to its application and the creation of communities of practice: The example of OSeMOSYS,” *Energy Strategy Reviews*, vol. 20, pp. 209-228, 2018/04/01/ 2018.
- [56] G. N. Pinto de Moura, L. F. Loureiro Legey, G. P. Balderrama, and M. Howells, “South America power integration, Bolivian electricity export potential and bargaining power: An OSeMOSYS SAMBA approach,” *Energy Strategy Reviews*, vol. 17, pp. 27-36, 2017/09/01/ 2017.
- [57] D. Huppmann, M. Gidden, O. Fricko, P. Kolp, C. Orthofer, M. Pimmer, et al., “The MESSAGEix Integrated Assessment Model and the ix modeling platform (ixmp),” *Environmental Modelling & Software*, 2018.
- [58] IIASA. (2018, May 17). The MESSAGEix framework. Available: <http://messageix.iiasa.ac.at/index.html#>
- [59] D. Üрге-Vorsatz, L. F. Cabeza, S. Serrano, C. Barreneche, and K. Petrichenko, “Heating and cooling energy trends and drivers in buildings,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 41, pp. 85-98, 2015/01/01/ 2015.
- [60] P. Model, “Model 2013-2014. Detailed model description. E3MLab/ICCS at National Technical University of Athens, NTUA, Zografou Campus Athens, Greece, 155p,” ed, 2017.
- [61] P. Fragkos, K. Fragkiadakis, L. Paroussos, R. Pierfederici, S. S. Vishwanathan, A. C. Köberle, et al., “Coupling national and global models to explore policy impacts of NDCs,” *Energy Policy*, vol. 118, pp. 462-473, 2018/07/01/ 2018.
- [62] C. Heaps, “Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system.[Software version 2018.1.8] Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA,” ed, 2018.
- [63] J. Li, “Towards a low-carbon future in China’s building sector—A review of energy and climate models forecast,” *Energy Policy*, vol. 36, pp. 1736-1747, 2008/05/01/ 2008.
- [64] D. Connolly, H. Lund, B. V. Mathiesen, and M. Leahy, “A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems,” *Applied Energy*, vol. 87, pp. 1059-1082, 2010/04/01/ 2010.
- [65] P. Laha and B. Chakraborty, “Energy model – A tool for preventing energy dysfunction,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 73, pp. 95-114, 2017/06/01/ 2017.
- [66] A. Cherp, V. Vinichenko, J. Jewell,

- E. Brutschin, and B. Sovacool, "Integrating techno-economic, socio-technical and political perspectives on national energy transitions: A meta-theoretical framework," *Energy Research & Social Science*, vol. 37, pp. 175-190, 2018/03/01/ 2018.
- [67] R. Kowsari and H. Zerriffi, "Three dimensional energy profile: A conceptual framework for assessing household energy use," *Energy Policy*, vol. 39, pp. 7505-7517, 2011/12/01/ 2011.
- [68] O. Damette, P. Delacote, and G. D. Lo, "Households energy consumption and transition toward cleaner energy sources," *Energy Policy*, vol. 113, pp. 751-764, 2018/02/01/ 2018.
- [69] S. Werner, "District heating and cooling in Sweden," *Energy*, vol. 126, pp. 419-429, 2017/05/01/ 2017.
- [70] B. Rismanchi, "District energy network (DEN), current global status and future development," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 75, pp. 571-579, 2017/08/01/ 2017.
- [71] D. F. Dominković, K. A. Bin Abdul Rashid, A. Romagnoli, A. S. Pedersen, K. C. Leong, G. Krajačić, et al., "Potential of district cooling in hot and humid climates," *Applied Energy*, vol. 208, pp. 49-61, 2017/12/15/ 2017.
- [72] S. Werner, "International review of district heating and cooling," *Energy*, vol. 137, pp. 617-631, 2017/10/15/ 2017.
- [73] K. Lygnerud and S. Werner, "Risk assessment of industrial excess heat recovery in district heating systems," *Energy*, vol. 151, pp. 430-441, 2018/05/15/ 2018.
- [74] A. Lake, B. Rezaie, and S. Beyerlein, "Review of district heating and cooling systems for a sustainable future," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 67, pp. 417-425, 2017/01/01/ 2017.
- [75] H. Averfalk and S. Werner, "Novel low temperature heat distribution technology," *Energy*, vol. 145, pp. 526-539, 2018/02/15/ 2018.
- [76] H. Lund, S. Werner, R. Wiltshire, S. Svendsen, J. E. Thorsen, F. Hvelplund, et al., "4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems," *Energy*, vol. 68, pp. 1-11, 2014/04/15/ 2014.
- [77] M. A. Sayegh, J. Danielewicz, T. Nannou, M. Miniewicz, P. Jadwiszczak, K. Piekarska, et al., "Trends of European research and development in district heating technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 68, pp. 1183-1192, 2017/02/01/ 2017.
- [78] J. Keirstead and N. Shah, *Urban energy systems: An integrated approach*: Routledge, 2013.
- [79] I. Dincer and C. Zamfirescu, *Sustainable energy systems and applications*: Springer Science & Business Media, 2011.
- [80] C. Weber and D. Favrat, "Conventional and advanced CO₂ based district energy systems," *Energy*, vol. 35, pp. 5070-5081, 2010/12/01/ 2010.
- [81] C. Del Pero, N. Aste, H. Paksoy, F. Haghghat, S. Grillo, and

- F. Leonforte, "Energy storage key performance indicators for building application," *Sustainable Cities and Society*, vol. 40, pp. 54-65, 2018/07/01/ 2018.
- [82] J. von Geibler, K. Bienge, D. Schüwer, O. Berthold, A. Dauensteiner, V. Grinewitschus, et al., "Identifying business opportunities for green innovations: A quantitative foundation for accelerated micro-fuel cell diffusion in residential buildings," *Energy Reports*, vol. 4, pp. 226-242, 2018/11/01/ 2018.
- [83] K. E. Enongene, P. Murray, J. Holland, and F. H. Abanda, "Energy savings and economic benefits of transition towards efficient lighting in residential buildings in Cameroon," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 78, pp. 731-742, 2017/10/01/ 2017.
- [84] A. Hidalgo, L. Villacrés, R. Hechavarría, and D. Moya, "Proposed integration of a photovoltaic solar energy system and energy efficient technologies in the lighting system of the UTA-Ecuador," *Energy Procedia*, vol. 134, pp. 296-305, 2017/10/01/ 2017.
- [85] I. Ahemen, A. N. Amah, and P. O. Agada, "A survey of power supply and lighting patterns in North Central Nigeria—The energy saving potentials through efficient lighting systems," *Energy and Buildings*, vol. 133, pp. 770-776, 2016/12/01/ 2016.
- [86] D. Moya, R. Torres, and S. Stegen, "Analysis of the Ecuadorian energy audit practices: A review of energy efficiency promotion," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 62, pp. 289-296, 2016/09/01/ 2016.
- [87] D. Kolokotsa, "The role of smart grids in the building sector," *Energy and Buildings*, vol. 116, pp. 703-708, 2016/03/15/ 2016.
- [88] M. M. Wagh and V. V. Kulkarni, "Modeling and Optimization of Integration of Renewable Energy Resources (RER) for Minimum Energy Cost, Minimum CO2 Emissions and Sustainable Development, in Recent Years: A Review," *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, pp. 11-21, 2018/01/01/ 2018.
- [89] R. Loulou, G. Goldstein, and K. Noble, "Documentation for the MARKAL Family of Models," *Energy Technology Systems Analysis Programme*, pp. 65-73, 2004.
- [90] R. Loulou and M. Labriet, "ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model Part I: Model structure," *Computational Management Science*, vol. 5, pp. 7-40, 2008.
- [91] H. Wang, W. Chen, and J. Shi, "Low carbon transition of global building sector under 2- and 1.5-degree targets," *Applied Energy*, vol. 222, pp. 148-157, 2018/07/15/ 2018.
- [92] Y. Zhou, J. Eom, and L. Clarke, "The effect of global climate change, population distribution, and climate mitigation on building energy use in the US and China," *Climatic Change*, vol. 119, pp. 979-992, 2013.

ADOLESCENTES Y JÓVENES: SIMILITUDES Y DIFERENCIAS EN LOS HÁBITOS Y TRASTORNOS ALIMENTARIOS

ADOLESCENTS AND YOUNGS: SIMILARITIES AND DIFFERENCES IN FOOD HABITS AND EATING DISORDERS

Jocelyn Patricia Andino, Álvaro Jiménez*, Eliza Carolina Vayas

Departamento de investigación de la Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales. Universidad Técnica de Ambato. *E-mail: al.jimenez@uta.edu.ec

Resumen

La dieta alimenticia es de vital importancia para entender problemas de salud como la obesidad, la anorexia o la bulimia. La adolescencia y la etapa juvenil son esenciales para la formación y adquisición de hábitos alimentarios saludables. Son edades en las que se producen grandes cambios físicos en muy pocos años y que también están llenos de nuevas experiencias como la educación universitaria, la cual puede influir en menor o mayor grado en la dieta de los jóvenes y en sus posibles trastornos alimentarios. Hoy en día, Ecuador no contempla la anorexia o la bulimia como asuntos de salud pública, por lo que no se están otorgando recursos para hacerles frente.

Esta investigación se centra en analizar las posibles diferencias entre adolescentes (15 a 18 años) y jóvenes universitarios (18 a 30 años) respecto a sus hábitos alimentarios y posibles trastornos. Se encuestó a 603 alumnos de diversos centros educativos de la ciudad de Ambato, capital de la provincia de Tungurahua, en el centro de la sierra ecuatoriana.

Los resultados muestran como los universitarios son quienes peor alimentación tienen, así como mayores trastornos relacionados con la imagen corporal.

Se concluye que el estilo de vida de adolescentes y jóvenes universitarios es una de las principales causas del empeoramiento alimentario. A su vez, se termina con algunas recomendaciones para solucionar los problemas encontrados con el objetivo de mejorar la salud de los ciudadanos.

Palabras clave: *juventud, imagen, dieta, régimen alimentario, Ecuador.*

Abstract

Diet is an important point to understand health problems such as obesity, anorexia or bulimia. Adolescence and youth are essential stages for the formation and acquisition of healthy food habits. Young people are in a phase of significant physical changes happening in a few years and in a period full of new experiences such as university education, which can influence to a lesser or greater degree in

the diet of young people and their possible eating disorders. Today, Ecuador doesn't consider anorexia or bulimia as public health issues, so resources are not being provided to face them.

This research focuses on analyzing the possible differences between adolescents (15 to 18 years old) and university students (18 to 30 years old) regarding their eating habits and possible disorders. 603 students were surveyed from various educational centers in the city of Ambato, capital of the province of Tungurahua, in the center of the Ecuadorian highlands.

The results show that college students have the worst nutritional habits, as well as greater disorders related to body image.

It concludes that adolescents and university students' lifestyle is one of the main causes of food habits deterioration. At the same time, it ends with some recommendations to solve the problems founded in order to improve citizens' health.

Keywords: *youth; image; diet; food; nutritional habits; Ecuador.*

1. INTRODUCCIÓN

La alimentación es de suma importancia para el desarrollo de una vida saludable. Unos malos hábitos alimentarios pueden desencadenar graves problemas de salud. Actualmente, las principales causas de mortalidad, en muchos países, vienen derivadas de una incorrecta dieta alimentaria.

Si bien es cierto que los problemas más acuciantes relacionados con la alimentación se dan en mayor medida en las personas mayores, los adolescentes y jóvenes son una población de interés en este campo por estar en una fase especial en términos de desarrollo evolutivo.

La adolescencia se define como la transición de la etapa infantil a la adulta. Se caracteriza sobre todo por la pubertad, pero también por ser una fase de la vida donde se desarrollan aspectos psico-sociales que prepararán al individuo para su adultez. Más aun lo es la juventud, un periodo lleno de nuevas experiencias y cambios que propician la madurez de los seres humanos.

Los hábitos alimentarios son de vital importancia en estas etapas. Por un lado, está la ingesta alimenticia, la cual es fundamental para el buen crecimiento y desarrollo corporal que caracteriza a estas edades. Y por otra parte, la integración de estos cambios físicos, los cuales pueden desencadenar serios problemas si la persona no acepta o valora debidamente su imagen corporal.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en su Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT-ECU, 2014), aproximadamente un 26% de la

población ecuatoriana de entre 12 a 19 años tiene sobrepeso y obesidad, llegando al 46% en el caso de las personas de entre 19 a 29 años y afectando en mayor medida al género femenino.

La diabetes, la hipertensión y los accidentes cerebrovasculares son algunas de las principales causas de muerte en Ecuador, por lo que estos índices mencionados sí deberían considerarse un problema de salud pública, ya que estas personas pueden desarrollarlas a mediano y largo plazo (OPS/OMS, 2014), e incluso pueden conducirles a un padecimiento crónico que también puede provocar la muerte en casos de trastornos alimentarios como la anorexia.

Respecto a estos problemas (anorexia, bulimia, etc.) no existen cifras generales al respecto, ya que no son considerados como problemas de salud pública (elcomercio.com, 2012), a pesar de que investigaciones más localistas hablan de una gran incidencia de estos trastornos en la población, especialmente en las jóvenes (CEDILLO et al., 2014; ROMÁN, 2012).

La Asamblea Mundial de la Salud (2004), con su aprobación de la Estrategia Mundial sobre Régimen Alimentario, Actividad Física y Salud, hizo que el país andino se comprometiera a tomar medidas que aseguraran tanto el suministro de información equilibrada a los consumidores para facilitarles la adopción de decisiones saludables, como la disponibilidad de programas apropiados de promoción de la salud y educación sanitarias.

El Plan Nacional para el Buen Vivir (2013-2017) en su tercer objetivo plantea la salud desde una mirada intersectorial, teniendo en consideración los

modos de alimentación y el fomento de la actividad física. En base a esto, el apartado 3.6., se centra exclusivamente en promover hábitos de alimentación nutritiva y saludable que permitan gozar de un nivel de desarrollo físico, emocional e intelectual acorde con su edad y condiciones físicas.

Pero a pesar de los esfuerzos institucionales y legislativos, la cifra de personas con sobrepeso y obesidad no ha dejado de aumentar notablemente en los últimos años (OMS, 2014), haciendo cada vez más necesario intervenir ante un problema que afecta a todos los sectores de la población ecuatoriana.

Sus causas son multifactoriales, pero las principales son la falta de actividad física y el aumento del sedentarismo, sumadas a una dieta poco saludable (MARTÍNEZ et al., 2017).

A estos factores de riesgo hay que sumarles los trastornos de la conducta alimentaria (TCA) como la anorexia y la bulimia, los cuales afectan cada vez a más personas, sobre todo a mujeres jóvenes (KOHN and GOLDEN, 2001), influenciadas por numerosos factores psicológicos, socio-culturales y, especialmente, por los medios masivos de comunicación (GUERRO-PRADO et al., 2001).

Cabe recordar que los TCA son enfermedades graves, pero curables si la persona realiza tratamiento con psicólogos y médicos especializados. Los TCA están caracterizados por un comportamiento patológico frente a la ingesta alimenticia y una obsesión por el control de peso. De origen multifactorial (biológico, psicológico, familiar y socio-cultural), son enfermedades que provocan consecuencias negativas tanto para la salud física como mental de la persona (ACAB, 2017).

Debido a todo ello, esta investigación se centra en analizar y ver qué diferencias existen en los hábitos alimentarios de los adolescentes y jóvenes del centro de la sierra ecuatoriana, así como detectar posibles conductas de riesgo psicosociales que pudieran derivarse de las malas prácticas alimentarias en este sector poblacional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo tomó como referencia los cuestionarios sobre hábitos alimentarios y ejercicio físico realizados por MEMBIELA and CID (1998), PARDO et al. (2004), PINO et al. (2011), UNIKEL et al. (2004), y también sobre trastornos alimentarios como la anorexia o la bulimia: EAT-40, EDI y BSQ (BEHAR et al., 2011).

Se realizaron 603 encuestas durante el segundo y cuarto trimestre del 2018. El 29% (175 sujetos) eran adolescentes, una parte de la Unidad Educativa Atenas (N=100) y otra parte de la Unidad Educativa Suizo (N=75) de Ambato, con edades comprendidas entre los 15 y 18 años (Media=15,57). El otro 71% (401 encuestados) fueron jóvenes estudiantes de entre 17 y 30 años (Media=22,06) de diferentes carreras pertenecientes a la Universidad Técnica de Ambato y Universidad Tecnológica Indoamérica de Ambato (muestra universitaria derivada del estudio de JIMÉNEZ-SÁNCHEZ et al., 2018). Del total, un 52,9% fueron mujeres y el 44,9% hombres (2,2% no respondieron a esto). El cuestionario duraba de 10 a 15 minutos en rellenarse y fue tomado por personal cualificado y previamente entrenado y preparado para ello. Todos los participantes dieron su consentimiento y fueron informados

del carácter voluntario y anónimo. Además, el cuestionario respetó la normativa de la Universidad y del código deontológico pertinente.

Contenía tres bloques. A los dos últimos se les asignó un número a cada respuesta (1= mínima frecuencia / 4 y 5= mayor frecuencia) lo cual sirvió para que posteriormente se pudieran extraer análisis descriptivos e inferenciales más precisos (media en vez de moda) y realizar análisis factoriales de los componentes principales tal y como se hicieron en las investigaciones precedentes:

-Características individuales: sexo, edad, peso, altura, etc.

-Consumo de alimentos: nunca o casi nunca (1), una vez a la semana (2), dos o tres veces a la semana (3), casi todos los días (4) y varias veces al día (5).

-Hábitos y trastornos alimentarios: nunca (1), pocas veces (2), a veces (3) y muchas veces (4).

Cabe mencionar que no se pudo evaluar la ingesta precisa de cada individuo debido a que esto requeriría de un levantamiento de la información más costoso (registro diario de alimentos, recordatorio de 24 horas, etc.; y todo ello manejado por personal cualificado). Una vez obtenida la información, se procedió a la elaboración de la base de datos y su posterior análisis mediante el programa estadístico SPSS (versión 23 para Windows).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las frecuencias de consumo de alimentos encontradas fueron las siguientes, teniendo en cuenta los valores atribuidos: nunca o casi nunca (1), una vez a la semana (2), dos o tres veces a la semana (3), casi todos los días (4) y varias veces al día (5). Se muestra la media en vez de la moda para ser más precisos en los datos (1= mínima frecuencia / 5= mayor frecuencia).

Tabla 1. Medias de frecuencia de consumo de alimentos.

Alimento	Media	Alimento	Media
Verduras (lechuga, coles...)	3,10	Yogures / batidos	3
Hortalizas (tomates, pimientos)	3,33	Refrescos con azúcar	3
Legumbres (lentejas, frejol...)	2,7	Refrescos sin azúcar	2,4
Cereales (avena, quinua...)	2,74	Jugos con azúcar	3,19
Arroz	4	Jugos sin azúcar	2,2
Maíz (choclo, mote, tostado...)	2,51	Café	2,79
Yuca	1,55	Alcohol de baja graduación (cerveza, vino...)	1,65
Pan	3,53	Alcohol de alta graduación (Whisky, Ron, Vodka, Puro...)	1,46
Fideos/tallarines	2,55	Aguas aromáticas	2,84
Galletas	2,48	Papas fritas	2,55
Huevos	3,09	Picante	2,27
Carnes sin procesar	2,51	Dulces/pastelitos	2,48

Carnes procesadas	2,77	Comida chatarra	2,65
Pollo	3,48	Frutos secos	2,16
Carnes rojas (cerdo, vaca, cordero, etc)	3,02	Golosinas / snacks	2,65
Pescado	2,05	Alimentos transgénicos	2,09
Mariscos	1,87	Alimentos precocinados	1,97
Fruta	3,57	Alimentos a la plancha	2,46
Leche	3,32	Alimentos fritos	2,83
Quesos frescos	2,74	Alimentos asados (al horno)	2,72
Quesos curados o semicurados	1,84	Alimentos a la brasa	2,29

Fuente: Elaboración propia

La media de comidas ingeridas al día fue de 3,60, y los litros de agua al día fue de 1,45. El 89% afirmó no seguir ningún tipo de dieta. Los que sí lo hacían seguían diversas dietas como aquellas altas en proteínas, pocos carbohidratos (especialmente pan y arroz), bajas en grasa, ricas en frutas, verduras, fibra, o directamente practicaban el vegetarianismo o veganismo.

El análisis inferencial (U de Mann Whitney, $P < 0,05$) mostró que los adolescentes, respecto a los jóvenes, toman más comidas y litros de agua al día. Entre los alimentos, los adolescentes consumen más verduras, hortalizas, cereales, pan, galletas, huevos, carne procesada, pollo, carne roja, pescado, fruta, leche, queso fresco y curado, yogures, refrescos con y sin azúcar, jugos sin azúcar, pastelitos, frutos secos, snacks, alimentos transgénicos, precocinados, a la plancha, al horno; y por último, afirman seguir algún tipo de dieta en mayor medida que los jóvenes.

Por el contrario, los adolescentes consumen menos carne sin procesar, agua aromática, y papas fritas frente a la población juvenil.

Respecto a los hábitos alimentarios, se realizó un análisis factorial de componentes principales con rotación Varimax (KMO = .830; Bartlett, $P = 0,000$; alpha de Cronbach = .809) asignando los siguientes valores a las respuestas: nunca (1), pocas veces (2), a veces (3) y muchas veces (4). Se obtuvieron 16 factores que explicaban el 59,27% de la varianza con autovalores mayores a uno. A continuación se muestran los factores con pesos factoriales superiores a .40

-Factor 1: bulimia nerviosa (Varianza explicada = 14,08)

-Factor 2: prácticas para bajar de peso (Varianza explicada = 6,96)

-Factor 3: posible trastorno alimentario (Varianza explicada = 4,65)

Tabla 2. Análisis factorial I

Items (media)	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Siento que he comido demasiado, me he atascado de comida (2,02)	,749		
Siento que como demasiado (2,28)	,725		
Sigo comiendo aunque ya no tenga hambre (1,78)	,684		

He perdido el control sobre lo que como (tengo la sensación de no poder parar de comer) (1,77)	,667		
He hecho ejercicio para tratar de bajar de peso (2,25)		,725	
Me ha preocupado engordar (2,24)		,663	
Siento que la gente piensa que estoy gordo/a (1,87)		,608	
Me preocupo por la cantidad de calorías que consumo (2,07)		,492	
He hecho dietas para tratar de bajar de peso (1,79)		,487	
Cuando intento reducir peso, lo comunico a los que me rodean para que me apoyen (1,73)		,485	
Creo que la gente piensa que estoy muy delgado/a (2,11)		-,468	
He hecho ayunos para tratar de bajar de peso (1,59)		,415	
He usado pastillas para tratar de bajar de peso (1,14)			,790
He tomado laxantes para tratar de bajar de peso (1,22)			,731
He vomitado después de comer, para tratar de bajar de peso (1,17)			,654
He tomado diuréticos para tratar de bajar de peso (1,30)			,644

Fuente: Elaboración propia

-Factor 4: asistencia a especialista y consumo de productos dietéticos y proteínicos (Varianza explicada = 4,32)
 -Factor 5: revisión de las etiquetas y del semáforo alimentario (Varianza explicada = 3,49)

-Factor 6: control de la ingesta y aversión por comer demasiado (Varianza explicada = 2,96)
 -Factor 7: picotear (Varianza explicada = 2,68)

Tabla 3. Análisis factorial II

Items	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
He recurrido a un especialista en alimentación o médico nutricionista (1,47)	,652			
Consumo productos dietéticos (1,79)	,621			
Consumo suplementos proteínicos (1,73)	,595			
Me guío por el semáforo alimentario que señalan los alimentos envasados (2,13)		,754		

Considero que el semáforo alimentario sirve para ver qué alimentos son peligrosos y cuáles son sanos (2,94)		,673		
Reviso las etiquetas de los alimentos para ver sus componentes nutricionales (2,07)		,565		
Me gusta ser muy perfeccionista (2,42)		,499		
Dejo de comer aunque siga teniendo hambre (1,86)			,695	
Cuando veo muchísima comida junta me da asco (1,79)			,578	
Me sirvo raciones pequeñas (2,30)			,463	
Es difícil compaginar mi plan alimentario con el de mi familia (2,35)			,446	
Picoteo si tengo ansiedad o estoy bajo/a de ánimo (2,04)				,653
Como o picoteo a deshoras (2,83)				,644
Cuando estoy aburrido me da hambre (2,45)				,634
Suelo comer de pie (parado) (1,86)				,402

Fuente: Elaboración propia.

- Factor 8: preocupación por la dieta (Varianza explicada = 2,62)
- Factor 9: autopercepción de malos hábitos alimentarios (Varianza explicada = 2,52)
- Factor 10: tiempo para comer (Varianza explicada = 2,339)
- Factor 11: actividad física semanal (Varianza explicada = 2,333)

Tabla 4. Análisis factorial III

Items	Factor 8	Factor 9	Factor 10	Factor 11
Peso la comida en cantidades antes de comerla (1,29)	,703			
Practico el vegetarianismo o veganismo (1,30)	,596			
Como viendo la televisión, leyendo o mirando el celular (2,95)		,683		
Consumo comida hecha fuera de casa (2,82)		,491		
Considero que mi alimentación es la correcta (2,65)		-,436		
Dispongo de tiempo suficiente para comer tranquilamente (2,67)			,739	
Hago deporte o ejercicio semanalmente (2,72)				,741

Fuente: Elaboración propia

- Factor 12: sedentarismo (Varianza explicada = 2,24)
- Factor 13: elaboración propia de la comida (Varianza explicada = 2,07)
- Factor 14: despreocupación por la alimentación y falta de hábito (Varianza explicada = 2,03)
- Factor 15: preocupación por la alimentación y hábito (Varianza explicada = 1,97)
- Factor 16: picante en las comidas (Varianza explicada = 1,94)

Tabla 5. Análisis factorial IV

Items	Factor 12	Factor 13	Factor 14	Factor 15	Factor 16
Paso muchas horas sentado (2,65)	,777				
Cocino los alimentos que consumo (3,21)		,762			
Me salto las recomendaciones alimentarias (2,37)			,639		
Me siento a comer con mucha hambre (2,85)			,562		
Como solamente cuando tengo hambre (2,89)				-,721	
Soy consciente de las calorías que tomo al cabo del día (1,86)				,474	
Añado picante a las comidas (2,42)					,759

Fuente: Elaboración propia

Al contrastar estos factores (t-student, $P < 0,05$) se tiene que los adolescentes puntúan más en los factores dos (prácticas para bajar de peso), cuatro (asistencia a especialista y consumo de productos dietéticos y proteínicos), diez (tiempo para comer) y once (actividad física semanal). Y menos en los componentes tres (posible trastorno alimentario), nueve (autopercepción de malos hábitos alimenticios) y trece respecto a los jóvenes (elaboración propia de la comida).

Además, se encuentra correlación negativa o inversa (spearman, $P < 0,05$) entre el factor uno (bulimia nerviosa) con el tres (posible trastorno

alimentario); correlación negativa entre el factor dos (prácticas para bajar de peso) y el tres; y por último, correlación negativa entre el factor tres (posible trastorno alimentario) con el factor cuatro (asistencia a especialista y consumo de productos dietéticos y proteínicos); correlación negativa entre el tres con el factor ocho (preocupación por la dieta); y correlación positiva o directa entre el tres con el factor once (actividad física semanal).

Por último, aproximadamente un 8% declaró haber sufrido algún tipo de trastorno alimentario, especialmente anorexia y bulimia, en sus variadas tipologías.

4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el principal carbohidrato es el arroz, seguido del pan. El aporte proteínico viene caracterizado por la carne de pollo, huevos y carnes rojas, mientras que el pescado, el marisco o los frutos secos se ven relegados a un menor consumo. Se encuentran índices medio-altos en el consumo de frutas, verduras y hortalizas (entre 4 y 6 días a la semana, aproximadamente); sin embargo, desde un punto de vista alimentario, el consumo de estos debería incrementarse más, especialmente de las frutas, las cuales deberían ser todos los días e incluso varias piezas cada día.

A su vez, se opta por lo azucarado en refrescos y jugos; y el consumo de dulces/pastelitos, comida chatarra, papas fritas y golosinas/snacks es demasiado alto (dos o tres veces a la semana) para lo que sugiere la pirámide alimentaria (casi nunca) (FAO, 2018). Igualmente, sobre la preparación de los alimentos, la mayor frecuencia de consumo son los alimentos fritos, seguidos por los asados, a la plancha, a la brasa y precocinados.

Por último, de las diferencias encontradas entre adolescentes y jóvenes, destaca el menor consumo de alimentos y agua en los universitarios y una peor alimentación (papas fritas, azúcar, etc.).

En base a este cuadro alimentario, se recomienda tomar medidas concretas para fomentar una buena alimentación, especialmente en los jóvenes universitarios, pues por su condición académica (poco tiempo para comer, sedentarismo, comer fuera, etc.), pueden descuidar sus hábitos alimentarios y que estos sean peores que los de los

adolescentes analizados; los cuales se diferenciarían, en mayor medida, por almorzar en casa, y por ingerir comidas realizadas por sus familiares.

En este sentido, las medidas que tomar no solo deberían ser informativas. Como se puede inferir por el factor 9 (en el que los jóvenes y adolescentes señalan que sus hábitos alimentarios no son tan buenos) y por las sugerencias dadas por los encuestados para mejorar la alimentación, no se trataría de un problema de desconocimiento alimentario o de escasez de información, sino de falta de hábito; ya que la mayoría conocen cuáles serían los factores con los que su dieta mejoraría. Así, las posibles capacitaciones o programas de difusión mediáticos deberían tener menos contenido teórico y enfocarse más en estrategias para el cambio de actitudes y conductas de manera práctica y contextual.

A su vez, y como parte de un problema transversal, también se debería incidir en el entorno del consumidor, pues como muestran los resultados obtenidos, la dieta juvenil está muy determinada por la oferta de los lugares que suministran los alimentos. Asimismo, el Estado tiene que ser consciente de esta realidad y promocionar en los jóvenes buenos hábitos alimentarios, al tiempo que debería implicarse con los establecimientos para buscar medidas conjuntas que beneficien a todos los consumidores. Algunas de ellas podrían estar encaminadas a la subvención y diseño de menús saludables; encarecimiento o penalización de productos altos en grasas o azúcares; leyes y regulaciones sobre la composición nutricional de los alimentos y su publicidad en los establecimientos; acuerdos voluntarios

de reducción de nutrientes críticos; programas de vigilancia y fiscalización de alimentos; planes de promoción de salud en escuelas y universidades; o guías alimentarias para la población acorde a la oferta nutricional (Ministerio de Salud – Gobierno de Chile, 2015/10/08).

Sobre los componentes extraídos en el análisis factorial, habría que incidir especialmente en reducir los índices encontrados en los componentes siete (picotear), nueve (autopercepción de malos hábitos alimentarios), doce (sedentarismo), y catorce (despreocupación por la alimentación y falta de hábito), sobre todo en los jóvenes, pues los adolescentes presentan menores problemas alimentarios y un mayor cuidado en su dieta.

Llama la atención la correlación positiva encontrada entre el factor tres (posible trastorno alimentario) con el once (actividad física semanal), pues esto indicaría como una alta frecuencia de ejercicio físico puede conducir a problemas como la vigorexia.

Por último, esta investigación ha detectado que aproximadamente un 8% declaraba haber padecido algún trastorno alimentario, cifra que aumenta si se tienen en cuenta los items relacionados con las conductas de riesgo derivados del trabajo de UNIKEL et al. (2004). En definitiva, las cifras son lo suficientemente relevantes para reflexionar sobre el índice de posibles trastornos alimentarios en la población ecuatoriana analizada.

Si bien las soluciones para mejorar la alimentación requieren del compromiso de todos los sectores involucrados: Estado, sector privado, población civil, y profesionales de la salud (ENSANUT-INEC, 2014); con los

trastornos como la anorexia o bulimia, habría primeramente que dar un avance a nivel gubernamental para que se consideraran como temas de interés en salud pública. Hasta no dar ese paso, el país no podrá proveer de la prevención e intervención necesaria y adecuada.

En definitiva, se espera que los resultados derivados de esta investigación sean tenidos en cuenta por las instituciones pertinentes y que en un futuro próximo sirvan de referencia para actuar ante un asunto tan importante para la salud como es la alimentación de los ciudadanos.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Investigación y Desarrollo (DIDE) de la Universidad Técnica de Ambato por financiar esta investigación (Resolución: 2453-CU-P-2017).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAB. (2017). ¿Qué son los trastornos de la conducta alimentaria? Associació Contra l'Anorèxia i la Bulímia. Recuperado de: <http://www.acab.org/es/que-son-los-trastornos-de-la-conducta-alimentaria>
- Asamblea Mundial de la Salud (2004). 57ª Asamblea Mundial de la Salud. Organización Mundial de la Salud (OMS). Ginebra. Recuperado de: http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA57/A57_REC1-sp.pdf
- Behar, R., Vargas, C. y Cabrera, E. (2011). Insatisfacción corporal en los trastornos de la conducta alimentaria: un estudio comparativo. *Revista Chilena de Neuro-psiquiatría*, 49(1), 26-36. doi: 10.4067/S0717-92272011000100004
- Cedillo, T., Salazar, A., Supo, J. y Espinoza, A. (2014). Campaña para prevenir el incremento de casos de Anorexia y Bulimia entre la juventud estudiantil de la ciudad de Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/44105227_Campana_para_prevenir_el_incremento_de_casos_de_Anorexia_y_Bulimia_entre_la_juventud_estudiantil_de_la_ciudad_de_Guayaquil
- elcomercio.com, (2012). Los grupos que combaten los trastornos alimenticios. Diario "El Comercio". Recuperado de: <http://www.elcomercio.com/tendencias/grupos-combaten-trastornos-alimenticios-crecen.html>
- FAO/OPS (2017). Sobrepeso afecta a casi la mitad de la población de todos los países de América Latina y el Caribe salvo por Haití. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) / Organización Panamericana de la Salud (OPS). Recuperado de: <http://www.fao.org/news/story/es/item/463699/icode/>
- ENSANUT-ECU (2014). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Ecuador. Recuperado de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/MSP_ENSANUT-ECU_06-10-2014.pdf
- ENSANUT-INEC (2014). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, ENSANUT – ECUADOR 2011 – 2013. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Ecuador. Recuperado de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/Presentacion%20de%20los%20principales%20%20resultados%20ENSANUT.pdf
- García, A. J. y Creus, E. D. (2016). La obesidad como factor de riesgo, sus determinantes y tratamiento. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 35(3). Recuperado de: <http://www.revmgj.sld.cu/index.php/mgi/article/view/129/82>
- Guerro-Prado, D., Barjau, J.M. y Chinchilla, A. (2001). Epidemiología de los trastornos alimentarios y la influencia de los medios masivos de comunicación: revisión de la literatura. *Actas Españolas de Psiquiatría*, 29(6), 403-410. Recuperado de: <https://docplayer.es/13743638-Epidemiologia-de-los-trastornos-de-la-conducta-alimentaria-e-influencia-mediatica-una-revision-de-la-literatura.html>
- INEC (2015). Revista de estadísticas y metodologías. INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). Recuperado de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Revista_Estadistica/Revista_de_Estadistica_y_Metodologias-Tomo-I.pdf
- Jiménez-Sánchez, Á., Vayas-Ruiz, E., Carrero, Y., Arteaga, C. y Balarezo, J. (2018). Food habits, anorexia and bulimia, in the youth population of the center of Ecuador. *Italian Journal of Food Science – IJFS*, 31(5), 75-83. Recuperado de: <https://www.chiriottieditori.it/ojs/index.php/ijfs/issue/view/25/IJFS310-CICABI%202018>
- Kohn, M. y Golden, NH. (2001). Eating disorders in children and adolescents: Epidemiology, diagnosis and treatment. *Paediatric Drugs*, 3(2), 91-99. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.2165/00128072-200103020-00002>
- Ley Orgánica de Defensa del Consumidor

- (2000-2011). Registro Oficial Suplemento 116 de 10-jul-2000, Última modificación: 13-oct-2011. Gobierno de Ecuador. Recuperado de: <http://www.industrias.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/A2-LEY-ORGANICA-DE-DEFENSA-DEL-CONSUMIDOR.pdf>
- Martínez, M., Rico, S., Rodríguez, F. J., Gil, G., Santano, E. y Calderón, J. F. (2017). Influencia de los hábitos de ocio sedentario en el estado nutricional en escolares extremeños. NURE INV, 14(87). Recuperado de: <http://www.nureinvestigacion.es/OJS/index.php/nure/article/view/1081/748>
- Membiela, P. y Cid, M. C. (1998). Desarrollo de una unidad didáctica centrada en la alimentación humana, social y culturalmente contextualizada. Enseñanzas de las ciencias, 16(3), 499-511. Recuperado de: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v16n3/02124521v16n3p499.pdf>
- Ministerio de Salud (2015/10/08). Políticas públicas en alimentación y nutrición. Gobierno de Chile. Recuperado de: <http://www.minsal.cl/politicas-publicas-en-alimentacion-y-nutricion/>
- OMS (2014). Prevalence of obesity, ages 18+, 1975-2014. Organización Mundial de la Salud (OMS). Recuperado de: http://gamapserv.who.int/gho/interactive_charts/ncd/risk_factors/obesity/atlas.html
- OPS/OMS (2014a). Alimentación sana y segura. Diario El Telégrafo. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: http://www.paho.org/ecu/index.php?option=com_content&view=article&id=1234:mayo-21-2014&Itemid=356
- Pardo, A., Ruiz, M., Jódar, E., De Rosendo, J. M. y Usán, L. A. (2004). Desarrollo de un cuestionario para la valoración y cuantificación de los hábitos de vida relacionados con el sobrepeso y la obesidad. Nutrición Hospitalaria, 19(2), 99-109. Recuperado de: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v19n2/original8.pdf>
- Pino, J. L., Díaz, C. y López, M. A. (2011). Construcción y validación de un cuestionario para medir conductas y hábitos alimentarios en usuarios de la atención primaria de salud. Revista Chilena De Nutrición, 38(1), 41-51. Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182011000100005&script=sci_arttext
- Plan Nacional Buen Vivir 2013-2017. Gobierno de Ecuador.
- Román, A. (2012). Campañas de Mercadeo Social. Universidad San Francisco de Quito. Recuperado de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2333/1/106631.pdf>
- Unikel, C., Bojórquez, I. y Carreño, S. (2004). Validación de un cuestionario breve para medir conductas alimentarias de riesgo. Salud pública de México, 46(6), 509-515. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0036-36342004000600005&script=sci_arttext

EFFECTOS DE TÉCNICAS DE VINIFICACIÓN EN LOS VINOS TINTOS PARA CONSAGRAR DE UVA *CABERNET SAUVIGNON*

William M. Chuma Barrigas¹, José M. País Chanfrau¹, Milton J. Cuaran Guerrero¹, Luis E. Trujillo Toledo², Lucía Cumandá Yépez Vásquez¹, Juan Carlos de la Vega Quintero¹,

Rosario del Carmen Espín Valladares¹, Jimmy Núñez Pérez^{1*}

¹Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA), Universidad Técnica del Norte (UTN), Ave. 17 de julio, 5-21, y Ave. Gral. José M. de Córdova, CP 100105, Ibarra, Imbabura, Ecuador.

²Grupo de Investigación en Biotecnología Industrial y Bioproductos, Centro de Nanociencia y Nanotecnología, CENCINAT, Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Ave. Rumiñahui s/n. Quito, Pichincha, Ecuador.

Enviar correspondencia a: jnunez@utn.edu.ec

Resumen

Existe un marcado interés por parte de los monasterios del Ecuador en homogenizar la calidad del vino para consagrar, utilizado en liturgias cristianas y en la misa. Una de las diferencias de producción entre monasterios es la preparación de la uva para el proceso de fermentación. El objetivo de esta investigación fue comparar los parámetros fisicoquímicos (grado alcohólico, sólidos solubles, intensidad del color, tonalidad, turbidez) y las variables organolépticas (olor, color, sabor y aceptabilidad), para dos técnicas diferentes de vinificación aplicadas en monasterios: maceración diferida (licuado) y maceración tradicional (prensado). La variedad de uva utilizada fue *Cabernet Sauvignon* provenientes del Valle del Cascas, Perú. Los vinos fueron obtenidos en los laboratorios de la Carrera Agroindustrial en la UTN, Ecuador. Los ensayos se realizaron con tres repeticiones. Se determinaron características cromáticas por el método de Gloríes, sólidos solubles, grado de alcohol y **análisis sensorial** por la cofradía del vino, Ecuador. Los datos fueron analizados estadísticamente por medio del análisis de varianza, pruebas de Rangos Múltiples y **análisis multivariado**, utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion. Los dos vinos tuvieron diferencias significativas entre las medianas de las variables fisicoquímicas y organolépticas estudiadas. Los vinos con maceración tradicional alcanzaron mejores características con intensidad de color de 1.20; tonalidad 0.57; porcentaje intensidad del color rojo de 62.60 y transparencia de 2.58. Clasificando como vinos tintos, jóvenes, un color rojo similar a la sangre, mejor transparencia y mayor aceptabilidad. Concluyendo que el vino con maceración tradicional presentó mejores características cromáticas y organolépticas que favorecen la estabilidad futura.

Palabras claves: *Cabernet Sauvignon, consagrar, organoléptica, vino.*

Abstract

There is a marked interest on the part of the monasteries of Ecuador in homogenizing the quality of the wine to consecrate, used in Christian liturgies and in the mass. One of the production differences between monasteries is the preparation of the grapes for the fermentation process. The objective of this research was to compare the physicochemical parameters (alcoholic strength, soluble solids, color intensity, tonality, turbidity) and the organoleptic variables (smell, color, taste and acceptability), for two different winemaking techniques applied in monasteries: maceration deferred (liquefied) and traditional maceration (pressed). The grape variety used was Cabernet Sauvignon from the Cascas Valley, Peru. The wines were obtained in the laboratories of the Agroindustrial Career at the UTN, Ecuador. The tests were performed with three repetitions. Chromatic characteristics were determined by the method of Glories, soluble solids, alcohol grade and sensory analysis by the wine brotherhood, Ecuador. The data were analyzed statistically by means of variance analysis, multiple range tests and multivariate analysis, using the statistical program STATGRAPHICS Centurion. The two wines had significant differences between the medians of the physicochemical and organoleptic variables studied. The wines with traditional maceration reached better characteristics with intensity of color of 1.20; 0.57 tonality; % intensity of red color of 62.60 and transparency of 2.58. Classifying as red, young wines, a red color similar to blood, better transparency and greater acceptability. Concluding that the wine with traditional maceration presented better chromatic and organoleptic characteristics that favor future stability.

Keywords: *Cabernet Sauvignon, consecrating, organoleptic, wine.*

1. Introducción

El vino es una bebida fermentada obtenida de la uva (*Vitis vinifera*) mediante un proceso de fermentación alcohólica realizada por las levaduras presentes en la fruta, donde se transforman los azúcares del fruto en alcohol etílico y dióxido de carbono (Robinson, 2006). Existen evidencias arqueológicas que señalan la existencia de la producción y consumo del vino desde la época del neolítico. Estos hallazgos fueron revelados en la región de los montes Zagros, que hoy comparten Iraq e Irán con una antigüedad de más de 7400 años (Standage, 2006).

La enología debe su mayor desarrollo a la difusión de la religión cristiana debido a que el vino es un elemento clave en la **celebración de la eucaristía** (León, 1995). Fue en los monasterios donde se desarrollaron la viticultura y vinicultura contribuyendo a la difusión de su consumo entre los feligreses. Según la tradición cristiana (Evangelio San Lucas 22,19) Jesús de Nazaret compartió el pan y el vino con sus discípulos y les dijo: “haced esto en memoria de mí”.

Existen muchos mitos de cómo debe ser el vino de consagrar, como regla general no está definido el color que debe tener este preciado líquido (Sociedades **Bíblicas en América Latina**, 1960), según la instrucción (Domenico Sorrentino; Francis Card. Arinze, 2004) el vino de misa debe poseer ciertas características “ser natural, del fruto de la vid, genuino, no alterado ni mezclado con sustancias extrañas”, no deja claro el color y el sabor que debe tener, si puede o no tener burbujas, ciertamente el color rojo

da más evidencia de la sangre de cristo, aunque algunas iglesias por cuestiones prácticas y evitar manchas en los manteles del altar es preferido el vino blanco. También pueden ser de secos a dulces siendo preferido este último.

Son variadas las **técnicas de vinificación**, estas determinan la coloración de los vinos y la influencia en la estabilidad futura, de esta manera la evolución del color puede estar condicionada por las diferentes alternativas de vinificación empleadas (González-Neves *et al.*, 2001). La técnica empleada en la obtención del mosto, va a definir las características del vino tinto (Casassa, F., Sari, S., Avagnina, S., Díaz, M., Jofré, V., Fanzone, M. y Catania, 2006).

El consumo de vino para consagrar en las iglesias aproximadamente es entre 20-30 botellas mensuales, valor que ha ido incrementándose junto con los requerimientos. Es por ello que los monasterios del Ecuador están interesados en estandarizar los parámetros de calidad del vino tinto para consagrar producido en sus bodegas, sin faltar a las exigencias que debe cumplir por la eucaristía, siendo la maceración diferida (MD) una de las técnicas **más comunes** aplicada a la uva en la obtención del mosto. Esta técnica consiste básicamente en licuar la uva, con el objetivo de extraer de la semilla y los hollejos el máximo contenido de polifenoles. Estos compuestos determinan el color y astringencia, incidiendo también en el sabor y aroma, los cuales determinan profundos cambios en su composición, propiedades durante su conservación y estabilización del mismo (Garaguso & Nardini, 2015). Los polifenoles también son considerados bioactivos

por sus propiedades farmacológicas y nutricionales (González, 2007) en especial de vino tinto, puede presentar potenciales efectos beneficiosos para la salud. El vino es rico en antioxidantes, especialmente en compuestos polifenólicos. Dichos compuestos se ha demostrado que son compuestos bioactivos, no nutrientes, que se encuentran de forma natural y en concentraciones muy bajas en el vino, procedentes de las uvas de origen, y que pueden tener un impacto significativo en la salud. Existen numerosos estudios epidemiológicos que asocian el consumo regular y moderado de vino, con una menor incidencia de mortalidad y morbilidad por enfermedades cardiovasculares en los países europeos Mediterráneos. En el siguiente trabajo se muestran recientes estudios *in vitro* e *in vivo*, en modelos celulares, animales y humanos, así como estudios epidemiológicos, que avalan los efectos favorables del consumo moderado de vino como parte de una dieta variada y equilibrada, como lo es la dieta Mediterránea.

PALABRAS, "author": [{"dropping-particle": "", "family": "González", "given": "CSM", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}], "container-title": "Cuadernos de estudios manchegos II época, nº31", "id": "ITEM-1", "issued": {"date-parts": [{"2007"}]}, "title": "Recientes evidencias científicas sobre el efecto en la salud del consumo inteligente de vino", "type": "article-journal", "uris": [{"http://www.mendelej.com/documents/?uuid=68d1dba4-6c55-4236-b4e0-9a37db487fc3"}], "mendelej": {"formattedCitation": "(González, 2007) (De Nisco *et al.*, 2013). Otra de las

técnicas aplicadas a nivel industrial es el prensado de la uva para la extracción del mosto, conocida por algunos enólogos como maceración tradicional (MT).

El color es un atributo de gran importancia en los vinos tintos, representa el primer factor organoléptico que visualiza el degustador. Se han determinado correlaciones altamente significativas entre el color y la calidad del vino (Jackson, Timberlake, Bridle, & Vallis, 1978) (Nicolle, Marcotte, Angers, & Pedneault, 2018). El color del vino facilita información sobre posibles defectos y el estado de evolución de éste, pero la más importante es la gran influencia que tiene en la aceptabilidad (Glories, 1984) depending on the solvent, the tannin content, the pH, and the SO₂ concentration of the medium. The various constants of the proton transfer, molar extinction of the two coloured forms are determined using the technique of chemical relaxation of these molecules applied to the pH jump ; from these results, the constant of the reaction of the anthocyanins with the SO₂ on the one hand, and the calculation of the colour of the solutions of these molecules on the other hand, can be determined. From the same study with combinations between tannins and anthocyanins, it is possible to explain the influence of their structure on the stabilization of colour in the solutions. In the light of these results, the chemical origin of the wine colour and its variations are discussed.

"author": [{"dropping-particle": "", "family": "Glories", "given": "Yves", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}], "container-title": "OENO

O n e ” , ” i d ” : ” I T E M - 1 ” , ” i s s u e ” : ” 3 ” , ” i s s u e d ” : { “ d a t e - p a r t s ” : [[“ 1 9 8 4 ”]] } , ” p a g e ” : ” 1 9 5 - 2 1 7 ” , ” t i t l e ” : ” L a c o u l e u r d e s v i n s r o u g e s . I r e p a r t i e : l e s é q u i l i b r e s d e s a n t h o c y a n e s e t d e s t a n i n s ” , ” t y p e ” : ” a r t i c l e - j o u r n a l ” , ” v o l u m e ” : ” 1 8 ” } , ” u r l ” : [“ h t t p : / / w w w . m e n d e l e y . c o m / d o c u m e n t s / ? u u i d = e d 9 7 4 a 9 0 - a 2 4 3 - 4 9 2 9 - b d 6 e - 7 9 7 a 4 3 4 6 c 0 1 7 ”]] , ” m e n d e l e y ” : { “ f o r m a t t e d C i t a t i o n ” : ” (Y v e s G l o r i e s , 1 9 8 4 (G i l e t a l . , 2 0 1 5) .

En bodega, los análisis colorimétricos de control y evaluación de vinos tintos se han realizado tradicionalmente usando los parámetros clásicos de Glories (Glories, 1984). El Índice de Color (Glories), se obtiene a partir de mediciones de absorbancia a tres longitudes de onda, 420, 520 y 620 nm, y resulta de una ecuación. Este **índice** es fácil de calcular e interpretar y es usado frecuentemente en bodega para sus clasificaciones (Negueruela, Echavarri, & Perez, 1995)(Hidalgo, 2003).

El objetivo de esta investigación fue comparar dos prácticas diferentes de vinificación aplicadas en distintos monasterios: maceración diferida (MD) y maceración tradicional (MT) en cuanto a los parámetros fisicoquímicos (grado alcohólico, sólidos solubles, intensidad del color, tonalidad, turbidez y porcentaje de color rojo) y variables organolépticas (aceptabilidad, olor, color, sabor).

2. Materiales y métodos

La variedad de uva incluida en este estudio fue *Cabernet Sauvignon*, importada del Valle del Casca, Perú. Los vinos fueron obtenidos en los laboratorios de la Carrera Agroindustrial

en la Universidad Técnica del Norte, Ecuador.

FIGURA 1.

Conducción el experimento: La uva se utilizó en su madurez tecnológica reportada de sólidos solubles 13,8 °Brix. Se aplicaron dos tipos de **técnicas de** vinificación a la materia prima para la obtención del mosto: maceración tradicional (MT) que consiste en el prensado de la uva y maceración diferida (MD) licuado por 8s, esta última es la más usada por los monasterios. Los ensayos se realizaron con tres repeticiones siguiendo la metodología utilizada por los monasterios de referencia de Ecuador, al inicio de la etapa de fermentación se ajustó el mosto en 24°Bx con azúcar y el tiempo de fermentación fue de **25 días**, los volúmenes de fermentación para el estudio fueron de 5L. En la etapa de clarificación, para eliminar partículas gruesas, después del trasiego se utilizó filtración por placa de (300 µm) y para el pulido se agregó un clarificador natural con látex de papaya al 1.5% (v/v) a cada tipo de vino.

2.1. Análisis fisicoquímico: los métodos utilizados se detallan en la tabla 1.

TABLA 1.

2.2. Análisis Sensorial: El análisis organoléptico por parte de la Cofradía del vino de Ecuador, se realizó **al alcanzar la estabilización**. El rango de calificaciones para esta característica fue de 0-10 puntos. La evaluación de las variables sensoriales se realizó con la prueba de Friedman al 5%.

2.3. Análisis estadístico: Los datos se analizaron estadísticamente con el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI.I. El tratamiento estadístico de los datos fue realizado empleando el análisis de varianza (ANOVA), pruebas de Rangos Múltiples, para evaluar cuales tienen diferencias significativas entre variables fisicoquímicas: grado alcohólico, sólidos solubles, características cromáticas (intensidad del color, tonalidad, porcentaje de intensidad del color rojo) y turbidez, entre las técnicas de maceración tradicional y diferida empleadas. Se realizó análisis multivariado, incluyendo correlaciones, covarianzas y correlaciones parciales.

3. Resultados y discusión

3.1. Fermentación: El desarrollo de la fermentación fue homogéneo, al final de la fermentación. Los resultados de los análisis fisicoquímicos de grado alcohólico (fig. 2a)) y sólidos solubles (fig. 2b)) se presentan en la figura 2.

FIGURA 2.

Existe diferencia estadísticamente significativa entre la media de los grados de alcohol y sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) entre una técnica de vinificación y otra, con un nivel del 95,0% de confianza. El valor de grado alcohólico más elevado fue de 5° GL, lo tuvo el vino a partir de MD (figura 2a), y está asociado a un mayor consumo de azúcares (figura 2b). La causa puede asociarse a mayor liberación de micronutrientes de la fruta por el efecto del licuado. Se puede decir que los contenidos de alcohol de los dos vinos son bajos, aunque pudiera tenerse como normal por tratarse de fermentación por levaduras salvajes

presentes en la propia fruta y no por levaduras inoculadas certificadas, estudios de esta naturaleza los realizó (Garzón, et al., 2009). En cuanto a los datos de sólidos solubles (figura 2b), en el vino obtenido con maceración tradicional (MT) los valores de sólidos solubles fueron de 19.4° Bx y en la que se aplicó la maceración diferida (MD) fue de 18.3° Brix, que corresponde aproximadamente, para MT 194 g/L de azúcares y 183 g/L para la MD, valores que son altos para declarar una fermentación completa. Esto puede deberse que al inicio de la fermentación se ajustan a 24° Brix (240 g/L) en busca de un vino dulce. Con estos valores los dos vinos se clasifican como vinos dulces según (Idígoras, 2011).

Para la determinación de los valores de las características cromáticas de los dos vinos obtenidos, se evaluaron 4 variables: intensidad del color (IC), tonalidad (T), porcentaje de intensidad del color rojo (%dA) y turbidez (St) detallándose en la figura 3.

FIGURA 3.

En las 4 variables estudiadas para las dos técnicas de vinificación, muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95,0%. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente de confianza. Según los valores la IC (fig. 3a)), los vinos con MT se clasifican en vinos tintos ligeros con valores por debajo de 2 y los vinos con MD se pueden clasificar en tintos normales

manteniéndose entre 2-6, esto pudiera traer problemas futuros de estabilidad en los MD, ya que los taninos aumentan su peso molecular con el envejecimiento, por polimerización, hasta un momento dado que por su tamaño precipitan (Sáez, 2012). Esto demuestra que los vinos con MT pudieran ser más estables también por tener menores valores de tonalidad (fig. b)) y turbidez (fig. d)), en el caso del porciento de color rojo está referido a mayor presencia de color rojo (mayores valores de absorbancia a 520 nm). Este tipo de vino clasifica en los rangos de los vinos tintos, jóvenes, claros con color similar a la sangre según lo propuesto por (Hidalgo, 2003), en el caso de los vinos con MD el aumento en la tonalidad, intensidad del color y menor porciento de color rojo están asociados a la presencia de mayor color amarillo reflejados en los altos valores de absorbancia a 420nm, este tipo de vino clasifica como envejecido y aristas de turbidez por su alto valor, esto puede ser causado por la oxidación acelerada por el método de vinificación aplicado (Casassa. *et al.*, 2013). Los resultados obtenidos se relacionan con estudios previos con *Tannat*, en los que se demuestra que la extracción de antocianos (responsables del color) fue menor cuando no se produce movimientos en el orujo a partir del principio de maceración tradicional, resultando que sean menos intensos en cuanto al color (Casassa, *et al.*, 2013). Esto demuestra que las técnicas de vinificación empleadas tuvieron un efecto significativo sobre las características cromáticas de los vinos.

3.2. Análisis sensorial: En la figura 4 se presenta las diferencias en las variables

evaluadas durante el análisis sensorial entre las técnicas de vinificación (factor de estudio). El vino analizado con código MD presentó a la Vista: rojo cereza con ligeros reflejos caoba y moderada limpidez; Nariz: Frutal con recuerdos a fresa y fondo acético; Boca: ataque dulce que evoluciona con la acidez moderada de carácter acético, el final de boca es dulce con tonos de ciruela, pasa y fresa; Equilibrio: Presenta en boca de una moderada a alta arista de acidez acética, presenta oxidación en vista y arista acética en boca, presumiblemente por el efecto del licuado, este se cataloga como un vino regular.

El vino analizado con código MT en cuanto a Vista: presentó un rojo coral con reflejos púrpura, buen brillo y coloración típica de un vino joven; Nariz: Liguero y frutal con recuerdos a manzana (oxidada), pera y liguero fondo a fresa; Boca: Ataque dulce intenso que evoluciona con acidez de carácter acético, el final de boca es dulce con tonos de ciruela madura; Equilibrio: Presenta en boca una arista de acidez acética parcialmente compensada con el dulzor, presenta ligera arista acética.

FIGURA 4.

Los dos tipos de vinos independientemente del tipo de vinificación empleado, presentaron aristas acéticas, en estos casos es recomendable sulfitar moderadamente antes de la fermentación para controlar bacterias acéticas y proteger el vino del oxígeno una vez terminada la fermentación, el exceso de dulzor podría corregirse bajando la acidez con ácido tartárico, lo que a su vez ayudaría a una mejor estabilidad microbiológica

(Esteras y Gutiérrez, 2005)(Cejudo, *et al.*, 2011)phenolic and volatile composition, and sensorial analysis, not previously reported in conjunction. On the one hand, the hyperoxygenation treatment provoked a significant decrease in the concentration of virtually all phenolic compounds in musts, young wines, and one-year-stored wines. In addition, a higher resistance to browning was observed in stored wines derived from hyperoxygenated musts. Different storage conditions (light and dark.

3.3. Correlaciones entre las variables fisicoquímicas y sensoriales: El análisis estadístico se ha llevado a cabo, sobre el conjunto global de datos, de las variables estudiadas y la técnica de vinificación figura 4. Buscando de las posibles relaciones entre todas las variables estudiadas en la investigación.

FIGURA 4

La matriz de dispersión muestra la interacción entre todos los rangos de valores, el rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1, y miden la fuerza de la relación lineal entre las variables. Se puede constatar que los grados de alcohol muestran interacciones lineales fuertes con un nivel de confianza del 100% con las variables: Intensidad de color, turbidez y porcentaje de intensidad del color rojo. Por tanto, parece que el aumento del grado alcohólico de los vinos se traduce en mejor calificación, evitando crecimiento microbiano, mejor solubilidad de los antocianos y taninos responsables del color y menor turbidez, garantizando mejor estabilidad en los vinos (Garzón,

Castaño, Hernandez, 2009). Otra pareja de variables con fuertes correlaciones son las aceptabilidad-color, donde se confirma que el color de los vinos en vista son el primer atributo que perciben los consumidores, siendo decisivo a la hora de seleccionar un buen vino (Casassa & Sari, 2007).

Conclusiones

Las alternativas de vinificación utilizadas determinaron diferencias en mayor grado en las variables cromáticas como intensidad del color, tonalidad, y turbidez, para los vinos obtenidos con maceración diferida se obtuvieron los valores más altos, esto podría tener un impacto negativo en la estabilidad futura del vino.

El mejor vino obtenido en este estudio, según sus características fisicoquímicas y organolépticas, es a partir de materia prima macerada, con valor de intensidad del color 1.20 que corresponde a vinos tintos, tonalidad 0.57 vinos joven, turbidez 2.58 vinos claros, Intensidad del color rojo 62.60 (rojo vivo). Estas características garantizan un vino más estable y menor valor de grado alcohólico 4°GL siendo ideal para vino de consagrar. El valor de solidos solubles 19.43°Brix lo clasifican en vinos dulces que son agradables al paladar.

Referencias:

- Casassa, F., Sari, S., Avagnina, S., Díaz, M., Jofré, V., Fanzone, M. y Catania, C. (2006). Influencia de dos técnicas de maceración sobre la composición polifenólica, aromática y las características organolépticas de vinos cv. Merlot. *Revista Enología*, (12), 1–8.
- Casassa, F., & Sari, S. (2007). Aplicación Del Sistema Cie-Lab a Los Vinos Tintos. Correlación Con Algunos Parámetros Tradicionales. *Revista Enología*, 5(May-Jun).
- Cejudo-Bastante, M. J., Hermosín-Gutiérrez, I., Castro-Vázquez, L. I., & Pérez-Coello, M. S. (2011). Hyperoxygenation and bottle storage of chardonnay white wines: Effects on color-related phenolics, volatile composition, and sensory characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 4171–4182.
- De Nisco, M., Manfra, M., Bolognese, A., Sofo, A., Scopa, A., Tenore, G. C., ... Russo, M. T. (2013). Nutraceutical properties and polyphenolic profile of berry skin and wine of *Vitis vinifera* L. (cv. Aglianico). In *Food Chemistry* (Vol. 140, pp. 623–629).
- Domenico Sorrentino; Francis Card. Arinze. (2004). *Congregación para el culto divino y la disciplina de los sacramentos*. Retrieved from http://www.vatican.va/roman_curia/congregations/ccdds/documents/rc_con_ccdds_doc_20030317_ordinamento-messale_sp.html
- Esteras Martín, C., & Gutiérrez, R. (2005). La cofradía de San Eloy de los plateros de Lima. *Atrio: Revista de Historia Del Arte*, (10).
- Garaguso, I., & Nardini, M. (2015). Polyphenols content, phenolics profile and antioxidant activity of organic red wines produced without sulfur dioxide/sulfites addition in comparison to conventional red wines. *Food Chemistry*, 179, 336–342.
- Garzón, Castaño, Hernandez, L. (2009). *Estudio comparativo para la producción de etanol entre Saccharomyces cerevisiae silvestre, Saccharomyces cerevisiae ATCC 9763 Y Candida utilis ATCC 9950*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Gil, M., Pascual, O., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Hermosín-Gutiérrez, I., Zamora, F., & Canals, J. M. (2015). Influence of berry size on red wine colour and composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(2), 200–212.
- Glories, Y. (1984). La couleur des vins rouges. Ire partie : les équilibres des anthocyanes et des tanins. *OENO One*, 18(3), 195–217.
- Glories, Y. (1984). La couleur des vins rouges (1ªparte). *Connaissance Vigne Vin*, 18(3), 195–217.
- González-Neves, G., Balado, J., Barreiro, L., Bochicchio, R., Gatto, G., Gil, G., & Tessore, a. (2001). Efecto de algunas prácticas de manejo del viñedo y de la vinificación en la composición fenólica y el color de los vinos tintos. *Efecto de Algunas Prácticas de Manejo Del Viñedo y de La Vinificación En La Composición Fenólica y El Color de Los Vinos Tintos*, 43–52.
- González, C. (2007). Recientes evidencias científicas sobre el efecto en la salud del consumo inteligente de vino. *Cuadernos de Estudios Manchegos II Época*, Nº31.
- Hidalgo, J. (2003). *Tratado de enología, tomo I*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Idígoras, J. I. (2011). Curso sobre vino. Retrieved from <https://frutales.files.wordpress.com/2011/01/vi-07-curso-sobre-vino.pdf>
- Jackson, M. G., Timberlake, C. F., Bridle, P., & Vallis, L. (1978). Red wine quality: Correlations between colour, aroma and flavour and pigment and other parameters of young Beaujolais. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29(8), 715–727.
- L. Federico Casassa, Richard C. Larsen, Christopher W. Beaver†, Maria S. Mireles, Markus Keller§, William R. Riley, Russell Smithyman, and J. F. H. (2013). Impact of Extended Maceration and Regulated Deficit Irrigation (RDI) in

- Cabernet Sauvignon Wines: Characterization of Proanthocyanidin Distribution, Anthocyanin Extraction, and Chromatic Properties. *J. Agric. Food Chem*, 26(61), 6446–6457.
- León, E. de. (1995). Código de Derecho canónico. In *Código de Derecho canónico* (pp. 645–648).
- Negueruela, A. I., Echavarri, J. F., & Perez, M. M. (1995). A Study of Correlation between Enological Colorimetric Indexes and Cie Colorimetric Parameters in Red Wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46(3), 353–356.
- Nicolle, P., Marcotte, C., Angers, P., & Pedneault, K. (2018). Co-fermentation of red grapes and white pomace: A natural and economical process to modulate hybrid wine composition. *Food Chemistry*, 242, 481–490.
- Robinson, J. (2006). The Oxford companion to wine. *The Oxford Companion to Wine 3rd Edn, 1*, 840.
- Sáez, P. benito. (2012). Urbinavinos. Retrieved from <http://urbinavinos.blogspot.com/2012/09/el-color-en-los-vinos.html>
- Sociedades Bíblicas en América Latina (Ed.). (1960). Reina-Valera 1960 (RVR1960) (pp. 18–22).
- Standage, T. (2006). *La historia del mundo en seis tragos*

FIGURAS:

(1)

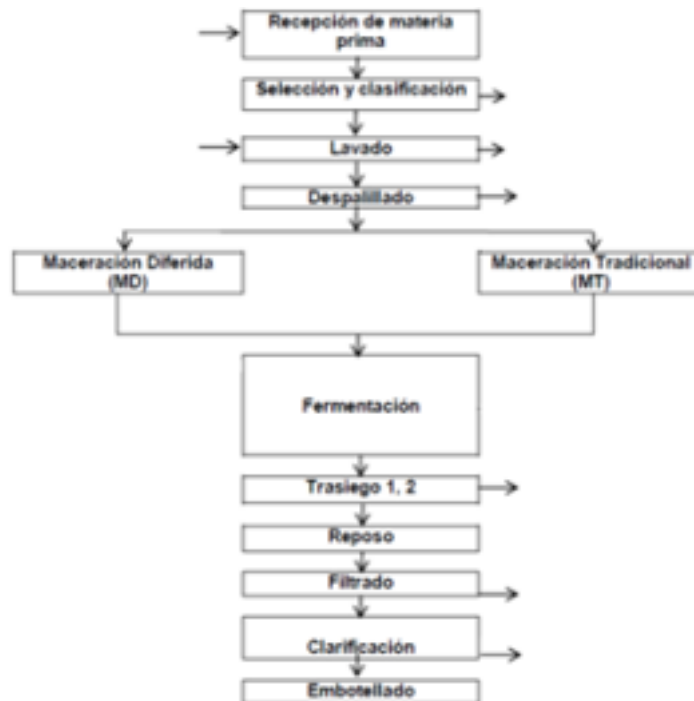


Figura 1. Diagrama del proceso de elaboración de vino.

(2)

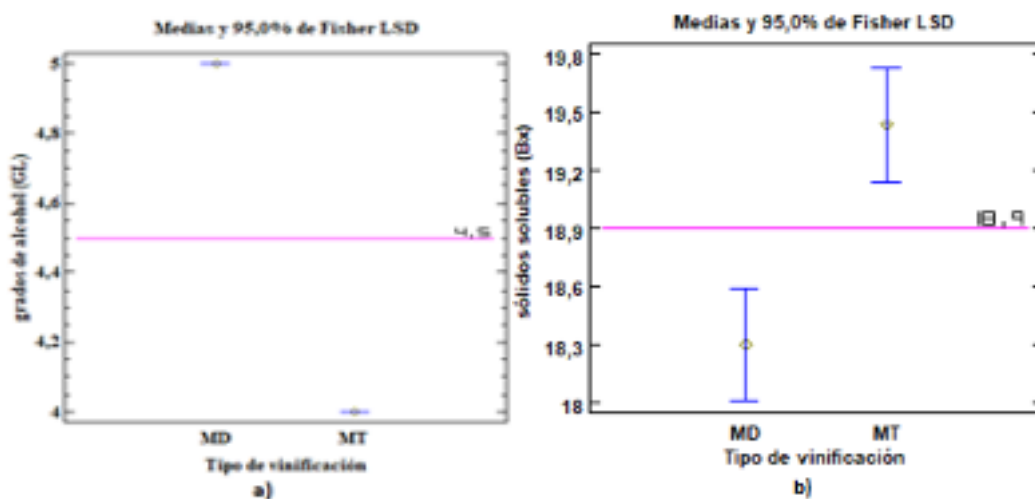


Figura 2. Valores de vinos obtenidos con los dos tipos de maceración MT y MD a) Grado alcohólico (°GL), b) Sólidos solubles expresados en °Bx.

(3)

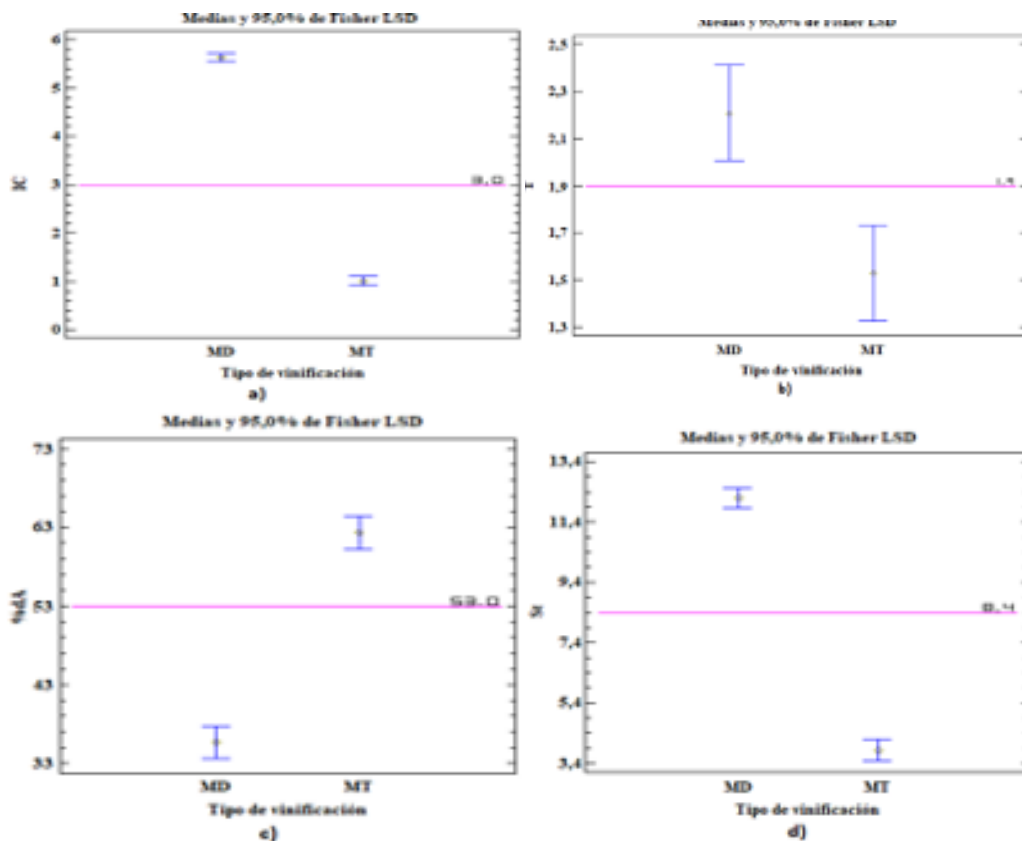


Figura 3. Valores de características cromáticas de los vinos para maceración diferida (MD) y maceración tradicional (MT), a) intensidad del color (IC), b) tonalidad (T), c) porcentaje de intensidad de color rojo (%dA), d) turbidez (St).

(4)

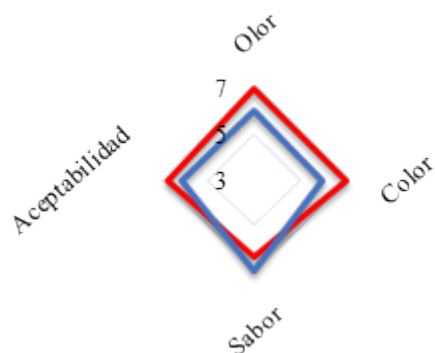


Figura 4. Análisis sensorial de los vinos obtenidos por maceración tradicional (MT) y maceración diferida (MD).

(5)

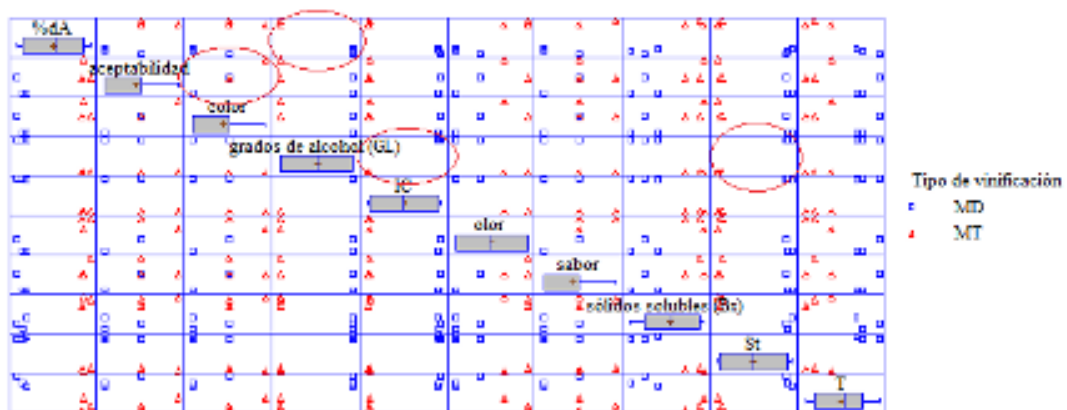


Figura 4. Datos multivariados (correlaciones) datos/variables.

TABLAS:

(1)

Tabla 1. Variables fisicoquímicas y organolépticas

Variables	Métodos	Unidades
grado alcohol	INEN-372	(°GL o % vol.)
sólidos solubles	Refractométrico	(°Brix)
intensidad del color (IC)		
porcentaje de intensidad del color rojo (%dA)	Método de Glories	Adimensional
tonalidad (T)	420, 520, 620 nm	
Umbral Teórico de turbidez (St)	Absorbancia 620 nm	Adimensional
Olor, color, sabor, aceptabilidad	Análisis sensorial	Adimensional

OBTENCIÓN DE UN MEDIO ENRIQUECIDO EN PROTEÍNAS A PARTIR DE RESIDUOS DE PAPA (*Solanum tuberosum*) POR FERMENTACIÓN MICROBIANA

Apunte, D*., Fernández, D*., López, O. D.*

*Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador

Resumen

En el presente trabajo de investigación para obtener un medio enriquecido en proteínas por fermentación microbiana, se realizó la caracterización fisicoquímica de los residuos domésticos de papa (*Solanum tuberosum*), para esto se determinó: pH, porcentaje de humedad, porcentaje de almidón y concentración de proteína en las variedades: superchola, chola y única. Mediante un diseño completamente al azar se pudo comprobar que no existió diferencia significativa entre las tres variedades de papa en cuanto al porcentaje de almidón. Se caracterizó macroscópica y microscópicamente al *Aspergillus niger*, microorganismo aislado por estudiantes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología a partir de sustratos orgánicos de limón, para posteriormente utilizarlo en la fermentación microbiana con los residuos de papa caracterizados. En la investigación se formularon 4 medios, mediante un diseño factorial 2² se determinó la influencia de los factores humedad (61% y 93%) y composición del medio (sin sales y con sales) sobre las variables respuestas: concentración de proteínas y concentración de biomasa, obteniendo valores óptimos de 15,91 mg/ml y de 0,79 g/ml respectivamente, en el medio formulado sin sales y con una humedad del 61%.

Palabras claves: residuos domésticos, *Aspergillus niger*, fermentación microbiana, enriquecimiento proteico, biomasa.

Abstract

In the present work of investigation to obtain a half enriched in proteins by microbial fermentation, the physicochemical characterization of the domestic residues of potato was carried out (*Solanum tuberosum*), for this it was determined: pH, percentage of humidity, percentage of starch and concentration of protein in the superchola, chola and única varieties. By means of a completely random design it was possible to verify that there was no significant difference between the three potato varieties in terms of the percentage of starch. It was characterized macroscopically and microscopically to *Aspergillus niger*, microorganism isolated by students of the Faculty of Science and Engineering in Food and Biotechnology from organic substrates of lemon, to later use it in the microbial fermentation with the potato waste characterized. In the research 4 media were formulated, by means of a factorial design 2² the influence of the humidity factors (61% and 93%) and composition of the medium (without salts and salts) on the variable responses was determined: concentration of proteins and

concentration of biomass, obtaining optimum values of 15,91 mg/ml and 0,79 g/ml respectively, in the medium formulated without salts and with a humidity of 61%.

Key words: domestic waste, *Aspergillus niger*, microbial fermentation, protein enrichment, biomass.

1. Introducción

En la actualidad se generan miles de toneladas de residuos sólidos vegetales diariamente debido al incremento de la población y al consumo de alimentos, esto hace que dichos residuos requieran un amplio espacio para su biodegradación natural causando grandes problemas al medio ambiente, por lo que es interés convertir estos residuos en bioproductos, desarrollando así tecnologías que disminuyan los grandes volúmenes de estos residuos y su aprovechamiento (Torres, 2013).

Debido a la demanda de alimentos ricos en proteínas, la industria alimentaria y agrícola busca crear nuevos productos tanto para los humanos como para los animales, pero en muchos casos esto resulta algo complejo debido a los altos costos de producción. La biotecnología es un campo que se encuentra en desarrollo y presenta varias aplicaciones, una de ellas es transformar estos residuos en productos de alto valor agregado (Arguero, 2014). Uno de los componentes alimenticios más escasos y costosos son las proteínas, por lo tanto, los problemas de abastecimiento de proteína hacen necesaria la indagación de nuevas alternativas. Una de las alternativas de producción proteica son las proteínas de origen microbiano o también denominadas proteínas unicelulares, estas proteínas son producidas mediante procesos de fermentación controlada ya sea por cepas puras o por mezclas de hongos, bacterias y algas unicelulares (Wang, et al., 2012). Las proteínas unicelulares se pueden obtener a partir de residuos agroindustriales, con el uso de la fermentación en estado sólido (FES) (Oviedo, et al., 2016).

Según el INEC (2018), cada habitante del Ecuador produce en promedio alrededor de 0,58 kilogramos de residuos sólidos y la recolección de toneladas diarias de residuos sólidos en promedio fue de 12.897,98 en el año 2016. El 80% de la producción nacional de papa se comercializa para consumo doméstico, en los restaurantes, el mayor uso que se le da es como papa frita y en sopas. Otra forma de uso en estos locales es en puré, ensaladas y tortillas, de esta forma se desechan grandes cantidades de este tubérculo (Saragocin, 2015).

La gran cantidad de residuos que se generan en Ecuador, el bajo costo y el escaso aprovechamiento industrial, hace posible la utilización de estos residuos como materia prima para la elaboración de proteínas unicelulares, cuidando así al medio ambiente y evitando la contaminación del mismo. La papa es el cuarto cultivo más importante a nivel mundial y el más consumido en la Región Andina del Ecuador, esto es debido a las propiedades nutricionales y a su fácil crecimiento. Este tubérculo contiene un porcentaje de almidón en el rango de 8,67 a 22,72%, aproximadamente 2,1% de proteína, vitamina C, vitaminas del complejo B y varios minerales (Gerena, 2013).

En el presente trabajo de investigación se utilizó como sustrato, las cáscaras de papa, para la producción de proteína unicelular por fermentación microbiana.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Se utilizó material de vidrio (GLASSCO), toallas de papel (Casa del químico), magnetos (Elicrom), residuos domésticos de tres variedades de papa:

superchola, chola y única. *Aspergillus niger*, hongo aislado en el laboratorio de Microbiología a partir de muestras de sustratos orgánicos de limón.

2.2. Equipos

Secadero de bandejas (GANDER MTN)
Balanza de humedad (Citizen MB 200)
Molino de cuchillas (INOX-EQUIP)
pHmetro (Thermo Scientific)
Estufa (MEMMERT NUT-004X)
Autoclave (MLS-3020U-PE)
Cámara de flujo laminar (Thermo Scientific™)
Agitador incubador orbital (Ivymen sistema Shaker)
Espectrofotómetro UV-VIS (HACH DR 5000, Germany)
Centrífuga (PLC SERIES-03)
Pipeta automática (Thermo Scientific, Dinamarca)
Balanza analítica (Adventurer Pro)
Software de análisis de datos estadístico y gráfico, Statgraphics XVI.I 64x.

2.3. Reactivos

Ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) (Elicrom)
Hidróxido de sodio (NaOH) (Elicrom)
Ácido Clorhídrico (HCl) (Elicrom)
Ácido acético (CH₃COOH) (Elicrom)
Acetato de sodio (C₂H₃NaO₂) (Elicrom)
Tartrato de sodio y potasio (KNaC₄H₄O₆·4H₂O) (Elicrom)
Sulfato de cobre (II) (CuSO₄) (Elicrom)
Enzima α-amilasa (Elicrom)
Enzima glucoamilasa (Elicrom)
Fosfato de amonio dihidrogenado (NH₄H₂PO₄) (Elicrom)
Sulfato de magnesio (MgSO₄·7H₂O) (Elicrom)
Sulfato ferroso (FeSO₄·7H₂O) (Elicrom)

Papa-Dextrosa-Agar (PDA) (Sigma-aldrich).

2.4. Metodología

2.4.1. Obtención del sustrato

Se recolectaron las cáscaras de tres variedades de papa: superchola, chola y única, estos residuos domésticos se lavaron y se pesaron en la Balanza analítica (Adventurer Pro), se sometieron a un proceso de secado utilizando el Secadero de bandejas (Garden MNT) a 71.1 °C durante 18 horas. El material seco fue molido utilizando un Molino de cuchillas (INOX-EQUIP), estas harinas fueron utilizadas como sustrato para el crecimiento del microorganismo (Valverde y Lezama, 2017).

2.4.2. Caracterización fisicoquímica del sustrato.

2.4.2.1. Determinación del pH

Se pesaron 5 g de harina y se disolvieron en agua destilada, se filtró y se determinó el pH por triplicado utilizando el pHmetro (Thermo Scientific) previamente calibrado. El potencial de hidrógeno (pH) es una medida que indica el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14 (Bravo, 2013).

2.4.2.2. Determinación del porcentaje de humedad

Se pesó por triplicado 3 g de las harinas, se colocaron las muestras sobre el plato de la Balanza de humedad (Citizen MB 200) exponiéndolas a los rayos infrarrojos, el secado por infrarrojos supone la irradiación de calor hacia el

interior de la muestra para evaporar el agua, por lo tanto, la diferencia entre el peso inicial y el final corresponde al agua que fue eliminada (UNSTA, 2015).

2.4.2.3. Determinación del porcentaje de almidón

Se pesó por triplicado 50 mg de las harinas y se colocó en tubos de centrifuga, los cuales se sometieron a una hidrólisis enzimática utilizando α -amilasa termoestable y glucoamilasa comercial. Al sobrenadante obtenido después de realizar la centrifugación utilizando la Centrífuga (PLC SERIES-03) se le determinó el contenido de azúcares reductores por el método de DNS. Los azúcares reductores pueden reducir al ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) desarrollándose un cambio de coloración que puede determinarse a partir de la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 540 nm utilizando el Espectrofotómetro UV-VIS (HACH DR 5000, Germany) (Peña, 2009). Se determinó el porcentaje de almidón a partir de una curva patrón de glucosa en el rango de concentraciones de 0,4 a 2 mg/ml.

2.4.2.4. Determinación de la concentración de proteínas

Se determinó la concentración de proteínas mediante el método de Biuret, este método se fundamenta en la formación de un complejo de coordinación entre los iones Cu^{+2} y los pares de electrones no compartidos del nitrógeno que forma parte de los enlaces peptídicos con la obtención de un compuesto de coloración azul violeta.

El color formado responde a la ley de Lambert-Beer, a mayor concentración

de proteínas, más coloreada se torna la solución obteniéndose mayor valor de absorbancia (Puerto, 2013).

En tubos bacteriológicos se colocó 0,1 ml de las muestras y se añadió 0,9 ml del reactivo de Biuret, se mezcló y se dejó a temperatura ambiente durante 20 min. Después de este tiempo fue determinado el valor correspondiente a la intensidad de color mediante la lectura de absorbancia a la longitud de onda de 540 nm en el Espectrofotómetro UV-VIS (HACH DR 5000, Germany) (Galván, 2014). La concentración de proteínas se obtuvo a partir de una curva patrón con Albúmina de Suero Bovino en el rango de concentraciones de 0 hasta 16 mg/ml.

2.4.3. Caracterización macroscópica y microscópica del *Aspergillus niger*

En la caracterización macroscópica de este hongo se analizaron los siguientes aspectos: relleno, borde, textura, brillo, exudado, gotícula, pigmento difusible, color en el reverso y color en el anverso. En la caracterización microscópica fue analizado: micelio, esporulación, presencia o ausencia de esporas, forma de esporas y conidióforo (Gil, 2017).

2.4.4. Obtención del medio enriquecido en proteínas

Para la obtención del medio enriquecido en proteínas se realizaron 4 formulaciones en volúmenes de 60 y 360 ml, cada una con tres réplicas, donde se analizaron como factores de estudio: la humedad (61 y 93%) y la composición del medio (con sales y sin sales). Las sales que se utilizaron al preparar los medios fueron: Fosfato de amonio dihidrogenado ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$),

Sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) y Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), en un porcentaje del 15% (Reyes, et al., 2013).

En cada una de las formulaciones se inoculó el microorganismo previamente caracterizado macroscópicamente y microscópicamente, y mantenido a la temperatura de 30 °C en el Agitador Incubador Orbital (Ivymen sistema Shaker) con una velocidad de agitación de 130 rpm durante 8 días (López, 2017). Se determinó la influencia de los factores de estudio sobre las variables respuestas: concentración de proteínas y concentración de biomasa (peso seco).

2.4.4.1. Determinación de la concentración de biomasa y proteínas

La concentración de biomasa fue estimada mediante peso seco, este es un método gravimétrico, para el cual se pesaron los tubos de centrifuga vacíos, se tomaron las muestras del fermentado y se centrifugaron en la centrifuga (PLC SERIES-03) a 4000 rpm. El pellet obtenido fue lavado y colocado en la estufa (MEMMERT NUT-004X) a la temperatura de 55,5 °C durante 24 horas, al término de este tiempo se pesó el tubo y se calculó la diferencia entre ambos pesos, considerando el volumen de muestra utilizada (Sánchez, 2012). La concentración de proteínas se realizó utilizando el método de Biuret como se indica en el apartado 2.4.2.4., realizando previamente un proceso de ruptura celular, utilizando arena estéril.

1.0.1. Análisis estadístico

Utilizando el software Statgraphics

Centurion versión XVI.I se realizó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de los porcentajes de almidón que se obtuvieron en cada variedad de papa. Se determinó si existieron diferencias significativas entre los factores: humedad y composición del medio, así como sus interacciones en el proceso fermentativo. Las variables respuestas: concentración de proteínas y biomasa fueron optimizadas para conocer donde el microorganismo obtuvo el mayor crecimiento y aporte proteico al medio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización fisicoquímica del sustrato

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica que se le realizó a las tres variedades de papa obteniendo valores de humedad bajos debido al proceso de secado realizado, además de pH ácidos en el rango de 5,77 a 6,04. Sandoval (2012), en la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de papa obtuvo también valores de pH ácidos entre $4,84 \pm 0,12$. Según INTAGRI (2017), el cultivo de *Solanum tuberosum* tiene un adecuado desarrollo en un rango de pH de 5.0 a 7.0. Los suelos salinos, alcalinos o compactados provocan trastornos en el desarrollo y producción de la papa. Los porcentaje de almidón se encontraron en el rango de 14,95 a 15,74% demostrando similitud con lo reportado por Loyola (2010) en tubérculos de papas producidos en forma convencional y orgánico, obteniendo valores de 14,46% y 13,58% respectivamente.

El almidón es el segundo polisacárido más abundante en la naturaleza, se

encuentra en las semillas de cereales, tubérculos, raíces, semillas de leguminosas, frutas, troncos y hojas. El porcentaje de almidón varía según el estado de madurez de la fuente, el tamaño y forma de estos gránulos son característicos de cada especie botánica (Songor y Tenesaca, 2019).

Con los valores obtenidos de porcentaje de almidón se realizó un diseño completamente al azar en el cual el análisis de varianza presentó un Valor-P mayor a 0,05 (Tabla 2), lo que indicó que no existió una diferencia estadísticamente significativa para un nivel del 95% de confianza, por lo tanto, se pudo haber utilizado cualquiera de las tres variedades de papa, sin embargo, en este trabajo de investigación fue seleccionada la variedad superchola por ser una de las variedades más consumidas y de la cual se desecha una gran cantidad de cáscara en esta ciudad. Torres (2013), cuantificó la concentración de proteína al inicio de la fermentación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en residuos de cáscaras de papa (*Solanum tuberosum*) obteniendo valores de 4,25 mg/ml, muy similares a los valores obtenidos en la caracterización de estas tres variedades de papa los cuales estuvieron entre 4,72 a 5,47 mg/ml, por lo que las cáscaras de papa son sustratos que presentan alto contenido de almidón y bajas concentraciones de proteínas que pueden ser utilizados para el enriquecimiento proteico.

3.2. Caracterización macroscópica y microscópica del *Aspergillus niger*

Se realizó una caracterización macroscópica y microscópica del *Aspergillus niger* como se muestra en

la Tabla 3 y 4. *Aspergillus niger* es un hongo que se encuentra alrededor del mundo, su crecimiento está asociado a materiales orgánicos y al suelo, este microorganismo es usado para la biodegradación de desechos industriales y para la elaboración de sustancias y enzimas necesarias en la fabricación de productos comestibles y no comestibles. Álvarez (2017), preparó medio PDA para el aislamiento de colonias de *Aspergillus spp*, de las colonias obtenidas seleccionó las que presentaban morfología esperada para *Aspergillus niger*: vista frontal de color negro o marrón, vista posterior de color amarillo, información similar a la registrada en la Tabla 3.

De acuerdo con lo reportado en bibliografía, el *Aspergillus niger* es un hongo micelial formado por hifas tabicadas. Las colonias de este hongo crecen rápidamente y por su aspecto polvoriento son fáciles de reconocer. Presentan conidióforos que son de pared lisa o pigmentada y miden de 1,5 a 3 mm de largo y de 15 a 20 mm de diámetro. Al microscopio se puede observar abundantes conidios con aspecto variable: entre ellos globosas, subglobosas, elípticas, lisas, verrugosas o con estrías longitudinales, todas de color negro o marrón (Tabla 4) (Gil, 2017).

3.3. Obtención del medio enriquecido en proteínas

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza para la concentración de proteínas el Valor-P para el factor humedad y composición del medio fue menor que 0.05 para un nivel de confianza del 95%, de modo que estos factores influyeron significativamente sobre la

concentración de proteína. (Tabla 5).

El Diagrama de Pareto muestra que la influencia de ambos factores fue negativa sobre la concentración de proteínas (Figura 1). El Gráfico de Efectos Principales indica que a medida que aumenta la humedad del medio de 61 a 93% existió una disminución de la concentración de proteínas, similar a lo ocurrido en cuanto a la composición del medio obteniéndose que al adicionar suplementos al medio disminuyó, pero en menor proporción. (Figura 2).

En el análisis de varianza para la concentración de biomasa el Valor-P para el factor humedad fue menor que 0.05 para un nivel de confianza del 95%, de modo que este factor influyó significativamente sobre la concentración de biomasa. El factor composición del medio no influyó sobre esta variable respuesta. (Tabla 6). El Diagrama de Pareto muestra que la influencia del factor humedad fue negativa sobre la concentración de biomasa (Figura 3). En el Gráfico de Efectos Principales se observa que a medida que aumenta la humedad del medio de 61 a 93% existió una disminución de la concentración de biomasa, similar al comportamiento obtenido al analizar la variable concentración de proteínas. Esta correspondencia se debe a que la proteína que es aportada al medio es proveniente del crecimiento celular. (Figura 4).

De acuerdo con estudios realizados, el incremento del crecimiento del *Aspergillus niger* se produce con una humedad del 50 al 60%. Teniendo en cuenta, que su fase esporulativa es un estado de resistencia que se desencadena frente a condiciones adversas, es por lo que con humedades bajas aumenta el crecimiento del hongo, la germinación

de las esporas, no requiriéndose de niveles elevados de humedad para la colonización de nuevos sustratos (Pozzo *et al*, 2008).

En el Diagrama de Superficie de Respuesta Estimada para la concentración de proteínas y concentración de biomasa, se observa que con una humedad del 61% y con el medio sin sales (-1) se maximizaron ambas variables respuestas, obteniéndose un valor óptimo de concentración de proteínas de 15,91 mg/ml y una concentración de biomasa de 0,79 g/ml. (Figura 5, Tabla 7).

Torres (2013), afirmó que el sustrato de papa es el mejor sustrato para la producción de proteína celular, al finalizar el proceso fermentativo este sustrato produjo en promedio 9,8 mg/ml de proteína. Al comparar los valores de proteína reportados bibliográficamente con los resultados obtenidos en esta investigación, se observó un aumento significativo en los niveles de proteína a 15,91 mg/ml.

4. CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización fisicoquímica de los residuos domésticos de papa (*Solanum tuberosum*), obteniéndose valores de pH que oscilaron en el rango de 5,77 a 6,04; una concentración de proteínas de 4,72 a 5,47 mg/ml; el porcentaje de humedad desde 5,54 a 6,21% y el porcentaje de almidón de 14,95 a 15,74%.

Mediante un diseño completamente al azar se demostró que no existió diferencia significativa entre las variedades: superchola, chola y única en cuanto al porcentaje de humedad.

Se caracterizó macroscópicamente y microscópicamente al *Aspergillus*

niger, hongo aislado a partir de sustratos orgánicos de limón, este hongo presentó vista frontal de color marrón y vista posterior de color amarillo, micelio tabicado, esporas de forma globular, aspecto polvoriento y presencia de conidióforos.

Se obtuvo un medio enriquecido en proteínas a partir de residuos de papa utilizando el *Aspergillus niger*, con valores de concentración de proteínas de 15,91 mg/ml y de concentración de biomasa de 0,79 g/ml, en el medio formulado con una humedad del 61% y sin incluir sales.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, J. (2017). Evaluación de la funcionalidad de producción de ácido cítrico usando cepas de *Aspergillus niger* identificadas molecularmente. Recuperado de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6627/1/131134.pdf>
- Arguero, A. (2014). Estudio de la producción de enzima amilasa mediante *Aspergillus niger* por fermentación sólida, con el uso de residuos agroindustriales. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7349/1/CD-5494.pdf>
- Bravo, J. (2013). Obtención de harina precocida de camote (*ipomoea batatas* L.) para su uso tecnológico en la industria alimentaria. Recuperado de: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5041/1/53886_1.pdf
- Gerena, F. (2013). Obtención de jarabes azucarados a partir de la hidrólisis química de residuos de cáscaras de naranja (*citrus sinensis* L var valencia) y papa (*Solanum tuberosum*) variedad diacol capiro (r-12) para ser empleados como edulcorantes en la industria de alimentos. Recuperado de: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/1528/1/46455179pdf.pdf>
- Gil, M. (2017). *Aspergillus niger*: características, taxonomía, morfología y patologías. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/aspergillus-niger/>
- Hernández, M; Torruco, G; Guerrero, L y Betancur A. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. [INEC]. (2018). Estadística de información Ambiental. Recuperado de: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/segun-la-ultima-estadistica-de-informacion-ambiental-cada-ecuadoriano-produce-058-kilogramos-de-residuos-solidos-al-dia/>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura. [INTAGRI]. (2017). Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa>
- Loyola, N. (2010). Evaluación del contenido de almidón en papas (*solanum tuberosum*, spa. *tuberosum* cv. *desirée*), producidas en forma orgánica y convencional en la provincia de Curicó. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v28n2/art05.pdf>
- Oviedo, J; Zapata, D; García, L; y Echeverría D. (2016). Evaluación del enriquecimiento proteico de residuos de papa y yuca con (*Paecilomyces variotti*). Revista Ingeniería y Región. Pag 73-84.
- Peña, A. (2009). Hidrólisis de almidón de yuca mediante la utilización de preparaciones solubles e insolubilizadas de alfa-amilasa (*Aspergillus niger*). Recuperado de: <http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/eventos/siquia20130415/siquia2009pos4.pdf>
- Puerto, M. (2013). Determinación de proteínas. Recuperado de: <http://www.fagro.edu.uy/~nutrical/ensenanza/AVI%20WEB/cursoema/detdePC.pdf>
- Reyes, I.; González, M y López, F. (2013). Un análisis del metabolismo de *Aspergillus niger* creciendo sobre un sustrato sólido. Revista Mexicana de Ingeniería Química, vol. 12, núm. 1, pp. 41-56
- Sánchez, J. (2012). Técnicas Analíticas. Determinación de Biomasa. Recuperado de: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/tvolke/00_Determin-BM.pdf
- Sandoval, E. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. Revista Actualidad y Divulgación científica, vol. 15, núm. 1.
- Saragocin, C. (2015). "Estudio de factibilidad económica para la instalación de una planta procesadora de papa (*Solanum tuberosum*) mínimamente procesada para el Consorcio de Productores de papa

- CONPAPA – Tungurahua”. Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/9357/1/AL%20555.pdf>
- Songor, M y Tenesca, A. (2019). Extracción y uso de almidón de papa china (Colocasia Esculenta) en la elaboración de productos cárnicos emulsionados. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32116/2/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Torres, G. (2013). Cuantificación del contenido de proteína celular (scp) en la biomasa de la levadura *saccharomyces cerevisiae* producida a partir de residuos de cáscaras de naranja (*citrus sinensis* l var valencia) y papa (*solanum tuberosum*) variedad diacol capiro (r-12) para uso en la alimentación animal. Recuperado de: https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/1070/2/TorresVargasGoldaMeyer_2013.pdf
- UNSTA. (2015). Catedra de bromatología y técnicas alimentarias. Análisis de harinas. Recuperado de: <http://www.unsta.edu.ar/wp-content/uploads/2015/07/Harina-2015.pdf>
- Valverde, I y Lezama, J. (2017). Influencia de la hidrólisis química en las características fisicoquímicas y funcionales de los residuos industriales de papa, camote y yuca. Recuperado de: <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3053/47038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wang, C., Li, Y., (2012). Fungal pretreatment of lignocellulosic biomass. *Biotechnology Advances*, 30(6):1447-1457. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2012.03.003>

Tablas

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del sustrato

Variedades de papa	pH	Porcentaje de Humedad (%)	Porcentaje de almidón (%)	Concentración de proteína (mg/ml)
Única	5,78 ± 0,125	6,21 ± 0,280	14,95 ± 0,322	4,72 ± 0,325
Chola	5,77 ± 0,125	5,75 ± 0,280	15,35 ± 0,322	5,47 ± 0,325
Superchola	6,04 ± 0,125	5,54 ± 0,280	15,74 ± 0,322	4,86 ± 0,325

Tabla 2. Análisis de varianza del porcentaje de almidón

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,00555	2	0,502775	0,28	0,7681
Intra grupos	9,03587	5	1,80717		
Total	10,0414	7			

Tabla 3. Caracterización macroscópica del *Aspergillus niger*

Caracterización	<i>Aspergillus niger</i>
Relleno	Medio
Borde	Irregular
Textura	Polvorienta
Brillo	Mate
Exudado	Ausencia
Gotícula	Ausencia
Pigmento Difusible	Ausencia
Color en el reverso	Marrón
Color en el anverso	Amarillo

Tabla 4. Caracterización microscópica del *Aspergillus niger*

Caracterización	<i>Aspergillus niger</i>
Micelio	Tabicado
Esporulación	Unicelular
Esporas	Presencia
Forma de spora	Globular
Conidióforo	Presencia

Tabla 5. Análisis de varianza para la concentración de proteínas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	56,4089	1	56,4089	807,60	0,0000
B:Composición del medio	0,48513	1	0,48513	6,95	0,0336
bloques	0,0440835	2	0,0220418	0,32	0,7392
Error total	0,488933	7	0,0698475		
Total (corr.)	57,4271	11			

Tabla 6. Análisis de varianza para la concentración de biomasa

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,334334	1	0,334334	190,10	0,0000
bloques	0,00140867	2	0,000704333	0,40	0,6827
Error total	0,0140702	8	0,00175877		
Total (corr.)	0,349813	11			

Tabla 7. Valores óptimos de concentración de proteínas y concentración de biomasa

<i>Respuesta</i>	<i>Óptimo</i>
Concentración de proteína (mg/ml)	15,9099
Concentración de biomasa (g/ml)	0,78766

Figuras

Figura 1. Diagrama de Pareto Estandarizado para la concentración de proteína

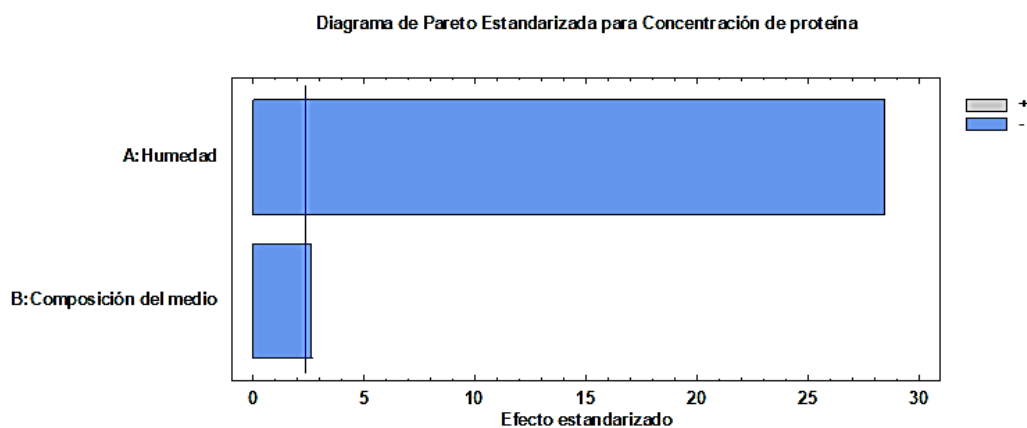


Figura 2. Gráfico de Efectos Principales para la concentración de proteína

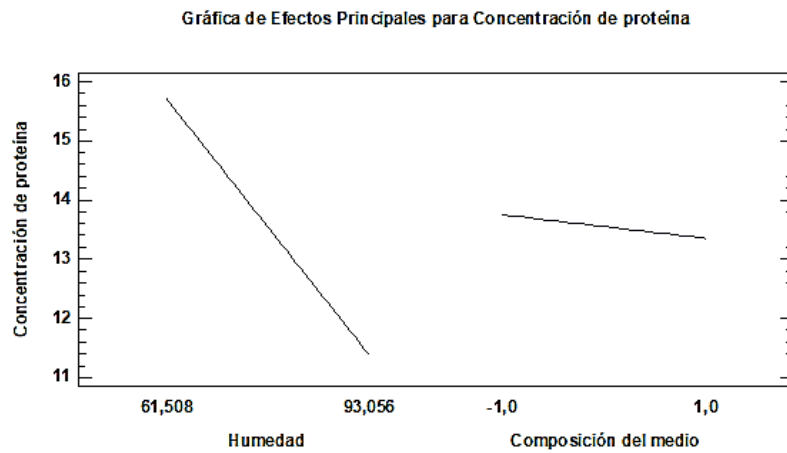


Figura 3. Diagrama de Pareto Estandarizado para la concentración de biomasa

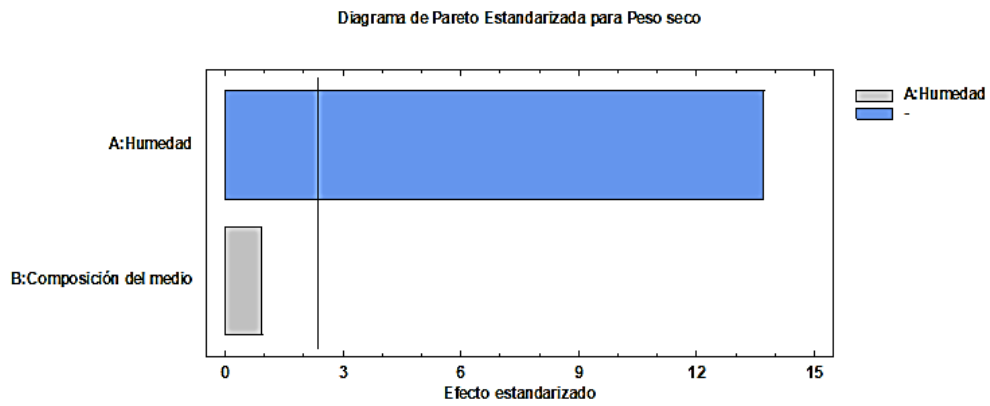


Figura 4. Gráfico de Efectos Principales para la concentración de biomasa

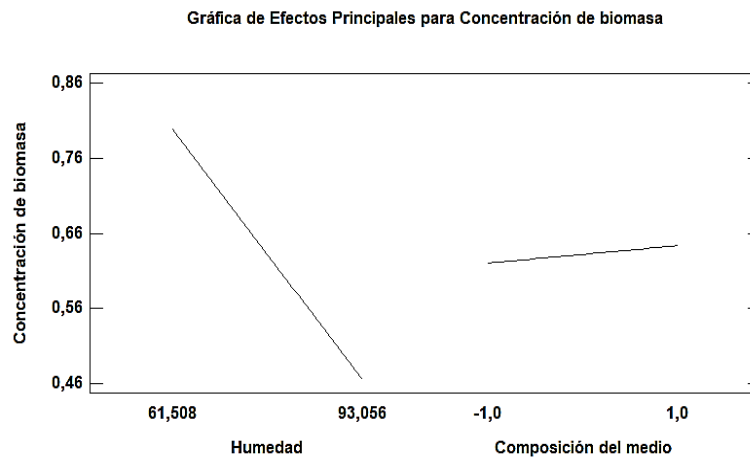
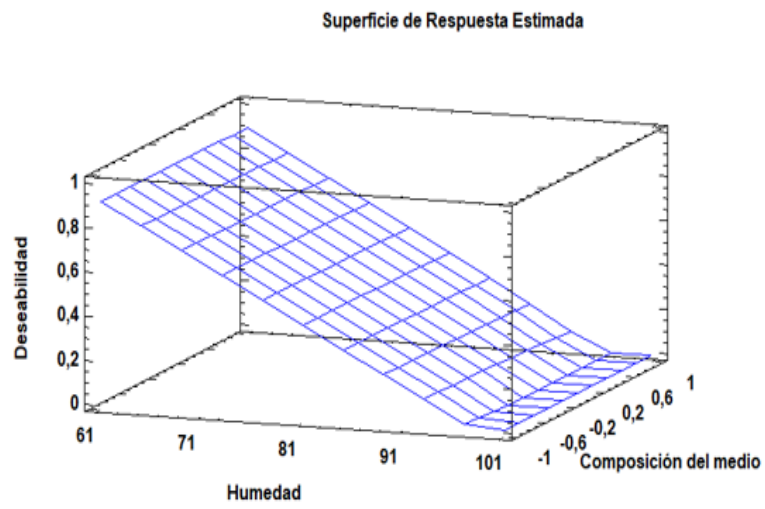


Figura 5. Diagrama de Superficie de Respuesta Estimada



ALIMENTOS, CIENCIA E INGENIERÍA

Revista de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato Ambato (Ecuador)

GUÍA PARA AUTORES (v.10)

Tipos de publicaciones

Los trabajos considerados para publicación en la revista podrán pertenecer a las siguientes categorías:

Artículos de investigación, que presenten resultados de trabajos originales de investigación científica o técnica, de **5000 palabras** de extensión máxima (aproximadamente 14 hojas escritas a doble espacio, Times New Roman 12 puntos).

Artículos de revisión, enfocados a la actualización del estado de la técnica o el conocimiento en un campo científico particular, en base la revisión de trabajos publicados o no, **10000 palabras** de extensión máxima (aproximadamente 28 hojas).

Notas de investigación, que presenten resultados preliminares provenientes de investigaciones originales que, por su carácter y alcance, requieren de una rápida difusión, no teniendo una extensión mayor a **2500 palabras** de extensión máxima (aproximadamente 7 hojas).

Cartas al Director, en las que se manifiesten críticas, análisis y/o interpretaciones sobre trabajos publicados en la revista que, a juicio del Comité Editorial, complementen

y enriquezcan la discusión sobre las temáticas abordadas, de **750 palabras** de extensión máxima (aproximadamente 2 hojas).

Principios generales

Las contribuciones a la presente publicación son responsabilidad exclusiva de los autores, no comprometiendo a la Universidad Técnica de Ambato en general ni a la Facultad de Ciencia y Tecnología de Alimentos en particular.

Mediante el envío de sus trabajos originales a la revista, los autores asumen implícitamente una posición ética respecto a la autoría de los trabajos por la cual cada uno de ellos acepta la publicación del trabajo, siendo incluido como autor por haber tenido una relación directa con la elaboración del trabajo, sea esta de planificación, diseño, ejecución, análisis de datos, redacción, revisión o edición del manuscrito. No se considera éticamente aceptable la inclusión de autores con vinculación indirecta, (p. ej.: haber financiado o auspiciado el trabajo de investigación) o vinculación nula (p. ej.: ser parte del mismo grupo de investigación, pero sin relación con el trabajo concernido).

Los trabajos deberán ser originales e inéditos, no haberse enviado previa o simultáneamente a otra publicación, sea en formato papel o electrónica, y cumplir con todas las especificaciones de estilo descritas en el documento Guía para Autores para que sean aceptados. Todas las referencias a trabajos ajenos, han de ser convenientemente expresadas de

forma implícita o explícita, reduciendo al mínimo las citas textuales. Se considerará autoplagio la copia textual o duplicación de material de trabajos previos de los autores sin una indicación clara del origen del mismo.

El Comité Editorial se reserva el derecho de rechazar todo artículo que no esté conforme a las prescripciones mencionadas.

Proceso editorial

A la recepción de los trabajos originales, el Editor valorará la pertinencia de la temática, el interés del trabajo, su originalidad mediante examen con el software Urkund (<http://www.orkund.com/en>) y el cumplimiento de la adecuación del formato a la Guía para Autores vigente. Tras esta verificación previa, los trabajos se enviarán de forma anónima a dos revisores elegidos por el Editor.

En el plazo máximo de 30 días naturales, se determinará la aceptación o no de los trabajos remitidos para su ingreso en el proceso de revisión. En caso positivo, se remitirá a los autores las correcciones que los revisores hayan estimado conveniente llevar a cabo. Los autores dispondrán de un nuevo plazo de 30 días para llevar a cabo las correcciones y remitir de nuevo su trabajo a la revista, explicitando todas las modificaciones llevadas a cambio en relación al documento enviado en primera instancia a la revista.

Si el resultado de la corrección es a satisfacción del Editor, será aceptado para su inmediata publicación en la revista. En caso negativo, se continuará

el proceso de revisión, pudiendo los autores renunciar a él en cualquier momento. A este respecto, una solicitud de publicación decaerá si, tras la demanda de la revista de llevar a cabo correcciones en un artículo, no se recibe respuesta por parte de los autores en un periodo de tiempo de 6 meses, momento a partir del cual, se deberá iniciar un nuevo proceso editorial.

La revista garantiza la completa confidencialidad de cualquier documento recibido durante el proceso de edición de los trabajos y el reconocimiento de la propiedad intelectual de los autores sobre mismos. Se permite la reproducción total o parcial de los artículos publicados en la revista, previa autorización por escrito del Editor de la misma así como de los Autores de los artículos.

Las citas o menciones en otras publicaciones se harán de acuerdo a los siguientes ejemplos:

Cita directa o explícita: (Llerena et al., 2014)

Cita indirecta o implícita: Llerena et al. (2014)

Referencia bibliográfica (estilo APA 6ª Ed.):

Llerena, W., Samaniego, I., Ramos, M., y Brito, B. (2014). Caracterización físico-química y funcional de seis frutas tropicales y andinas ecuatorianas. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 22(2), 13-22.

Formato

El artículo deberá ser remitido en formato electrónico, por correo electrónico o correo postal adjuntando CD-ROM o medio de almacenamiento digital análogo, editable mediante software de procesado de texto, preferentemente Microsoft Word o similar, con la siguiente configuración de página:

- Formato A4.
- Márgenes laterales de 3,0 cm y superior e inferior de 2,5 cm.
- Tipografía Times New Roman de 12 puntos en el cuerpo de texto principal.
- Una sola columna, escrita a doble espacio
- Líneas numeradas de forma continua.

En el correo electrónico o CD-ROM deberán entregarse las tablas y figuras incluidas en cada artículo en sus formatos nativos originales (Excel, Powerpoint, etc.), de manera que puedan ser editadas durante el proceso de maquetación, debiendo estar numeradas de la misma forma en que aparecen en el artículo.

Contenido de los artículos de investigación

• Primera página

1. Título

Se escribirá en castellano, tamaño Times New Roman 14, centrado, en letras mayúsculas, tendrá menos de 16 palabras. Se proporcionará debajo, en el mismo formato, la traducción al idioma inglés.

2. Autores

Para cada autor se incluirá el primer y, en su caso, segundo nombre de pila, el primer apellido, la dirección institucional, mediante un superíndice en números arábigos, y el correo electrónico de contacto del autor de correspondencia, que se significará mediante un asterisco (*).

3. Resumen/Abstract

El resumen se hará en castellano, no excediendo de **300 palabras**. Se escribirá en un sólo párrafo a espacio simple, en el que se incluirá una breve introducción, el objetivo de la investigación, los métodos utilizados y los principales resultados y conclusiones. No se incluirán aquí subdivisiones ni citas bibliográficas. El resumen se traducirá al idioma inglés y se colocará en párrafo aparte del mismo teniendo la palabra Abstract como encabezado.

4. Palabras clave/Keywords

Se proporcionarán, a continuación del Resumen, **entre tres y cinco palabras clave** en castellano **no incluidas en el título**, lo más descriptivas posibles del trabajo efectuado, de forma que faciliten la búsqueda del artículo a través de los sistemas de indexación y búsqueda bibliográfica. De igual manera, tras el Abstract, se proporcionarán las mismas palabras clave (Keywords), escritas en idioma inglés.

• Estructura del trabajo

El trabajo se escribirá en texto a columna simple, tamaño Times New Roman 12, justificado. Las secciones se subdividirán, en caso necesario, mediante esquema numerado (1.1,

1.1.1, 1.1.1.1; 1.2, etc.), debiendo las siguientes **secciones**:

Resumen (ya descrito en la descripción de la **Primera página**)

1. Introducción, en la que se justificará la motivación que ha llevado a los autores a emprender la investigación y los objetivos perseguidos. Aportará una adecuada base de conocimiento sobre el tema estudiado, evitando extenderse en la descripción de las referencias y la discusión sobre las mismas.
2. Material y métodos utilizados en la investigación, describiendo todo de forma tal que el lector pueda ser capaz de entender completamente o replicar las condiciones experimentales bajo las cuales han trabajado los autores. A este respecto, es necesario mencionar marca y modelo de los principales equipos utilizados y referenciar de forma precisa las técnicas analíticas empleadas, de preferencia, optando por normas estandarizadas y reconocidas en el ámbito internacional, salvo cuando los métodos hayan sido publicados con anterioridad, en cuyo caso, se mencionarán como referencia, describiendo únicamente las modificaciones sustanciales.

Se pide a los autores describir adecuadamente el diseño experimental elegido, las herramientas matemáticas y estadísticas utilizadas y el empleo de unidades de medida y notación del Sistema Internacional, así como adherirse a las normas internacionales de nomenclatura binomial de plantas y animales y hacer uso de abreviaturas previamente explicadas en el texto.

3. Resultados y discusión de los mismos, aportando las tablas, figuras, gráficos y diagramas que sean necesarias. Los resultados serán claros y concisos. Todo aporte de información original por parte de los autores deberá ser contrastado, en la medida de lo posible, con referencias a otros autores, explicando el significado que la nueva información supone dentro del contexto científico-técnico en el que se sitúa el artículo. La mera descripción numérica o textual de los resultados, dejada a libre interpretación del lector, no será considerada aceptable por el Comité Editorial en ningún caso.

4. Conclusiones, en las que se resuman los principales resultados obtenidos en la investigación. Esta sección, podrá tener entidad propia o integrarse dentro de la sección precedente.

Agradecimientos, sección opcional de la que se servirán los autores para el reconocimiento a aquellas personas u organismos que proveyeron de ayuda durante la elaboración del trabajo, bien aportando fuentes de financiación, material experimental, corrigiendo el manuscrito o aportando su opinión crítica.

Referencias bibliográficas, en las que se incluirán las fuentes de información utilizadas por los autores en la introducción, material y métodos y discusión de los resultados. Todas las citas utilizadas en el texto han de estar presentes en las referencias y cada referencia, ha de estar citada en el texto. El formato utilizado para la inclusión de las citas y referencias bibliográficas será APA 6ª edición (<http://www>.

apastyle.org). A este respecto, se recomienda a los autores la utilización de software de gestión bibliográfica (Endnote, Refworks, Mendeley, etc.) para evitar errores de formato y facilitar el flujo de trabajo al Comité Editorial. En cualquier caso, las referencias han de estar completas, de forma que el lector pueda localizar sin dificultad la fuente de información utilizada por los autores. Se recomienda la inclusión del identificador digital de objeto (DOI) de los artículos, cuando esté disponible (<http://www.doi.org/>).

• **Inserción de elementos no textuales en el trabajo**

1. **Tablas:** se proporcionarán aparte del texto principal y numerarán en Times New Roman 10, en la parte superior, de forma correlativa (Tabla 1, Tabla 2, etc.) según se vayan citando en el texto. Cada tabla deberá venir acompañada, a continuación de su numeración, de un título adecuadamente informativo, aportando las condiciones experimentales si es necesario, de forma que el lector no tenga la necesidad de referirse al texto para entender el contenido de la tabla (**autoexplicativa**). Los autores podrán utilizar notas al pie de las tablas para aclarar cualquier información o abreviatura utilizada, empleando para ello superíndices. Los autores deberán asegurarse de que la información ofrecida por las tablas no duplica la ofrecida por las figuras y viceversa. Al aportar información analítica, los autores deberán especificar los valores promedio y estadísticos de variabilidad de los datos (desviación típica, error estándar, coeficiente de variación, etc.), además del número

de réplicas llevadas a cabo en cada determinación. Las probabilidades se indicarán mediante la siguiente convención: * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$. El texto dentro de las tablas será Times New Roman 10. Se recomienda emplear las herramientas de formato propias del procesador de textos Microsoft Word para crear las tablas. La inserción de tablas en formato gráfico (JPEG, TIFF etc.) está fuertemente desaconsejada, por no permitir la correcta edición de las mismas en la versión final de la revista.

2. **Figuras:** se proporcionarán aparte del texto principal y numerarán, en Times New Roman 10, en la parte inferior, fuera de la propia figura, de forma correlativa (Figura 1, Figura 2, etc.) según se vayan citando en el texto. Cada figura deberá venir acompañada, a continuación de su numeración, de un título adecuadamente informativo, de forma que el lector no tenga la necesidad de referirse al texto para entender el contenido de la figura (autoexplicativa). Las figuras han de ser presentadas en formatos gráficos de adecuada calidad, como JPEG (con compresión no superior al 80%) o TIFF. Los formatos optimizados para presentación en pantalla (GIF, BMP, PICT, etc.) no ofrecen suficiente calidad para la impresión en formato papel, por lo que ha de evitarse su uso. Se recomienda, para elementos a color, una resolución mínima de 300 ppp (píxeles por pulgada), para medios tonos o escala de grises, una resolución mínima de 500 ppp y para elementos bitmap (blanco/negro) una resolución mínima de 1000 ppp. La revista se publica en formato digital

a color pero, dado que la versión impresa de la revista se edita en blanco y negro, se recomienda a los autores elaborar las figuras de forma que sigan siendo comprensibles en la gama de tonalidades de escala de grises, maximizando el contraste de los elementos gráficos, empleando símbolos claramente diferenciados, etc.

3. Ecuaciones: se intercalarán en el texto principal a medida que sea necesario, numerándose de forma correlativa mediante la notación Ecuación 1, Ecuación 2, etc. Para su incorporación al texto, se aconseja el uso del editor de ecuaciones del procesador de textos Microsoft Word o análogo (MathType, LaTeX, etc.). Todos los términos de cada ecuación deberán ser explicados convenientemente, incluyendo las unidades de cada término.

Contenido de trabajos diferentes a los artículos de investigación

Para las revisiones, notas de investigación y cartas al Editor, el formato de estos trabajos será similar al de los artículos de investigación en cuanto al tipo y tamaño de letra en el cuerpo principal (Times New Roman 12) y las figuras y tablas (Times New Roman 10). La estructura de las notas de investigación será análoga a la de los artículos de investigación, salvo en su extensión. Las revisiones incluirán resumen y palabras clave, pero no material y métodos ni resultados y discusión, aunque sí pueden incluir una sección de conclusiones, además de las referencias bibliográficas. Las cartas al Editor, podrán tener estructura libre.

