



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUÍMICA

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CERVEZAS
ARTESANALES USANDO MÉTODOS
MULTIVARIADOS DE MODELAMIENTO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

QUÍMICA

AUTORA: VERÓNICA PAULINA HEREDIA JARA

DIRECTOR: Dr. ROBERT ALCIDES CAZAR RAMÍREZ. PhD

Riobamba – Ecuador

2022

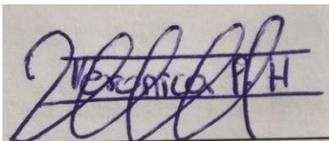
©2022, Verónica Paulina Heredia Jara

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca Derecho de Autor.

Yo, VERÓNICA PAULINA HEREDIA JARA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de junio de 2022

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is stylized and appears to read 'Verónica P. H.' with a horizontal line drawn through the middle of the text.

Verónica Paulina Heredia Jara

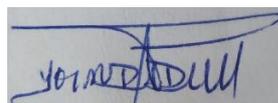
060518942-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CERVEZAS ARTESANALES USANDO MÉTODOS MULTIVARIADOS DE MODELAMIENTO**”, realizado por la señorita: **VERÓNICA PAULINA HEREDIA JARA**”, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que se cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

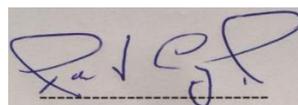
FIRMA

FECHA



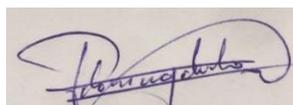
Dra. Yolanda Dolores Díaz Heredia. Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

2022-06-30



Dr. Robert Alcides Cazar Ramírez. PhD.
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

2022-06-30



Dr. Carlos Pilamunga Capuz. PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

2022-06-30

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación ha llegado a la culminación exitosa por motivo de varias personas autoras que con su participación han contribuido para su realización, por ello se lo dedico:

A Dios por ser la fortaleza y la guía espiritual durante la trayectoria de mi vida y la de mi familia, por protegernos bajo su sagrado manto y darnos la valentía para seguir adelante cada día.

A mis padres Marco Heredia y María Elena Jara por ser los pilares fundamentales en el transcurso de mi camino, por su apoyo, paciencia, sacrificio y acompañamiento a lo largo de mi carrera, por ser la luz cuando la necesito y su gran valor para enfrentar todas las adversidades que se presentan cada día, por ser mi motivación e inspiración para alcanzar cada meta que me he propuesto.

A mis hermanos Mariela Heredia, Daniel Heredia y a mi primo Israel Heredia por su indispensable apoyo y conocimiento brindado durante toda mi carrera, por ser un amigo, confidente, psicólogo, comediante y demás personajes adoptados por ellos para brindarme el bienestar que necesitaba.

A mis abuelitos Ángel Jara y Teresa Guerra por ser mis segundos padres y velar por mi seguridad desde que era niña, por ser las personas pendientes de que mi camino sea en rectitud y sus constantes mimos cuando lo pueden hacer.

A mi tío Washington Jara Guerra esperando que se encuentre descansado en paz, le dedico por ser un acompañamiento y guía desde mi niñez, por ser mi motivador personal y creer en mi potencial, por su apoyo hacia mis padres para ver por el bienestar de nuestra familia.

A mis amigos cercanos David Lozano, Sebastián Lluilema, Luis Cedeño, Paulo Cabezas que con sus consejos me han ayudado a seguir adelante, me han aportado varias experiencias en mi vida y no han dudado de lo que puedo lograr.

Verónica

AGRADECIMIENTO

A todas las personas mencionadas anteriormente por todos los méritos que han realizado para que este trabajo se encuentre hoy culminado les brindo mi más sincero agradecimiento sabiendo que no recompensa todo su apoyo.

A mi tutor Dr. Rober Cazar por los conocimientos brindados y la orientación para el desarrollo del presente trabajo, a los técnicos docentes Ing. Mauricio Álvarez y Quim. Jefferson Bautista por su guía y acompañamiento durante el trabajo de investigación.

A mis profesores que me han brindado el conocimiento durante toda mi carrera para poder enfrentar la competencia profesional fuera de las aulas.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo honorable institución académica que me abrió sus puertas para ser una profesional.

Verónica

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.1. Cerveza Artesanal.....	7
1.1.1. <i>Producción de la Cerveza Artesanal</i>	7
1.1.2. <i>Composición de la cerveza artesanal</i>	8
1.1.3. <i>Tipos de Cerveza Artesanal</i>	11
1.1.4. <i>Defectos y Contaminaciones de la Cerveza</i>	11
1.2. Control de calidad de cervezas	12
1.3. Técnicas para análisis.....	13
1.3.1. <i>Equipos para análisis</i>	14
1.4. Diseño Experimental.....	15
1.4.1. <i>Estadística Descriptiva</i>	15
1.4.2. <i>Quimiometría</i>	17
1.4.3. <i>Análisis Multivariado</i>	17
1.4.3.1. <i>Operaciones entre Matrices</i>	18
1.4.3.2. <i>Pretratamiento de Datos</i>	19
1.4.3.3. <i>Análisis de Componentes Principales</i>	19
1.4.3.4. <i>Análisis de Agrupamientos (Clustering)</i>	20
1.4.4. <i>Métodos de Clasificación</i>	37

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN	38
2.1. Tipo de Investigación.....	38
2.2. Método de Investigación.....	39
2.3. Población y Muestra	40

2.4. Diseño de la Investigación	42
2.4.2. <i>Preprueba</i>	42
2.4.2. <i>Posprueba</i>	42

CAPÍTULO III

3.1. Obtención de Muestras	57
3.2. Análisis de Resultados	58
3.3. Discusión de resultados	88

CONCLUSION	89
-------------------------	----

RECOMENDACIONES	90
------------------------------	----

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Matriz de distancia inicial entre 7 individuos.....	23
Tabla 2-1:	Matriz de distancia	24
Tabla 3-1:	Matriz de distancia	24
Tabla 4-1:	Matriz de distancia	24
Tabla 5-1:	Matriz de distancia	25
Tabla 6-1:	Matriz de distancia	25
Tabla 7-1:	Matriz de distancia inicial entre 7 individuos.....	27
Tabla 8-1:	Matriz de distancia	27
Tabla 9-1:	Matriz de distancia	27
Tabla 10-1:	Matriz de distancia	28
Tabla 11-1:	Matriz de distancia	28
Tabla 12-1:	Matriz de distancia	28
Tabla 13-1:	Matriz de distancia inicial entre 7 individuos.....	29
Tabla 14-1:	Matriz de distancia	30
Tabla 15-1:	Matriz de distancia	30
Tabla 16-1:	Matriz de distancia	31
Tabla 17-1:	Matriz de distancia	31
Tabla 18-1:	Matriz de distancia	31
Tabla 19-1:	Representación gráfica de los métodos jerárquicos Aglomerativos.....	32
Tabla 20-1:	Matriz de 5 individuos.....	35
Tabla 21-1:	Posibles combinaciones.....	35
Tabla 22-1:	Posibles combinaciones.....	36
Tabla 1-2:	Recolección de datos	41
Tabla 2-2:	Parámetros instrumentales y de lectura del equipo.....	49
Tabla 1-3:	Recolección de 12 marcas de cerveza artesanal	57
Tabla 2-3:	Desgasificación de las 12 marcas de cerveza	58
Tabla 3-3:	Datos obtenidos en el análisis para grado alcohólico	59
Tabla 4-3:	Resultado de la variable Grado Alcohólico	59
Tabla 5-3:	Datos obtenidos en el análisis para acidez total.....	60
Tabla 6-3:	Datos medidos para densidad	61
Tabla 7-3:	Resultado de media aritmética acidez total	66
Tabla 8-3:	Resultado de medición de pH.....	67
Tabla 9-3:	Resultado de media aritmética pH.....	67
Tabla 10-3:	Resultado de media aritmética Fe.....	68

Tabla 11-3: Resultado de media aritmética Pb	69
Tabla 12-3: Resultado de media aritmética As	70
Tabla 13-3: Base de Datos. Media Aritmética	71
Tabla 14-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable pH.....	72
Tabla 15-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable	72
Tabla 16-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable	73
Tabla 17-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable	73
Tabla 18-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable	74
Tabla 19-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable	74
Tabla 20-3: Diferencia entre distancia euclidiana y manhattan	77
Tabla 21-3: Contribuciones (loadings) de las variables originales en las dos primeras componentes principales.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Equipo de titulación	14
Figura 2-1.	Equipo de destilación	14
Figura 3-1.	pH metro.....	15
Figura 4-1.	Equipo de absorción atómica.....	15
Figura 5-1.	Representación gráfica de exactitud y precisión	16
Figura 6-1.	Estructura de un conjunto de datos.....	18
Figura 7-1.	Operaciones de Matrices	19
Figura 8-1.	Distancia entre clústeres.....	22
Figura 9-1.	Similitud entre clústeres	22
Figura 10-1.	Unión de clústeres C_i y C_j	22
Figura 11-1.	Condición para la unión de clústeres.....	23
Figura 12-1.	Condición para la unión de clústeres.....	23
Figura 13-1.	Formación del primer cluster	23
Figura 14-1.	Formación del segundo clúster.....	24
Figura 15-1.	Formación del tercer cluster	24
Figura 16-1.	Formación del cuarto clúster	25
Figura 17-1.	Formación del quinto clúster.....	25
Figura 18-1.	Dendograma. Método single-linkage	25
Figura 19-1.	Distancia entre clústeres.....	26
Figura 20-1.	Unión de los primeros clústeres	26
Figura 21-1.	Unión de clústeres por similitud.....	26
Figura 22-1.	Formación del primer clúster	27
Figura 23-1.	Formación del segundo clúster.....	27
Figura 24-1.	Formación del tercer clúster.....	28
Figura 25-1.	Formación del cuarto clúster	28
Figura 26-1.	Formación del quinto clúster.....	28
Figura 27-1.	Dendograma. Método complete-linkage	29
Figura 28-1.	Distancia media entre clústeres	29
Figura 29-1.	Formación del primer clúster	30
Figura 30-1.	Formación del segundo clúster.....	30
Figura 31-1.	Formación del tercer clúster.....	30
Figura 32-1.	Formación del cuarto clúster	31
Figura 33-1.	Formación del quinto clúster.....	31
Figura 34-1.	Dendograma. Método average-linkage	32

Figura 35-1. Clúster con menor incremento	32
Figura 36-1. Suma de cuadrados de los errores para los clústeres	33
Figura 37-1. Incremento de E	34
Figura 38-1. Dendograma método de Ward.....	37
Figura 1-2. Proceso de Desgasificación para cada cerveza artesanal	42
Figura 2-2. Esquema general para medición de grado alcohólico para cada cerveza artesanal..43	
Figura 3-2. Esquema general para medición de pH para cada cerveza artesanal.....	44
Figura 4-2. Calibración de pH metro marca HDM.	44
Figura 5-2. Esquema general para medición acidez total para cada cerveza artesanal	45
Figura 6-2. Esquema general de preparación de agua acidulada	47
Figura 7-2. Esquema general de preparación de solución estándar de hierro	47
Figura 8-2. Esquema general de preparación de primer estándar	47
Figura 9-2. Esquema general de preparación de segundo estándar.....	48
Figura 10-2. Esquema general de preparación de tercer estándar.....	48
Figura 11-2. Esquema general de preparación de cuarto estándar	48
Figura 12-2. Esquema general para la determinación de hierro.....	48
Figura 13-2. Esquema general para la preparación de muestra	50
Figura 14-2. Esquema general para la preparación de soluciones de $Mg(NO_3)_2$	50
Figura 15-2. Esquema general para la preparación de soluciones de HCl.....	50
Figura 16-2. Esquema general para la preparación de soluciones de HNO_3	51
Figura 17-2. Esquema general de preparación de solución de Plomo	51
Figura 18-2. Esquema general para la preparación de primer estándar	51
Figura 19-2. Esquema general para la preparación de segundo estándar.....	52
Figura 20-2. Esquema general para la preparación de tercer estándar.....	52
Figura 21-2. Esquema general para la preparación de cuarto estándar	52
Figura 22-2. Esquema general para la determinación de plomo	53
Figura 23-2. Esquema general para la preparación de soluciones de $Mg(NO_3)_2$	54
Figura 24-2. Esquema general para la preparación de soluciones de HCl.....	54
Figura 25-2. Esquema general para la preparación de solución de yoduro de potasio con ácido ascórbico	54
Figura 26-2. Esquema general para la preparación de solución borohidruro de sodio	54
Figura 27-2. Esquema general para la preparación de muestra	55
Figura 28-2. Esquema general para la preparación de agua acidulada	55
Figura 29-2. Esquema general para la preparación de solución estándar de arsénico	56
Figura 30-2. Esquema general para la determinación de arsénico.....	56
Figura 1-3. Representación de las distancias manhattan.....	76

Figura 2-3. Representación de la tercera propiedad de la distancia manhattan	77
Figura 3-3. Dendograma obtenido con el método single linkage, distancia Euclideana.....	78
Figura 4-3. Dendograma obtenido con el método completo linkage, distancia euclídeana	79
Figura 5-3. Dendograma obtenido con el método average linkage, distancia euclidea	80
Figura 6-3. Dendograma obtenido con el método Ward, distancia euclidea	81
Figura 7-3. Dendograma análisis de agrupamiento, método single linkage, distancia mahatta..	82
Figura 8-3. Dendograma análisis de agrupamiento, método Complete linkage, distancia manhattan	83
Figura 9-3. Dendograma análisis de agrupamiento, método average linkage, distancia manhattan.	84
Figura 10-3. Dendograma análisis de agrupamiento, método anh, distancia manhattan	86
Figura 11-3. Análisis de componentes principales (PCA).	87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2. Ejemplo de cálculo del contenido de hierro en la cerveza con los datos obtenidos en laboratorio	46
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS
- ANEXO B.** PREPRUEBA. DESGASIFICACIÓN
- ANEXO C.** POSPRUEBA. GRADO ALCOHÓLICO
- ANEXO D.** POSPRUEBA. PH
- ANEXO E.** POSPRUEBA. ACIDEZ TOTAL
- ANEXO F.** POSPRUEBA. ACIDEZ TOTAL
- ANEXO G.** POSPRUEBA. ACIDEZ TOTAL
- ANEXO H.** POSPRUEBA. DETERMINACIÓN DE METALES
- ANEXO I.** PROTOCOLO PARA USO DEL EQUIPO ESPECTROFOTÓMETRO DE
ABSORCIÓN ATÓMICA
- ANEXO J.** RESULTADOS DE LA DETECCIÓN DE METALES POR
ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ASOCERV. Asociación de Cervecerías del Ecuador.

ARCOSA. Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria.

INEC. Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censo.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la calidad de 12 marcas de cerveza artesanal a través de la aplicación de métodos multivariado de modelamiento en base a 6 distintos parámetros fisicoquímicos. Se llevó a cabo los siguientes análisis: grado alcohólico aplicando el método de destilación para obtener el grado de etanol contenido, que se midió con la ayuda del hidrómetro; determinación de pH utilizando un pH metro; determinación de acidez total basado en el método de volumetría, realizando una titulación ácido-base con estándar de hidróxido de sodio 0.1 normal; fue necesario determinar la densidad para obtener el contenido de ácido láctico en cada marca de cerveza; determinación de la presencia de metales (plomo, arsénico y hierro) aplicando el método espectrofotometría de absorción atómica, el cual requirió la preparación de la muestra por medio de una calcinación y adición de varias soluciones para obtener el metal deseado; se debe recalcar que antes de realizar los análisis mencionados se efectuó un pretratamiento denominado desgasificación, el mismo que en esta investigación se estandarizó con tiempo mínimo de 1 hora para cada marca de cerveza artesanal. Cada análisis de esta investigación se lo ha realizado por duplicado para construir la matriz. Al aplicar quimiometría, se realizó dos análisis: Agrupamiento de datos y Componentes Principales. Para el análisis de agrupamiento se aplicó cuatro métodos: single linkage, complete linkage, average linkage y método de Ward a dos distancias: euclideana y manhattan; llevados a cabo a través del programa Infostat. El análisis fue realizado en base a los índices permisibles de calidad, indicando que de todas las cervezas artesanales tenemos, cuatro incumplen la acidez permisible, una incumple el contenido de hierro y un incumplimiento de pH. Concluyendo que la cerveza artesanal con mejor calidad es: Mestiza. Se recomienda analizar más parámetros para obtener un análisis mucho más completo.

Palabras clave: <CERVEZA ARTESANAL>, <CONTROL DE CALIDAD>, <QUIMIOMETRÍA>, <ANÁLISIS MULTIVARIADO>, <ESPECTROFOTOMETRÍA>, <ANÁLISIS DE ACIDEZ TOTAL>, <ANÁLISIS DE GRADO ALCOHÓLICO>, <ANÁLISIS DE pH>.



ABSTRACT

The objective was to evaluate the quality of 12 brands of craft beer through the application of multivariate modeling methods based on 6 different physicochemical parameters. The following analyses were conducted: alcoholic strength by applying the distillation method to obtain the ethanol content, which was measured with the help of the hydrometer, determination of pH using a pH meter; determination of total acidity based on the volumetric method, performing an acid-base titration with normal 0.1 sodium hydroxide standard; it was necessary to determine the density to get the lactic acid content in each brand of beer; determination of the presence of metals (lead, arsenic and iron) by applying the spectrophotometry method of atomic absorption, which required the preparation of the sample by means of a calcination and addition of several solutions to get the desired metal; it should be emphasized that before conducting the aforementioned analyzes, a pre-treatment called degassing was conducted, the same one that in this research was standardized with a minimum time of 1 hour for each brand of craft beer. Each analysis of this research has been done in duplicate to build the matrix. When applying chemometrics, two analyses were performed: Data Grouping and Core Components. For the clustering analysis, four methods were applied: single linkage, complete linkage, average linkage and Ward's method at two distances: Euclidean and Manhattan; conducted through the Infostat program. The analysis was based on the permissible quality indices, representing that some craft beers have; four of them do not comply with the permissible acidity, one does not comply with the iron content and one pH breach. Concluding that the craft beer with the best quality is: Mestiza. It is recommended to analyze more parameters to get a much more complete analysis.

Keywords: <CRAFT BEER>, <QUALITY CONTROL>, <CHEMOMETRICS>, <MULTIVARIATE ANALYSIS>, <SPECTROPHOTOMETRY>, <TOTAL ACIDITY ANALYSIS>, <ALCOHOL CONTENT ANALYSIS>, <pH ANALYSIS>.



Lic.Edison Renato Ruiz López

CI: 0603957044

INTRODUCCIÓN

La Asociación de Cervecerías Artesanales estima que en nuestro país existen cerca de 150 cervecerías de este tipo, pero la Superintendencia de Compañías registra 117 y el Directorio de Empresas el cual es elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censo (INEC) registra 57 en el año 2018, indicando que no todos los negocios se encuentran registrados y la mayoría trabajan informalmente por lo que se desconoce su calidad, sin embargo, éstas son distribuidas y consumidas en todo el país de manera cotidiana.

El organismo encargado de regular la calidad de las cervezas artesanales que se comercializa dentro del Ecuador es la Agencia Nacional de Regulación, Control Y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), a través del cumplimiento de la normativa INEN 2262-1.

En Riobamba actualmente se encuentra en auge la fabricación de cerveza artesanal, por lo que hay varios establecimientos donde se la comercializa o se la prepara, existen algunas marcas de cerveza artesanal generadas propiamente en la ciudad ya sea en establecimientos de diversión o de manera independiente. En los supermercados también se han encontrado marcas propias de la ciudad y cervezas importadas, la mayoría de ellas no cuentan con alguna etiqueta de información sobre su calidad u otra descripción.

A las 12 cervezas artesanales obtenidas al azar en supermercados, centros de diversión y microempresas se les realizará un control de calidad regido a los parámetros Físicoquímicos establecidos por la normativa INEN 2262-1 de los cuales se analizarán 6 parámetros; ya que si dichos parámetros se encuentran fuera de la normativa podría generar problemas en la salud de los consumidores.

JUSTIFICACIÓN

El reciente auge de la cerveza artesanal se debe a su agradable sabor y sus grandes beneficios, es por ello que la calidad que ofrece cada una de las cervezas es de suma importancia, debido a que al ser una opción atractiva y supuestamente saludable se espera que la misma no genere afecciones en su consumo. La calidad de una cerveza es influenciada por la composición química del producto la misma que debe cumplir con ciertos índices de regularización para ser comercializada, estos índices en nuestro país se encuentran regidos para la cerveza en general, pero no se ha encontrado una normativa específica para bebidas artesanales la cual permita obtener un análisis completo de su calidad, es por ello que este trabajo de integración curricular propone ejecutar una valoración de la calidad de un número importante de marcas de cerveza artesanal disponibles en el mercado a partir de ciertas variables fisicoquímicas como: su grado de alcohol, pH, acidez total y contenido de metales pesados (arsénico, hierro y plomo), aplicando métodos quimiométricos de modelamiento y clasificación. Con esto se espera obtener un procedimiento rápido y eficiente para determinar la calidad de las cervezas artesanales.

ANTECEDENTES

De acuerdo con la asociación de cerveceras del Ecuador (ASOCEV), en el año 2018 el 0,59% de cerveza distribuida en el país representa a producción artesanal, el 98% cerveza industrial y el 1,4% cerveza importada. El 0,59% representa a 232 marcas de cerveza artesanal en el país de las cuales solo 160 se encuentran registradas en el SRI, sin embargo, solo el 70% de estas se encuentran reguladas en nuestro país.

Se ha detectado un crecimiento de empresas cerveceras artesanales de un 20% aproximadamente para cada año por lo que se estima que no todas estarán reguladas bajo las normas INEN 2262-1 que exige la Agencia Nacional de Regulación, Control Y Vigilancia Sanitaria (ARCSA).

La Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares Urbanos y Rurales del 2012 indica que más de 900 mil ecuatorianos ingieren alcohol, y de los mismos el 79,2% opta por tomar únicamente cerveza, pero al estar solo el 70% reguladas dentro del Ecuador, nos sugiere que no todas las cervezas artesanales que se distribuyen en el país respetan esta normativa. Yesto podría representar un riesgo para la salud de quienes consuman una cerveza fuera de estos parámetros.

Un estudio realizado en la Universidad de Sevilla-España por María Picón Sánchez titulado "*Análisis físicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza*", muestra técnicas analíticas cuantitativas para el análisis de cervezas artesanales en base a la normativa BOE-A-2016-11952 las cuales abarcan parámetros físicoquímicos como grado alcohólico, pH, densidad y masa volúmica, extracto real, extracto seco primitivo, color, amargor y otros parámetros como anhídrido carbónico, anhídrido sulfuroso, turbidez, contenido de metales, dan cuenta de un control completo de la calidad de una cerveza artesanal considerando que la normativa mencionada es específica para cerveza artesanal. Las técnicas cuantitativas de este estudio se han tomado en consideración para esta investigación ya que son similares a las que se han regido en nuestra normativa INEN.

En Riobamba se han generado pequeños productores de cerveza artesanal como la marca Sacha Runa, Heisen-Beer, Mestiza; en supermercados como Tía y Supermaxi se obtiene cervezas importadas como: Páramo, Oettinger, 5.0 Original cervezas Alemanas y Kristoffel cerveza Belgica; en centros de diversión nocturnos se ha encontrado: Condor Stoul, Chili Passion Ale, Andes Blonde Ale procedentes de Quito y latitud cero perteneciente a Cuenca. Estas son las muestras consideradas en este estudio.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Evaluar la calidad de 12 marcas de cerveza artesanal comercializadas en el cantón Riobamba provincia de Chimborazo basado en los parámetros fisicoquímicos de la Normativa INEN 2262-1 usando métodos multivariados de modelamiento.

Objetivos Específicos

- Analizar pH y grado alcohólico de 12 distintas marcas de cerveza artesanal por método potenciométrico y volumétrico respectivamente.
- Identificar la presencia de metales pesados (hierro, arsénico y plomo) en 12 distintas marcas de cerveza artesanal por método de Espectrofotometría de absorción atómica.
- Obtener la concentración de ácido láctico de 12 distintas marcas de cerveza artesanal por medio de titulación potenciométrica.
- Realizar una evaluación de la calidad de las distintas marcas de cerveza con los parámetros obtenidos usando métodos multivariados de modelamiento.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

General

H₀: Las 12 marcas de cerveza artesanal del Ecuador cumplen con la norma de calidad INEN 2262-1 evaluadas por medio de métodos multivariados.

H_a: Las 12 marcas de cerveza artesanal del Ecuador no cumplen con la norma de calidad INEN 2262-1 evaluadas por medio de métodos multivariados.

Específicas

H₀₁: Las 12 cervezas artesanales se encuentran dentro del rango de 1 a 10 de grado alcohólico permitido por la INEN 2262-1

H_{a1}: Las 12 cervezas artesanales no se encuentran dentro del rango de 1 a 10 de grado alcohólico permitido por la INEN 2262-1

H₀₂: Las 12 cervezas artesanales se encuentran dentro del rango de 3,5 a 4,8 de pH permitido por la INEN 2262-1

H_{a2}: Las 12 cervezas artesanales no se encuentran dentro del rango de 3,5 a 4,8 de pH permitido por la INEN 2262-1

H₀₃: Las 12 cervezas artesanales se encuentran dentro del nivel máximo de 0,1 de concentración de arsénico permitido por la INEN 2262-1

H_{a3}: Las 12 cervezas artesanales no se encuentran dentro del nivel máximo de 0,1 de concentración de arsénico permitido por la INEN 2262-1

H₀₄: Las 12 cervezas artesanales se encuentran dentro del nivel máximo de 0,2 de concentración de hierro permitido por la INEN 2262-1.

H_{a4}: Las 12 cervezas artesanales no se encuentran dentro del nivel máximo de 0,2 de concentración de hierro permitido por la INEN 2262-1.

H₀₅: Las 12 cerveza artesanales se encuentran dentro del nivel máximo de 0,1 de concentración de plomo permitido por la INEN 2262-1.

H_{a5}: Las 12 cerveza artesanales no se encuentran dentro del nivel máximo de 0,1 de concentración de plomo permitido por la INEN 2262-1.

H₀₆: Las 12 cervezas artesanales se encuentran dentro del nivel máximo de 0,3 de acidez permitido por la INEN 2262-1

H_{a6}: Las 12 cervezas artesanales no se encuentran dentro del nivel máximo de 0,3 de acidez permitido por la INEN 2262-1

IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variables Independientes: Métodos Multivariados de Modelamiento

Variables Dependientes: Contenido alcohólico, pH, Contenido de arsénico, Contenido de hierro, Contenido de plomo, Acidez total.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1. Cerveza Artesanal

La producción a gran escala de cerveza artesanal en Ecuador se inició en el 2011 cuando se crearon algunos bares temáticos para consumo doméstico, con el tiempo se inició la producción de esta bebida a partir del año 2013 bajo los estándares de calidad, con ello se dio origen a microempresas interesadas en la elaboración de cerveza artesanal. Este sector ha crecido aproximadamente 20 veces cada año, la Asociación de Cervecerías Artesanales del Ecuador menciona a 45 empresas en el país, sin embargo, se han originado emprendimientos caseros que no cuentan con registro de la entidad; con la crisis sanitaria del COVID-19 estos emprendimientos se han visto en constante crecimiento, donde han originado un sin número de combinaciones y marcas de este producto siendo complicado obtener los registros sanitarios respectivos para su comercialización.

En una encuesta realizada por *Opina América Latina* se ha evidenciado que el 46% de los ecuatorianos ha convertido a la cerveza artesanal en una opción más viable para su consumo (El Comercio, 2016 pág. 1) debido a los beneficios que ofrece: 1. Posibilidad reducida de piedras en los riñones por su gran contenido de agua que hidrata a los mismos, 2. Contrarresta el estreñimiento por su contenido de fibra soluble, 3. Ayuda a los huesos por su contenido amplio de minerales como el silicio, 4. Reduce los ataques al corazón, 5. Contrarresta algunos tipos de cáncer debido a su contenido de antioxidantes, 6. Previene el insomnio ya que contrarresta el estrés, 7. Previene los coágulos sanguíneos, 8. Previene el envejecimiento ya que contiene antioxidantes. 9. Mejor sabor ya que su proceso es natural esto confiere a la cerveza más cuerpo, sabor y aroma, 10. Previene la anemia debido a su contenido de alto en vitamina B12, entre otros (Beneficios de la Cerveza Artesanal, 2017: p. 1) (Rios Cabrera, 2018: p. 1).

1.1.1. Producción de la Cerveza Artesanal

Malteado: El malteado es el proceso en el que se germina y tuesta el cereal, normalmente este cereal es la cebada, aunque también suele maltearse trigo y con menor frecuencia centeno y sarraceno entre otros. Se debe tener en cuenta ciertos factores a controlar como: tipo de grano, tiempo que pasa el grano en cada fase, humedad y temperatura. Las distintas fases del malteado son: recepción del cereal, remojo, germinación, secado y tostado.

Obtención del mosto: Se parte de distintas materias primas para su posterior fermentación. La

etapa previa se prepara los ingredientes para la fabricación del mosto, cuyos ingredientes constan de agua, malta. etc.

Maceración: Es la principal etapa en la producción de la cerveza, se mezcla la malta y los adjuntos con agua caliente en determinada proporción y se lo deja macerar por un tiempo.

Filtración y Lavado: Se separa la disolución en la cual se encuentran disponibles la mayoría de los compuestos solubles, realizando un lavado del residuo el cual arrastra gran parte de los compuestos que aún continúan.

Cocción: Se lleva a ebullición el mosto verde con el lúpulo para obtener mosto cocido, maneja tiempos de entre 35 a 120 minutos.

Limpieza y enfriamiento: Una vez obtenido el mosto cocido se lo somete a un proceso de separación donde se separa el mosto caliente limpio, las heces del lúpulo y el trub.

Elaboración de la cerveza: Procesos del cual se lleva a cabo la transformación del mosto en la cerveza final. Estos procesos son: 1. Preparación para la fermentación una vez frío el mosto se lo debe airear con la cantidad necesaria de oxígeno y el proceso de fermentación.

Maduración y reposos: Respecto a la maduración o guarda y reposo, esta es considerada en multitud de casos como un periodo de tiempo en el que entre otros fenómenos suele producirse una fermentación secundaria, donde se fermentan los azúcares residuales aún presentes en la cerveza verde.

1.1.2. Composición de la cerveza artesanal

a) Ingredientes

Agua. Es el ingrediente de mayor cantidad presente en la elaboración de cerveza. El agua se considera blanda (pH bajo) o dura (pH alto) según la cantidad de minerales que posee con los cuales dan el sabor distintivo de cada cerveza; por ejemplo, para cervezas tipo Lager se usa aguas blandas con bajo contenido cálcico, para cervezas tipo Stout con agua muy dura con gran cantidad de bicarbonato y calcio (Totalsafepack, 2018a: p.1) (Vasca, 2019a: p. 1).

Malta. Se lo obtiene de distintos cereales como cebada, trigo, centeno o incluso avena, se deja germinar en un proceso llamado malteado para obtener malta, una vez que se obtiene malta se procede a macerar para obtener azúcares fermentables sumergiéndolos en agua caliente produciendo el mosto (sabor muy dulce) de la cerveza (Totalsafepack, 2018b: p. 1) (Vasca, 2019b: p. 1). El proceso de malteado básicamente se basa en la germinación de las semillas a partir del tostado activando enzimas, consiguiendo así el azúcar durante la maceración. La malta le da a cada cerveza el color, cantidad de alcohol y se encarga también de que sea dulce o más seca. Cuanto más tostadas estén menor contenido de azúcar fermentable poseen es por ello que se

utiliza pequeñas cantidades de maltas tostadas para su sabor y maltas poco tostadas para el aporte de azúcares fermentables (Totalsafepack, 2018c: p. 1) (Vasca, 2019c: p. 1).

Lúpulo. Aquel ingrediente que le da el sabor amargo y el aroma a una cerveza, son emparentadas con el cannabis existiendo muchas variantes. El amargor vendrá dado por el tipo de lúpulo que se utilice, su cantidad y el momento que se introduce al proceso de elaboración de una cerveza artesanal. Existen dos tipos: lúpulos amargos que se los usa al inicio de la ebullición y lúpulos aromáticos que se usa pequeñas cantidades al final de la ebullición (Totalsafepack, 2018d: p. 1) (Vasca, 2019d: p. 1).

Levadura. Es aquel que transforma el azúcar del mosto en alcohol y CO₂, también aporta aromas y sabores secundarios, se adiciona levadura una vez que se tiene el mosto hervido con lúpulo en un fermentador, para que los azúcares fermentables se conviertan en alcohol. Las levaduras se diferencian por su temperatura de fermentación; por ejemplo, las levaduras Lager fermentan a bajas temperaturas otorgando a la cerveza aromas y sabores más simples; las levaduras Ale fermentan a elevadas temperaturas otorgando a la cerveza sabores y aromas complejos afrutados (Totalsafepack, 2018e: p. 1) (Vasca, 2019e: p. 1).

Ingredientes secundarios o especiales. Se utiliza ciertos ingredientes para dar fuerza al sabor de la cerveza como arroz por ser una fuente de almidón, avena, o maíz; por otro lado, se ceba la cerveza para obtener más azúcares fermentables y elevar su grado alcohólico utilizando ingredientes como miel de romero, miel de brezo, miel de lavanda se lo añade durante la cocción en el proceso de fermentación (Totalsafepack, 2018f: p. 1) (Vasca, 2019f: p. 1).

Se pueden añadir distintos ingredientes autóctonos para destacar un determinado lugar, estos pueden ser: sorgo que se lo utiliza en países de sur de África en lugar de la cebada, café utilizado para proporcionar complejidad a la cerveza se le añade en frío después de la fermentación es un ingrediente típico de cervezas tipo porter o stout, chiles los cuales se cuecen en agua para añadirlos filtrados a la cerveza una vez elaborada, especia de clavo otorgando sabor más profundo lo cual es típico de cervezas de navidad, romero que aporta un sabor y aroma mentolado muy concentrado, albahaca para un sabor y aroma a menta y anís más suave, piel de naranja o de limón dándole sabores y aromas cítricos típico de cervezas artesanales witbier belgas se los añade en cocción deshidratado o fresco, pimienta negra se ha encontrado en cervezas artesanales tipo porter o stout que les proporciona complejidad y sabores más profundos (Totalsafepack, 2018g: p. 1) (Vasca, 2019g: p. 1).

b) Composición nutricional

Según varias investigaciones científicas por la Universidad de Extremadura y King's College of London se ha confirmado su actividad antioxidante beneficiando a la salud debido a su

contenido de:

1. Vitaminas B (B2, B6, B12) para el metabolismo energético; 9 (ácido fólico) importante para el sistema nervioso y regeneración de células. Regula los niveles de homocisteína para prevenir enfermedades cardiovasculares. Aportan micronutrientes para el mantenimiento de los huesos y disminuye el riesgo de malformaciones en medula espinal (Jesús, 2017a: p. 1).

2. Minerales. Contiene silicio, magnesio, fósforo y potasio, se encuentran asociados en la prevención de enfermedades óseas, disminuye el riesgo del Alzheimer y mejora los síntomas de menopausia. A la cerveza artesanal se le ha considerado como una bebida opcional en dietas hiposódicas para reducir la tensión arterial alta por ser una bebida con bajo nivel en sodio (Jesús, 2017b: p. 1).

3. Antioxidantes. Son antioxidantes naturales que ayudan en la reducción del envejecimiento del organismo y prevención de enfermedades cardiovasculares, uno de ellos se lo encuentra en el lúpulo conocido como xanthohumol (Jesús, 2017c: p. 1).

4. Fibra soluble. Nutriente que evita el estreñimiento y disminuye el colesterol elevado en la sangre (Jesús, 2017d: p. 1).

c) Componentes químicos de la cerveza

El componente principal es el gua con un 85 y 90% de la cerveza, pero en el lúpulo es donde se encuentran los componentes químicos que proporcionan acidez y amargor (Zschimmer & Schwarz españa, S.L.U., 2020a: p. 1).

Se destacan los compuestos orgánicos del lúpulo como alfa-ácidos que son responsables del sabor y beta-ácidos dotan a la cerveza una amargura más penetrante y son menos solubles en agua, estos ácidos varían de acuerdo con el lúpulo. Estos compuestos otorgan a la cerveza propiedades antisépticas. La vida de la cerveza es larga y libre de bacterias gracias a la presencia de estos compuestos, sin embargo, se degradan ante la luz produciendo sabores desagradables (Zschimmer & Schwarz españa, S.L.U., 2020b: p. 1).

Existe también la presencia de ácidos esenciales en el lúpulo que aportan aromas únicos a cada cerveza (Zschimmer & Schwarz españa, S.L.U., 2020c: p. 1).

Durante la fermentación se originan varios compuestos químicos como los ésteres que son el resultado de la unión de los compuestos orgánicos del lúpulo con el alcohol, confiriendo aromas afrutados (Zschimmer & Schwarz españa, S.L.U., 2020d: p. 1).

Hay más de 250 tipos de aceites esenciales en lúpulos que pueden generar distintos matices para generar cervezas diferenciables (Zschimmer & Schwarz españa, S.L.U., 2020e: p. 1).

d) Aporte energético

El lúpulo es estimulante del apetito y un suave sedante, posee un gran porcentaje de agua que acentúa el efecto refrescante, la malta aporta carbohidratos y vitaminas, gas carbónico promueve

la circulación sanguínea y favorece la digestión, el arroz y la sémola del maíz aportan almidón y su gran aporte de minerales (Gómez, 2017a: p. 1).

Con un litro de cerveza satisface casi la mitad de las necesidades diarias de magnesio de un adulto, un 40 y 20 % de cantidades diarias de fósforo y potasio respectivamente (Gómez, 2017b: p. 1).

Es una bebida diurética al ser rica en potasio, baja en sodio y alto contenido de magnesio que ayuda al corazón y evita la formación de cálculos renales (Gómez, 2017c: p. 1).

1.1.3. Tipos de Cerveza Artesanal

Cervezas Tipo Ale: Cerveza de grado alcohólico alto e intenso sabor, algunas de ellas son:

- IPA: Contiene una cantidad considerable de lúpulo y malta, posee un color cobrizo.
- Porter: Cerveza con sabor fuerte a malta tostada, con coloración negra y texturachocolatosa.
- Pale Ale: Cerveza con coloración rubia, sabor caramelizado.
- Stout: Cerveza con sabor y aroma intenso, grado de alcohol alto (Vasca, 2019h: p. 1).

Cervezas Tipo Lager: Cervezas ligeras con mucha espuma se las produce con fermentación y temperaturas bajas, entre ellas encontramos:

- Pilsener: Cerveza con grado alcohólico medio, color claro, aroma a lúpulo.
- Bock: Cerveza con nivel de alcohol alto, su color varía de oscuro a claro, con sabor muy intenso. Existe una variante en trigo conocida como Weizenbock. (Vasca, 2019i: p. 1).

1.1.4. Defectos y Contaminaciones de la Cerveza

Sobrecarbonatación: Se evidencia por la presencia de una cantidad considerable de burbujas gruesas y espuma espesa produciendo un efecto géiser al destapar la botella, posee un sabor ácido y chispeante. Esto se genera cuando se sobrepasa el nivel de azúcares en su elaboración produciendo un inconveniente gástrico en el consumidor (Ortega, 2015a: p. 2).

Acidez: Es detectado por su aroma y sabor a vinagre debido a una contaminación bacteriana en su proceso de elaboración, generalmente por una mala higiene (Ortega, 2015b: p. 2).

Sabor rancio: Esta contaminación se debe al contacto de la luz con algunos compuestos isomerizados de los lúpulos (Ortega, 2015c: p. 2).

Oxidación: Se debe a la formación de aldehídos que generan un sabor a papel (trans-2-nonenal), se produce por el envejecimiento de la cerveza (Ortega, 2015d: p. 2).

Grado alcohólico extremo: Posee un nivel de alcohol desagradable, se debe al exceso de azúcares, fermentación a temperaturas altas o un tiempo de fermentado muy extenso (Ortega, 2015e: p. 2).

Astringente: Se debe a la presencia de bacterias acetobacter cuando la cerveza es muy joven (Ortega, 2015f: p. 2).

Subproductos: Diacetilo se presenta cuando se percibe un aroma mantecoso es producido por una débil fermentación del mosto o por una insuficiente oxigenación; Ésteres se presenta cuando se da una exagerada fermentación de la cerveza dando muchos matices frutales a la misma, Fenólicos se detecta un sabor medicinal en la cerveza, se produce debido a la existencia de algunas cepas de levadura o por un lavado incorrecto del grano; Acetaldehído su exceso genera un sabor avinagrado o sidra, se genera por una finalización prematura de la fermentación implicando que la cerveza es muy joven, también se puede dar por el contacto con el aire (Ortega,2015g: p. 2).

1.2. Control de calidad de cervezas

El control de calidad para industrias cervecera se realiza sobre los parámetros que afecten directamente a los requisitos de calidad ya establecidos, estos controles se ejecutan en la materia prima, proceso de elaboración, mosto y cerveza final.

Los controles de calidad que se van a destacar es sobre la cerveza final ya que es la base de la presente investigación, este control abarca varios parámetros medibles que garanticen el cumplimiento de los requisitos de calidad ya fijados por las normativas, se requiere la medición de pH, color, amargor, turbidez, grado alcohólico, extracto seco primitivo, entre otros según la normativa regida. En Ecuador surgió en 2013 la Asociación de Cervecería del Ecuador (Asocerv) para promover la cerveza artesanal por medio de la creación de un evento llamado la Copa Artesanal de Cerveza Mitad del Mundo para premiar la mejor cerveza, también a su vez generan seminarios y asesorías para poder obtener un producto de calidad. Esta organización genera los permisos y controles de estas bebidas haciendo cumplir la normativa INEN 2262-1. En la normativa INEN 2262-1 se encuentra plasmado los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos junto con su rango de aceptación para un producto de calidad. Se ha considerado 6 de los 9 parámetros fisicoquímicos para esta investigación los cuales se detallan a continuación.

Grado Alcohólico: Volumen de alcohol contenido en una cerveza medido en porcentaje. Este análisis consiste en la medida de su densidad con la ayuda de un hidrómetro, por lo que en primer lugar es necesario someter la cerveza a un proceso de destilación.

pH: Sus siglas se refiere al potencial de hidrógeno o potencial de hidrogeniones, es la medida de acidez o alcalinidad de una disolución, nos indica la concentración de iones de hidrógeno presentes las disoluciones (Flores, 2019: p. 1).

Acidez total: La cerveza se encuentra lleno de ácidos débiles que captan y liberan iones

hidrógeno para mantener una relación entre protones libres y unidos, la acidez de la cerveza se debe a diversos ácidos orgánicos en especial el láctico por ello se expresa en ácido láctico cada 100 g de cerveza y se mide por medio de titulación ácido-base (Lopez, 2019: p. 2).

Metales pesados: Son elementos químicos que poseen alta densidad, masa y peso atómico por encima de 20, siendo tóxicos en concentraciones bajas, estos metales provienen de varias fuentes como por ejemplo en la materia prima, el empleo de aditivos que pueden contener trazas de metales, durante la fermentación y maduración o también se puede generar por la corrosión del equipo para la elaboración de la cerveza, estos metales alteran las propiedades de envejecimiento prematuro de la cerveza, además de causar daños a la salud de los consumidores. Se los detecta por medio de varias técnicas analíticas, la que se va a usar en esta investigación es por medio de la espectrofotometría de absorción atómica (Patricio J, y otros, 2021: p. 8).

En la técnica mencionada se utiliza el método de adición de estándares para eliminar cualquier efecto de las interferencias en el resultado final, esto consiste en la medición de la intensidad experimental de la solución desconocida (muestra) y luego se mide la intensidad de la muestra con cantidades variables de estándar conocido para construir la recta que permitirá cuantificar la muestra analizada (Martínez Guijarro, 2022: p. 2).

1.3. Técnicas para análisis

Titulación potenciométrica. El método de titulación potenciométrica ácido – base se fundamenta en que los iones hidrógenos presentes en una muestra como resultado de la disociación o hidrólisis de solutos, son neutralizados mediante titulación con un álcali estándar. El proceso consiste en la medición y registro del potencial de la celda (en milivoltios o pH) después de la adición del reactivo (álcali estándar) utilizando un potenciómetro o medidor de pH (Universidad Católica Andrés Bello, 2005a: p. 4).

Destilación. La destilación es posible porque al aplicar calor a una mezcla de sustancias, la temperatura sube hasta que se alcanza la temperatura de ebullición del componente más volátil, permaneciendo estable hasta su eliminación de la mezcla (Mendez, 2021: p. 3).

Espectrofotometría de absorción atómica. Es un método instrumental de análisis, que determina gran variedad de elementos, principalmente metálicos. El principio general de esta técnica es la medición de energía absorbida por el elemento químico a determinar tras hacer incidir sobre una muestra, conteniendo dicho elemento, una radiación de luz monocromática específica. La radiación absorbida se determina por diferencia entre la radiación incidente (inicial) y la radiación después de la interacción con la muestra (Tito, 2021a: p.1).

Potenciométrico: Se basa en la medición del potencial de celdas electroquímicas, detecta puntos finales en métodos volumétricos y concentraciones de iones utilizando un potencial de electrodo

de membrana selectiva de iones (Universidad Católica Andrés Bello, 2005b: p. 3).

1.3.1. Equipos para análisis

Equipo de Titulación: Una valoración potenciométrica, requiere del equipo usual en las titulaciones, además de un dispositivo para medir el potencial, un electrodo de referencia y un electrodo indicador. Un proceso previo para el análisis cualitativo y cuantitativo es la calibración (Universidad Católica Andrés Bello, 2005c: p. 3).



Figura 1-1. Equipo de titulación

Realizado por: (Lavoisier magic, 2017).

Equipo de Destilación: El aparato consiste en un recipiente en el que se hierven los líquidos durante la destilación, el condensador con conexiones de entrada y salida de agua, el receptor en el que se recoge el destilado (Seijas, 2005: p. 2).

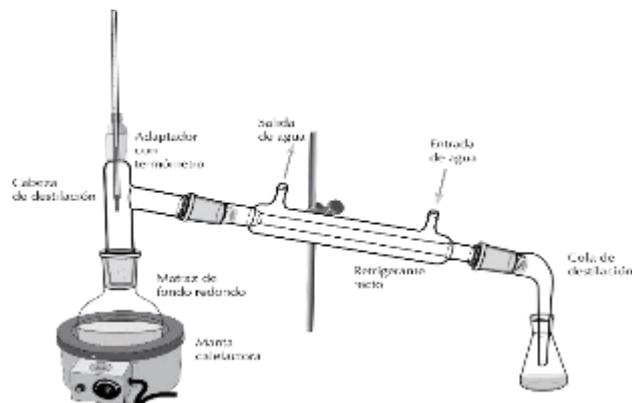


Figura 2-1. Equipo de destilación

Realizado por: (Recursos Educativos de Química, 2021).

Potenciómetros o pH metro. El pH metro es un instrumento destinado a medir el potencial del hidrógeno existente en alguna sustancia o solución. Es empleado normalmente en control de calidad o en otros contextos donde la valoración de acidez y alcalinidad es una constante. Se trata de un instrumento que, empleando diferentes mecanismos (electrodos), busca medir si existe un

mayor o menor nivel de acidez o alcalinidad (Calderón, 2022: p. 2).



Figura 3-1. pH metro

Realizado por: (Labprocess, 2019).

Espectrofotómetro de Absorción Atómica: El espectrofotómetro de absorción atómica es un equipo de análisis de metales de alta precisión, presentando un análisis rápido y fiable. Este equipo a través de un medio gaseoso que se encuentra a una elevada temperatura, mediante átomos de sodio se absorbe radiación de diferentes longitudes de onda, transiciones electrónicas del estado 3s a estados de excitación más elevados. De esta manera, el espectro de absorción atómico característico, posee una línea de resonancia, como resultado de transiciones del estado fundamental a niveles superiores (Tito, 2021b: p. 3).



Figura 4-1. Equipo de absorción atómica

Realizado por: (Universidad de Jaén, 2020).

1.4. Diseño Experimental

1.4.1. Estadística Descriptiva

Con este análisis se puede obtener información de un conjunto de datos utilizando su totalidad. Se utiliza índices estadísticos (transformación matemática de una muestra aleatoria) como la media aritmética, desviación estándar, variancia y coeficiente de variación.

Media Aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Desviación estándar (DE)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Varianza

$$s^2(x) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2\right) - \bar{x}^2 \quad \text{Varianza} = DE^2$$

Coeficiente de variación (CV)

$$\text{Coeficiente de variación} = \text{Desviación estándar relativa} = 100 \frac{DE}{\bar{X}}$$

Existen errores analíticos que se pueden presentar a lo largo de los análisis, como, por ejemplo:

- Accidentales o groseros
- Aleatorios
- Sistemáticos

Los accidentales son fáciles de identificar como por ejemplo cuando se rompe algún instrumento, los errores sistemáticos muestran comportamiento repetitivo, en cambio los errores aleatorios son de origen y naturaleza desconocidos.

A demás de los errores mencionados se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

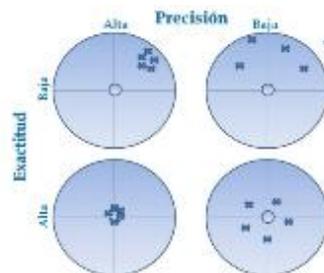
Precisión: dispersión de los datos con respecto al valor real. Describe los errores aleatorios.

Exactitud: Proximidad al verdadero valor de una medida individual. Afectada por los errores aleatorios y sistemáticos.

Reproducibilidad: Obtención de los mismos resultados en un análisis independiente de las condiciones usadas.

Repetibilidad: Obtención de los mismos resultados en un análisis con las mismas condiciones usadas.

Incertidumbre: Intervalo dentro del cual es razonablemente verosímil que se encuentre el verdadero valor de la magnitud. Error aleatorio y sistemático.



Nota: el verdadero valor está situado en el centro de cada circunferencia y las cruces corresponden a cada medición del sistema.

Figura 5-1. Representación gráfica de exactitud y precisión

Realizado por: (Muñoz, 2011).

1.4.2. Quimiometría

“Es cuya disciplina aplica técnicas matemáticas a los problemas analíticos para la identificación y cuantificación de sustancias químicas” (Muñoz, 2011: p. 1).

“La disciplina química que utiliza métodos matemáticos y estadísticos, (a) para diseñar o seleccionar procedimientos y experimentos óptimos de medición, y (b) para proporcionar información química máxima analizando datos químicos” (Chesniuk, 2017a: p. 1).

En el año 1970 ya se desarrollaban trabajos con aplicaciones de métodos estadísticos y matemáticos, cuyas investigaciones se las relacionaba al uso de computadoras conocidas como *mainframe*.

El Sueco Svante Wold y el Estadounidense Bruce R. Kowalski en 1972 fueron quien introducen la notación quimiométrica. Los datos generados por la instrumentación analítica llevan a los químicos analíticos a desarrollar aplicaciones con las cuales permitan la obtención de información acerca de los datos proporcionados originando así los métodos quimiométricos que utilizan métodos matemáticos y estadísticos para la correcta interpretación de datos.

Con la facilidad de los ordenadores los científicos utilizan el software que les facilita la práctica de los métodos matemáticos, manejo de base de datos químicas, interpretaciones, optimizando las separaciones cromatográficas o la predicción de la actividad biológica de un compuesto químico como de otros más análisis practicados dentro de un laboratorio. Para entender la importancia de esta disciplina o tener más en claro a lo que se dedica tomamos la definición de D. Massart que nos dice que: *“la quimiometría es la disciplina química que utiliza métodos matemáticos, estadísticos y otros que emplean lógica formal para diseñar o seleccionar procedimientos y experimentos óptimos de medición y proporcionar la información relevante máxima analizando datos químicos”* (Chesniuk, 2017b: p. 1).

1.4.3. Análisis Multivariado

Un experimento es capaz de generar una infinidad de datos, los cuales mediante instrumentos de medida es factible determinar los valores de las variables para cada muestra en análisis, a estos datos se los denomina *datos multivariados*. El investigador cuenta con varios métodos matemáticos y estadísticos agrupados bajo la etiqueta de *análisis multivariado* que permite extraer la información relevante presente en las extensas listas de datos y describir los fenómenos asociados con el sistema bajo análisis. Es decir que el análisis multivariado procesa la

información de todas las variables de manera simultánea a través de un sofisticado software.

Un conjunto de datos puede ser datos experimentales de cualquier tipo, los mismos se constituyen en una matriz de dimensiones $n \times p$ (n filas, p columnas), donde cada fila representa una de las muestras y cada columna los valores de una de las variables.

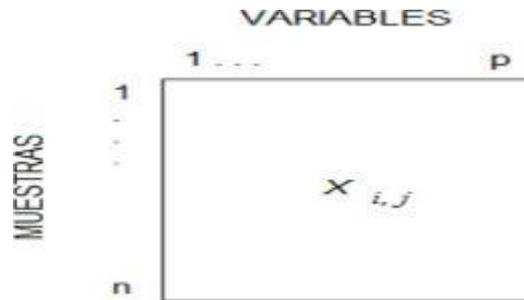


Figura 6-1. Estructura de un conjunto de datos multivariado

Realizado por: Cazar, R. 2021.

Cuando existe dos variables es factible representar gráficamente en un plano bidimensional y que sus coordenadas están dadas por los valores de las dos variables para cada muestra. Para tres variables es un poco difícil, pero se lo puede realizar mediante un computador, el problema viene cuando se desea trabajar con cuatro o más variables donde la representación gráfica ya no es una opción, en estos casos los análisis multivariados ayudan al investigador a establecer las relaciones entre variables.

1.4.3.1. Operaciones entre Matrices

- Adición

$$\mathbf{Z} = \mathbf{A} + \mathbf{B}; Z_{ij} = a_{ij} + b_{ij}$$

- Sustracción

$$\mathbf{Z} = \mathbf{A} - \mathbf{B}; z_{ij} = a_{ij} - b_{ij}$$

- Multiplicación

$$\mathbf{Z} = \mathbf{A} * \mathbf{B}, \text{ si el número de columnas en A es igual al número de filas en B; } z_{ij} = a_{i1} * b_{1j} + a_{i2} * b_{2j} + a_{i3} * b_{3j} + \dots + a_{im} * b_{nj}$$

La regla para multiplicación y división de una matriz por un escalar son simple y se las enuncian de la siguiente manera:

Al multiplicar la matriz **A** por un escalar *c*, se obtiene la matriz **Z** cuyos elementos son $z_{ij} = c \cdot a_{ij}$. Análogamente, al dividir la matriz **A** para un escalar *c* se obtiene $z_{ij} = (1/c) \cdot a_{ij}$.

$$\begin{array}{l}
 \text{if } \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 3 & 6 \\ 5 & 8 \\ -2 & 9 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} -6 & 1 \\ 0 & 9 \\ 8 & 3 \end{bmatrix} \quad \text{then } \mathbf{Z} = \mathbf{A} + \mathbf{B} = \begin{bmatrix} -3 & 7 \\ 5 & 17 \\ 6 & 12 \end{bmatrix} \quad \text{then } \mathbf{Z} = \mathbf{A} - \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 9 & 5 \\ 5 & -1 \\ -10 & 6 \end{bmatrix} \\
 \\
 \text{if } c = 2 \quad \text{then } \mathbf{Z} = c\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 6 & 12 \\ 10 & 16 \\ -4 & 18 \end{bmatrix} \quad \text{then } \mathbf{Z} = \mathbf{A}/c = \begin{bmatrix} 1.5 & 3 \\ 2.5 & 4 \\ -1 & 4.5 \end{bmatrix} \\
 \\
 \text{if } \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 4 & 1 & 9 \\ 6 & 2 & 8 \\ 7 & 3 & 5 \\ 11 & 10 & 12 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 2 & 9 \\ 5 & 12 \\ 8 & 10 \end{bmatrix} \quad \text{then } \mathbf{Z} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 85 & 138 \\ 86 & 158 \\ 69 & 149 \\ 168 & 339 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

Figura 7-1. Operaciones de Matrices

Realizado por: Cazar, R. 2021.

1.4.3.2. Pretratamiento de Datos

Antes realizar los análisis respectivos es indispensable realizar transformaciones de los datos originales con el fin de eliminar información irrelevante, a estas transformaciones se las conoce como pretratamiento. La técnica es conocida como *Autoscaling*.

El autoscaling realiza operaciones simultáneas sobre cada dato, resta la media de su columna y el resultado que se obtiene lo divide para la desviación estándar de esa columna.

$$x'_{i,j} = \frac{x_{i,j} - \bar{x}_j}{s_j}$$

Al aplicar esta técnica de pretratamiento las variables tienen media igual a cero y desviación estándar de 1, esto garantiza que todas las variables tengan la misma importancia previamente a su análisis.

1.4.3.3. Análisis de Componentes Principales

Un problema que se presenta cuando se analiza datos multivariados es la alta dimensionalidad de los datos dificulta el reconocimiento de pautas y relaciones entre las muestras o entre las variables. El análisis de componentes principales (PCA) es una técnica que permite reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos y retener la información significativa que éste contiene en un menor número de dimensiones. Sin cambiar la estructura de los datos, PCA encuentra o calcula nuevas variables denominadas componentes principales, PC1, PC2, ... PC_p, las cuales

son combinaciones lineales de las variables originales, x_1, x_2, \dots, x_j , para describir a las muestras.

$$PC1 = a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + a_{1,3}x_3 + \dots + a_{1,j}x_j$$

$$PC2 = a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + a_{2,3}x_3 + \dots + a_{2,j}x_j$$

El número de componentes principales generado es igual al número de variables originales, pero estas nuevas variables no están correlacionadas entre sí (cada una lleva contiene información propia y única) y se disponen en un orden jerárquico en cuanto a la información que explican. PC1 explica la mayor cantidad de información contenida en los datos, PC2 a su vez explica la mayor cantidad de la información no explicada por PC1, PC3 explica la mayor cantidad de información no explicada por PC1 y PC2, y así sucesivamente.

Matemáticamente, el análisis de componentes principales consiste en la rotación de las variables originales para generar las componentes principales mediante la siguiente multiplicación de matrices:

$$U = X \cdot V$$

Donde,

X = matriz de dimensiones (n, p) que contienen los datos autoescalados.

V = matriz de dimensiones (p, p) cuyos elementos $v_{m,j}$ se denominan “loadings” y son los coeficientes de las combinaciones lineales de las variables originales que constituyen las componentes principales.

U = matriz resultante, de dimensiones (n, p) , cuyos elementos $u_{i,j}$ se denominan “scores” y son las nuevas coordenadas de las muestras en el sistema de las componentes principales.

1.4.3.4. Análisis de Agrupamientos (Clustering)

Los métodos de clustering buscan identificar agrupamientos de objetos o de variables en el conjunto de datos. Los gráficos de proyección sobre las componentes principales frecuentemente se pueden usar como métodos de clustering visual con excelentes resultados, pero es oportuno recordar que aquellos muestran sólo una parte de la información contenida en los datos. Los métodos de clustering trabajan directamente sobre el espacio multidimensional de los datos, y por ende emplean toda la información presente en la matriz de datos. El concepto básico del análisis de agrupamientos es la similitud. Los objetos (o las variables) son agrupados de acuerdo a su cercanía (similitud) – se asume que los objetos similares tienen propiedades comunes – un autoscaling de los datos es fundamental para obtener una respuesta válida a partir de estos métodos.

Las métricas de similitud se basan en la distancia entre los objetos. La más utilizada es la distancia euclidiana:

$$d_{i,j} = \left[\sum_{k=1}^p (x_{i,k} - x_{j,k})^2 \right]^{1/2}$$

Donde $d_{i,j}$ es la distancia euclidiana entre los objetos i e j . Existen muchos métodos de clustering, los más populares son los de tipo jerárquico aglomerativo. En éstos, cada una de las n muestras se considera inicialmente como un agrupamiento individual. Los agrupamientos se van combinando progresivamente usando la métrica de similitud para formar agrupamientos cada vez más grandes hasta que se obtiene un solo agrupamiento que contiene todas las muestras.

Clustering es un método de aprendizaje no supervisado que permite agrupar objetos en clústeres o agrupamientos, cuyos miembros son similares entre sí en cierto modo (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015a: p. 2).

Clúster es una colección de objetos similares entre sí y diferentes a los objetos que pertenecen a otros clústeres (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015b: p. 2).

Se pueden obtener diferentes agrupamientos a partir de aplicar distintos algoritmos de clustering, cuya calidad dependerá del resultado esperado por el usuario. Así tenemos:

- **Agrupamientos Exclusivos:** Cada uno de los clústeres tiene al menos un objeto los cuales se agrupan de modo en el cual pertenezcan a un solo clúster. Generalmente estos métodos utilizan una medida de distancia para generar los clústeres (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015c: p. 3).
- **Agrupamiento Jerárquicos:** Se parte de un clúster que contiene todos los datos el cual se va dividiendo para formar clústeres más pequeños, esto se conoce como aproximación *divisoria* (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015d: p. 3).
- **Agrupamientos Aglomerativos:** Funcionan en sentido inverso, es decir que generan en primer lugar los clústeres ms pequeños para agruparse y generar la estructura jerárquica (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015e: p. 4).
- **Agrupamientos Solapados:** Se refiere al hecho de que cada objeto pueda pertenecer a uno o más clústeres con diferentes grados de pertenencia (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015f: p. 4).
- **Agrupamientos Probabilistas:** los clústeres se crean mediante un método probabilístico (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015g: p. 4).

Medidas de Distancia

Muchos algoritmos se basan en medidas de distancia entre objetos para en función de su similitud incluirlos en un mismo o en separados clústeres, es decir que según la medida de distancia que se elija un algoritmo dará lugar a diferentes clústeres, generalmente se utiliza la distancia euclídea. Existe otro tipo de medidas también utilizadas por los algoritmos de clustering no tan extendidas conocidos como medidas de conectividad que a continuación se las describe (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015h: p. 5).

➤ **Enlace sencillo (single-linkage).** Se calcula la similitud de los puntos más cercanos pertenecientes a los diferentes clústeres, considerando así la distancia más pequeña entre uno de los puntos del primer clúster y el punto de un segundo clúster (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015i: p. 5).

La distancia entre los clústeres:

$$d(C_i, C_j) = \underset{\substack{x_l \in C_i \\ x_m \in C_j}}{\text{Min}} \{d(x_l, x_m)\} \quad l = 1, \dots, n_i ; m = 1, \dots, n_j$$

Figura 8-1. Distancia entre clústeres

Realizado por: (Gallardo, 2021).

La similitud si se emplea una medida entre los clústeres:

$$s(C_i, C_j) = \underset{\substack{x_l \in C_i \\ x_m \in C_j}}{\text{Max}} \{s(x_l, x_m)\} \quad l = 1, \dots, n_i ; m = 1, \dots, n_j$$

Figura 9-1. Similitud entre clústeres

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Para el nivel $k + 1$:

En el caso de emplear distancias, se unirán los clústeres C_i y C_j si

$$d(C_i, C_j) = \underset{\substack{i_1, j_1 = 1, \dots, n-K \\ i_1 \neq j_1}}{\text{Min}} \{d(C_{i_1}, C_{j_1})\} =$$

$$= \underset{\substack{i_1, j_1 = 1, \dots, n-K \\ i_1 \neq j_1}}{\text{Min}} \left\{ \underset{\substack{x_l \in C_{i_1} \\ x_m \in C_{j_1}}{\text{Min}} \{d(x_l, x_m)\} \right\} \quad l = 1, \dots, n_{i_1} ; m = 1, \dots, n_{j_1}$$

Figura 10-1. Unión de clústeres C_i y C_j

Realizado por: (Gallardo, 2021).

En el caso de emplear similitudes, se unirán los clústeres C_i y C_j si

$$s(C_i, C_j) = \underset{\substack{i_1, j_1 = 1, \dots, n-K \\ i_1 \neq j_1}}{\text{Max}} \{s(C_{i_1}, C_{j_1})\} =$$

Figura 11-1. Condición para la unión de clústeres

Realizado por: (Gallardo, 2021).

$$= \underset{\substack{i_1, j_1 = 1, \dots, n-K \\ i_1 \neq j_1}}{\text{Max}} \left\{ \underset{\substack{x_l \in C_{i_1} \\ x_m \in C_{j_1}}{\text{Max}} \{s(x_l, x_m)\} \right\} \quad l = 1, \dots, n_{i_1} ; m = 1, \dots, n_{j_1}$$

Figura 12-1. Condición para la unión de clústeres

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Ejemplo

Tabla 1-1: Matriz de distancia inicial entre 7 individuos

	A	B	C	D	E	F	G
A	0						
B	2,15	0					
C	0,7	1,53	0				
D	1,07	1,14	0,43	0			
E	0,85	1,38	0,21	0,29	0		
F	1,16	1,01	0,55	0,22	0,41	0	
G	1,56	2,83	1,86	2,04	2,02	2,05	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

Nivel $K=1$

$\text{Min} \{d(C_i, C_j)\} = d(C, E) = 0,21$, por lo que el primer cluster que se forma es el cluster (C, E) .

Figura 13-1. Formación del primer cluster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 2

Tabla 2-1: Matriz de distancia

	A	B	(C,E)	D	F	G
A	0					
B	2,15	0				
(C,E)	0,7	1,38	0			
D	1,07	1,14	0,29	0		
F	1,16	1,01	0,41	0,22	0	
G	1,56	2,83	1,86	2,04	2,05	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

$\text{Min } \{d(C_i, C_j)\} = d(D, F) = 0,22$, por lo que se forma el cluster (D, F) .

Figura 14-1. Formación del segundo clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 3

Tabla 3-1: Matriz de distancia

	A	B	(C,E)	(D,F)	G
A	0				
B	2,15	0			
(C,E)	0,7	1,38	0		
(D,F)	1,07	1,01	0,29	0	
G	1,56	2,83	1,86	2,04	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

$\text{Min } \{d(C_i, C_j)\} = d\{(C, E), (D, F)\} = 0,29$, formándose el cluster $((C, E), (D, F))$.

Figura 15-1. Formación del tercer cluster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 4

Tabla 4-1: Matriz de distancia

	A	B	$((C,E),(D,F))$	G
A	0			
B	2,15	0		
$((C,E),(D,F))$	0,7	1,01	0	
G	1,56	2,83	1,86	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

En este caso, $\text{Min} \{d(C_i, C_j)\} = d\{A, ((C, E), (D, F))\} = 0,7$, formándose el cluster $(A, ((C, E), (D, F)))$.

Figura 16-1. Formación del cuarto clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 5

Tabla 5-1: Matriz de distancia

	$(A, ((C, E), (D, F)))$	B	G
$(A, ((C, E), (D, F)))$	0		
B	1,01	0	
G	1,56	2,83	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

En este caso, $\text{Min} \{d(C_i, C_j)\} = d\{B, (A, ((C, E), (D, F)))\} = 1,01$, formándose el cluster $(B, (A, ((C, E), (D, F))))$.

Figura 17-1. Formación del quinto clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 6

Tabla 6-1: Matriz de distancia

	$(B, (A, ((C, E), (D, F))))$	G
$(B, (A, ((C, E), (D, F))))$	0	
G	1,56	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

Teniendo como resultado un único clúster formado por los 7 individuos.

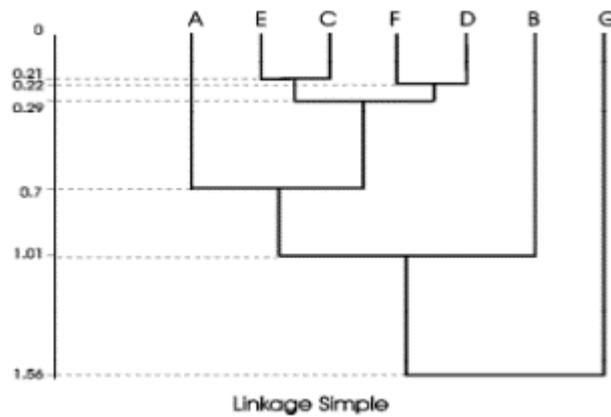


Figura 18-1. Dendrograma. Método *single-linkage*

Realizado por: (Gallardo, 2021).

➤ **Enlace completo (complete-linkage)**. Se basa en la distancia mayor que existe entre un punto cualquiera de un clúster con otro punto perteneciente a un clúster diferente (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015 pág. 6). Se lo calcula de la siguiente manera:

$$d(C_i, C_j) = \text{Max}_{\substack{x_l \in C_i \\ x_m \in C_j}} \{d(x_l, x_m)\} \quad l = 1, \dots, n_i ; m = 1, \dots, n_j$$

$$s(C_i, C_j) = \text{Min}_{\substack{x_l \in C_i \\ x_m \in C_j}} \{s(x_l, x_m)\} \quad l = 1, \dots, n_i ; m = 1, \dots, n_j$$

Figura 19-1. Distancia entre clústeres

Realizado por: (Gallardo, 2021).

En el siguiente nivel K+1:

En el caso de emplear distancia, se unirá los clústeres C_i y C_j , sí

$$d(C_i, C_j) = \text{Min}_{\substack{i_1, j_1 = 1, \dots, n-K \\ i_1 \neq j_1}} \{d(C_{i_1}, C_{j_1})\} =$$

$$= \text{Min}_{\substack{i_1, j_1 = 1, \dots, n-K \\ i_1 \neq j_1}} \left\{ \text{Max}_{\substack{x_l \in C_{i_1} \\ x_m \in C_{j_1}}} \{d(x_l, x_m)\} \right\} \quad l = 1, \dots, n_{i_1} ; m = 1, \dots, n_{j_1}$$

Figura 20-1. Unión de los primeros clústeres

Realizado por: (Gallardo, 2021).

En el caso de emplear similitudes, se unirá los clústeres C_i y C_j , sí

$$s(C_i, C_j) = \text{Max}_{\substack{i_1, j_1 = 1, \dots, n-K \\ i_1 \neq j_1}} \{s(C_{i_1}, C_{j_1})\} =$$

$$= \text{Max}_{\substack{i_1, j_1 = 1, \dots, n-K \\ i_1 \neq j_1}} \left\{ \text{Min}_{\substack{x_l \in C_{i_1} \\ x_m \in C_{j_1}}} \{s(x_l, x_m)\} \right\} \quad l = 1, \dots, n_{i_1} ; m = 1, \dots, n_{j_1}$$

Figura 21-1. Unión de clústeres por similitud

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Ejemplo

Utilizando la misma matriz del ejemplo anterior

Tabla 7-1: Matriz de distancia inicial entre 7 individuos

	A	B	C	D	E	F	G
A	0						
B	2,15	0					
C	0,7	1,53	0				
D	1,07	1,14	0,43	0			
E	0,85	1,38	0,21	0,29	0		
F	1,16	1,01	0,55	0,22	0,41	0	
G	1,56	2,83	1,86	2,04	2,02	2,05	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 1

$\text{Min}\{d(C_i, C_j)\} = d(C, E) = 0,21$, por lo que el primer cluster que se forma es el cluster (C, E).

Figura 22-1. Formación del primer clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 2

Tabla 8-1: Matriz de distancia

	A	B	(C,E)	D	F	G
A	0					
B	2,15	0				
(C,E)	0,85	1,53	0			
D	1,07	1,14	0,43	0		
F	1,16	1,01	0,55	0,22	0	
G	1,56	2,83	2,02	2,04	2,05	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

$\text{Min}\{d(C_i, C_j)\} = d(D, F) = 0,22$, por lo que se forma el cluster (D, F).

Figura 23-1. Formación del segundo clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 3

Tabla 9-1: Matriz de distancia

	A	B	(C,E)	(D,F)	G
A	0				
B	2,15	0			
(C,E)	0,85	1,53	0		
(D,F)	1,16	1,14	0,55	0	
G	1,56	2,83	2,02	2,05	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

$\text{Min} \{d(C_i, C_j)\} = d\{(C, E), (D, F)\} = 0,55$, formándose el cluster $((C, E), (D, F))$.

Figura 24-1. Formación del tercer clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 4

Tabla 10-1: Matriz de distancia

	A	B	$((C,E),(D,F))$	G
A	0			
B	2,15	0		
$((C,E),(D,F))$	1,16	1,53	0	
G	1,56	2,83	2,05	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

En este caso, $\text{Min} \{d(C_i, C_j)\} = d\{A, ((C, E), (D, F))\} = 1,16$, formándose el cluster $(A, ((C, E), (D, F)))$.

Figura 25-1. Formación del cuarto clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 5

Tabla 11-1: Matriz de distancia

	$(A,((C,E),(D,F)))$	B	G
$(A,((C,E),(D,F)))$	0		
B	2,15	0	
G	2,05	2,83	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

En este caso, $\text{Min} \{d(C_i, C_j)\} = d\{G, (A, ((C, E), (D, F)))\} = 2,05$, formándose el cluster $(G, (A, ((C, E), (D, F))))$.

Figura 26-1. Formación del quinto clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 6

Tabla 12-1: Matriz de distancia

	$(G,(A,((C,E),(D,F))))$	B
$(G,(A,((C,E),(D,F))))$	0	
B	2,83	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

Teniendo como resultado un único clúster formado por los 7 individuos.

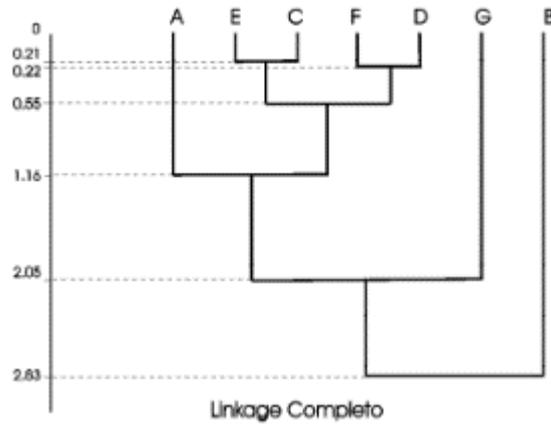


Figura 27-1. Dendrograma. Método *complete-linkage*

Realizado por: (Gallardo, 2021).

➤ **Enlace Promedio (average-linkage).** Para calcular la distancia media entre cualquier punto del primer clúster con otro punto de un segundo clúster se lo hace por medio de la media aritmética, en este método no se tiene en cuenta el tamaño de ninguno de los dos clústeres dando la misma importancia a la distancia de los clústeres involucrados.

$$d(C_i, C_j) = \frac{d(C_{i_1}, C_j) + d(C_{i_2}, C_j)}{2}$$

Figura 28-1. Distancia media entre clústeres

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Ejemplo

Utilizando la misma matriz del ejemplo anterior

Tabla 13-1: Matriz de distancia inicial entre 7 individuos

	A	B	C	D	E	F	G
A	0						
B	2,15	0					
C	0,7	1,53	0				
D	1,07	1,14	0,43	0			
E	0,85	1,38	0,21	0,29	0		
F	1,16	1,01	0,55	0,22	0,41	0	
G	1,56	2,83	1,86	2,04	2,02	2,05	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

Nivel K = 1

$\text{Min} \{d(C_i, C_j)\} = d(C, E) = 0,21$, por lo que el primer cluster que se forma es el cluster (C, E).

Figura 29-1. Formación del primer clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 2

Tabla 14-1: Matriz de distancia

	A	B	(C,E)	D	F	G
A	0					
B	2,15	0				
(C,E)	0,775	1,455	0			
D	1,07	1,14	0,36	0		
F	1,16	1,01	0,48	0,22	0	
G	1,56	2,83	1,94	2,04	2,05	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

$\text{Min} \{d(C_i, C_j)\} = d(D, F) = 0,22$, por lo que se forma el cluster (D, F).

Figura 30-1. Formación del segundo clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 3

Tabla 15-1: Matriz de distancia

	A	B	(C,E)	(D,F)	G
A	0				
B	2,15	0			
(C,E)	0,775	1,455	0		
(D,F)	1,115	1,075	0,42	0	
G	1,56	2,83	1,94	2,045	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

, $\text{Min} \{d(C_i, C_j)\} = d\{(C, E), (D, F)\} = 0,42$, formándose el cluster ((C, E), (D, F)).

Figura 31-1. Formación del tercer clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 4

Tabla 16-1: Matriz de distancia

	A	B	((C,E),(D,F))	G
A	0			
B	2,15	0		
((C,E),(D,F))	0,945	1,265	0	
G	1,56	2,83	1,9925	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

En este caso, $\text{Min}\{d(C_i, C_j)\} = d\{A, ((C, E), (D, F))\} = 0,945$, formándose el cluster $(A, ((C, E), (D, F)))$.

Figura 32-1. Formación del cuarto clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 5

Tabla 17-1: Matriz de distancia

	(A,((C,E),(D,F)))	B	G
(A,((C,E),(D,F)))	0		
B	1,7075	0	
G	1,77625	2,83	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

En este caso, $\text{Min}\{d(C_i, C_j)\} = d\{B, (A, ((C, E), (D, F)))\} = 1,7075$, formándose el cluster $(B, (A, ((C, E), (D, F))))$.

Figura 33-1. Formación del quinto clúster

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Nivel K= 6

Tabla 18-1: Matriz de distancia

	(B,(A,((C,E),(D,F))))	G
(B,(A,((C,E),(D,F))))	0	
G	2,303125	0

Fuente: (Gallardo, 2021).

Obteniendo un único clúster formado por los 7 individuos.

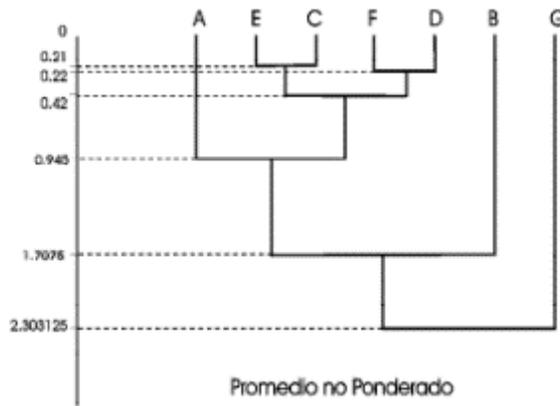


Figura 34-1. Dendrograma. Método *average-linkage*

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Tabla 19-1: Representación gráfica de los métodos jerárquicos Aglomerativos

Métodos de Enlace		
Enlace Simple	Enlace Completo	Enlace Promedio
<p>Fuente: (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015)</p>	<p>Fuente: (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015)</p>	<p>Fuente: (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015)</p>

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

➤ **Método de Ward.** Se unen los dos clústeres para obtener el menor incremento en el valor total de la suma de los cuadrados de las diferencias. El objetivo es encontrar en cada etapa los dos clústeres que con su unión proporcione el menor incremento en la suma total de errores, E (Gallardo, 2021a: p. 15).

$$E_k = \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^n (x_{ij}^k - m_j^k)^2 = \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^n (x_{ij}^k)^2 - n_k \sum_{j=1}^n (m_j^k)^2$$

Figura 35-1. Clúster con menor incremento

Realizado por: (Gallardo, 2021).

x_{ij}^k valor de la j-ésima variable sobre el i-ésimo del k-ésimo clúster, cuando el clúster posee n_k individuos.

\mathbf{m}^k centroide del clúster k

E_k distancia euclídea al cuadrado entre cada individuo del clúster k a su centroide.

$$E = \sum_{k=1}^h E_k$$

Figura 36-1. Suma de cuadrados de los errores para los clústeres

Realizado por: (Gallardo, 2021).

E es la suma de cuadrados de los errores para todos los clústeres, suponiendo que hay h clústeres

Este proceso comienza con m clúster, los cuales cada uno está compuesto por un solo individuo coincidiendo con el centro de clúster que se lo tendrá que E_k sea igual a cero para cada clúster por lo tanto también se obtendrá $E=0$ (Gallardo, 2021b: p. 15).

Si tenemos los clústeres C_p y C_q que se unen dando como resultado un clúster nuevo C_t . Dando el incremento de E como:

$$\Delta E_{pq} = E_t - E_p - E_q =$$

$$\begin{aligned}
&= \left[\sum_{i=1}^{n_t} \sum_{j=1}^n (x_{ij}^t)^2 - n_t \sum_{j=1}^n (m_j^t)^2 \right] - \left[\sum_{i=1}^{n_p} \sum_{j=1}^n (x_{ij}^p)^2 - n_p \sum_{j=1}^n (m_j^p)^2 \right] - \left[\sum_{i=1}^{n_q} \sum_{j=1}^n (x_{ij}^q)^2 - n_q \sum_{j=1}^n (m_j^q)^2 \right] = \\
&= n_p \sum_{j=1}^n (m_j^p)^2 + n_q \sum_{j=1}^n (m_j^q)^2 - n_t \sum_{j=1}^n (m_j^t)^2
\end{aligned}$$

Ahora bien

$$n_t m_j^t = n_p m_j^p + n_q m_j^q$$

de donde

$$n_t^2 (m_j^t)^2 = n_p^2 (m_j^p)^2 + n_q^2 (m_j^q)^2 + 2n_p n_q m_j^p m_j^q$$

y como

$$2m_j^p m_j^q = (m_j^p)^2 + (m_j^q)^2 - (m_j^p - m_j^q)^2$$

se tiene

$$n_t^2 (m_j^t)^2 = n_p(n_p + n_q)(m_j^p)^2 + n_q(n_p + n_q)(m_j^q)^2 - n_p n_q (m_j^p - m_j^q)^2$$

Dado que $n_t = n_p + n_q$, dividiendo por n_t^2 se obtiene

$$(m_j^t)^2 = \frac{n_p}{n_t} (m_j^p)^2 + \frac{n_q}{n_t} (m_j^q)^2 - \frac{n_p n_q}{n_t^2} (m_j^p - m_j^q)^2$$

con lo cual se obtiene la siguiente expresión de ΔE_{pq} :

$$\begin{aligned}
&n_p \sum_{j=1}^n (m_j^p)^2 + n_q \sum_{j=1}^n (m_j^q)^2 - n_t \sum_{j=1}^n \left[\frac{n_p}{n_t} (m_j^p)^2 + \frac{n_q}{n_t} (m_j^q)^2 - \frac{n_p n_q}{n_t^2} (m_j^p - m_j^q)^2 \right] \\
\Delta E_{pq} &= n_p \sum_{j=1}^n (m_j^p)^2 + n_q \sum_{j=1}^n (m_j^q)^2 - n_p \sum_{j=1}^n (m_j^p)^2 - n_q \sum_{j=1}^n (m_j^q)^2 + \frac{n_p n_q}{n_t} \sum_{j=1}^n (m_j^p - m_j^q)^2 \\
&= \frac{n_p n_q}{n_t} \sum_{j=1}^n (m_j^p - m_j^q)^2
\end{aligned}$$

Figura 37-1. Incremento de E

Realizado por: (Gallardo, 2021).

Teniendo el menor incremento en cuanto a los errores cuadráticos es proporcional a la distancia euclídea al cuadrado de los centroides de los clústeres unidos. Decimos que la suma E no es decreciente (Gallardo, 2021a: p. 16).

Ejemplo

Tabla 20-1: Matriz de 5 individuos

<i>Individuo</i>	X_1	X_2
<i>A</i>	10	5
<i>B</i>	20	20
<i>C</i>	30	10
<i>D</i>	30	15
<i>E</i>	5	10

Fuente: (Gallardo, 2021).

Nivel 1

Se calcula las $\binom{5}{2} = 10$ posibles combinaciones

Tabla 21-1: Posibles combinaciones

<i>Partición</i>	<i>Centroides</i>	E_k	E	ΔE
$(A, B), C, D, E$	$C_{AB} = (15, 12,5)$	$E_{AB} = 162,5$ $E_C = E_D = E_E = 0$	162,5	162,5
$(A, C), B, D, E$	$C_{AC} = (20, 7,5)$	$E_{AC} = 212,5$ $E_B = E_D = E_E = 0$	212,5	212,5
$(A, D), B, C, E$	$C_{AD} = (20, 10)$	$E_{AD} = 250$ $E_B = E_C = E_E = 0$	250	250
$(A, E), B, C, D$	$C_{AE} = (7,5, 7,5)$	$E_{AE} = 25$ $E_B = E_C = E_D = 0$	25	25
$(B, C), A, D, E$	$C_{BC} = (25, 15)$	$E_{BC} = 100$ $E_A = E_D = E_E = 0$	100	100
$(B, D), A, C, E$	$C_{BD} = (25, 17,5)$	$E_{BD} = 62,5$ $E_A = E_C = E_E = 0$	62,5	62,5
$(B, E), A, C, D$	$C_{BE} = (12,5, 15)$	$E_{BE} = 162,5$ $E_A = E_C = E_D = 0$	162,5	162,5
$(C, D), A, B, E$	$C_{CD} = (30, 12,5)$	$E_{CD} = 12,5$ $E_A = E_B = E_E = 0$	12,5	12,5
$(C, E), A, B, D$	$C_{CE} = (17,5; 10)$	$E_{CE} = 312,5$ $E_A = E_B = E_D = 0$	312,5	312,5
$(D, E), A, B, C$	$C_{DE} = (17,5; 12,5)$	$E_{DE} = 325$ $E_A = E_B = E_C = 0$	325	325

Fuente: (Gallardo, 2021).

Se evidencia que se unen los elementos C y D. Obteniendo una configuración de (C, D), A, B, E.

Nivel 2

Con la configuración obtenida tomamos las $\binom{4}{2} = 6$ combinaciones posibles

Tabla 22-1: Posibles combinaciones

Partición	Centroides	E_k	E	ΔE
$(A, C, D), B, E$	$C_{ACD} = (23,33, 10)$	$E_{ACD} = 316,66$ $E_B = E_E = 0$	316,66	304,16
$(B, C, D), A, E$	$C_{BCD} = (26,66, 15)$	$E_{BCD} = 116,66$ $E_A = E_E = 0$	116,66	104,16
$(C, D, E), A, B$	$C_{CDE} = (21,66, 11,66)$	$E_{CDE} = 433,33$ $E_A = E_B = 0$	433,33	420,83
$(A, B), (C, D), E$	$C_{AB} = (15, 12,5)$ $C_{CD} = (30, 12,5)$	$E_{AB} = 162,5$ $E_{CD} = 12,5$ $E_E = 0$	175	162,5
$(A, E), (C, D), B$	$C_{AE} = (7,5, 7,5)$ $C_{CD} = (30, 12,5)$	$E_{AE} = 25$ $E_{CD} = 12,5$ $E_B = 0$	37,5	25
$(B, E), (C, D), A$	$C_{BE} = (12,5, 15)$ $C_{CD} = (30, 12,5)$	$E_{BE} = 162,5$ $E_{CD} = 12,5$ $E_A = 0$	175	162,5

Fuente: (Gallardo, 2021).

En esta etapa se unen los elementos A y E. Obteniendo una configuración $(A, E), (C, D), B$

Paso 3

De la configuración actual tomamos $\binom{3}{2} = 3$ combinaciones posibles

Tabla 23-1: Posibles combinaciones

Partición	Centroides	E_k	E	ΔE
$(A, C, D, E), B$	$C_{ACDE} = (18,75, 10)$	$E_{ACDE} = 568,75$ $E_B = 0$	568,75	531,25
$(A, B, E), (C, D)$	$C_{ABE} = (11,66, 11,66)$ $C_{CD} = (30, 12,5)$	$E_{ABE} = 233,33$ $E_{CD} = 12,5$	245,8	208,3
$(A, E), (B, C, D)$	$C_{AE} = (7,5, 7,5)$ $C_{BCD} = (26,66, 15)$	$E_{AE} = 25$ $E_{BCD} = 116,66$	141,66	104,16

Fuente: (Gallardo, 2021).

En esta etapa se une los clústeres B y (C, D) . Obteniendo una configuración $(A, E), (B, C, D)$.

Paso 4

En este paso se unen los dos clústeres existentes, es decir los valores del centroide y de los incrementos de las distancias.

Tabla 24-1: Matriz de clúster

Partición	Centroide	E	ΔE
(A, B, C, D, E)	$C_{ABCDE} = (19, 12)$	650	508,34

Fuente: (Gallardo, 2021).

Obteniendo el siguiente dendograma

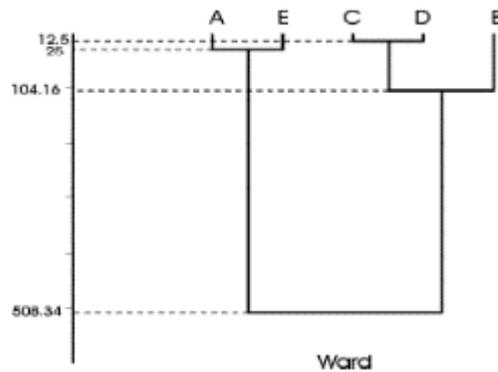


Figura 38-1. Dendograma método de Ward

Realizado por: (Gallardo, 2021).

1.4.4. Métodos de Clasificación

Los métodos de clasificación consisten en una serie de técnicas en las cuales un conocimiento previo acerca de la pertenencia de categoría de un conjunto de objetos se utiliza para desarrollar un modelo de clasificación. El propósito de la regla es usualmente predecir la pertenencia de categoría de nuevos objetos. En ocasiones el objetivo es solamente probar la hipótesis de clasificación evaluando al desempeño de la regla sobre un conjunto de datos.

Cuando se emplean técnicas de clasificación la matriz de los de datos se divide en dos porciones, el training set conjunto de objetos de identidad conocida con los cuales se desarrolla la regla de clasificación, y el evaluation set, conjunto de objetos con iguales características que el anterior que se utiliza para verificar el desempeño de la regla comparando las predicciones de categoría con las clasificaciones reales. Un test set es un grupo de datos de objetos cuyas categorías verdaderas son desconocidas. El parámetro estadístico que nos da una idea respecto a la bondad de un modelo de clasificación es su capacidad de clasificación que es el porcentaje de objetos del training set correctamente asignados por el método.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN

2.1. Tipo de Investigación

- Por el método de investigación: Cuantitativa

“La Metodología Cuantitativa es aquella que permite examinar los datos de manera numérica, especialmente en el campo de la Estadística” (Suma Pumachara, 2016: p. 4).

Debido a que en la investigación de “Evaluación de la calidad de cerveza artesanal” se van a obtener datos medibles como pH, carbonatación, acidez total, presencia de metales pesados y grado alcohólico de acuerdo con los parámetros estipulados en la normativa INEN 2262-1.

- Según el objetivo: Aplicada

“Se centra en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto” (Castro, 2020: p. 1).

Ya que la investigación está encaminada a resolver un problema, el cual en la presente investigación corresponde a la calidad de las cervezas artesanales comercializadas en el cantón Riobamba.

- Según el nivel de profundización en el objeto de estudio: Explicativa

“Es el tipo de investigación más común y se encarga de establecer relaciones de causa y efecto que permitan hacer generalizaciones que puedan extenderse a realidades similares.” (Riaños, 2020: p. 2).

Los análisis que se realizará tienen el fin de obtener información del cumplimiento o incumplimiento de la calidad de las cervezas artesanales para con la normativa INEN 2262-1, así generar una explicación tentativa de las consecuencias de dicho incumplimiento.

- Según la manipulación de variables: Experimental: Experimental

“La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)” (G. Arias 2012: p. 34).

Debido a que en este tipo de investigación se puede manipular las variables y observar la relación que poseen en cuanto a su comportamiento. Es decir que las variables que se manipulan en esta investigación se observarán si sus valores se encuentran dentro del rango estipulado por la normativa INEN 2262-1 para cada una de ellas, además dichas variables son totalmente controladas dentro del laboratorio.

- Según el tipo de inferencia: Deductiva

“En este tipo de investigación, la realidad se explica a partir de leyes generales que apuntan hacia conclusiones particulares”

Debido a que en la investigación se va a obtener conclusiones que van a dar solución al problema planteado en la misma.

- Según el periodo temporal: Transversal

“El estudio transversal se define como un estudio observacional en el que los datos se recopilan para estudiar a una población en un solo punto en el tiempo y para examinar la relación entre variables de interés” (Torres Fernández & Valdez López, 2018: p. 1)

En la investigación se va analizar distintas variables (parámetros fisicoquímicos) en un momento dado a un mismo grupo que son las distintas marcas de cervezas artesanales comercializadas en Riobamba.

2.2. Método de Investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se utiliza los métodos científico, analítico y estadístico

- **Método científico**

Metodologías apropiadas para el correcto análisis fisicoquímico de cada marca de cerveza artesanal.

- **Método analítico**

Para la recolección de datos que fueron obtenidos de los diferentes equipos utilizados en los análisis fisicoquímicos de las 12 cervezas artesanales.

- **Método estadístico**

En esta investigación de tipo experimental se utiliza métodos multivariados para su correcta

clasificación y comparación de resultados obtenidos en los análisis.

- **Localización del Estudio**

La presente Investigación se llevarán a cabo en el laboratorio de Investigaciones, laboratorio de Química Instrumental y laboratorio de Química Analítica pertenecientes a la facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en la Panamericana Sur Km 1 1/5, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

2.3. Población y Muestra

- **Población de estudio**

La población de estudio son 12 cervezas artesanales comercializadas en el cantón Riobamba escogidas al azar en supermercados, microempresas y centros de diversión nocturnos. Se encontró 4 cervezas artesanales importadas de países extranjeros y 1 cerveza artesanal proveniente de Cuenca que son comercializadas en supermercados, 3 cervezas artesanales generadas por pequeños comerciantes originados en Riobamba y 4 cervezas artesanales encontradas en un centro de diversión nocturna.

- **Tamaño de la muestra**

El tamaño de la muestra es finito, ya que se considera 12 distintas marcas de cerveza artesanal comercializadas en el cantón Riobamba provincia Chimborazo.

- **Método de muestreo**

El método de muestreo será probabilístico estratificado, debido a que se ha dividido a la población en grupos más pequeños que no se superponen para que representen la población total.

Cervezas artesanales comercializadas en supermercados, cervezas artesanales comercializadas en centros de diversión nocturnos y cervezas artesanales realizadas por emprendimientos son los grupos de población que se ha considerado ya que se ha encontrado tanto personas que originan su propia marca de cerveza artesanal como son los emprendimientos propiamente de la ciudad o cierto tipo de cerveza artesanal que se genera dentro del establecimiento diversión nocturno y cervezas artesanales importadas.

- **Técnicas de recolección de datos**

La investigación se ha realizado por observación directa de los hechos ya que se procedió a buscar cuantas marcas existen en Riobamba en distintos lugares como supermercados, centros de diversión nocturnos y pequeños emprendimientos que han originado marcas del producto en estudio.

Tabla 1-2: Recolección de datos

Método	Técnica	Descripción
Obtención de muestras	Sitio Web y entrevistas	Búsqueda bibliográfica de distintas marcas que se comercialicen en Riobamba.
Recolección de muestras	Sitio Web	Una vez establecidas las 12 marcas de cerveza artesanal se procedió acudir a los lugares de comercialización para su recolección.
Determinación de análisis	Normativa INEN 2262-1	Para poder obtener datos de cada muestra se determinó los análisis que se llevarían a cabo basados en la normativa estipulada.
Ensayo 1. Grado alcohólico	Volumétrico	Se realiza una destilación simple para determinar el nivel de alcohol en el que se encuentra la cerveza artesanal.
Ensayo 2. pH	Potenciométrico	Se utiliza un pH metro su lectura.
Ensayo 3. Acidez Total	Titulación Potenciométrica	Se realiza una titulación con hidróxido de sodio hasta llegar a un pH de 8.2, tomando en cuenta el gasto del hidróxido para su cálculo reportado en ácido láctico.
Ensayo 4. Determinación de metales	Espectrofotometría de absorción atómica	Se determina la concentración de hierro, arsénico y plomo presente en la cerveza.

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

2.4. Diseño de la Investigación

El diseño de la presente investigación es Experimental con más de una variable dependiente e independiente, las mismas que se han definido en base a la literatura; se analizará los parámetros fisicoquímicos (pH, acidez total, grado alcohólico y presencia de metales: hierro, plomo y arsénico) en el control de calidad de 12 marcas de cerveza artesanal en experimentos independientes para cada parámetro.

Para determinar la calidad de las 12 marcas de cerveza artesanal, se realizará en primer lugar la desgasificación de cada una, para ello se pondrá cada una en un vaso de precipitados de 600 ml y se lo llevará a un agitador magnético marca Fisher Scientific en donde se agitará paulatinamente con la ayuda de la pastilla magnética por una hora subiendo la velocidad cada 6 minutos (preprueba), luego se analizará cada parámetro fisicoquímico que consta en la normativa INEN 2262-1 (posprueba).

2.4.1. Preprueba

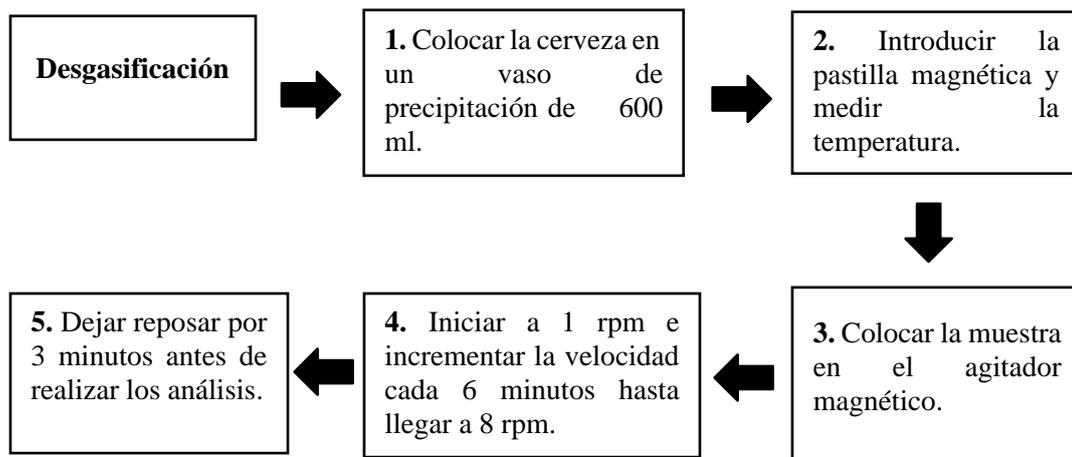


Figura 1-2. Proceso de Desgasificación para cada cerveza artesanal

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

2.4.2. Posprueba

Grado Alcohólico

Para la determinación del grado alcohólico se realizará una destilación usando una manta calefactora, un equipo Recirculador chiller CCA-420 con bomba marca biobase, una sustancia refrigerante verde para auto, núcleos de ebullición, hielo y un equipo adaptado manualmente para

la destilación. Para iniciar la destilación es importante que la cerveza desgasificada se encuentre a una temperatura de 20 °C medido con un termómetro digital en un balón de aforo de 100 ml, una vez aforado y con la temperatura ideal se lo lleva a un balón de destilación con aproximadamente 100 núcleos de ebullición y se lo coloca en la manta calefactora adaptado al equipo manual en la punta de recolección se encontrará el balón de aforo de 100 ml con 10 ml de agua destilada en un baño de hielo y se recolectará aproximadamente 50 ml del destilado, se lleva a 20 °C y se afora el balón con agua destilada, posteriormente se traspasa a una probeta de 100 ml y se medirá el grado alcohólico en una con un hidrómetro de capacidad 40 °C.

Según la Normativa INEN los resultados para este análisis se los reporta como porcentaje en masa o en volumen, con dos cifras decimales.

Determinación de Grado Alcohólico

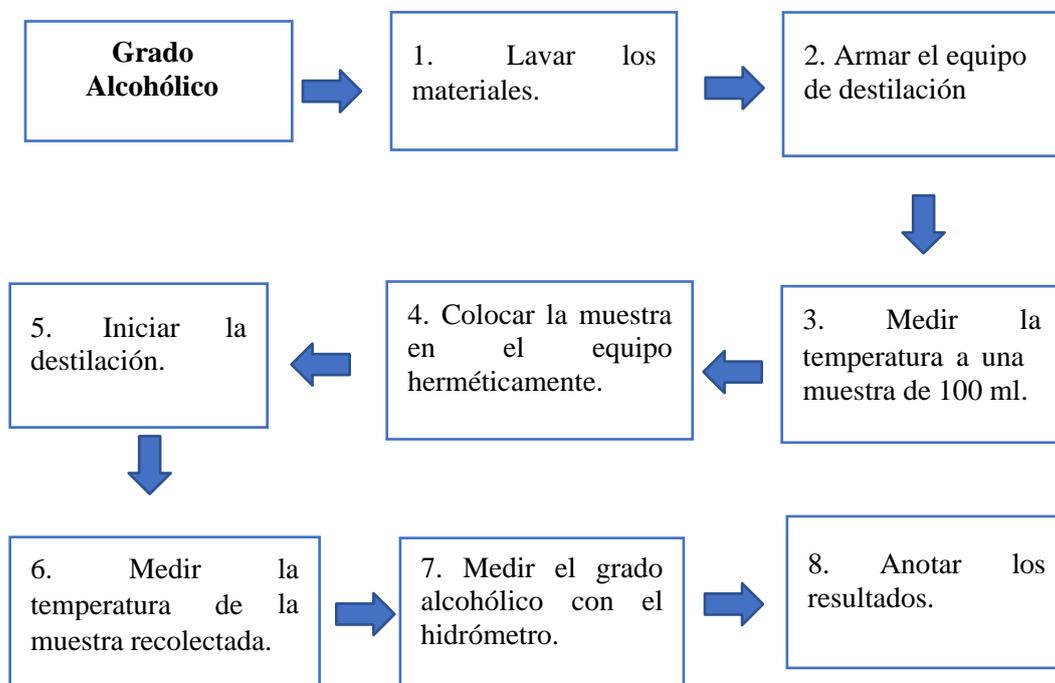


Figura 2-2. Esquema general para medición de grado alcohólico para cada cerveza artesanal

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Determinación de pH

En la determinación de pH se colocará una cantidad considerable de cerveza artesanal en un vaso de precipitado y se comprobará que la temperatura oscile entre 20 a 25°C para su medición, se verificará también que el pH metro marca HDM se encuentre calibrado, si no es así se usará los estándares estadounidenses de 4, 7 y 14 para su calibración (calibración del equipo se describe en la Figura 18.), una vez calibrado se limpiará el electrodo con agua destilada y se introducirá en la

cerveza, se espera que la medición sea estable y se anota el valor, finalmente se limpia nuevamente los electrodos y se colocan en el estándar respectivo del equipo.

Medición de pH

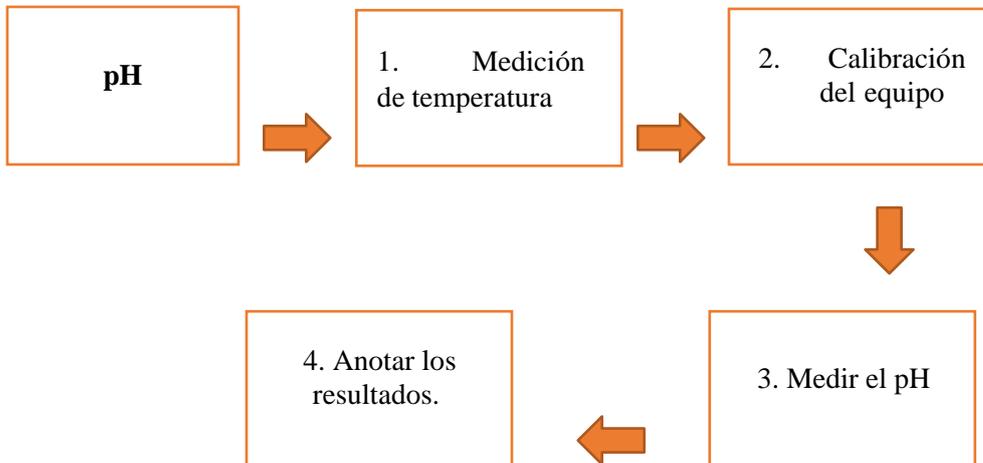


Figura 3-2. Esquema general para medición de pH para cada cerveza artesanal

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Calibración del equipo de medición

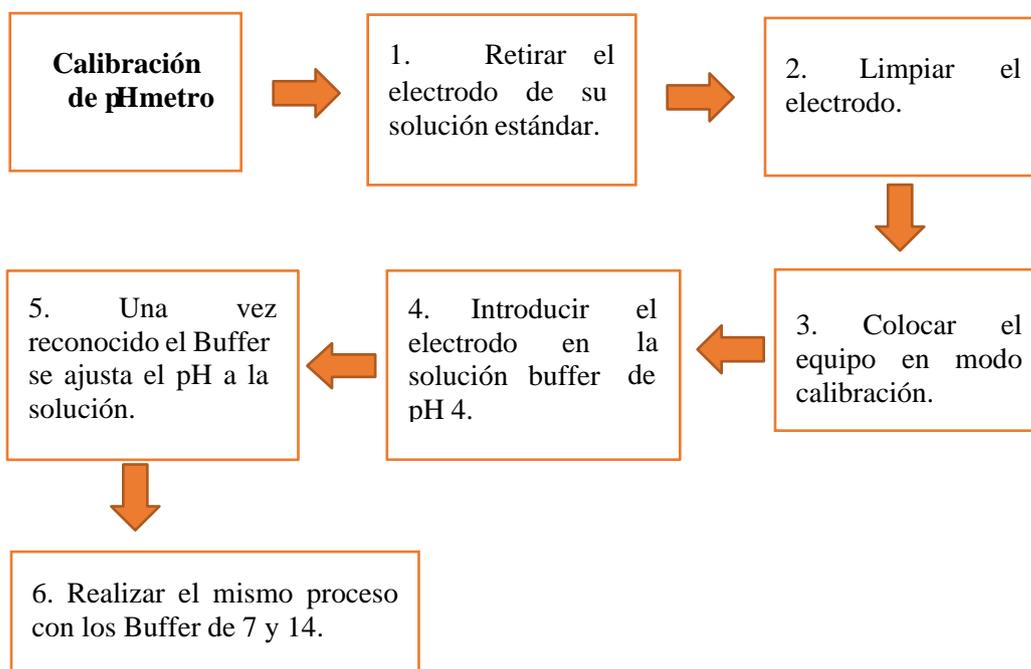


Figura 4-2. Calibración de pH metro marca HDM

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Acidez Total

En la acidez total se realizará una titulación potenciométrica con una solución 0,1N de hidróxido de sodio hasta alcanzar un pH de 8,2. Se utilizará un medidor de pH marca HDM

modelo pH700, vaso de precipitados de 100 ml, un agitador magnético marca Fisher Scientific, bureta de 50 ml, termómetro digital y pipeta volumétrica de 50 ml. Se colocarán 50 ml de cerveza desgasificada en el vaso de precipitado de 100 ml, se ajusta la temperatura a 20°C con la ayuda del termómetro digital, se coloca el vaso con la muestra en el agitador magnético con la pastilla magnética; se ajustará también el pH metro y la bureta al vaso para medir su pH conforme la solución de NaOH 0.1 N vaya cayendo hasta obtener un pH de 8.2 donde damos por finalizada la titulación. Se anota el gasto de la solución de hidróxido de sodio en la titulación y se lo realizará por duplicado.

La acidez se calcula mediante la ecuación siguiente.

$$Acidez\ total = \frac{mL\ de\ NaOH \times 10}{mL\ de\ cerveza \times\ gravedad\ específica}$$

Para expresar la acidez total como porcentaje de ácido láctico se utilizará la siguiente ecuación

$$Acidez\ total\ (como\ ácido\ láctico) = \frac{mL\ de\ NaOH \times 0.9}{mL\ de\ cerveza \times\ gravedad\ específica\ de\ cerveza}$$

Reportar la acidez de la cerveza como ácido láctico con dos decimales.

Determinación de Acidez Total

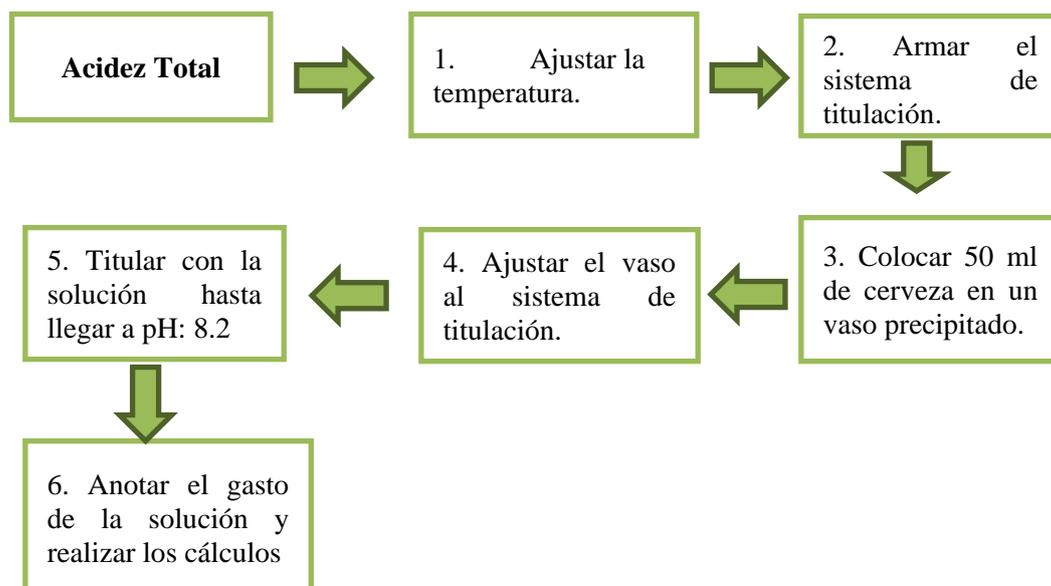


Figura 5-2. Esquema general para medición acidez total para cada cerveza artesanal

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Determinación de Metales

a) Hierro

Para la determinación de Hierro por método de espectrofotometría de absorción atómica se usa el equipo propio del método con una sensibilidad de niveles de 0.05 mg/l de hierro con una lámpara de cátodo hueco para hierro, provisto de un quemador de tres ranuras, balón volumétrico de 100 ml, pipetas graduadas de 1 ml, 10 ml y una solución estándar de hierro.

Se realiza una preparación de las soluciones estándares para la medición de hierro con concentraciones de 0.0, 0.2, 0.6, 1.0 y 2.0 mg/L. Primero se prepara la solución estándar de hierro que contiene 1000 mg/L, por lo tanto, al añadir 1 ml de la solución estándar de hierro a un balón de aforo de 50 ml se tiene una concentración de 20 ppm. Para los estándares se toma 0.5 de la solución de hierro en un balón de 50 ml obteniendo concentración de 0.2 ppm, para la segunda solución se toma 1.5 ml de la solución de hierro en un balón de 50 ml obteniendo una concentración de 0.6 ppm, para la tercera solución se toma 2.15 ml de solución de hierro en un balón de 50 ml obteniendo una concentración de 1.0 ppm, para la cuarta solución se toma 5.0 ml de la solución de hierro en un balón de 50ml para obtener una concentración de 2.0 ppm.

El procedimiento consiste en aspirar directamente las soluciones en el espectrofotómetro de absorción atómica, se utilizará agua destilada para encerrar el instrumento y con ello medir las absorbancias de las muestras de cerveza desgasificadas previamente junto con sus estándares. El contenido de hierro se reportará en mg/l con dos cifras decimales. El cálculo está basado en la construcción de la curva plasmado la absorbancia VS la concentración de hierro añadida de los 4 estándares, obteniendo la cantidad de hierro contenido en la cerveza mediante extrapolación.

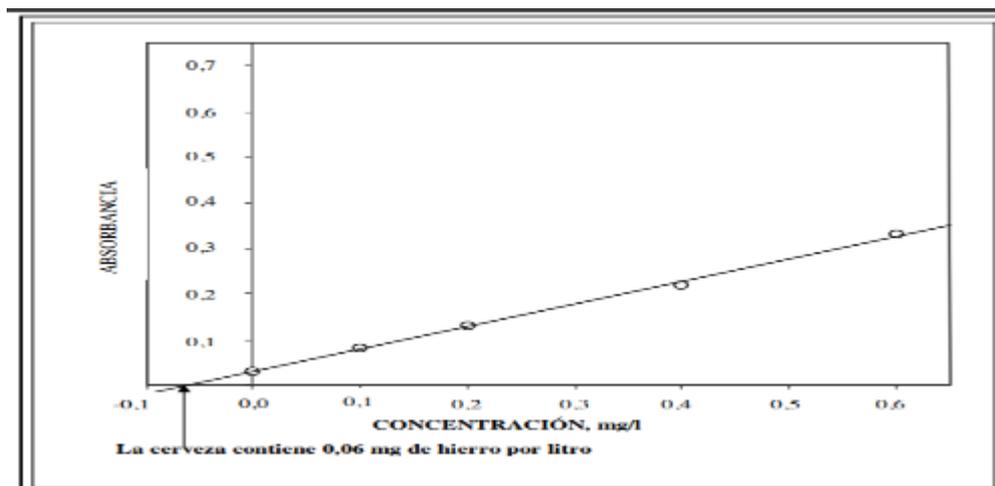


Gráfico 1-2. Ejemplo de cálculo del contenido de hierro en la cerveza con los datos obtenidos por espectrofotometría de absorción atómica

Realizado por: INEN 2326, 2002.

Preparación de Agua Acidulada al 1%

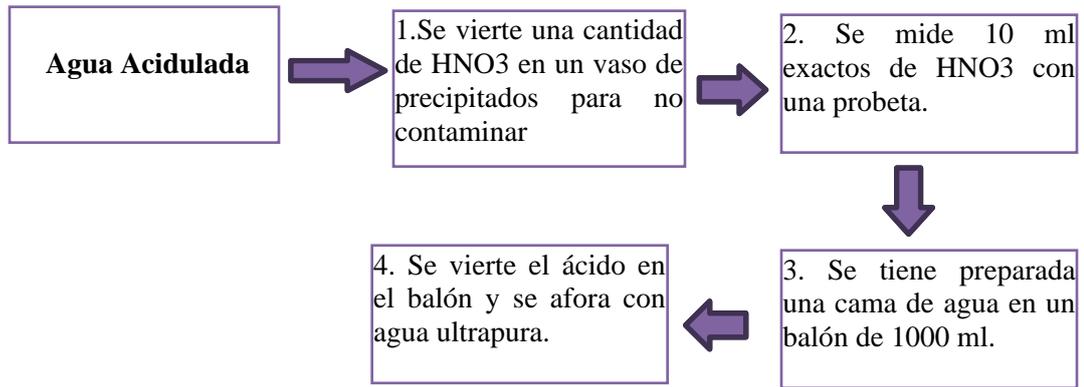


Figura 6-2. Esquema general de preparación de agua acidulada

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de la solución estándar de Hierro a concentración 20 ppm

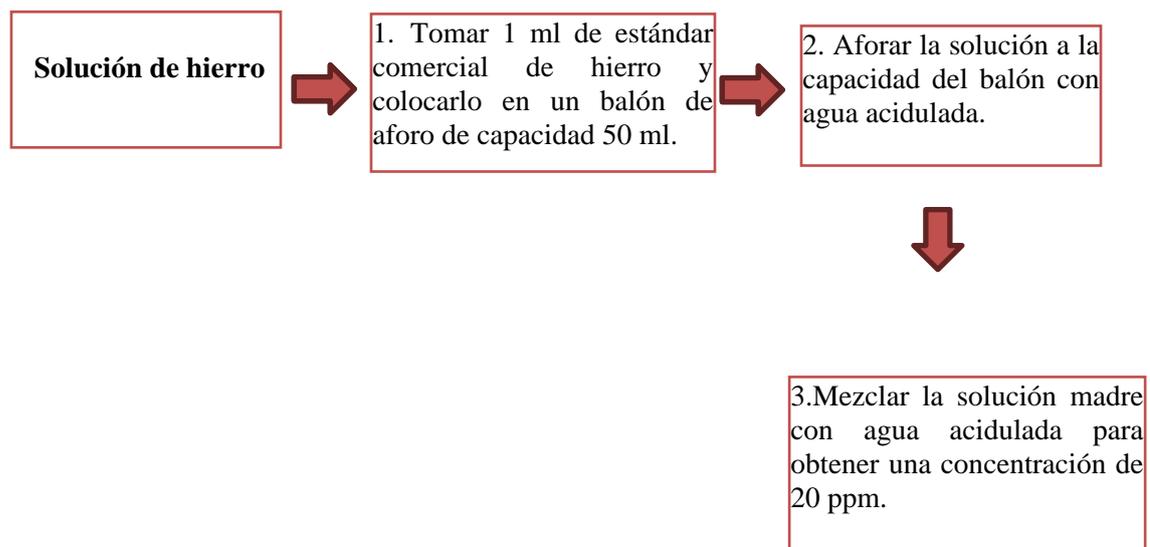


Figura 7-2. Esquema general de preparación de solución estándar de hierro

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de primer estándar a 0.2 ppm

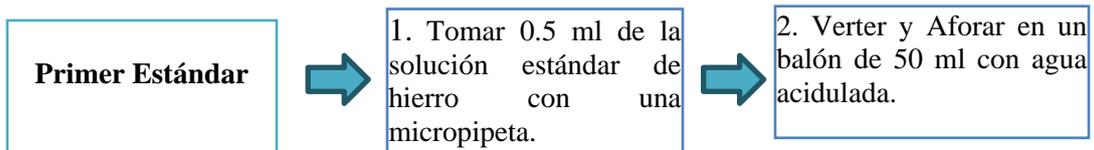


Figura 8-2. Esquema general de preparación de primer estándar

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de segundo estándar a 0.6 ppm

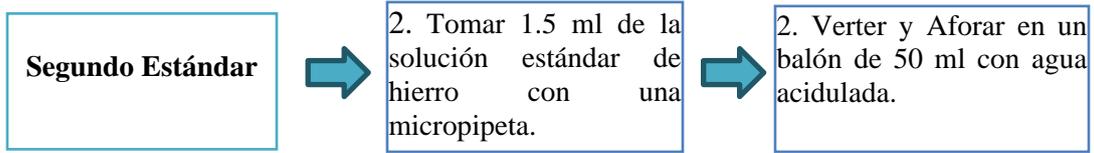


Figura 9-2. Esquema general de preparación de segundo estándar

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación tercer estándar a 1.0 ppm

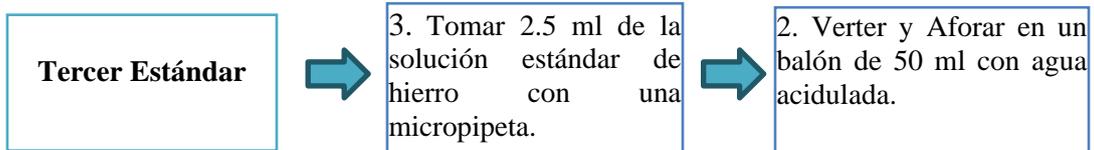


Figura 10-2. Esquema general de preparación de tercer estándar

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación cuarto estándar a 2.0 ppm

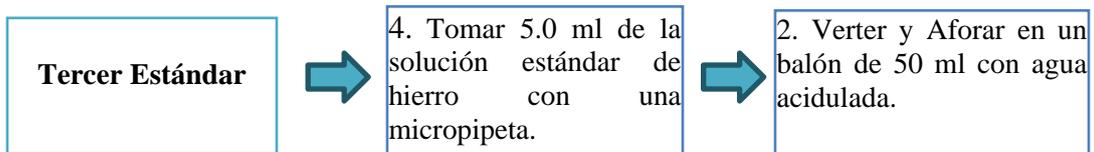


Figura 11-2. Esquema general de preparación de cuarto estándar

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Determinación de Hierro

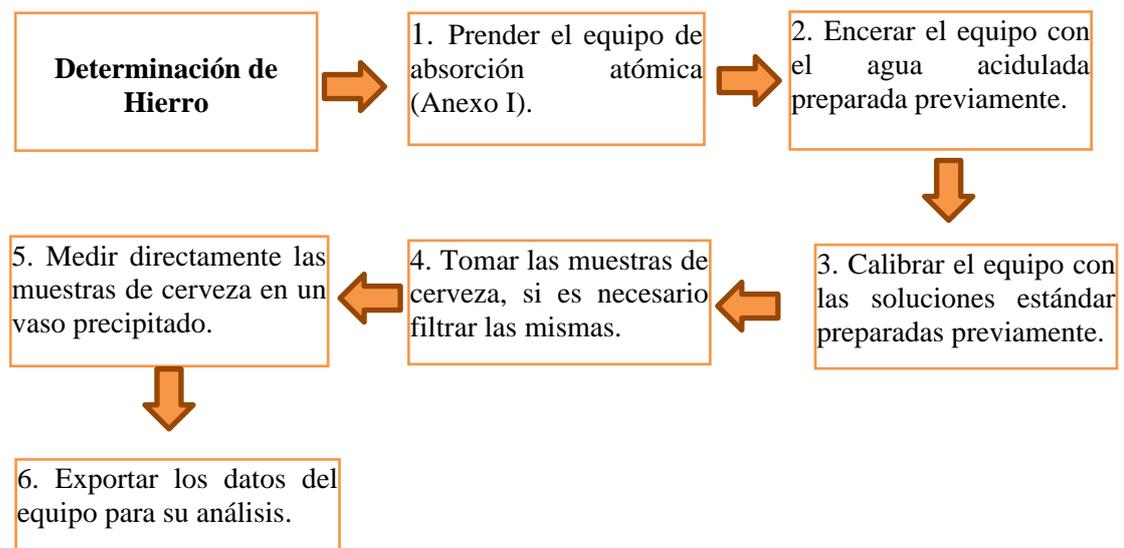


Figura 12-2. Esquema general para la determinación de hierro

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

b) Plomo

Para determinar plomo, se prepara la muestra colocando 5 ml de cerveza desgasificada en un erlenmeyer de 125 ml con 0.5 ml de una solución de nitrato de magnesio al 15 % m/v se la lleva a una plancha de calentamiento marca Selecta modelo 00-D para secar la muestra, una vez completamente seca se añade 5 ml de ácido nítrico concentrado y se lleva de regreso a la plancha de calentamiento para eliminar los residuos del ácido y dejarla secar, esto se lo realiza dentro de una campana de extracción marca Biobase modelo FH-1200 por los gases emitidos, se lleva la muestra a la mufla marca Vulcan modelo A-550 con una temperatura menor a 110 °C para elevar la misma en un rango de 50 °C por cada minuto hasta alcanzar una temperatura de 375°C, se mantendrá en la misma hasta que no exista desprendimiento de humo, posteriormente se sube a 450°C durante una hora y treinta minutos, al culminar el tiempo se la deje enfriar a temperatura ambiente. Se puede requerir una segunda calcinación para lo cual se añadirá 1 ml de ácido nítrico (1:1) para colocarlo en la mufla fría se incrementará la temperatura a 450 °C durante 10 minutos.

Una vez culminado este proceso de calcinación se disuelve las cenizas con 2 ml de ácido clorhídrico 8 M y 8 ml de agua desionizada.

Se prepara la solución de plomo que contiene 1000 mg/l, para ello se toma 1 ml de plomo y se afora en un balón de 50 ml obteniendo una concentración de 20 ppm. Las soluciones estándar se preparan a concentraciones de 0.0, 0.2, 0.4, 0.8 y 1.6 ppm.

Los parámetros del equipo son: Elemento: plomo (Pb), Matriz: Cenizas disueltas en HCl 8M.

Tabla 2-2: Parámetros instrumentales y de lectura del equipo

Parámetros instrumentales	Parámetros de lectura
Longitud de onda: 283,3 nm	Concentración/Absorbancia
Ancho de banda espectral: 0,7 nm	S1: 50 µg/0,141
Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco	S2: 150 µg/0,337
Corriente: 5 mA	S3: 300 µg/0,552
Corriente de fondo: opcional	Altura pico; tiempo: 7 s

Fuente: INEN 2326, 2002.

Para obtener el contenido de plomo en cada muestra de cerveza se aplica la siguiente fórmula.

$$\text{Contenido de plomo } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{L}} \right) = \frac{\text{lectura (abs)}}{5 \text{ mL}} * 10 \text{ mL}$$

Preparación de muestras de cerveza

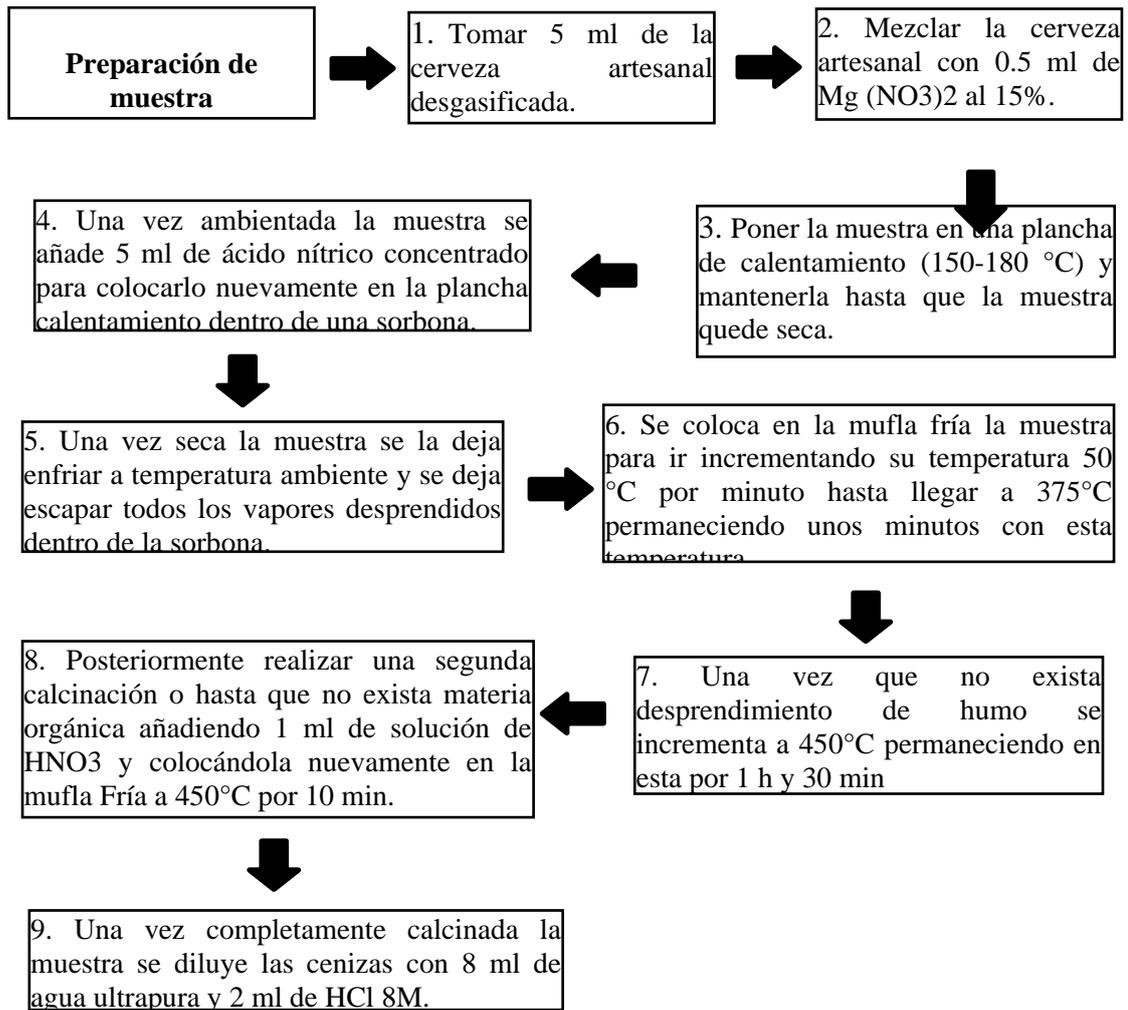


Figura 13-2. Esquema general para la preparación de muestra

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de solución Mg (NO₃)₂ al 15%

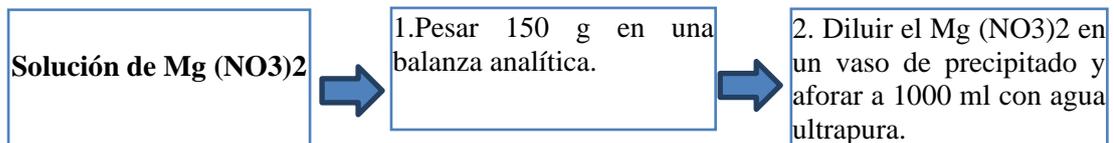


Figura 14-2. Esquema general para la preparación de soluciones de Mg(NO₃)₂

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de solución HCl a 8M

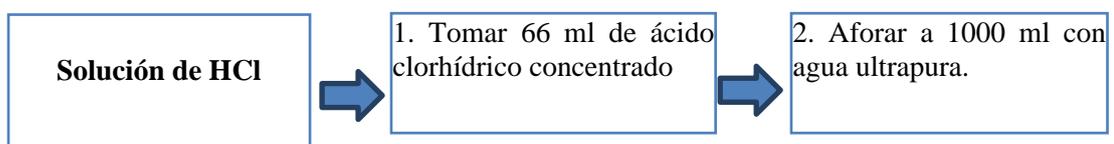


Figura 15-2. Esquema general para la preparación de soluciones de HCl

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de solución HNO₃ (1:1)

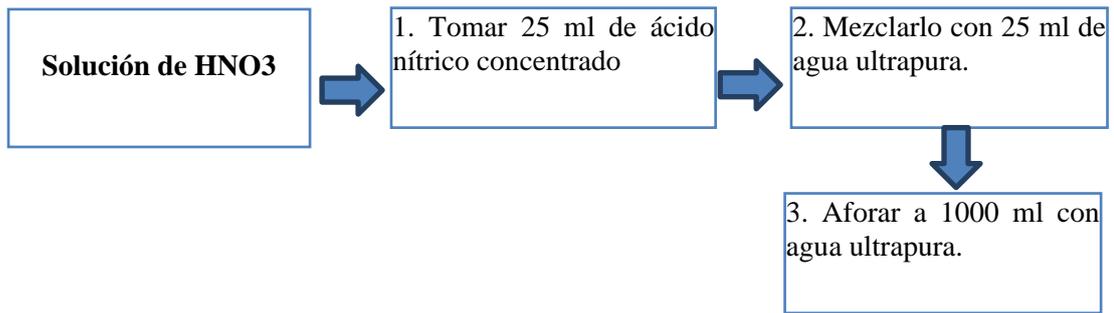


Figura 16-2. Esquema general para la preparación de soluciones de HNO₃

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de solución estándar de plomo

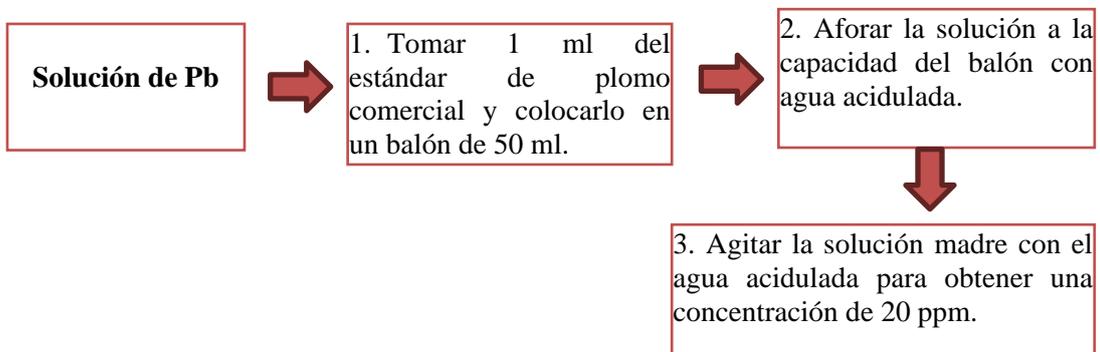


Figura 17-2. Esquema general de preparación de solución de Plomo

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de primera solución estándar a 0.2 ppm

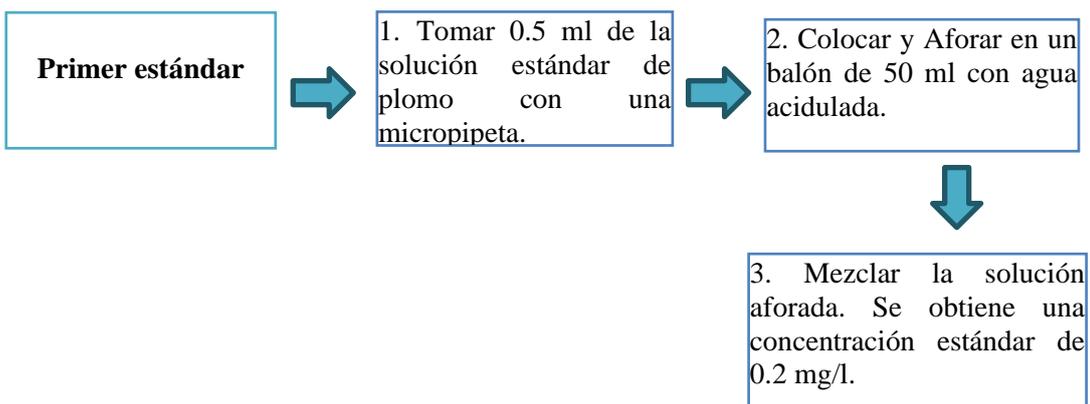


Figura 18-2. Esquema general para la preparación de primer estándar

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de segunda solución estándar a 0.4 ppm

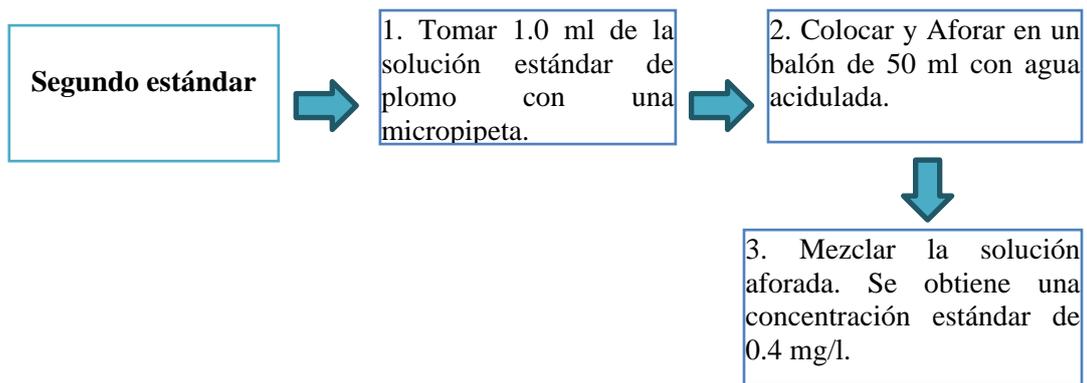


Figura 19-2. Esquema general para la preparación de segundo estándar

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de tercera solución estándar a 0.8 ppm

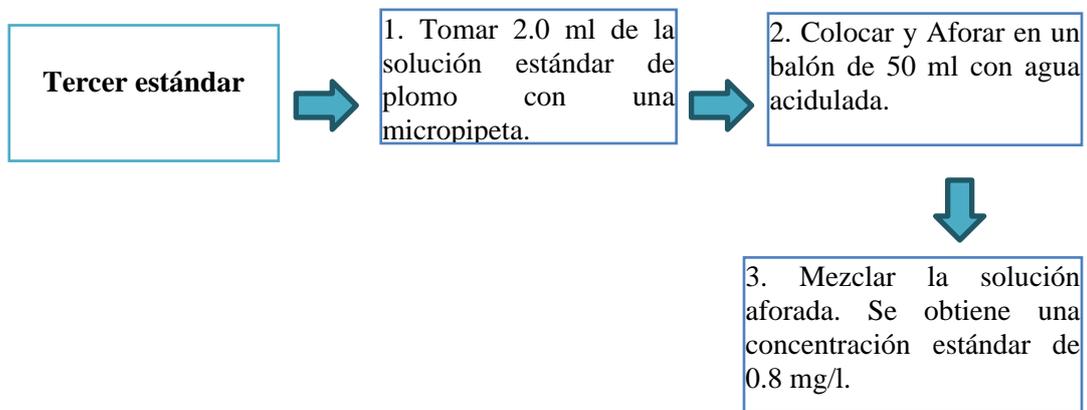


Figura 20-2. Esquema general para la preparación de tercer estándar

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de cuarto solución estándar a 1.6 ppm

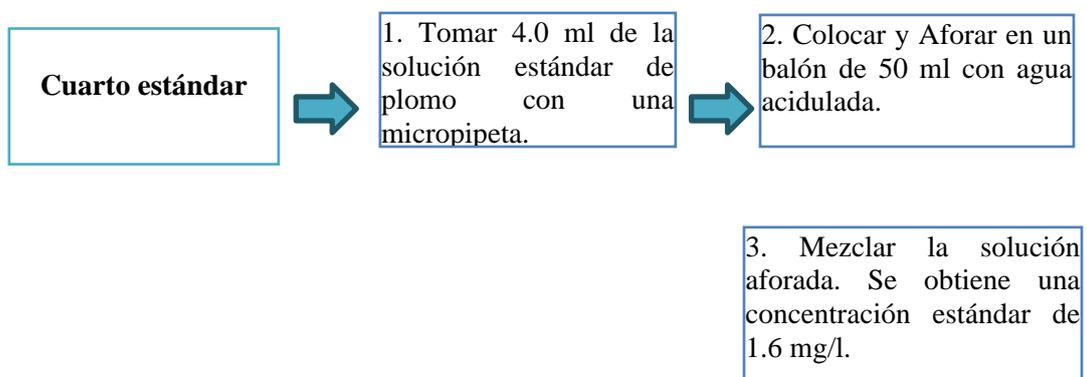


Figura 21-2. Esquema general para la preparación de cuarto estándar

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Medición de Hierro de las muestras de cerveza

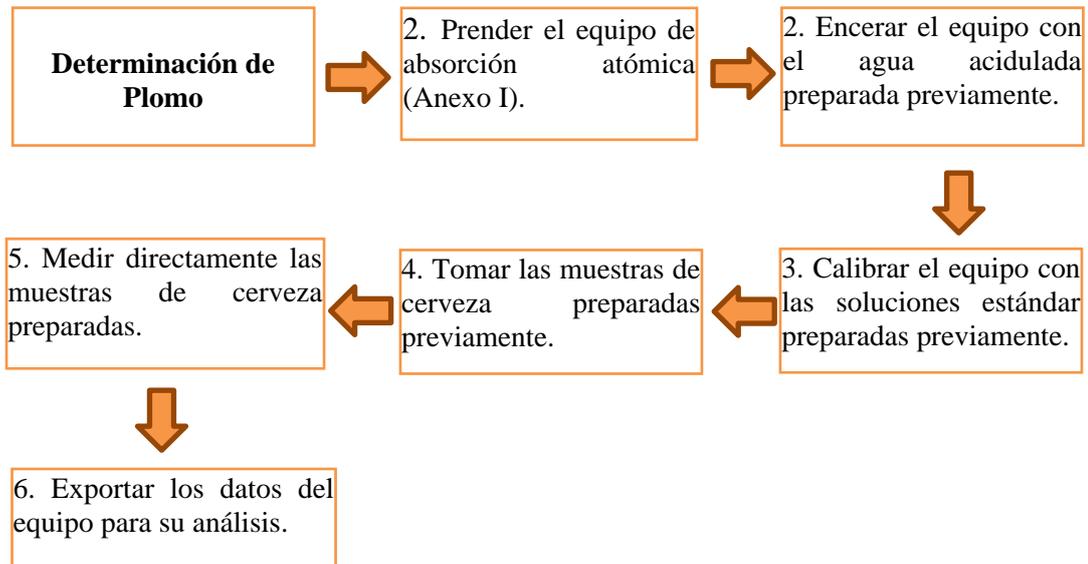


Figura 22-2. Esquema general para la determinación de plomo

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

c) Arsénico

En la determinación de arsénico la preparación de la muestra es exactamente igual a la del plomo descrita anteriormente.

Se prepara la solución de arsénico que contiene 1000 mg/l, para ello se toma 0.1 ml de plomo y se afora en un balón de 50 ml obteniendo una concentración de 2 ppm. Las soluciones estándar se preparan a concentraciones de 0.0, 0.2, 0.4, 0.8 y 1.0 ppm. Para esta determinación se utiliza agua acidulada de HCl.

Parámetros de operación del equipo:

- Elemento: Arsénico.
- Fuente: lámpara de cátodo hueco.
- Longitud de onda: 193,7 nm.
- Ancho de ranura: 0,7 nm.
- Corrector de fondo: No.
- Gas de purga: Argón/Nitrógeno.
- Llama: Aire/Acetileno (1 000 °C).
- Reductor: Borohidruro de sodio 3% en hidróxido de sodio 1%.
- Se deben tener en cuenta las demás recomendaciones del fabricante.

El contenido de arsénico en la muestra se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Contenido de arsénico } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{L}}\right) = \frac{\text{lectura (abs)}}{5 \text{ mL}} * 10 \text{ mL}$$

Preparación de la solución de Mg(NO3)2 a 15%

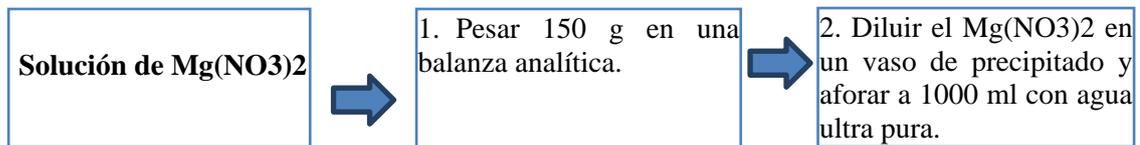


Figura 23-2. Esquema general para la preparación de soluciones de Mg (NO3)2

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de la solución de HCl 8M

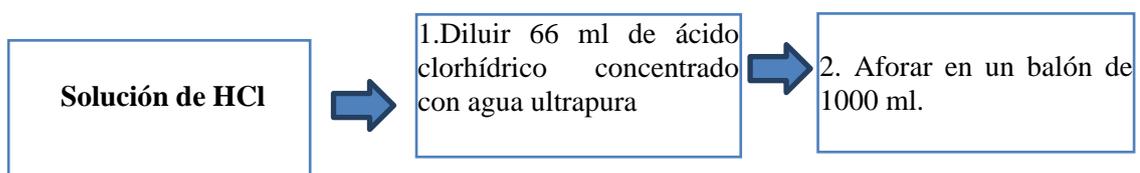


Figura 24-2. Esquema general para la preparación de soluciones de HCl

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de la solución de Solución de ácido ascórbico y yoduro de potasio

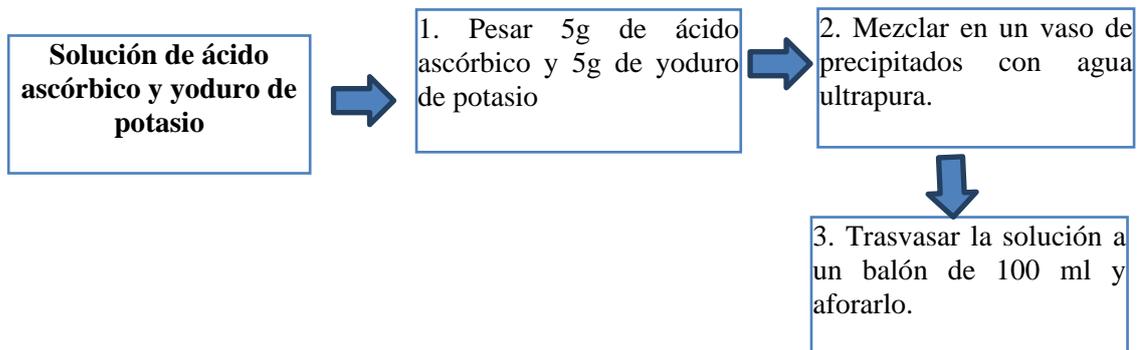


Figura 25-2. Esquema general de preparación de solución: yoduro de potasio + ácido ascórbico

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de la solución de borohidruro de sodio al 0.5%:

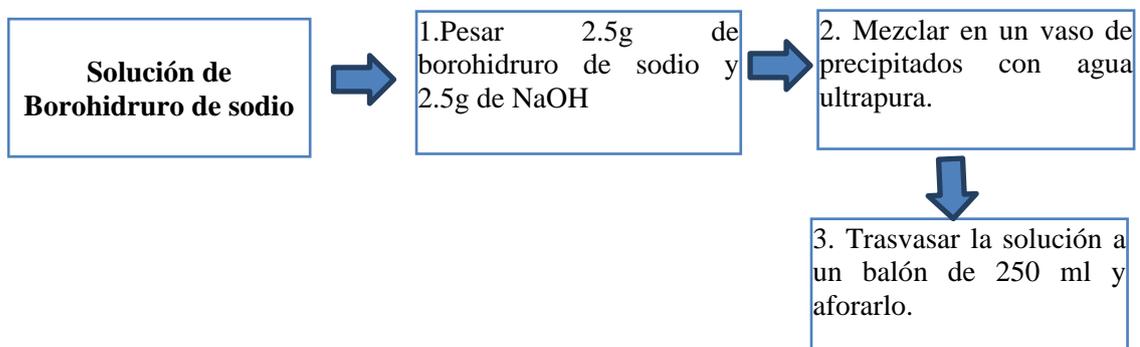


Figura 26-2. Esquema general para la preparación de solución borohidruro de sodio

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de la Muestra

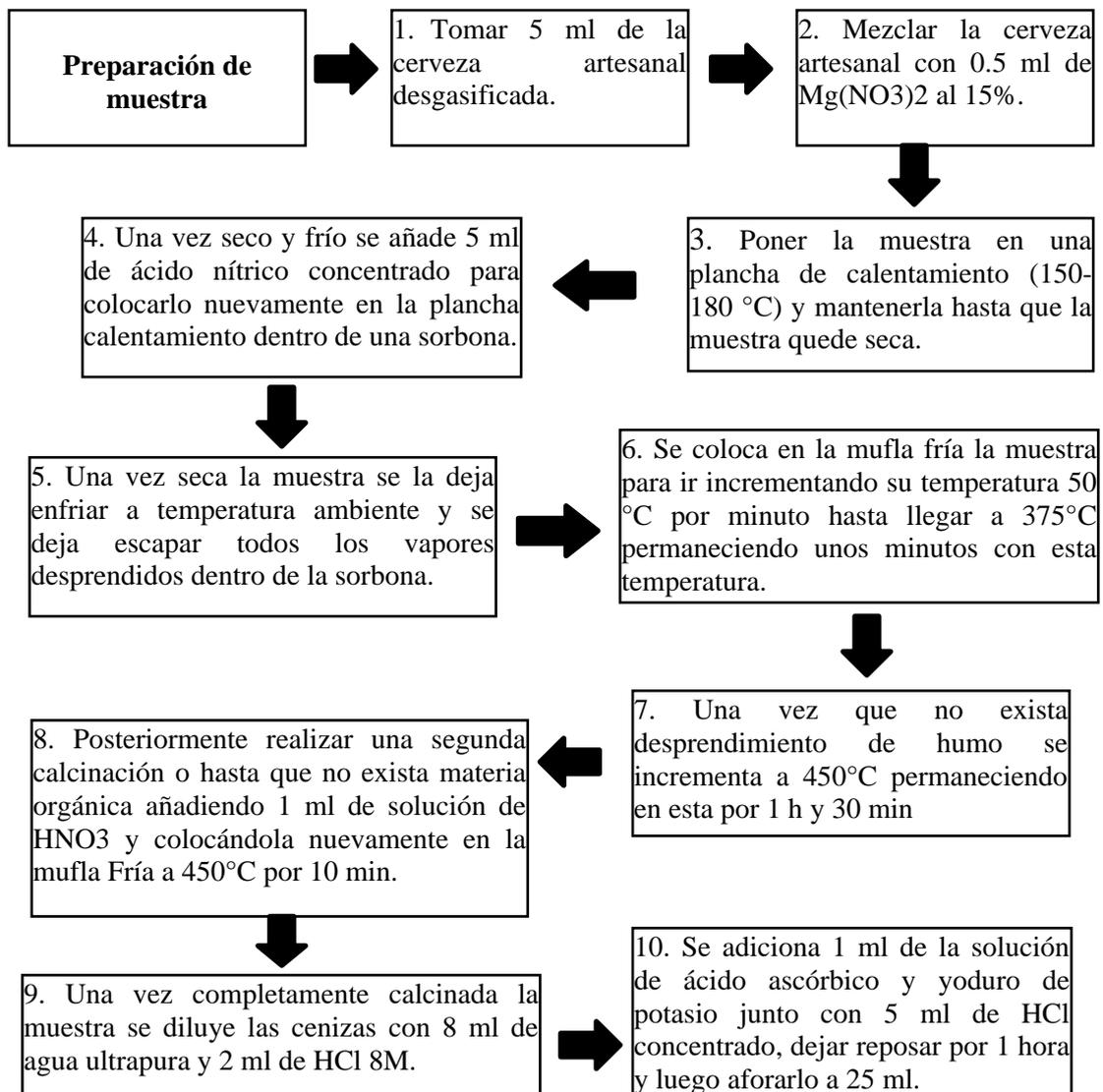


Figura 27-2. Esquema general para la preparación de muestra

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de Agua Acidulada

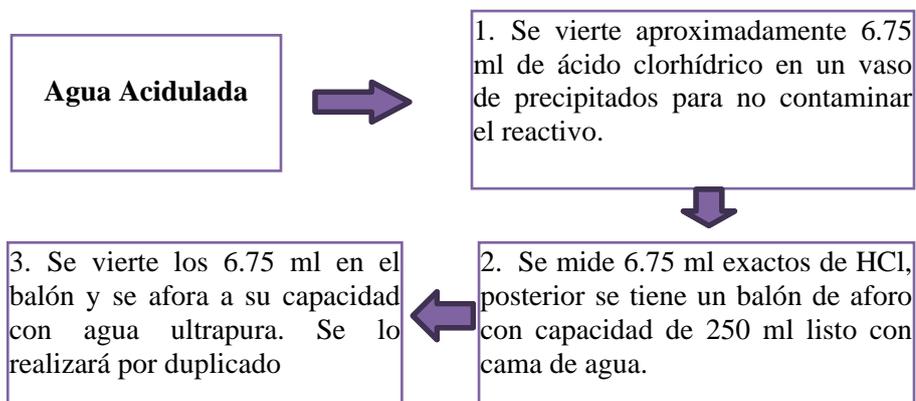


Figura 28-2. Esquema general para la preparación de agua acidulada

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Preparación de la solución estándar de Arsénico

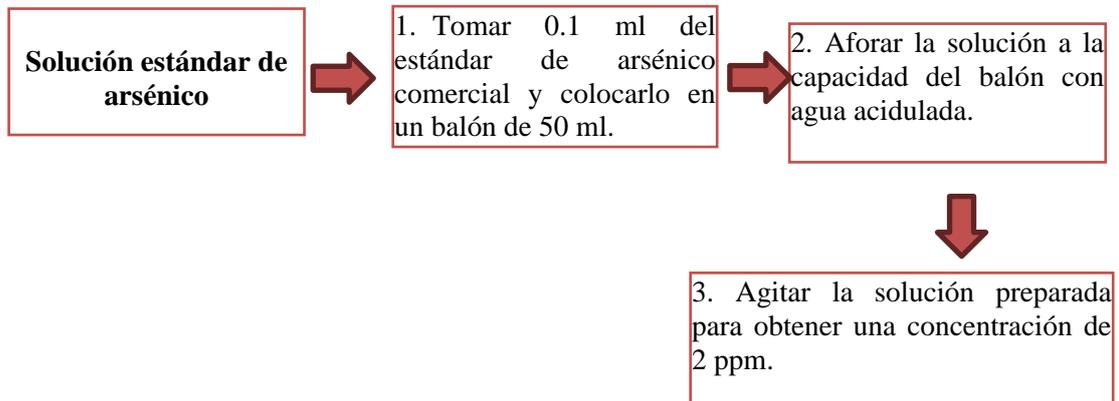


Figura 29-2. Esquema general para la preparación de solución estándar de arsénico

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Medición de arsénico en las muestras de cerveza

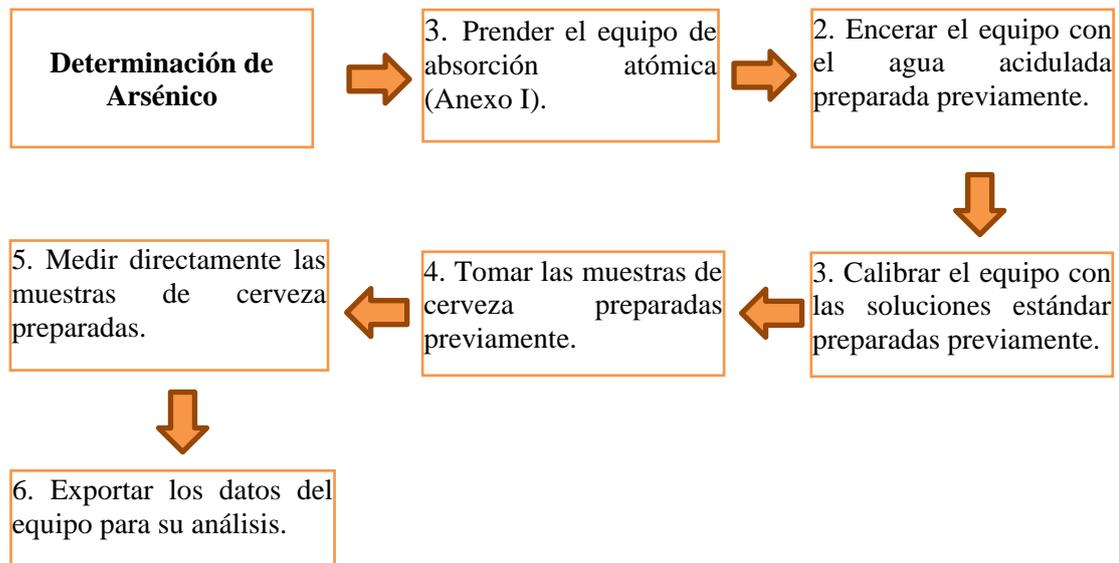


Figura 30-2. Esquema general para la determinación de arsénico

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

3.1. Obtención de Muestras

Tabla 1-3: Recolección de 12 marcas de cerveza artesanal

Marca	Tipo	Otro	Estado			Lugar
			Local	Nacional	Importada	
Heisen-Beer	Pale Ale	Rubia	X			Emprendimiento
Mestiza	Ale	Diabla	X			Emprendimiento
Latitud Cero	Lager	Rubia		X		Supermercado
Condor Stout	Stout	Negra	X			Supermercado
Sacha-Runa	Ale	La morenita	X			Emprendimiento
Chili Passion	Ale	Rubia tropical		X		Centros de diversión nocturna
Nefer	Ale	Rubia		X		Centro de diversión nocturna
Páramo	Brauhaus	Rubia			X	Supermercado
Oettinger	Lager	Negra			X	Supermercado
5.0 Original	Stout	Rubia			X	Supermercado
Kristoffel	Belgian Ale	Rubia			X	Supermercado
Andes	Blonde Ale	Rubia Intensa		X		Centro de diversión nocturno

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

3.2. Análisis de Resultados

3.2.1. Preprueba

Tabla 2-3: Desgasificación de las 12 marcas de cerveza

	Velocidad de Agitación																Tie mp o
	1rpm		2rpm		3rpm		4rpm		5rpm		6rpm		7rpm		8rpm		
	Presencia de Espuma																
Cervez a Artesa nal	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Heisen -Beer	X		X			X	X		X			X		X	X		50 min
Mestiz a		X	X			X	X			X	X			X	X		43 min
Latitud Cero		X	X			X		X	X			X		X	X		56 min
Condor Stout		X	X			X	X		X			X	X		X		65 min
Sacha- Runa	X		X			X	X		X			X		X		X	55 min
Chili Passio n	X			X	X			X		X	X			X		X	53 min
Nefer	X			X	X			X		X	X		X		X		65 min
Páram o	X			X		X		X	X		X		X			X	67 min
Oetting er	X		X			X		X		X	X		X			X	57 min
5.0 Origin	X		X			X		X	X		X		X		X		63 min

al																	
Kristof fel	X			X		X	X		X			X		X	X		65 min
Andes	X		X			X	X		X		X			X		X	65 min

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

3.2.2. Post-prueba

❖ *Determinación de Grado Alcohólico*

Tabla 3.2-3: Datos obtenidos en el análisis para grado alcohólico

N°	Cerveza Artesanal	Replica 1	Replica 2	Temperatura 1	Temperatura 2
1	Heisen-Beer	7°	7°	22.7°C	22.6°C
2	Mestiza	4.5°	5°	21.5°C	22 °C
3	Latitud Cero	5.5°	6°	20.6°C	21°C
4	Condor Stout	6°	5.5°	21.7°C	21°C
5	Sacha-Runa	5°	5.4°	21.4°C	21.7°C
6	Chili Passion	6°	6°	21.3°C	21.1°C
7	Nefer	5°	5.5°	21.6°C	22°C
8	Páramo	5°	5.1°	20.8°C	21°
9	Oettinger	5°	5.1°	20°C	20.2°C
10	5.0 Original	5°	5.3°	21.8°C	22°C
11	Kristoffel	7°	7°	20.8°C	20.7°C
12	Andes	5°	5°	20.1 °C	20°C

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Tabla 4-3: Resultado de la variable Grado Alcohólico

Cerveza Artesanal	Media Aritmética (%v/v)	Valor máximo de referencia INEN 2262-1 (%v/v)	Valor mínimo de referencia INEN 2262-1 (%v/v)
Heisen-Beer	7°	1.0	10.0
Mestiza	4.75°	1.0	10.0

Latitud cero	5.75°	1.0	10.0
Condor	5.75°	1.0	10.0
Sacha-Runa	5.2°	1.0	10.0
Chili Passion	6°	1.0	10.0
Nefer	5.25°	1.0	10.0
Páramo	5.05°	1.0	10.0
Oettinger	5.05°	1.0	10.0
5.0 Original	5.15°	1.0	10.0
Kristoffel	7°	1.0	10.0
Andes	5°	1.0	10.0

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Análisis de Resultado

La tabla 28 muestra los resultados de la medición del grado alcohólico de las 12 marcas de cerveza artesanal, donde se evidencia que todas las marcas se encuentran dentro del rango permisible de la normativa INEN, siendo así las marcas Heisen-Beer y Kristoffel con mayor grado alcohólico y la marca Mestiza con el menor grado alcohólico en comparación con las demás cervezas artesanales.

❖ Determinación de Acidez Total

Tabla 5-3: Datos obtenidos en el análisis para acidez total

N°	Cerveza Artesanal	Réplica 1			Réplica 2		
		ph inicial	Volumen gastado de NaOH	pH final	pH inicial 2	Volumen gastado de NaOH3	pH final 2
1	Heisen-Beer	4.16	15.1 ml	8.20	4.15	15.5 ml	8.27
2	Mestiza	4.07	13.9 ml	8.23	4.07	13.9 ml	8.24
3	Latitud Cero	4.04	20 ml	8.20	4.04	19.9 ml	8.20
4	Condor Stout	4.35	12.2 ml	8.21	4.36	12.2 ml	8.21
5	Sacha-Runa	4.48	8.6 ml	8.22	4.49	8.5 ml	8.22
6	Chili Passion	4.01	18.7 ml	8.32	4.01	18.5 ml	8.31
7	Nefer	4.29	7.8 ml	8.21	4.28	7.6 ml	8.22
8	Páramo	4.89	7.3 ml	8.20	4.89	7.3 ml	8.21
9	Oettinger	4.33	9.5 ml	8.21	4.35	9.5 ml	8.20
10	5.0 Original	4.12	18 ml	8.21	4.14	18.1 ml	8.21

11	Kristoffel	4.20	11.8 ml	8.26	4.21	12.3 ml	8.38
12	Andes	4.31	8.5 ml	8.22	4.32	8.5 ml	8.22

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Cálculo de acidez total

Según la normativa INEN se reporta los resultados en ácido láctico, con la siguiente ecuación:

$$Acidez\ total = \frac{mL\ de\ NaOH \times 0.9}{mL\ de\ cerveza \times\ gravedad\ específica\ de\ cerveza}$$

Para reportar la acidez según la normativa INEN se determina primero la densidad específica, con la siguiente ecuación:

$$Gravedad\ específica\ 20^{\circ}\frac{C}{20}^{\circ}C = \frac{mc - mo}{ma - mo}$$

Donde:

mo= Masa del picnómetro vacío

mc= Masa del picnómetro con la muestra de cerveza a 20°C

ma= Masa del picnómetro con agua a 20 °C

Tabla 6-3: Datos medidos para densidad

Cerveza Artesanal	Masa del picnómetro vacío	Masa del picnómetro con agua	Masa del picnómetro con cerveza
Ottienger	15.110 g	25.124 g	25.210 g
5,0 original	15.110 g	25.124 g	25.217 g
Kristoffel	15.110 g	25.124 g	25.240 g
Heisen-Beer	15.110 g	25.124 g	25.222 g
Condor	15.110 g	25.124 g	25.235 g
Páramo	13.881 g	23.717 g	23.782 g
Latitud Cero	13.800 g	23.726 g	23.820 g
Sacha-Runa	13.800 g	23.726 g	23.829 g
Andes	13.800 g	23.726 g	23.809 g
Mestiza	13.800 g	23.726 g	23.788 g
Chili Passion	13.800 g	23.726 g	23.794 g
Nefer	13.800 g	23.726 g	23.784 g

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

a) Gravedad específica de la marca Heisen-Ber:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{25.222 \text{ g} - 15.110 \text{ g}}{25.124 \text{ g} - 15.110 \text{ g}} = \frac{10.112 \text{ g}}{10.014 \text{ g}} = 1.0097 \text{ g}$$

b) Gravedad específica de la marca Ottienger:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{25.210 \text{ g} - 15.110 \text{ g}}{25.124 \text{ g} - 15.110 \text{ g}} = \frac{10.1 \text{ g}}{10.014 \text{ g}} = 1.0085 \text{ g}$$

c) Gravedad específica de la marca 5,0 original:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{25.217 \text{ g} - 15.110 \text{ g}}{25.124 \text{ g} - 15.110 \text{ g}} = \frac{10.107 \text{ g}}{10.014 \text{ g}} = 1.0092 \text{ g}$$

d) Gravedad específica de la marca Kristoffel:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{25.240 \text{ g} - 15.110 \text{ g}}{25.124 \text{ g} - 15.110 \text{ g}} = \frac{10.13 \text{ g}}{10.014 \text{ g}} = 0.6704 \text{ g}$$

e) Gravedad específica de la marca Condor:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{25.235 \text{ g} - 15.110 \text{ g}}{25.124 \text{ g} - 15.110 \text{ g}} = \frac{10.125 \text{ g}}{10.014 \text{ g}} = 1.0111 \text{ g}$$

f) Gravedad específica de la marca Páramo:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{23.782 \text{ g} - 13.881 \text{ g}}{23.717 \text{ g} - 13.881 \text{ g}} = \frac{9.901 \text{ g}}{9.836 \text{ g}} = 1.0066 \text{ g}$$

g) Gravedad específica de la marca Latitud Cero:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{23.820 \text{ g} - 13.800 \text{ g}}{23.726 \text{ g} - 13.800 \text{ g}} = \frac{10.02 \text{ g}}{9.926 \text{ g}} = 1.0095 \text{ g}$$

h) Gravedad específica de la marca Sacha-Runa:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{23.829 \text{ g} - 13.800 \text{ g}}{23.726 \text{ g} - 13.800 \text{ g}} = \frac{10.029 \text{ g}}{9.926 \text{ g}} = 1.0103 \text{ g}$$

i) Gravedad específica de la marca Andes:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{23.809 \text{ g} - 13.800 \text{ g}}{23.726 \text{ g} - 13.800 \text{ g}} = \frac{10.009 \text{ g}}{9.926 \text{ g}} = 1.0084 \text{ g}$$

j) Gravedad específica de la marca Mestiza:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{23.788 \text{ g} - 13.800 \text{ g}}{23.726 \text{ g} - 13.800 \text{ g}} = \frac{9.988 \text{ g}}{9.926 \text{ g}} = 1.0062 \text{ g}$$

k) Gravedad específica de la marca Chili Passion:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{23.794 \text{ g} - 13.800 \text{ g}}{23.726 \text{ g} - 13.800 \text{ g}} = \frac{9.994 \text{ g}}{9.926 \text{ g}} = 1.0068 \text{ g}$$

l) Gravedad específica de la marca Nefer:

$$\text{Gravedad eespecífica } 20^{\circ}\text{C} = \frac{23.784 \text{ g} - 13.800 \text{ g}}{23.726 \text{ g} - 13.800 \text{ g}} = \frac{9.984 \text{ g}}{9.926 \text{ g}} = 1.0058 \text{ g}$$

Determinación de ácido láctico

a) **Marca Heisen-Beer**

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(15.1 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0097)} \times 100\% = 0.261\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(15.5 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0097)} \times 100\% = 0.268\%$$

b) **Marca Ottienger**

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(9.5 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0085)} \times 100\% = 0.164\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(9.5 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0085)} \times 100\% = 0.164\%$$

c) Marca 5,0 original

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(18.0 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0092)} \times 100\% = 0.312\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(18.1 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0092)} \times 100\% = 0.314\%$$

d) Marca Kristoffel

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(11.8 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 0.6704)} \times 100\% = 0.308\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(12.3 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 0.6704)} \times 100\% = 0.321\%$$

e) Marca Condor

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(12.2 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0111)} \times 100\% = 0.211\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(12.2 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0111)} \times 100\% = 0.211\%$$

f) Marca Páramo

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(7.3 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0066)} \times 100\% = 0.127\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(7.3 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0066)} \times 100\% = 0.127\%$$

g) Marca Latitud Cero

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(19.9 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0095)} \times 100\% = 0.345\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(20 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0095)} \times 100\% = 0.347\%$$

h) Marca Sacha-Runa

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(8.5 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0103)} \times 100\% = 0.147\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(8.6 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0103)} \times 100\% = 0.149\%$$

i) Marca Andes

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(8.5 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0084)} \times 100\% = 0.147\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(8.5 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0084)} \times 100\% = 0.147\%$$

j) Marca Mestiza

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(13.9 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0062)} \times 100\% = 0.242\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(13.9 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0062)} \times 100\% = 0.242\%$$

k) Marca Chili Passion

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(18.5 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0068)} \times 100\% = 0.321\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(18.7 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0068)} \times 100\% = 0.325\%$$

l) Marca Nefer

Replica 1

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(7.6 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0058)} \times 100\% = 0.132\%$$

Replica 2

$$\text{Acidez total (como ácido láctico)} = \frac{(7.8 \text{ ml} \times 0.0972 \times 0,09)}{(50 \text{ ml} \times 1.0058)} \times 100\% = 0.136\%$$

Tabla 7-3: Resultado de media aritmética acidez total

Cerveza Artesanal	Media Aritmética (%m/m)	Valor de referencia máximo INEN 2262-1 (%m/m)
Heisen-Beer	0.2645	0.3
Mestiza	0.242	0.3
Latitud cero	0.346	0.3
Condor	0.211	0.3
Sacha-Runa	0.148	0.3
Chili Passion	0.323	0.3
Nefer	0.134	0.3
Páramo	0.127	0.3
Oettinger	0.164	0.3
5.0 Original	0.313	0.3
Kristoffel	0.3145	0.3
Andes	0.147	0.3

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Análisis de Resultado

La tabla 31 muestra los resultados de la medición de acidez total de las 12 marcas de cerveza artesanal, donde se evidencia que no todas las marcas se encuentran dentro del rango permisible de la normativa INEN, siendo así las marcas Latitud Cero, Chili Passion, 5.0 Original y Kristoffel que incumplen con el índice permisible, dentro de este grupo de marcas que incumplen tenemos a Latitud Cero con el valor más alto; si analizamos dentro las marcas que cumplen con la normativa tenemos a Heisen-Beer con el valor más alto y Páramo con el valor más bajo.

❖ Determinación de pH

Tabla 8-3: Resultado de medición de pH

N°	Cerveza Artesanal	Réplica 1		Réplica 2	
		pH	Temperatura	pH	Temperatura
1	Heisen-Beer	4.23	20.1 °C	4.23	20.1 °C
2	Mestiza	4.12	21.0 °C	4.12	21.0 °C
3	Latitud Cero	4.35	20.4 °C	4.35	20.4 °C
4	Condor Stout	4.10	23.0 °C	4.10	23.0 °C
5	Sacha-Runa	4.05	21.1 °C	4.05	21.1 °C
6	Chili Passion	3.78	20.3 °C	3.78	20.3 °C
7	Nefer	4.44	20.4 °C	4.44	20.4 °C
8	Páramo	4.50	21.1 °C	4.50	21.1 °C
9	Oettinger	4.36	21.7 °C	4.36	21.7 °C
10	5.0 Original	4.95	21.7 °C	4.95	21.7 °C
11	Kristoffel	4.15	22.1 °C	4.15	22.1 °C
12	Andes	4.32	22.2 °C	4.32	22.2 °C

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Tabla 9-3: Resultado de media aritmética pH

Cerveza Artesanal	Media Aritmética	Valor de referencia mínimo INEN 2262-1	Valor de referencia máximo INEN 2262-1
Heisen-Beer	4.23	3.5	4.8
Mestiza	4.12	3.5	4.8

Latitud cero	4.35	3.5	4.8
Condor	4.10	3.5	4.8
Sacha-Runa	4.05	3.5	4.8
Chili Passion	3.78	3.5	4.8
Nefer	4.44	3.5	4.8
Páramo	4.50	3.5	4.8
Oettinger	4.36	3.5	4.8
5.0 Original	4.95	3.5	4.8
Kristoffel	4.15	3.5	4.8
Andes	4.32	3.5	4.8

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Análisis de Resultado

La tabla 33 muestra los resultados de la medición de pH de las 12 marcas de cerveza artesanal, donde se evidencia que no todas las marcas se encuentran dentro del rango permisible de la normativa INEN, siendo así la 5.0 Original la única marca que incumple con la normativa con un valor de 4.95, si analizamos las marcas que cumplen con el rango permisible tenemos que a la marca Nefer con el valor más alto de pH y a Chili Passion con el menor valor de pH.

❖ Determinación de Metales

Determinación de Hierro

Tabla 10-3: Resultado de media aritmética Fe

Cerveza Artesanal	Media Aritmética (mg Fe/dm ³)	Valor de referencia máximo INEN 2262-1 (mg Fe/dm ³)
Heisen-Beer	0.20255	0.2
Mestiza	0.051	0.2
Latitud cero	0.149	0.2
Condor	0.12245	0.2
Sacha-Runa	0.101	0.2
Chili Passion	0.09065	0.2
Nefer	0.0792	0.2
Páramo	0.06575	0.2

Oettinger	0.2693	0.2
5.0 Original	0.04935	0.2
Kristoffel	0.0753	0.2
Andes	0.0347	0.2

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Análisis de Resultado

La tabla 34 muestra los resultados de la determinación de hierro en las 12 marcas de cerveza artesanal, donde se evidencia que no todas las marcas se encuentran dentro del rango permisible de la normativa INEN, siendo así la Oettienger la única marca que incumple con la normativa con un valor de 0.2693, si analizamos las marcas que cumplen con el rango permisible tenemos que a la marca Heisen-Beer con concentración más alta de hierro y a Andes con la concentración menor de hierro.

Determinación de Plomo

Tabla 11-3: Resultado de media aritmética Pb

Cerveza Artesanal	Media Aritmética (mgPb/dm3)	Valor de referencia máximo INEN 2262-1 (mg Pb/dm3)
Heisen-Beer	0.1005	0.1
Mestiza	0.0000	0.1
Latitud cero	0.09015	0.1
Condor	0.0000	0.1
Sacha-Runa	0.0397	0.1
Chili Passion	0.0000	0.1
Nefer	0.0000	0.1
Páramo	0.0322	0.1
Oettinger	0.0000	0.1
5.0 Original	0.04585	0.1
Kristoffel	0.0000	0.1
Andes	0.0000	0.1

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Análisis de Resultado

La tabla 35 muestra los resultados de la determinación de plomo en las 12 marcas de cerveza artesanal, donde se evidencia que todas las marcas se encuentran dentro del rango permisible de la normativa INEN, siendo así Heisen-Beer la marca con concentración más alta de plomo y las marcas Mestiza, Condor, Chili Passion, Nefer, Oettienger, Kristoffel y Andes que no poseen presencia de plomo.

Determinación de Arsénico

Tabla 12-3: Resultado de media aritmética As

Cerveza Artesanal	Media Aritmética (mg As/dm³)	Valor de referencia máximo INEN 2262-1 (mg As/dm³)
Heisen-Beer	0.0000877	0.1
Mestiza	0.000989	0.1
Latitud cero	0.00082095	0.1
Condor	0.0010405	0.1
Sacha-Runa	0.0017407	0.1
Chili Passion	0.0003835	0.1
Nefer	0.0000	0.1
Páramo	0.00127235	0.1
Oettinger	0.00028925	0.1
5.0 Original	0.0024209	0.1
Kristoffel	0.0050121	0.1
Andes	0.0016281	0.1

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Análisis de Resultado

La tabla 36 muestra los resultados de la determinación de arsénico en las 12 marcas de cerveza artesanal, donde se evidencia que todas las marcas se encuentran dentro del rango permisible de la normativa INEN, siendo así Sacha Runa la marca con concentración más alta de arsénico y Nefer como la única marca que no poseen presencia de arsénico.

Análisis Multivariado

Tabla 13-3: Base de Datos. Media Aritmética

Tipo de Cerveza	Grado alcohólico % v/v	pH	Acidez Total % m/m	Concentración de Hierro mg/dm³	Concentración de Arsénico mg/dm³	Concentración de Plomo mg/dm³
Heisen-Beer	7	4.23	0.2645	0.20255	0.0000877	0.1005
Mestiza	4.75	4.12	0.242	0.051	0.000989	0.0000
Latitud Cero	5.75	4.35	0.346	0.149	0.00082095	0.09015
Condor Stout	5.75	4.10	0.211	0.12245	0.0010405	0.0000
Sacha-Runa	5.2	4.05	0.148	0.101	0.0017407	0.0397
Chili Passion Ale	6	3.78	0.323	0.09065	0.0003835	0.0000
Nefer	5.25	4.44	0.134	0.0792	0.0000	0.0000
Páramo	5.05	4.50	0.127	0.06575	0.00127235	0.0322
Oettinger	5.05	4.36	0.164	0.2693	0.00028925	0.0000
5.0 Original	5.15	4.95	0.313	0.04935	0.0024209	0.04585
Kristoffel	7	4.15	0.3145	0.0753	0.0050121	0.0000
Andes	5	4.32	0.147	0.0347	0.0016281	0.0000

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Análisis Estadístico Descriptivo

Como etapa inicial del tratamiento estadístico de los datos se ha ejecutado un análisis descriptivo del conjunto de datos, el cual implica el cálculo de las medidas de posición y distribución de las variables. Para esto se ha calculado entre otros, el promedio, la mediana, varianza y rango de los datos. Esta operación tiene el propósito de caracterizar los datos de manera univariada y poder identificar la importancia relativa de las variables y su grado de dispersión.

A continuación, se presentan los resultados de este análisis.

Tabla 14-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable pH

Medidas Resumen	
Resumen	pH
n	12,00
Media	4,28
D.E.	0,29
Var (n-1)	0,08
Var (n)	0,08
E.E.	0,08
CV	6,74
Mín	3,78
Máx	4,95
Mediana	4,28
Suma	51,35
Asimetría	0,77

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Tabla 15-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable Grado Alcohólico

Medidas Resumen	
Resumen	Grado alcohólico (% v/v)
n	12,00
Media	5,58
D.E.	0,76
Var (n-1)	0,57
Var (n)	0,52
E.E.	0,22
CV	13,56
Mín	4,75
Máx	7,00
Mediana	5,23
Suma	66,95
Asimetría	1,16

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Tabla 16-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable Acidez Total

Medidas Resumen	
Resumen	Acidez Total (% m/m)
n	12,00
Media	0,23
D.E.	0,08
Var (n-1)	0,01
Var (n)	0,01
E.E.	0,02
CV	36,38
Mín	0,13
Máx	0,35
Mediana	0,23
Suma	2,73
Asimetría	0,13

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Tabla 17-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable Concentración Hierro

Medidas Resumen	
Resumen	Concentración de Hierro (mg/dm³)
n	12,00
Media	0,11
D.E.	0,07
Var (n-1)	4,8 E-03
Var (n)	4,8 E-03
E.E.	0,02
CV	64,52
Mín	0,03
Máx	0,27
Mediana	0,08
Suma	1,29
Asimetría	1,39

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Tabla 18-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable
Concentración Arsénico

Medidas Resumen	
Resumen	Concentración de Arsénico (mg/dm³)
n	12,00
Media	1,3 E-03
D.E.	1,4 E-03
Var (n-1)	1,9 E-06
Var (n)	1,7 E-06
E.E.	4,0 E-04
CV	105,08
Mín	0,00
Máx	0,01
Mediana	1,0 E-03
Suma	0,02
Asimetría	1,95

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Tabla 19-3: Análisis Estadístico Descriptivo de la variable
Concentración Plomo

Medidas Resumen	
Resumen	Concentración de Plomo (mg/dm³)
n	12,00
Media	0,03
D.E.	0,04
Var (n-1)	1,4 E-03
Var (n)	1,3 E-03
E.E.	0,01
CV	143,77
Mín	0,00
Máx	0,10
Mediana	0,00
Suma	0,31
Asimetría	1,25

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Se observa que las variables concentración de hierro, concentración de arsénico y concentración de plomo poseen valores muy pequeños si les compara con los valores de las otras 3 variables, esta situación que surge de las unidades en las que se reportan tales variables puede causar que la información útil que contienen ellas se vea obscurecida debido a efectos de escala. Por consiguiente, es indispensable efectuar un pretratamiento de los datos previo a efectuar el análisis de agrupamientos y el análisis de componentes principales. Se recomienda usar una estandarización de los datos como paso previo a la aplicación de las técnicas de análisis multivariado. La estandarización remueve los efectos de escala observados en los datos y proporciona la misma importancia inicial a todas las variables.

Análisis de Agrupamientos (Cluster Analysis)

Se efectuó un análisis de agrupamientos sobre el conjunto de datos estandarizado empleando varias técnicas de cluster analysis jerárquico. Los métodos seleccionados para tal propósito fueron:

- (i) **Método del enlace simple (single linkage):** Esta es una estrategia de la distancia mínima o similitud máxima, recibe el nombre de amalgamamiento simple (single linkage). En este método se considera que la distancia o similitud entre dos clusters viene dada, respectivamente, por la mínima distancia (o máxima similitud) entre sus componentes (Gallardo, 2021b: p. 2).
- (ii) **Método del enlace completo (complete linkage):** Estrategia de la distancia máxima o similitud mínima, también conocido como el procedimiento de amalgamamiento completo (complete linkage), se considera que la distancia o similitud entre dos clusters hay que medirla atendiendo a sus elementos más dispares, o sea, la distancia o similitud entre clusters viene dada, respectivamente, por la máxima distancia (o mínima similitud) entre sus componentes (Gallardo, 2021c: p. 4).
- (iii) **Método de enlace promedio (average linkage):** La distancia entre dos clústeres se calcula como la distancia media entre cualquier punto del primer clúster con cualquier punto del segundo (Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 2015: p. 9).
- (iv) **Método de Ward:** El método de Ward es un procedimiento jerárquico en el cual, en cada etapa, se unen los dos clusters para los cuales se tenga el menor incremento en el valor total de la suma de los cuadrados de las diferencias, dentro de cada cluster, de cada individuo al centroide del cluster (Gallardo, 2021d: p. 14).

Tales técnicas fueron aplicadas utilizando dos diferentes distancias, a saber

a) Distancia euclidiana: La distancia euclidiana es un número positivo que indica la separación que tienen dos puntos en un espacio donde se cumplen los axiomas y teoremas de la geometría de Euclides (Cajal Flores, 2019: p. 1).

b) Distancia Manhattan: Longitud Manhattan (geometría del taxi) nos dice que la distancia entre dos puntos es la suma de las diferencias absolutas de sus coordenadas. Es decir, es la suma de las longitudes de los dos catetos del triángulo rectángulo (Eloviparo, 2018: p. 1).

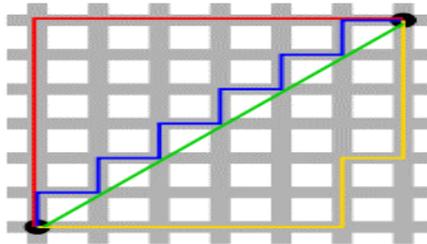


Figura 1-3. Representación de las distancias manhattan

Realizado por: (Eloviparo, 2018).

Para conocer la distancia entre dos puntos se aplicado en la mayoría de veces que la distancia entre ellos se mide como la longitud del segmento que los une, pero no siempre es aplicable este concepto, por ejemplo en la figura 27 se encuentran dos puntos de color negro que se necesita conocer la distancia donde lo que generalmente se hace es la representación con la línea de color verde, si tenemos que los recuadros en blanco son obstáculos que hay q atravesar no sería factible realizar dicha representación, ya que estaremos obligados bordear los obstáculos, en estas condiciones las líneas de color rojo, azul y amarillo son las más optimas, siendo las mismas la representación de esta distancia manhattan (Grima, 2017: p. 1).

Propiedades de la distancia manhattan

1. Hay varios caminos (finitos) entre dos puntos cuya longitud es igual a la distancia de Manhattan (Chatterjee, 2020a: p. 1).
2. Un camino recto con una longitud igual a la distancia de Manhattan tiene dos movimientos permitidos (Chatterjee, 2020b: p. 1):
 - a) Vertical (una dirección)
 - b) Horizontal (una dirección)
3. Para un punto dado, el otro punto a una distancia dada de Manhattan se encuentra en un cuadrado (Chatterjee, 2020c: p. 1):

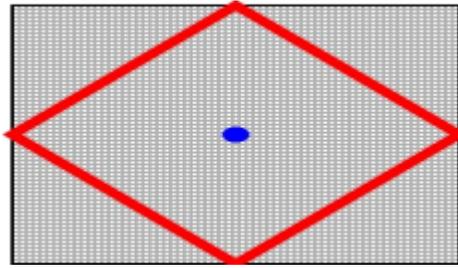
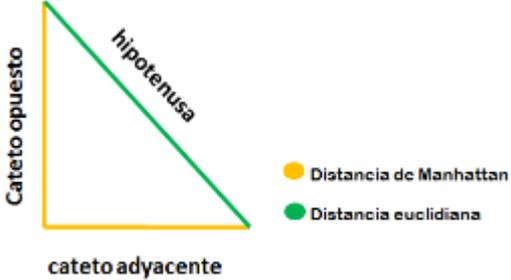


Figura 2-3. Representación de la tercera propiedad de la distancia manhattan

Realizado por: (Chatterjee, 2020).

Diferencia entre las distancias euclidiana y manhattan

Tabla 20-3: Diferencia entre distancia euclidiana y manhattan

DISTANCIA EUCLIDIANA	DISTANCIA MANHATTAN
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <p>Figura 28. Cálculo de las distancias manhattan y euclidiana en el triángulo rectángulo.</p> <p>Fuente: (Avila, y otros, 2019).</p> <p>El cálculo de la distancia euclidiana se basa a partir de los catetos opuesto y adyacente de un triángulo rectángulo, a diferencia de la euclidiana en la que el cálculo esta dado por la hipotenusa (Avila, y otros, 2019).</p>	
FÓRMULA	
$d(A,B) = \sqrt{(XB - XA)^2}$ <p>Fuente: (Cajal Flores, 2019)</p>	$\sum_{j=1}^p y_{1j} - y_{2j} $ <p>Fuente: (Avila, y otros, 2019).</p>

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

A continuación, se muestran los dendogramas obtenidos con cada técnica y se analizan los resultados obtenidos:

1. RESULTADOS DEL CLÚSTER ANALYSIS USANDO LA DISTANCIA EUCLIDIANA

1.1. Técnica de enlace simple (Single Linkage)

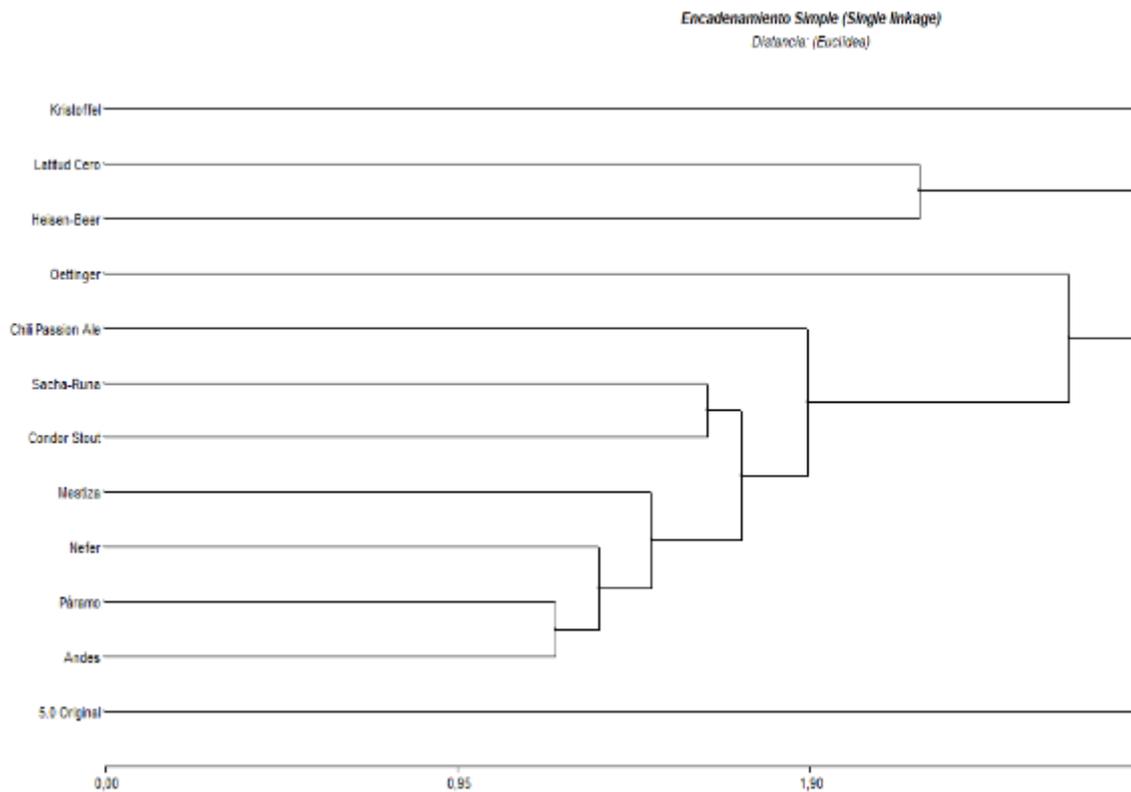


Figura 3-3. Dendrograma obtenido con el método single linkage, distancia Euclídeana

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Al cortar el dendrograma de encadenamiento simple a un nivel de similitud del 30% se obtienen 4 grupos; el primero grupo contiene una sola muestra, la cerveza artesanal marca Kristoffel, el segundo grupo contiene dos muestras, las cervezas artesanales marca Latitud cero y Heisen-Beer, el tercer grupo contiene 8 muestras en el cual contiene las cervezas artesanales marca Oettienger, Chilli Passion, Sacha-Runa, Condor Stout, Mestiza, Nefer, Páramo y Andes, el cuarto y último grupo contiene una sola muestra, la cerveza artesanal marca 5.0 Original.

Una interpretación de los grupos obtenidos arroja ciertas particularidades. El primer grupo, constituido por una sola muestra es muy diferente a todos los demás, la característica en particular que la hace tan distinta podría explicarse por su elevado grado alcohólico y su nula concentración de plomo. El segundo grupo contiene dos muestras de cerveza muy similares entre sí, ya que poseen valores casi idénticos de todas las variables. El tercer grupo, que contiene un número mayoritario se destaca pues da lugar a subgrupos, ya que algunas muestras tienen mayor similitud con otras; por ejemplo, tenemos las marcas de cerveza Andes y Páramo

son más similares entre sí al igual que las marcas Sacha-Runa y Condor Stout, las que no menos similares, pero si comparten características que las asemeja a este tercer grupo son las marcas Chilli Passion y la Oettienger. El cuarto grupo constituido por una sola muestra se puede interpretar de modo similar al primer grupo destacando que en esta muestra se caracteriza por su valor alto de pH, pero la misma es más similar al grupo grande en comparación con el primer grupo.

1.2. Técnica del enlace completo (Complete Linkage)

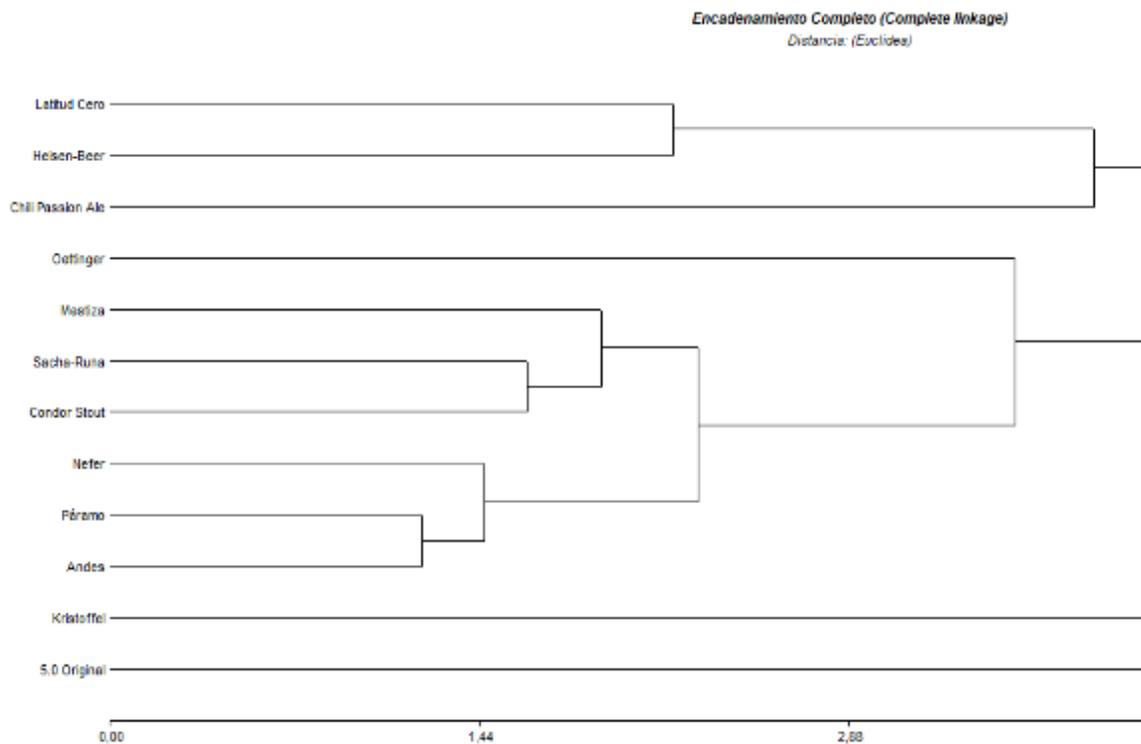


Figura 4-3. Dendrograma obtenido con el método completo linkage, distancia euclídea

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Al cortar al dendrograma obtenido con el método de encadenamiento completo a nivel de similitud del 30% se obtiene 4 grupos, pero estos son diferentes a aquellos observados con la técnica anterior. El primero grupo contiene tres muestras, las cervezas artesanales marca Latitud cero, Heisen-Beer y Chilli Passion, el segundo grupo contiene siete muestras, las cervezas artesanales marca Oettienger, Mestiza, Sacha-Runa, Condor Stout, Nefer, Páramo y Andes, el tercer grupo contiene una sola muestra, la cerveza artesanal marca Kristoffel, el cuarto y último grupo contiene también una sola muestra, la cerveza artesanal marca 5.0 Original.

La interpretación de los grupos obtenido establece que en el primer grupo contienen las dos muestras muy afines entre sí, las cuales comparten características similares con la tercera marca; el segundo grupo contiene un número importante de muestras que se asemejan entre ellas, algunas con mayor similitudes por ejemplo tenemos las marcas de cerveza Sacha-Runa y

Condor son más similares entre sí a su vez también comparten características similares con la marca Mestiza, las marcas Páramo y Andes son más afines entre sí y también comparten similitudes con la marca Nefer, la que no es tan a fin pero si comparte características que las asemeja a este tercer grupo es la marca Oettienger; el tercer y cuarto grupo contienen una sola marca de cerveza que decimos que tienen alguna característica distinta respecto a las demás, estas pueden ser su grado alcohólico y su contenido de plomo para la marca dentro del tercer grupo y el valor de su pH para el último grupo.

1.3. Técnica de enlace promedio (Average Linkage)

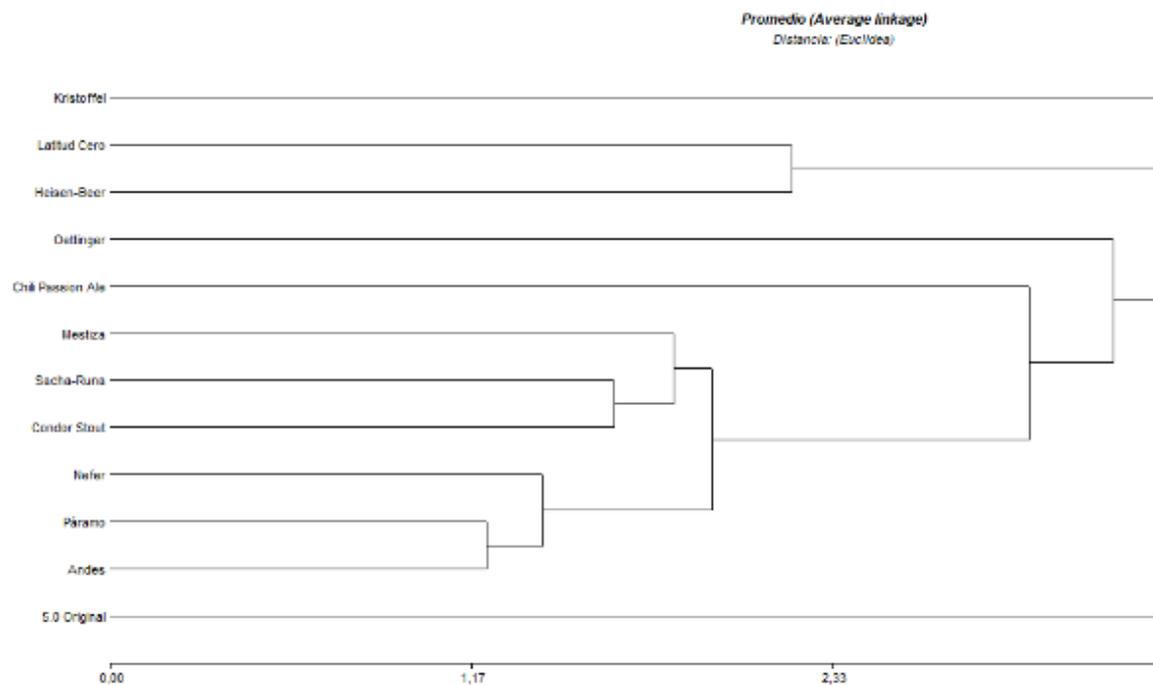


Figura 5-3. Dendrograma obtenido con el método average linkage, distancia euclídea

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Al cortar el dendrograma obtenido con el método de enlace promedio al nivel de similitud del 30% se obtienen 4 grupos; el primero grupo contiene una sola muestra, la cerveza artesanal marca Kristoffel, el segundo grupo contiene dos muestras, las cervezas artesanales marca Latitud cero y Heisen-Beer; el tercer grupo contiene ocho muestras, las cervezas artesanales marca Oettienger, Chilli Passion, Mestiza, Sacha-Runa, Condor Stout, Nefer, Páramo y Andes, el cuarto grupo contiene una sola muestra, la cerveza artesanal marca 5.0 Original.

Como se puede deducir los resultados de esta técnica reproducen exactamente los resultados obtenidos con la técnica de enlace simple por lo que la interpretación de los agrupamientos observados es la misma que la formulada en la sección 1.1

marca Oettienger, Mestiza, Sacha-Runa, Condor Stout, Chilli Passion, Nefer, Páramo y Andes; el segundo grupo contiene cuatro muestras, las cervezas artesanales marca Latitud cero, Heisen-Beer, Kristoffel y 5.0 Original.

La interpretación de estos clusters establece que en el primer grupo se ubican marcas más afines entre si como por ejemplo la Páramo y Andes que comparten similitudes con Nefer que a su vez son similares con la Chilli Passion, las marcas Sacha-Runa y Condor Stout que a ellas se une la Mestiza a su vez en este subgrupo se suma la Chilli Passion con un poco menos de similitud, la marca con menos similitud de todo el grupo es la Oettienger; en cuanto al segundo grupo vemos que las más a fines entre sí son las marcas Latitud cero y Heisen-Beer, al igual que la Kristoffel y 5.0 Original, a su vez estos dos subgrupos son similares entre sí.

2. RESULTADOS DEL CLUSTER ANALYSIS USANDO LA DISTANCIA MANHATTAN

2.1. Técnica de enlace simple (Single Linkage)

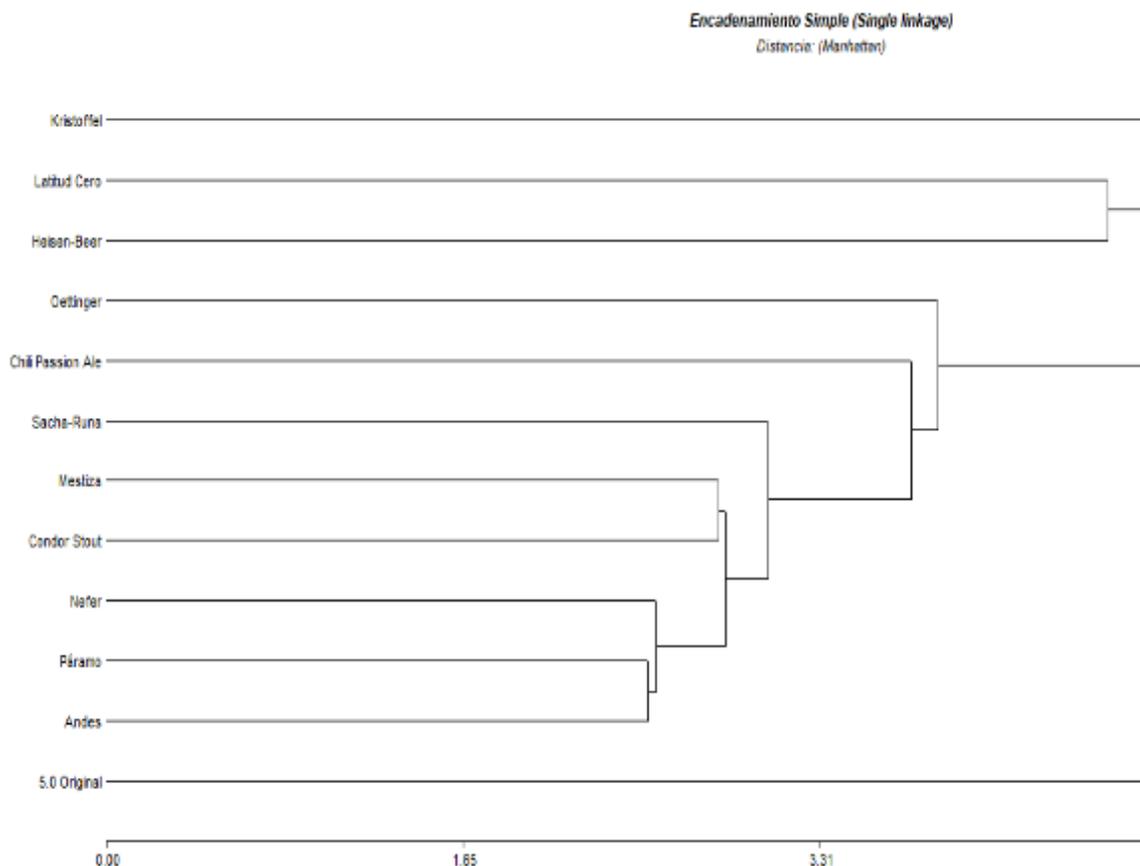


Figura 7-3. Dendrograma análisis de agrupamiento, método single linkage, distancia mahattan

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Al cortar el dendograma de encadenamiento simple a nivel de similitud del 30% se obtiene 4 grupos; el primero grupo contiene una sola muestra, la cerveza artesanal marca Kristoffel, el segundo grupo contiene dos muestras, las cervezas artesanales marca Latitud cero y Heisen-Beer, el tercer grupo contiene 8 muestras en el cual contiene las cervezas artesanales marca Oettienger, Chilli Passion, Sacha-Runa, Condor Stout, Mestiza, Nefer, Páramo y Andes, el cuarto y último grupo contiene una sola muestra, la cerveza artesanal marca 5.0 Original.

La interpretación de los grupos establece que el primer grupo constituido por una sola muestra es muy diferente a todos los demás, su característica en particular que la hace distinta podría explicarse por su elevado grado alcohólico y su nula concentración de plomo. El segundo grupo contiene dos muestras de cerveza más similares entre sí, ya poseen valores casi idénticos de todas las variables. El tercer grupo contiene un número mayoritario, dando lugar a subgrupos, ya que algunas muestras tienen mayor similitud con otras; por ejemplo tenemos las marcas de cerveza Andes y Páramo son más similares entre sí y comparten similitud con la marca Nefer, las marcas Mestiza y Condor Stout son más afines entre sí a su vez comparten características similares con la marca Sacha.Runa, las que no son tan a fin pero si comparten características que las asemeja a este tercer grupo son las marcas Chilli Passion y la Oettienger, al igual que el prime grupo se lo puede interpretar al cuarto grupo destacando que en esta muestra su característica es su alto pH.

2.2. Técnica del enlace completo (Complete Linkage)

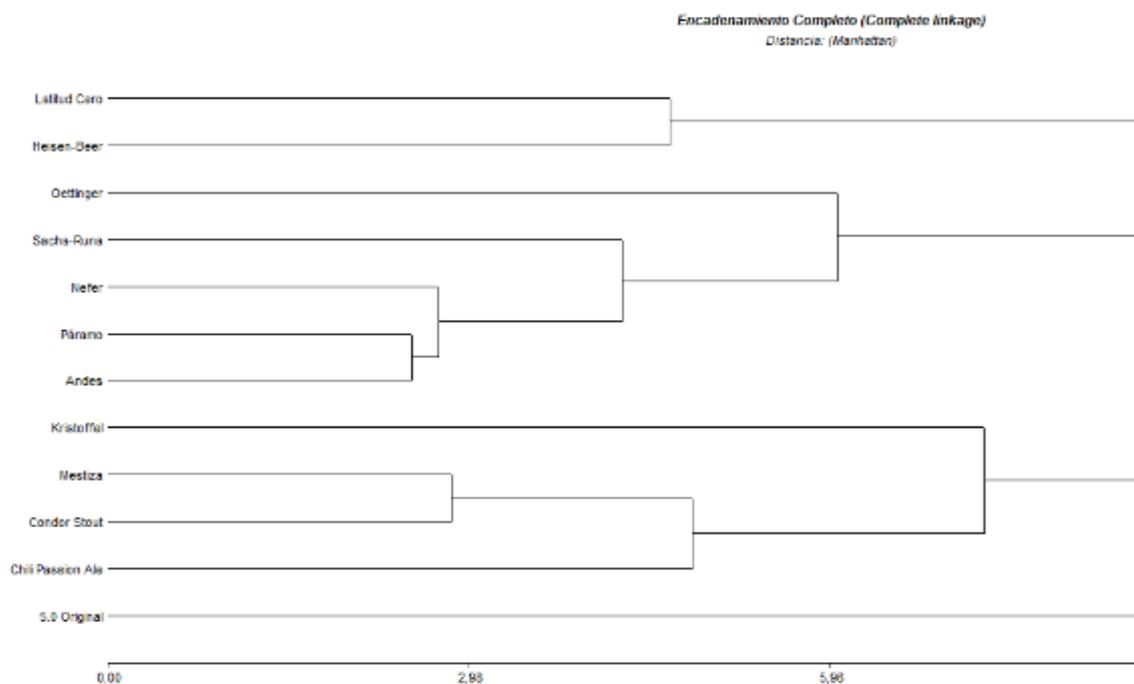


Figura 8-3. Dendograma análisis de agrupamiento, método Complete linkage, distancia manhattan

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Al cortar el dendograma obtenido con el método de encadenamiento completo a nivel de similitud del 30% se obtiene 4 grupos muy diferentes a los observados con la técnica obtenida de distancia euclidiana; el primero grupo contiene dos muestras, las cervezas artesanales marca Latitud cero y Heisen-Beer. El segundo grupo contiene cinco muestras, las cervezas artesanales marca Oettienger, Sacga-Runa, Nefer, Páramo y Andes. El tercer grupo contiene cuatro muestras, las cervezas artesanales marca Kristoffel, Mestiza, Condor Stout y Chilli Passion. El cuarto y último grupo contiene una sola muestra, la cerveza artesanal marca 5.0 Original.

La interpretación de los grupos obtenidos establece que en el primer grupo las dos muestras son mut afines entre sí; el segundo grupo contiene un número considerable de muestras que se asemejan entre ellas, algunas con mayor similitudes por ejemplo tenemos las marcas de cerveza Páramo y Andes son más similares entre sí a su vez también comparten características similares con la marca Nefer, las que no son tan a fin pero si comparten características que las asemejan a este segundo grupo son las marcas Sacha-Runa y Oettienger; el tercer grupo también cuenta con un número considerable de muestras, las más a fines entre si son las marcas Mestiza y Condor Stout, siendo la Kristoffel la más alejada en este tercer grupo; el cuarto grupo contienen una sola marca de cerveza que decimos que tienen alguna característica distinta respecto a las demás, esta puede ser su alto pH.

2.3. Técnica de enlace promedio (Average Linkage)

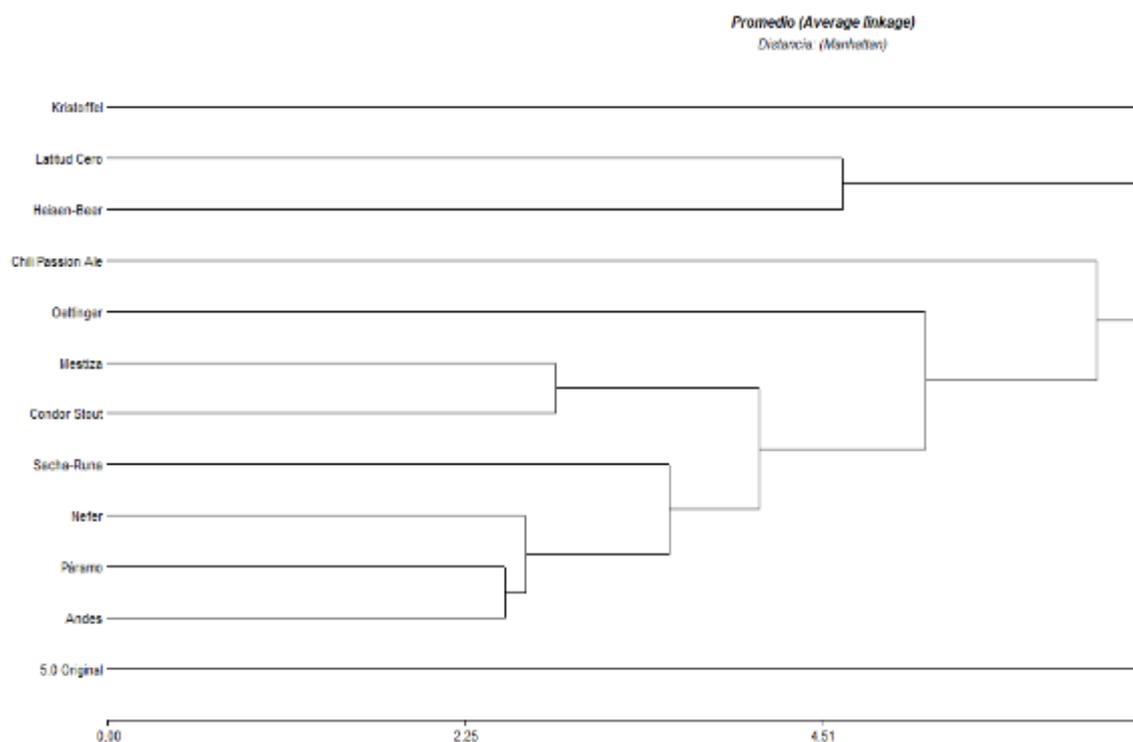


Figura 9-3. Dendograma análisis de agrupamiento, método average linkage, distancia manhattan

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Al cortar el dendograma obtenido con el método de enlace promedio a nivel de similitud del 30% se obtiene 4 grupos. El primero grupo contiene una sola muestra, la cerveza artesanal marca Kristoffel. El segundo grupo contiene dos muestras, las cervezas artesanales marca Latitud cero y Heisen-Beer. El tercer grupo contiene ocho muestras, las cervezas artesanales marca Oettienger, Chilli Passion, Mestiza, Sacha-Runa, Condor Stout, Nefer, Páramo y Andes, el cuarto grupo contiene una sola muestra, la cerveza artesanal marca 5.0 Original.

Como se puede deducir los resultados de esta técnica reproducen exactamente los resultados obtenidos con la técnica de enlace promedio con distancia euclidiana que a su vez reproduce los resultados obtenidos con la técnica de enlace simple también con distancia euclidiana por lo que la interpretación de los agrupamientos observados es la misma que la formulada en la sección 1.1.

Esto es, el primer grupo es muy diferente en cuanto a los demás, ya que la muestra posee una característica en particular que la hace distinta podríamos destacar su elevado grado alcohólico y su nula concentración de plomo; el segundo grupo contiene dos marcas de cerveza que son muy afines entre sí en cuanto a sus características; el tercer grupo contiene un número importante de muestras que se asemejan entre ellas, algunas con mayor similitudes por ejemplo tenemos las marcas de cerveza Sacha-Runa y Condor son más similares entre sí a su vez también comparten características similares con la marca Mestiza, las marcas Páramo y Andes son más afines entre sí y también comparten similitudes con la marca Nefer, las que no son muy fines pero si comparte características que las asemeja a este tercer grupo es la marca Oettienger y Chilli Passion; el cuarto grupo contienen una sola marca de cerveza que decimos que tienen alguna característica distinta respecto a las demás, esta puede ser su valor de pH.

2.4. Método de Ward

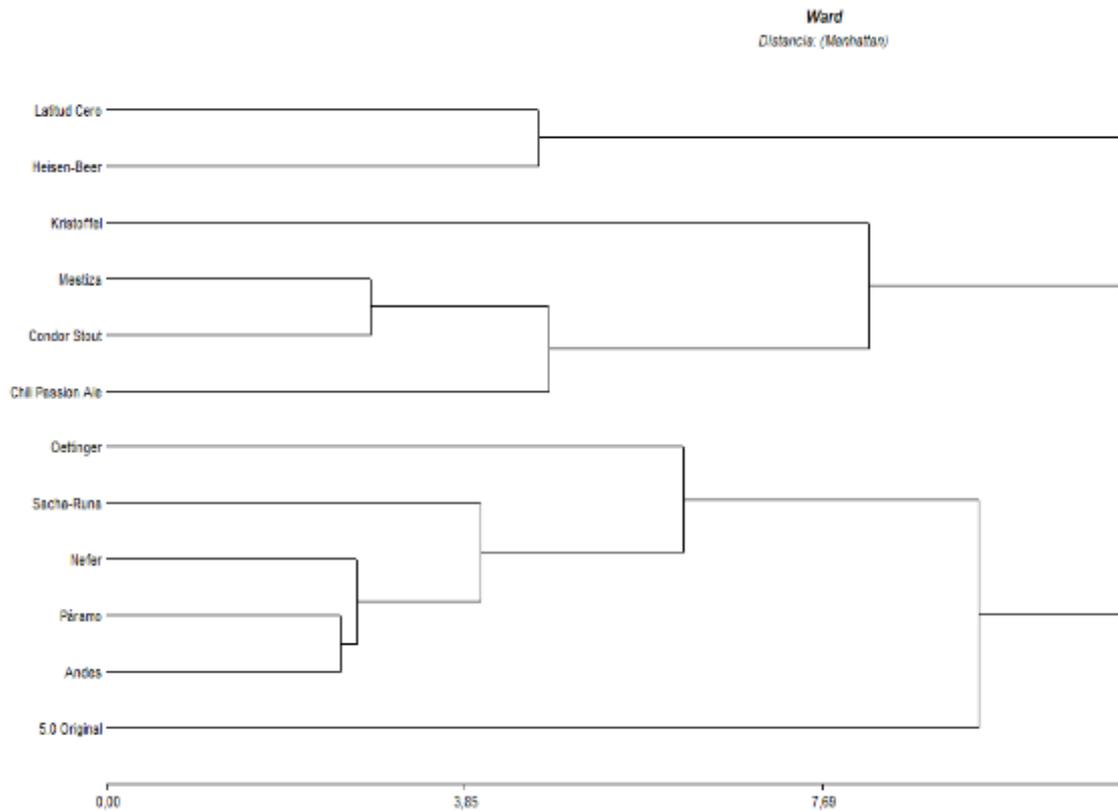


Figura 10-3. Dendrograma análisis de agrupamiento, método Ward, distancia Manhattan

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

Al cortar el dendrograma obtenido con el método de Ward a nivel de similitud del 30% se obtiene tres grupos muy distintos a los obtenidos con la misma técnica de distancia euclidiana. El primero grupo contiene dos muestras, las cervezas artesanales marca Latitud cero y Heisen-Beer. El segundo grupo contiene cuatro muestras, las cervezas artesanales marca Kristoffel, Mestiza, Condor Stout y Chilli Passion. El tercer grupo contiene 6 muestras, las cervezas artesanales marca Oettienger, Sacha-Runa, Nefer, Páramo, Andes y 5.0 Original.

La interpretación de estos clusters establece que en el primer se ubican las marcas que son muy afines entre sí; el segundo grupo tenemos como marcas ms afines la Mestiza y Condor que comparten similitud con Chilli Passion; el tercer grupo las marcas más afines entre sí son la Páramo y Andes que comparten una similitud cercana con la Nefer, en este grupo la menos a fin a ellas tenemos la marca 5.0 Original.

3. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Se efectuó un análisis de componentes principales para explorar la estructura del conjunto de

datos y validar gráficamente los resultados obtenidos en el cluster analysis. Mediante un proceso matemático que involucra estimar los autovectores de la matriz de correlación de las variables, se calcularon nuevas variables las cuales son combinaciones lineales de las variables originales y que por su naturaleza son mucho más informativas que estas. Geométricamente, se efectúa una rotación de la matriz de datos generando variables que siguen las direcciones de mayor dispersión de los datos. La composición de las dos primeras Componentes Principales se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 21-3: Contribuciones (loadings) de las variables originales en las dos primeras componentes principales

Componente	Grado alc.	pH	Acidez T.	[Fe]	[As]	[Pb]
PC1	0.62	- 0.15	0.55	0.27	0.14	0.44
PC2	0.12	-0.002	0.24	-0.60	0.69	-0.31

Realizado por: Dr. Cazar, Robert, 2022.

De la tabla se observa que las variables originales que contribuyen mayoritariamente en PC1 son el grado alcohólico, la acidez total y el contenido de plomo. En cambio, sobre PC2 las variables originales que más aportan corresponden al contenido de arsénico, hierro y plomo. La proyección de las muestras, y las variables sobre el espacio generado por las dos primeras componentes principales, el cual muestra el 60% de la información total contenida en el set de datos aparece en la figura 11-3

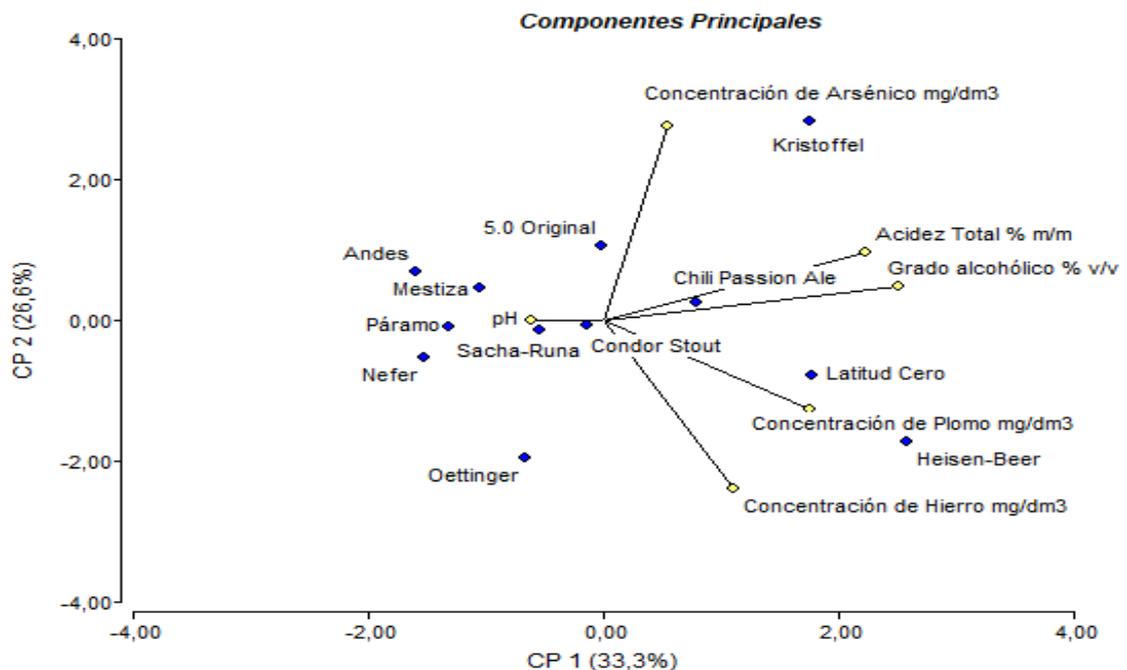


Figura 11-3. Análisis de componentes principales (PCA)

Realizado por: Heredia, Jara, 2022.

En el espacio PC1 Vs PC2 las muestras se distribuyen en dos agrupamientos bien definidos. El primer grupo está constituido por 8 marcas, a saber, Andes, Mestiza, Paramo, Sacha-Runa, Nefer, Oettinger, Condor Stout, Original; el segundo grupo está integrado por 3 marcas, a saber, Chili Passion Ale, Latitud Cero y Heisen-Beer; en tanto que la marca Kristoffel manifiesta un comportamiento muy particular ya que es diferente a todas las demás. Puesto que PC1 es la componente discriminante de los grupos se puede concluir que el primer grupo se caracteriza por poseer valores moderados de grado alcohólico, Acidez Total y Contenido de Plomo; mientras que el segundo grupo se caracteriza por tener valores altos de grado alcohólico, Acidez Total y Contenido de Plomo. El comportamiento peculiar de la marca Kristoffel se debe a que ella se diferencia de las demás por su ubicación sobre PC2, por tanto, se puede concluir que esta marca posee un valor muy alto de contenido de Arsénico comparado con las demás marcas.

3.3. Discusión de resultados

Al analizar los resultados plasmados en la presente investigación junto con la normativa se determina que en el análisis de grado alcohólico las marcas no sobrepasan los límites permisibles de la normativa que indica un máximo de 10 grados, dando como resultado la aceptación de la hipótesis nula 1.

El análisis de pH se determina que no todas las marcas de cerveza artesanal se encuentran dentro del índice permisible por la normativa INEN con una sola excepción que sobrepasa el límite máximo de 4.8 siendo la marca artesanal 5,0 Original con un pH de 4.95, dando como resultado la aceptación de la hipótesis alternativa 2.

El análisis de acidez total las marcas de cerveza que no cumplen con el índice permisible de la normativa son la 5,0 Original con un sobre pasante de 0.01% al igual que Kristoffel, Latitud cero con un factor de 0.05% y Chili Passion con un factor de 0.02%, dando como resultado el incumplimiento de la normativa y aceptando la hipótesis alternativa 6.

En la determinación de metales las lecturas que se encuentran en color rojo son aquellas que no han podido ser detectadas ya que se encuentra fuera del rango de medición de los estándares y debido también a la sensibilidad de medición del equipo, con esto los datos arrojados por el equipo se pueden interpretar que las 12 marcas de cerveza artesanales medida no cuentan con la presencia de hierro, en cuanto a la medición de plomo se puede destacar que tampoco cuenta con presencia del mismo ya que las marcas que fueron detectadas por el equipo se encuentran dentro del límite permisible, en cuanto al análisis de arsénico también se nota que no existe presencia del mismo en las marcas de cerveza artesanal, dando como resultado la aceptación de las hipótesis nulas 3.4 y 5.

CONCLUSION

Se evaluó la calidad de 12 marcas de cerveza artesanal comercializadas en el cantón Riobamba provincia de Chimborazo basado en los parámetros fisicoquímicos de la Normativa INEN 2262-1 usando métodos multivariados de modelamiento, cuyos resultados muestran que no todas las marcas de cerveza analizadas cumplen con la normativa y es por ello en esta investigación se acepta la hipótesis alternativa. Con el análisis multivariado hemos detectado las cervezas artesanales más similares entre sí mencionando a Andes y Mestiza, además estas marcas son las de mejor calidad según nuestros análisis realizados, por obtener una sola marca ganadora se las ha comparado, dando como mejor calidad a la marca Mestiza.

RECOMENDACIONES

- Lavar los materiales correctamente para evitar contaminación alguna y evitar resultados falsos.
- Dejar secar bien los materiales de laboratorio a usar.
- Tener conocimiento del manejo de equipos y reactivos para evitar accidentes.
- Llevar siempre a temperatura de 20°C para los análisis
- Mantener en refrigeración y tapadas las cervezas artesanales.
- Al analizar grado alcohólico percatarse que el equipo se encuentre sellado herméticamente para la buena recolección de muestra.
- Utilizar núcleos de ebullición de vidrio en una cantidad considerable.
- Percatarse que la temperatura de calentamiento en grado alcohólico no sobrepase la línea del encendido de la manta calefactora para que no se alce la espuma de muestra.
- Mantener abierta la llave del equipo de destilación y cerrarla cuando la misma termine.
- Antes de realizar los análisis se debe asegurar que la cerveza artesanal se encuentre desgasificada.
- Si persiste la espuma, se pipeteará el contenido de abajo donde se encuentre libre de espuma.
- Verificar que los equipos se encuentren calibrados al momento de usarlos.
- Al momento de colocar las muestras en la plancha de calentamiento conteniendo el ácido realizarlo en una Sorbona debido a los gases que desprende.

GLOSARIO

Bebida Alcohólica. Su principal componente es el etanol o alcohol etílico, que tienen diferente concentración según su proceso de elaboración (Ministerio de Salud, 2012).

Cerveza. Bebida de moderado contenido alcohólico, resultante de un proceso de fermentación controlado, por medio de levadura cervecera proveniente de un cultivo puro, en un mosto elaborado con agua de características fisicoquímicas y bacteriológicas apropiadas, cebada malteada sola o mezclada con adjuntos, con adición de lúpulo y/o los derivados de lúpulo (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2003 párr. 2).

Cerveza Artesanal. La cerveza artesanal es una bebida elaborada sin aditivos, sin conservantes y sin pasteurizantes, producto evolutivo con presencia de levadura viva la cual puede estar visible o no. Las cervezas artesanales se producen mediante un proceso natural a partir del grano y sin utilizar extractos ni productos diferentes al agua, levadura, lúpulo y el cereal para hacer la malta (Aygsha, 2019).

Control de calidad. El control de calidad es una forma de verificar el estándar de un producto o servicio durante su proceso de elaboración y sirve para reducir la probabilidad de insertar productos con fallas en el mercado (Nirian, 2020).

Grado alcohólico. Es el tanto por ciento de alcohol puro que contiene una botella (Arbex, Comas, Iribarría, & Vicente, 2011).

Hidrómetro. Un hidrómetro es un instrumento de medición. El prefijo hidro quiere decir agua, por lo que ya sabemos que este artilugio mide algo relacionado con el agua o con algún otro líquido. Exactamente, el hidrómetro sirve para conocer el nivel de densidad de un líquido en relación con el nivel de densidad del agua (Ferrer, 2014).

Acidez total. La acidez total representa la suma de las sustancias ácidas volátiles, determinadas por titulación de una muestra de cerveza desgasificada con solución de hidróxido de sodio 0,1 N hasta pH 8,2 (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2002 párr. 4).

Ácido láctico. La acidez de la cerveza es debida en parte a diversos ácidos orgánicos (especialmente láctico) y se suele expresar en ácido láctico cada 100 g de cerveza. El Ácido Láctico ($C_3H_6O_3$) se utiliza para aumentar la acidez del mosto y así poder controlar el pH de éste (Williamson, 2018) (Lopez, 2019).

PH. Indicativo de acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno en moles por litro. El valor de pH es de 1 a 14, que indica la concentración de iones hidrógeno presentes en una solución acuosa (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2002 párr. 2).

Determinación de metales. Se basa en una técnica instrumental (espectroscopía de absorción atómica) por la cual se detecta la presencia de metales como arsénico, plomo, cadmio, hierro, etc. en una muestra previamente preparada (Instituto ecuatoriano de normalización, 2002: párr. 4).

BIBLIOGRAFÍA

AMOR, LORENZA. "Beber cerveza artesanal: los nocivos efectos que puede tener en el cuerpo". *El Diario*, (2021), (United State of America).p 1.

ANTONIO, JUAN. *Determinación De Acidez Total* [en línea]. New Castle-Colombia: Idopub, 2019. [consulta: 15 diciembre 2021]. Disponible en: <https://idoc.pub/documents/idocpub-qvnd3vdq0w4x>.

ARBEX, CARMEN, Y OTROS. *Grado alcoholico*. Madrid-España: Dialnet, 2012, ISBN: 84-8125-221-2, pp. 2-4

AVILA, VANESSA; SANDOVAL , ARMANDO; GARCÍA, PATRICIA. *Medidas de similitud y distancias* [en línea] FES Zaragoza, UNAM., 2019. [Consulta: 1 de Mayo de 2022.]. Disponible en: <https://medidassimdist.wordpress.com/distancia-de-manhattan/>.

ASOCERV, 2021. *Cervezas Artesanales*.

BORIS, TITO. *Espectrofotómetro de absorción atómica*. [en línea]. Ingeniería Ambiental, 28 de Marzo de 2021. [Consulta: 17 de Enero de 2022]. Disponible en: <https://ingenieriaambiental.net/espectrofotometro-de-absorcion-atmica/>.

CAJAL FLORES, ALBERTO. *Distancia euclidiana: concepto, fórmula, cálculo, ejemplo*. [en línea]. lifeder, 3 de Diciembre de 2019. [Consulta: 10 de Abril de 2022.]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/distancia-euclidiana/>.

CALDERÓN, GRECIA. *Phmetro | Qué es, características, para qué sirve, tipos, partes, cómo funciona*. [en línea]. Euston96, 17 de Enero de 2022. [Consulta: 17 de Diciembre de 2021.]. Disponible en: <https://www.euston96.com/phmetro/>.

CHATTERJEE, ADITYA. *Manhattan distance* [en línea]. OpenGenus IQ: Computing Expertise & Legacy, 24 de Diciembre 2018. [Consulta: 1 de Mayo de 2022]. Disponible en: <https://iq.opengenus.org/manhattan-distance/#:~:text=Manhattan%20distance%20is%20a%20distance%20metric%20between%20two,the%20measures%20in%20all%20dimensions%20of%20two%20points..>

CHESNIUK, SERGIO G. *Que es quimiometría*. [en línea]. LinkedIn: Log In or Sign Up, 5 de Diciembre de 2017. [Consulta: 17 de Mayo de 2022.]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/qué-es-quimiometría-sergio-g-chesniuk>.

CORDOVÍ HERNÁNDEZ, EDUARDO. *Bebidas Notables*. [en línea]. N°. 1751-2003. Habana-Lawton: Corporation S.A. ® © Havana, Cuba, 2016. [Consulta: 20 de Noviembre 2021]. Disponible en: <https://freeditorial.com/es/books/bebidas-notables/readonline>.

DÍAZ, NIEVES ABRIL; BÁRCENA RUIZ, ANTONIO; FERNADEZ REYES, EMILIO; GALVÁN CEJUDO, AURORA; JORRÍN NOVO, JESÚS; PEINADO PEINADO, JOSÉ; MELÉNDEZ VALDÉZ, FERMÍ; TÚNEZ FIÑANA, ISAAC. *Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. [en línea]. 2017, (España) 14071, pp. 4-7. [Consulta: 10 de Enero de 2022]. *Campus Universitario de Rabanales*. [En línea] 2017. Disponible en: https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf#:~:text=La%20espectrofotometr%C3%ADa%20UV-visible%20es%20una%20t%C3%A9cnica%20anal%C3%ADtica%20que,absorbida%20depende%20de%20forma%20lineal%20de%20la%20concentraci%C3%B3n..

ESPINOZA MONTERO, PATRICIO J; LÓPEZ BALLADARES, OSCAR; BONILLA VALLADARES, PABLO; FERNADEZ, LENYS. "Metales Pesados en Cerveza Artesanal". *Revista Química Central*. [en línea]. 2021, (Ecuador) vol 7 (1), pp: 9-11. [Consulta: 20 de Junio de 2022]. ISSN 10.29166. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/352906989_Metales_Pesados_en_Cerveza_Artesanal_Una_Revision.

EZOIC. *Destilación simple*. [blog]. [Consulta: 17 de Enero de 2022.]. Disponible en: <https://www.dequimica.info/destilacion-simple#Referencias-y-notas>.

EL COMERCIO. "La cerveza es la bebida de los ecuatorianos". *El Comercio*. [en línea]. 2016, pp. 2-3. [Consulta: 20 de Noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.bing.com/search?q=El+Comercio+.+2016.+La+cerveza+es+la+bebida+de+los+ecuatorianos.+El+Comercio+.+Productos+%2C+2016.&cvid=6760f17f0ab542dd9294aaff31591a3b&aqs=edge..69i57.2966j0j9&FORM=ANAB01&DAF0=1&PC=U531>.

ELOVIPARO. *La distancia Manhattan o la distancia euclidea*. [En línea]. wordpress, 13 de Marzo de 2018. [Consulta: 10 de Abril de 2022]. Disponible en:

<https://eloviparo.wordpress.com/2018/03/13/la-distancia-manhattan-o-la-distancia-euclidea/>.

FERRER, J. *Definición de Hidrómetro*. [en línea]. Definición MX. Noviembre de 2014. [Consulta: 21 de Diciembre de 2021]. Disponible en: <https://definicion.mx/hidrometro/>.

FLORES MEJIA, JHORMAN. *Determinación de PH*. [en línea]. Scribd. 4 de Marzo de 2019. [Consulta: 20 de Junio de 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/401039479/Determinacion-de-Ph>.

GALLARDO ECHENIQUE, ELINA. *Metodos Jerarquicos de Analisis*. [en línea]. Huancayo-Perú: Eliana Gallardo Echenique, 2017. [Consulta: 10 de Abril de 2022]. Disponible en: <https://www.ugr.es/~gallardo/pdf/cluster-3.pdf>.

GÓMEZ, JAVIER. *Composición de la cerveza y aporte energético*. [en línea]. Cerveza Fresca, 20 de Abril de 2017. [Consulta: 17 de Junio de 2022]. Disponible en: <https://cervezafresca.com/2008/08/03/composicion-de-la-cerveza-y-aporte-energetico/>.

GÓMEZ, JESÚS. "Titulación Potenciometrica". *UCAB*. [en línea]. 2005. Guayana, 03, pp. 1-11. [Consulta: 21 de Diciembre de 2021]. Disponible en: http://guayanaweb.ucab.edu.ve/tl_files/ingenieria_industrial/files/laboratorios/semana%20n%207%20titulacionpotenciometrica.pdf#:~:text=La%20titulaci%C3%B3n%20potenciom%C3%A9trica%20se%20realiza%20cuando%20no%20es,final%20coincide%20directamente%20con%20el.

GRIMA, CLARA. "Las distancias en Manhattan". *Mètode*. [en línea], 2017, (España) 1 (94), pp. 1-3. [Consulta: 1 de Mayo de 2022]. Disponible en: <https://metode.es/revistas-metode/secciones/cajon-de-ciencia/les-distancies-a-manhattan.html>.

IRRIBARRÍA, JUAN DEL POZO Y IZQUIERDO, ANA P. GONZÁLEZ. *Habla con ellos del Alcohol*. [en línea]. 2ª ed. La Rioja-España: Consejería de Salud. 2008. [Consulta: 23 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.sedronar.gov.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2073>.

MEZA, ELIZABETH. *La cerveza artesanal, una industria en crecimiento*. [en línea]. EL EMPRESARIO | Publicación líder en Pymes, franquicias, empresas y negocios, 2 de Agosto de 2019. [Consulta: 28 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://elempresario.mx/nuevos-mercados/cerveza-artesanal-industria-crecimiento>.

MARTÍNEZ GUIJARRO, M^a REMEDIOS. "Efecto matriz en medidas analíticas: método de las adiciones estándar". *Riunet*. [En línea], 2022 (España) 1er ed (2301). pp, 2-8. [Consulta: 21 de Junio de 2022]. Disponible en:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/182774/Martinez%20-%20Efecto%20matriz%20en%20medidas%20analiticas%20metodo%20de%20las%20adiciones%20estandar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MUÑOZ TORTOSA, GERMÁN. *Manual práctico de Quimiometría*. [en línea]. Granada-España: Digital.CSIC, 2011. [Consulta: 28 de Diciembre de 2021]. Disponible en:

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/42131/1/2011%20Tortosa%20G.%20Manual%20pr%C3%A1ctico%20de%20Quimiometr%C3%ADa.pdf>.

NIRIAN ORELLANA, PABLO. *Control de Calidad*. [En línea]. Enciclopedia, 04 de Mayo de 2020. [Consulta: 27 de Octubre de 2021]. Disponible en:

<https://economipedia.com/definiciones/control-de-calidad.html>.

NAVA, JESÚS. *Composición Nutricional de la Cerveza*. [en línea]. Cerveza Artesanal Killa, 18 de Octubre de 2017. [Consulta: 17 de Junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.cervezakilla.com/composicion-nutricional-de-la-cerveza/>.

NTE-INEN 2262-1. *Bebidas Alcohólicas. Cerveza. Requisitos.*

NTE-INEN 2329. *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinació de Arsénico.*

NTE-INEN 2322. *Bebidas Alcoholicas. Cerveza. Determinación de Alcohol.*

NTE-INEN 2226. *Bebidas Alcohólicas. Cerveza. Determinación de Hierro.*

NTE-INEN 2323. *Bebidas Alcoholicas. Cerveza. Determinación de la Acidez Total.*

NTE-INEN 2325. *Bebidas Alcohólicas. Cerveza. Determinación del pH.*

LAVOISIER, MAGIC. *Equipo de Titulación Potenciométrica*. [blog]. [Consulta: 17 de Enero de 2021]. Disponible en: <https://lavoisiermagic.blogspot.com/2017/08/equipo-de-titulacion-potenciometrica.html>.

LOPEZ, ANITA. *Acides de la Cerveza*. [en línea]. Colombia: IDOCPUB, 2019. [Consulta: 20

de Junio de 2022]. Disponible en: <https://idoc.pub/download/acidez-de-la-cerveza-d4pq0jzm0vnp>.

ORTEGA, PEDRO. *Defectos y Contaminaciones de la cerveza.* [en línea]. Loopulo, 10 de Septiembre de 2015. [Consulta: 21 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://loopulo.com/conocer/defectos-y-contaminaciones-cervezas/>.

QUERCUSLAB. *Destilación simple y a vacío.* [blog]. [Consulta: 20 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://quercuslab.es/blog/destilacion-simple-y-a-vacio/#:~:text=La%20destilaci%C3%B3n%20es%20uno%20de%20los%20m%C3%A9todos%20m%C3%A1s,e1%20%C3%ADquido%20se%20recoge%20en%20un%20recipiente%20adecuado..>

RIOS CABRERA, JORGE. *La Cerveza Artesanal y sus Beneficios para la Salud.* [blog]. [Consulta: 29 de Enero de 2022]. Disponible en: <https://cervezarios.com/articulos/la-cerveza-artesanal-y-sus-beneficios-para-la-salud/>.

RODRÍGUEZ GARCÍA, FRANCISCO DAVID, SANCHIZ RUIZ, MARÍA LUISA Y BISQUERRA ALZINA, RAFAEL. "Consumo de alcohol en la adolescencia. Consideraciones médicas y orientaciones educativas". *Salud Mental.* [en línea]. 2014, (México) 37 (3), p.p. 1-3. [Consulta: 6 de Enero de 2022]. ISSN 0185-3325. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252014000300010.

RAMÍREZ, SOFÍA. "La cerveza artesanal vive un 'boom' en Ecuador". *Líderes.* [en línea]. 2015, (Ecuador) 14 (5), p.p. 1-3.[Consulta: 13 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/cerveza-artesanal-vive-ecuador-negocios.html>.

SÁNCHEZ, JOSÉ. "Prevención del consumo de alcohol en la adolescencia". *Salud Mental.* [en línea]. 2012, (Madrid) 14 (56), p.p. 2-4, [Consulta: 13 de Noviembre de 2021]. SSN 1139-7632. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322012000500010.

SANGAKU S.L. *Distancia euclídea.* [blog]. [Consulta: 30 de Abril de 2022.] <https://www.sangakoo.com/es/temas/distancia-euclidea>.

SANTANA, LUIS ANTONIO. Sistema para el monitoreo de fauna silvestre mediante el uso de imágenes y video con información de variables ambientales (Trabajo de titulación) [en línea].

Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador, 2020, p.p. 22-27. [Consulta: 14 de Octubre de 2021]. Disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/51610/1/V%C3%89LEZ%20SANTANA%20LUIS%20ALBERTO.pdf>.

SINC. 2015. *Beber mucha cerveza aumenta la exposición a las micotoxinas.* [en línea]. Agenci SINC, 15 de Junio de 2015. [Consulta: 18 de Diciembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Beber-mucha-cerveza-aumenta-la-exposicion-a-las-micotoxinas>.

TOTALSAFEPACK. *Los ingredientes de la cerveza artesana.* [blog]. [Consulta: 17 de Junio de 2022]. Disponible en: <https://www.totalsafepack.com/cuales-los-ingredientes-la-cerveza-artesana/>.

UNIVERSIDAD DE JAÉN. *Espectrómetro de absorción atómica.* [blog]. [Consulta: 17 de Enero de 2022]. Disponible en: <https://www.ujaen.es/servicios/scai/recursos/aq01-espectrometro-de-absorcion-atmica>.

VASCA, NATALIA. *Cuáles son los tipos de cerveza artesanal.* [blog]. [Consulta: 17 de Enero de 2022]. Disponible en: <https://blog.polargentina.com/2019/10/cuales-son-los-tipos-de-cerveza-artesanal-que-existen/>.

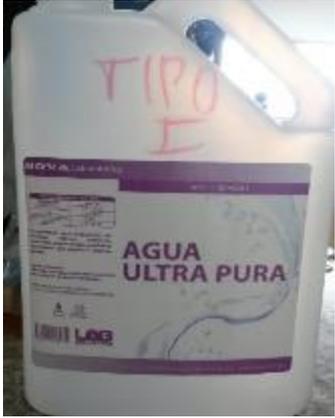
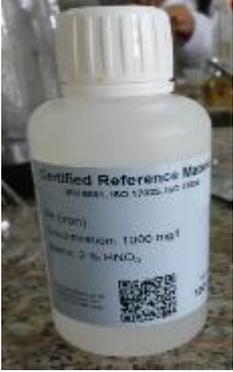
VELEZ, KEVIN. "El crecimiento de la cerveza artesanal". *Expreso.* [en línea], 2021, Ecuador, pp 1-3. [Consulta: 10 de Diciembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.expreso.ec/quito/crecimiento-cerveza-artesanal-114724.html>.

WILLIAMSON, KATIE. *Cerveza: Acido láctico.* [blog]. [Consulta: 22 de Diciembre de 2021]. Disponible en: <https://cervezal.blogspot.com/2018/02/cerveza-acido-lactico.html>.

ZSCHIMMER & SCHWARZ. *La química de la cerveza: componentes químicos de la cerveza.* [En línea]. ZS España, 7 de Agosto de 2020. [Consulta: 17 de Junio de 2022]. Disponible en: <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/la-quimica-de-la-cerveza-componentes-quimicos-de-la-cerveza/>.

ANEXOS

ANEXO A. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

Reactivos	
Soluciones Buffer para pH metro	
	
Medición de pH	pH metro usado en acidez total
	
Agua Ultra Pura	Ácido Clorhídrico
	
Solución estándar de Hierro	Solución estándar de Plomo



Solución estándar de Arsénico



Yoduro de Potasio



Ácido Ascórbico



Nitrato de Magnesio



Ácido Nítrico

Materiales



Desecador



Vasos de Precipitación



Balones de aforo



Matraz Erlenmeyer



Hidrómetro



Núcleos de Ebullición



Termómetro Digital



Micropipeta



Lámparas para equipo de AA



Picnómetros



Reverbero y Malla con asbesto

Equipos



Mufla



Agitador Magnético



Plancha Calefactora



Manta Calefactora



Equipo de Absorción Atómica



Balanza analítica



Chiller de Refrigeración

ANEXO B. PREPRUEBA. DESGASIFICACIÓN

a) Cerveza Artesanal Marca: Andes, Tipo: Blonde Ale, Otro: Rubia Intensa	
	
Inicio de la gasificación de la cerveza artesanal	Mitad de la gasificación
	
Final de la gasificación	

b) Cerveza Artesanal Marca: Heisen-Beer, Tipo: Pale Ale, Otro: Rubia	
	
Inicio de la gasificación de la cerveza artesanal	Mitad de la gasificación



Final de la gasificación

c) Cerveza Artesanal

Marca: Mestiza, Tipo: Ale, Otro: Diabla



Inicio de la gasificación de la cerveza artesanal



Mitad de la gasificación



Final de la gasificación

d) Cerveza Artesanal

Marca: Latitud Cero, **Tipo:** Lager, **Otro:** Rubia



Inicio de la gasificación de la cerveza artesanal



Mitad de la gasificación



Final de la gasificación

e) Cerveza Artesanal

Marca: Condor, **Tipo:** Stout, **Otro:** Negra



Inicio de la gasificación de la cerveza artesanal



Mitad de la gasificación



Final de la gasificación

f) Cerveza Artesanal

Marca: Sacha-Runa, Tipo: Ale, Otro: La morenita



Inicio de la gasificación de la cerveza artesanal



Mitad de la gasificación



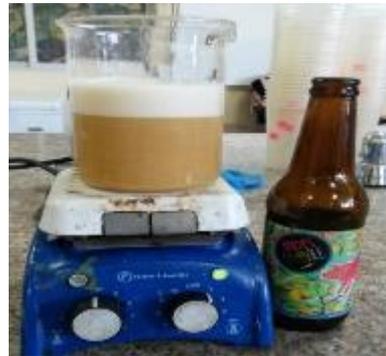
Final de la gasificación

g) Cerveza Artesanal

Marca: Chili Passion, **Tipo:** Ale, **Otro:** Rubia tropical



Inicio de la gasificación de la cerveza artesanal



Mitad de la gasificación



Final de la gasificación

h) Cerveza Artesanal

Marca: Nefer, **Tipo:** Ale, **Otro:** Rubia



Inicio de la gasificación de la cerveza artesanal



Mitad de la gasificación



Final de la gasificación

i) Cerveza Artesanal

Marca: Kristoffel, Tipo: Belgian Ale, Otro: Rubia



Inicio de la gasificación de la cerveza artesanal



Mitad de la gasificación



Final de la gasificación

j) Cerveza Artesanal

Marca: Páramo, **Tipo:** Brauhaus, **Otro:** Rubia



Inicio de la gasificación de la cerveza artesanal



Mitad de la gasificación



Final de la gasificación

ANEXO C. POSPRUEBA. GRADO ALCOHÓLICO

a) Cerveza Artesanal Andes

Ambientación de la muestra



Medición de la temperatura



Baño de hielo



Ajuste a 20 °C

Destilación



Aforar a 100 ml



Destilación



Recolección

Medición



b) Cerveza Artesanal Heisen-Beer

Ambientación de la muestra



Destilación



Destilación



Recolección



Ambientación

Medición



c) Cerveza Artesanal Mestiza

Ambientación de la muestra



Medición de la temperatura



Baño de hielo



Ajuste a 20 °C

Destilación



Aforar a 100 ml



Destilación



Recolección

Medición



d) Cerveza Artesanal Latitud Cero

Ambientación de la muestra



Medición de la temperatura



Baño de hielo



Ajuste a 20 °C

Destilación



Aforar a 100 ml



Destilación



Recolección

Medición



e) Cerveza Artesanal Condor

Ambientación de la muestra



Medición de la temperatura



Baño de hielo



Ajuste a 20 °C

Destilación



Aforar a 100 ml



Destilación



Recolección

Medición



f) Cerveza Artesanal Sacha-Runa

Ambientación de la muestra



Medición de la temperatura



Baño de hielo



Ajuste a 20 °C

Destilación



Aforar a 100 ml



Destilación



Recolección

Medición



g) Cerveza Artesanal Chilli Passion

Ambientación de la muestra



Medición de la temperatura



Baño de hielo



Ajuste a 20 °C

Destilación



Aforar a 100 ml



Destilación



Recolección

Medición



h) Cerveza Artesanal Nefer

Ambientación de la muestra



Medición de la temperatura



Ajuste a 20 °C

Destilación



Aforar a 100 ml



Destilación



Recolección

Medición



i) Cerveza Artesanal Páramo

Destilación



Destilación



Recolección

Medición



ANEXO D. POSPRUEBA. PH



Cerveza Artesanal Andes

Cerveza Artesanal Heisen-Ber

Cerveza Artesanal Mestiza



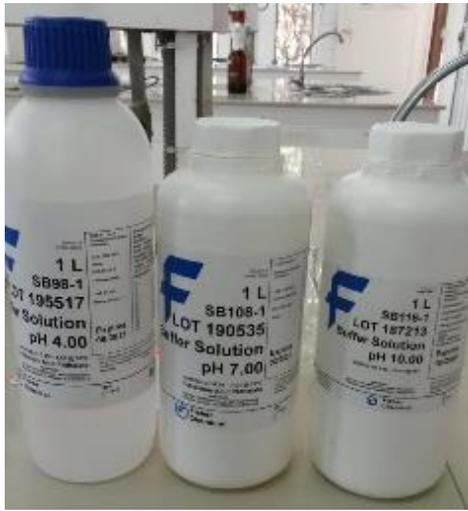
Cerveza Artesanal Latitud Cero Cerveza Artesanal Condor Cerveza Artesanal Sacha-Runa



Cerveza Artesanal Chilli Passion Cerveza Artesanal Nefer Cerveza Artesanal Oettienger

ANEXO E. POSPRUEBA. ACIDEZ TOTAL

a) Calibración de pH metro



Soluciones estándares de 7, 4 y 10



pH metro



Calibración

ANEXO F. POSPRUEBA. ACIDEZ TOTAL

b) Estandarización de la solución patrón (NaOH)

Preparación del EDTA



Pesaje de EDTA



Solución de NaOH al 0.1 N



Resultado de las tres repeticiones

ANEXO G. POSPRUEBA. ACIDEZ TOTAL

Cerveza Artesanal Heisen-Beer		
		
Equipo de Titulación	Resultado. Repetición 1	Resultado. Repetición 2
Cerveza Artesanal Condor		
		
Equipo de Titulación	Resultado. Repetición 1	Resultado. Repetición 2
Cerveza Artesanal 5.0 Original		
		
Equipo de Titulación	Resultado. Repetición 1	Resultado. Repetición 2

Cerveza Artesanal Kristoff



Equipo de Titulación



Resultado. Repetición 1



Resultado. Repetición 2

Cerveza Artesanal Latitud Cero



Equipo de Titulación



Resultado. Repetición 1



Resultado. Repetición 2

Cerveza Artesanal Mestiza



Equipo de Titulación



Resultado. Repetición 1



Resultado. Repetición 2

Cerveza Artesanal Nefer



Equipo de Titulación



Resultado. Repetición 1



Resultado. Repetición 2

Cerveza Artesanal Oettinger



Equipo de Titulación



Resultado. Repetición 1

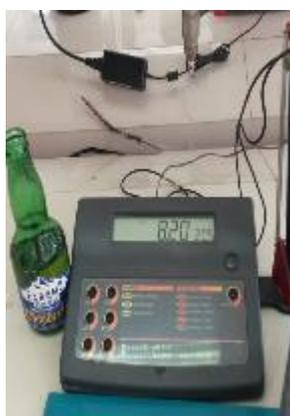


Resultado. Repetición 2

Cerveza Artesanal Páramo



Equipo de Titulación



Resultado. Repetición 1



Resultado. Repetición 2

Cerveza Artesanal Sacha Runa	Cerveza Artesanal Andes	Cerveza Artesanal Chilli Passion
		

ANEXO H. POSPRUEBA. DETERMINACIÓN DE METALES

Muestras de Cerveza	
	
Calcinción	
	

ANEXO I. PROTOCOLO PARA USO DEL EQUIPO ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

FOTOMETRO DE LLAMA

Laboratorio de Química Instrumental   

Instrucciones de Uso

- 1.- Conectar el equipo a un tomacorriente de 110V y encenderlo colocando el switch **POWER** en ON.
- 2.- Conectar la bomba de aire a un tomacorriente de 220V y cerrar la salida de agua ubicada en la parte inferior.
- 3.- Prender la llama abriendo la válvula de gas del tanque, ubicar la perilla "**GAS**" en ON, y presionar el botón "**IGNITOR**" hasta obtener una flama.
- 4.- Abrir la válvula amarilla para la salida de aire hasta observar una presión de 20 psi en el barómetro o hasta lograr conos azules bien definidos y estables.
- 5.- Colocar el filtro del compuesto a analizar girando la perilla "**FILTER**".
- 6.- Absorber agua destilada por el capilar ubicado en la parte inferior derecha del equipo y manipular la presión de aire hasta observar una señal estable.
- 7.- Encerar el equipo girando la perilla "**ZERO ADJUST**" hasta colocar la pluma del panel de lectura en cero.
- 8.- Estandarizar el equipo absorbiendo la solución más concentrada (Standard) y mover la perilla "**STANDARDIZE**" hasta el valor máximo del panel de lectura.
- 9.- Absorber agua destilada y posteriormente la solución patrón hasta verificar una lectura reproducible, caso contrario repetir el punto 10.
- 10.- Obtener la señal de emisión absorbiendo la muestra por el capilar y observando la concentración del compuesto en el panel de lectura (Si la señal de la muestra supera los límites de lectura diluir).
- 11.- Limpiar el atomizador antes de colocar una nueva muestra o finalizar las lecturas absorbiendo por el capilar agua destilada.
- 12.- Apagar el equipo ubicando la perilla "**GAS**" en OFF y el switch "**POWER**" en OFF.
- 13.- Cerrar la válvula de salida de aire del compresor y de gas del tanque.
- 14.- Desconectar el equipo y el compresor (Abrir la trampa de agua del Punto 2).

ANEXO J. RESULTADOS DE LA DETECCIÓN DE METALES POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

Determinación de Hierro

Result. Disolución - Fe

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Fe Blanco	0.001		0.0000	
Fe Estándar 1	0.012		0.2000	
Fe Estándar 2	0.024		0.6000 U	
Fe Estándar 3	0.039		1.0000 U	
Fe Estándar 4	0.090		2.0000 U	
Fe PARAMO-1	0.003		0.0681 U	0.0681 U
Fe PARAMO-2	0.003		0.0634 U	0.0634 U
Fe KRISTOFEL-1	0.003		0.0723 U	0.0723 U
Fe KRISTOFEL-2	0.003		0.0783 U	0.0783 U
Fe CHILLIALE-1	0.003		0.0842 U	0.0842 U
Fe CHILLIALE-2	0.004		0.0971 U	0.0971 U
Fe CONDORSTOUT-1	0.006		0.1348 U	0.1348 U
Fe CONDORSTOUT-2	0.005		0.1101 U	0.1101 U
Fe BLONDE-ALE-1	0.001		0.0285 CU	0.0285 CU
Fe BLONDE-ALE-2	0.002		0.0409 U	0.0409 U
Fe MESTIZA-1	0.002		0.0519 U	0.0519 U
Fe MESTIZA-2	0.002		0.0501 U	0.0501 U
Fe SACHA-RUNA-1	0.004		0.1064 U	0.1064 U
Fe SACHA-RUNA-2	0.004		0.0956 U	0.0956 U
Fe NEFER-1	0.003		0.0664 U	0.0664 U
Fe NEFER-2	0.004		0.0920 U	0.0920 U
Fe 5.0-ORIGINAL-1	0.002		0.0563 U	0.0563 U
Fe 5.0-ORIGINAL-2	0.002		0.0424 U	0.0424 U
Fe LATITUDCERO-1	0.006		0.1463 U	0.1463 U

Result. Disolución - Fe

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Fe LATITUDCERO-2	0.006		0.1517 U	0.1517 U
Fe HEISEN-BEER-1	0.009		0.2019 U	0.2019 U
Fe HEISEN-BEER-2	0.009		0.2032 U	0.2032 U
Fe OETTINGER-1	0.012		0.2734 U	0.2734 U
Fe OETTINGER-2	0.011		0.2652 U	0.2652 U
Fe ESTANDAR	0.040		0.9222 U	0.9222 U

Determinación de Plomo

Registro de trazabilidad Elemento - Pb

15/2/2022 11:55:01 Lab. Investigación:DESKTOP-0SSLSK6

ESTANDAR0.4 11:53:05 : Borrado

Result. Disolución - Pb

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. mg/L	Conc. Corregida mg/L
Pb Blanco	-0.001		0.0000	
Pb Estándar 1	0.005		0.2000	
Pb Estándar 2	0.010		0.4000	
Pb Estándar 3	0.022		0.8000	
Pb Estándar 4	0.044		1.6000	
Pb SACHA RUNA-1	0.000		0.0342	0.0342
Pb SACHA RUNA-2	0.000		0.0452	0.0452
Pb 5.0 ORIGINAL-1	0.001		0.0480	0.0480
Pb 5.0 ORIGINAL-2	0.000		0.0437	0.0437
Pb PARAMO-1	-0.000		0.0296	0.0296
Pb PARAMO-2	0.000		0.0348	0.0348
Pb NEFER-1	-0.001		-0.0001 C	-0.0001 C
Pb NEFER-2	-0.001		-0.0057 C	-0.0057 C
Pb CONDOR STOUT-1	-0.001		-0.0037 C	-0.0037 C
Pb CONDOR STOUT-2	-0.001		-0.0209 C	-0.0209 C
Pb LATITUDCERO-1	0.002		0.0932	0.0932
Pb LATITUDCERO-2	0.002		0.0871	0.0871
Pb HEISEN-1	0.002		0.0923	0.0923
Pb HEISEN-2	0.002		0.1087	0.1087
Pb MESTIZADIABLA-1	-0.002		-0.0412 C	-0.0412 C
Pb MESTIZADIABLA-2	-0.002		-0.0425 C	-0.0425 C
Pb ANDESBLONDE-1	-0.002		-0.0565 C	-0.0565 C
Pb ANDESBLONDE-2	-0.002		-0.0588 C	-0.0588 C
Pb OTTIENGER-1	-0.003		-0.0870 C	-0.0870 C
Pb OTTIENGER-2	-0.004		-0.0962 C	-0.0962 C
Pb KRISTOFELL-1	-0.004		-0.1200 C	-0.1200 C
Pb KRISTOFELL-2	-0.003		-0.0948 C	-0.0948 C
Pb CHILLIPASSION-1	-0.004		-0.0969 C	-0.0969 C
Pb CHILLIPASSION-2	-0.004		-0.1160 C	-0.1160 C

Determinación de Arsénico

Result. Disolución - As

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. µg/L	Conc. Corregida µg/L
As Blanco	-0.000		0.0000	
As Estándar 1	0.082		8.0000	
As Estándar 2	0.131		16.0000 U	
As Estándar 3	0.217		32.0000 U	
As Estándar 4	0.263		40.0000 U	
As SACHARUNA-1	0.044		4.2259 U	4.2259 U
As SACHARUNA-2	0.031		2.1078 U	2.1078 U
As SACHARUNA-1	0.027		1.3736 U	1.3736 U
As 5.0-ORIGINAL-1	0.034		2.5240 U	2.5240 U
As 5.0-ORIGINAL-2	0.032		2.3178 U	2.3178 U
As HEISEN-1	0.019		0.1754 U	0.1754 U
As HEISEN-2	0.016		-0.3460 U	-0.3460 U
As LATITUDCERO-1	0.023		0.7495 U	0.7495 U
As LATITUDCERO-2	0.024		0.8924 U	0.8924 U
As OTTIENGER-1	0.020		0.3484 U	0.3484 U
As OTTIENGER-2	0.019		0.2301 U	0.2301 U
As NEFER-1	0.013		-0.7801 U	-0.7801 U
As OTTIENGER-2	0.013		-0.7536 U	-0.7536 U
As MESTIZA-1	0.024		1.0241 U	1.0241 U

Result. Disolución - As

ID Muestra	Señal Abs	Rsd %	Conc. µg/L	Conc. Corregida µg/L
As MESTIZA-2	0.024		0.9539 U	0.9539 U
As KRISTOFFER-1	0.049		4.9838 U	4.9838 U
As KRISTOFFER-2	0.050		5.0404 U	5.0404 U
As CHILIPASSION-1	0.021		0.4079 U	0.4079 U
As CHILIPASSION-2	0.020		0.3591 U	0.3591 U
As ANDESBLONDE-1	0.020		0.2944 U	0.2944 U
As ANDESBLONDE-2	0.020		0.3122 U	0.3122 U
As CONDORSTOUT-1	0.024		0.9982 U	0.9982 U
As CONDORSTOUT-2	0.025		1.0828 U	1.0828 U
As PARAMO-1	0.026		1.2741 U	1.2741 U
As CONDORSTOUT-2	0.026		1.2706 U	1.2706 U