

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
	1.1 Hipótesis.....	2
	1.2 Objetivo general.....	2
	1.2.1 Objetivos específicos.....	2
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
	2.1 La cerveza.....	3
	2.2 Los principales ingredientes de la cerveza.....	3
	2.2.1 El agua.....	3
	2.2.1.1 Contenido de iones en el agua.....	4
	2.2.1.2 La dureza del agua.....	7
	2.2.1.3 El pH del agua.....	7
	2.2.2 Los cereales.....	8
	2.2.3 El lúpulo.....	10
	2.2.4 La levadura.....	11
	2.3 Procedencia de los metales en la cerveza.....	12
	2.4 Metales en la elaboración de cerveza.....	13
	2.5 Toxicidad de metales.....	14
	2.6 Determinación de metales en la cerveza.....	14
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
	3.1 Establecimiento del ensayo.....	16
	3.2 Material experimental.....	16
	3.3 Reactivos y soluciones utilizadas.....	17
	3.4 Preparación de las muestras.....	18
	3.5 Determinaciones.....	19
	3.5.1 Medición de pH.....	19

3.5.2	Medición de conductividad eléctrica.....	19
3.5.3	Análisis de metales.....	20
3.5.4	Análisis de datos.....	21
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1	Análisis de metales a través de espectrometría de absorción atómica de llama...22	
4.2	Contenido de metales según la zona geográfica de elaboración.....	26
4.3	Contenido de metales según el envase.....	29
4.4	Contenido de metales según grado alcohólico.....	32
4.5	Valores de pH y conductividad eléctrica en cervezas según el origen.....	33
V.	CONCLUSIONES.....	35
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	36
VII.	ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1: Contenido máximo permitido de elementos y sustancias químicas del agua potable en Chile.....</i>	<i>6</i>
<i>Cuadro 2: Contenido de elementos minerales en el grano de cebada.....</i>	<i>9</i>
<i>Cuadro 3: Cantidad de cervezas comerciales y artesanales utilizadas en el estudio, separadas según su procedencia.....</i>	<i>16</i>
<i>Cuadro 4: Cervezas separadas según su grado alcohólico.....</i>	<i>17</i>
<i>Cuadro 5: Parámetros de programación del horno microondas para la digestión ácida.....</i>	<i>19</i>
<i>Cuadro 6: Concentraciones de metales utilizadas para cada una de las curvas de calibración..</i>	<i>20</i>
<i>Cuadro 7: Contenido de elementos metálicos en cervezas chilenas y extranjeras analizadas a través de espectrometría de absorción atómica de llama y un ICP-MS.....</i>	<i>24</i>
<i>Cuadro 8: Niveles de referencia del contenido de metales en cervezas extranjeras analizadas a través de espectrometría de absorción atómica de llama.....</i>	<i>25</i>
<i>Cuadro 9: Contenido de elementos metálicos en cervezas chilenas según la zona geográfica de elaboración y sus medidas de tendencia central.....</i>	<i>28</i>
<i>Cuadro 10: Composición química del agua según el estilo de cerveza.....</i>	<i>40</i>
<i>Cuadro 11: Parámetros instrumentales para la determinación de las especies de As.....</i>	<i>40</i>
<i>Cuadro 12: Análisis de varianza de los elementos metálicos con diferencias estadísticamente significativas según el origen (cervezas chilenas y extranjeras).....</i>	<i>41</i>
<i>Cuadro 13: Análisis de varianza de los elementos metálicos con diferencias estadísticamente significativas según la zona geográfica de elaboración (cervezas chilenas).....</i>	<i>42</i>

Cuadro 14: Análisis de varianza de los elementos metálicos con diferencias estadísticamente significativas según el envase que las contiene (cervezas chilenas y extranjeras).....44

Cuadro 15: Análisis de varianza de los elementos metálicos con diferencias estadísticamente significativas según el grado alcohólico (cervezas chilenas y extranjeras).....44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Contenido de As total ($\mu\text{g/L}$) y bajo su forma inorgánica en cervezas chilenas y extranjeras.....26

Figura 2: Concentración metálica de los elementos Fe y Mg según el envase (B= botella; L= lata) que contiene las cervezas chilenas y extranjeras.....31

Figura 3: Análisis de componentes principales (PCA) de los elementos metálicos según el grado alcohólico mediante la espectrometría de absorción atómica de llama.....33

Figura 4: Contenido de metales en cervezas chilenas y extranjeras según el envase (B= botella; L= lata) que las contiene. A, Cu, Mn, Fe y Zn; B, K, Na, Ca y Mg; C, As.....42