

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN
**“EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE UVA QUEBRANTA (*Vitis*
vinífera) DE LA REGION ICA USANDO EXTRACTOR XOXHLET.”**

AUTOR: Mg. ING° VICTOR HUGO AVALOS JACOBO

Callao, 2021

PERU

DEDICATORIA

A mi querida tierra Chincha, y
a los productores de ricas uvas
y de nuestro producto Bandera Pisco

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería Química- UNAC

Por el apoyo con los equipos y reactivos

sin los cuales no se podría realizar

esta investigación.



Índice

Tabla de contenido

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	8
1.2 Formulación del problema.....	10
1.2.1 Problema general.....	10
1.2.2. Problemas específicos.....	10
1.3 Objetivos de la Investigación.....	10
1.3.1. Objetivo principal.....	10
1.3.2. Objetivos específicos.....	10
1.4. Limitantes de la Investigación.....	11
1.4.1. Limitantes Teórica.....	11
1.4.2. Limitantes de tiempo.....	11
1.4.3. Limitante espacial.....	11
II. MARCO TEORICO	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	12
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	13
2.2. Bases Teóricas.....	14
2.3 Conceptual.....	17
2.4 Definición de términos básicos.....	24
III. HIPOTESIS Y VARIABLES	26
3.1 Hipótesis.....	26
3.1.1 Hipótesis General.....	26
3.1.2 Hipótesis Específicas.....	26
3.2. Definición conceptual de las variables.....	26
3.2.1 Operacionalización de Variables.....	27
IV. DISEÑO METODOLOGICO	26
4.1. Tipo y diseño de Investigación.....	29
4.2. Método de Investigación.....	31
4.3. Población y muestra.....	31
4.3.1 Determinación del Universo.....	31



4.3.2	Determinación de la Muestra.....	32
4.4.	Lugar del Estudio y periodo desarrollado	32
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	32
4.6	Análisis y procesamiento de datos.	47
V.-	RESULTADOS	50
5.1.	Resultados descriptivos.....	50
5.2	Resultados inferenciales.....	60
VI.-	DISCUSION DE RESULTADOS	67
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	67
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	68
6.3.	Responsabilidad Ética.	69
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73
ANEXOS	75



INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Constantes Criticas.....	20
Tabla 2	Operacionalización de las variables.....	28
Tabla 3	Factores y Niveles para diseño experimental.....	30
Tabla 4	Diseño experimental para extracción de aceite de semillas de uva	31
Tabla 5	Temperaturas de ebullición.....	35
Tabla 6	Rendimiento de la extracción de aceite	50
Tabla 7	Análisis descriptivo	51
Tabla 8	Análisis descriptivo para tamaño de partícula	52
Tabla 9	Análisis descriptivo para masa de semillas	54
Tabla 10	Análisis descriptivo para solventes	56
Tabla 11	Analisis descriptivo Rendimiento frente a proporción muestra/solvente	58
Tabla 12	Características de las semillas de uva quebranta	60
Tabla 13	Características del aceite de semillas de uva obtenido	60
Tabla 14	Resumen de Índices de Pearson-modelos multivariantes	61
Tabla 15	Índice Pearson-modelo semilogarítmico	61
Tabla 16	ANOVA para modelo semilogarítmico.....	62
Tabla 17	Análisis de coeficientes vía SPSS	63
Tabla 18	Índice de Pearson para modelo semilogarítmico de 2 factores	64
Tabla 19	ANOVA para modelo semilogarítmico de 2 factores	64
Tabla 20	Análisis de coeficientes-modelo semilogarítmico-2 factores.....	65
Tabla 21	Diagnostico de colinealidad	66



Índice de figuras

Figura 1	Prensa para extraer aceite de semillas	18
Figura 2	Extractor de aceite con solvente	19
Figura 3	Extracción con fluido supercrítico-Diagrama de fases	20
Figura 4.	Extractor Soxhlet.....	21
Figura 5..	Diseño experimental con Minitab 18.....	30
Figura 6.	Residuos Vitivinícolas	33
Figura 7..	Zarandeo del orujo de uva	34
Figura 8..	Muestra de semillas	34
Figura 9.	Sistema de extracción	36
Figura 10.	Tubo Soxhlet.....	36
Figura 11	.Cartucho	37
Figura 12	.Secado de semillas en estufa.....	39
Figura 13	.Balanza de humedad	40
Figura 14	Molino de granos.....	40
Figura 15.	Semilla molida.....	41
Figura 16	.Malla N° 20	42
Figura 17	.Malla N° 35	42
Figura 18	.Zarandeo de semillas milidas	43
Figura 19	.Sistema de tamices con semillas	43
Figura 20	.Sistema de extracción Soxhlet- Laboratorio FIQ	45
Figura 21	.Rendimiento de la extracción frente al tamaño de partícula	53
Figura 22	.Rendimiento de la extracción frente a la masa de semilla	55
Figura 23	.Rendimiento de la extracción frente al solvente utilizado.	57
Figura 24	Relación del rendimiento frente a la proporción peso de semilla/ peso solvente	59



RESUMEN

El objetivo general de la investigación fue “determinar las características de la extracción de aceite de semillas de uva quebranta (*vitís vinífera*) de la región Ica usando extractor Soxhlet.”, para tal efecto se desarrolló un diseño experimental Taguchi con 9 experimentos, habiéndose utilizado 3 valores o niveles para cada factor o variable.

El mayor rendimiento de la extracción del aceite que se obtuvo fue de 16,45% bajo los siguientes valores de los factores: tamaño de partícula de 250 μm . masa de 7g. en el dedal del sistema Soxhlet, el mejor solvente es el hexano y la relación muestra/solvente es de 1:15. Asimismo se estableció que el modelo semilogarítmico multivariables correlaciona el rendimiento de la extracción de aceite respecto a las variables independientes señaladas con Índice de Pearson de 0.95

Palabras Clave: Extracción solido-liquido, aceite, semillas de uva



ABSTRACT

The general objective of the research was "to determine the characteristics of the oil extraction of quebranta grape seeds (*vitis vinifera*) from the Ica region using Soxhlet extractor." For this purpose, a Taguchi experimental design was developed with 9 experiments, having used 3 values or levels for each factor or variable.

The highest oil extraction yield that was obtained was 16.45% under the following factor values: particle size of 250 μm . 7g dough. In the thimble of the Soxhlet system, the best solvent is hexane and the sample / solvent ratio is 1:15. Likewise, it was established that the multivariate semilogarithmic model correlates the oil extraction performance with respect to the independent variables indicated with a Pearson Index of 0.95

Keyword: Solid-liquid extraction, oil, grape seeds



INTRODUCCIÓN

En la medida que la demanda de los productos aumenta, también se necesita mayores cantidades de materias primas, así como también puede aumentar la generación de residuos como en el caso de la industria vitivinícola y que producen impacto negativo sobre el medio ambiente, lo que puede influir en un foco que perturbe el bienestar social.

La industria vitivinícola necesita de la uva (*vitis vinífera*) para la producción de vinos y piscos, dándose el caso que por cada litro de pisco se requieren en promedio 7.5 Kg de uva vinífera. La tendencia al aumento en la producción de piscos y vinos nacionales va generando proporcionalmente cantidades de residuos sólidos conformados por palillos, hollejos (piel de la uva) y semillas o pepitas.

En los valles costeros de Ica por su clima cálido, se produce la mayor cantidad de uvas viníferas, por lo que se generan grandes cantidades de semillas o pepitas de uva, lo cual constituye el objeto de estudio en la presente investigación, es decir se trata de aprovechar las semillas para la obtención de otro producto, aceite para uso en la industria de cosméticos y el tratamiento de la piel así como algunas enfermedades cardiovasculares debido a su contenido de ácidos grasos poliinsaturados, tales como el ácido oleico y el linoleico con propiedades muy apreciadas en los sectores antes señalados.

Existen diversos métodos para la extracción de aceites a partir de semillas, tales como prensado mecánico, la extracción por solventes, por arrastre de vapor, usando el extractor Soxhlet, utilizando fluidos supercríticos, entre otros.

En la presente investigación se utilizó a nivel laboratorio se utilizó el método de extracción Soxhlet para el aceite de las semillas de uva quebranta que es la que mayormente se produce en el departamento de Ica, se investigó el solvente extractor más recomendable, el tamaño de partícula, la proporción muestra/solvente de manera que se optimice la cantidad y calidad del aceite extraído, mediante el proceso señalado.



I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Al Perú llegó la uva vinífera con los españoles en el siglo XVII para la producción de vinos no solo para las ceremonias religiosas, sino también para otros eventos sociales. En el Museo del Pisco, se ha hecho referencia a un documento que data de 1630 y está escrito que “ El valle de Pisco es el más abundante de excelentes vinos de todo el Perú. Desde allí uno que compite con nuestro Jerez, es el llamado aguardiente de Pisco, es uno de los más exquisitos que se bebe en el mundo”

Las variedades de uva que se utilizan tanto para vinos como para piscos en el Perú son de la Variedad Vitis Vinifera tales como: Uva Quebranta, Italia, Negra criolla, Torontel, Moscatel, albilla que crecen en los valles costeros de Cañete, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna.

Paralelamente al denominado Boom gastronómico peruano, se ha incrementado notablemente la producción y exportación de vinos y piscos desde Perú, por ende la producción de uvas pisqueras y vineras. La mayor producción de piscos y vinos se focaliza en el departamento de Ica, donde las características climatológicas permiten la producción óptima de la uva de la variedad vitis vinífera, especialmente la uva quebranta.

Una de las etapas en la producción de vinos y piscos es la de estrujado de las uvas para extraer el jugo o mosto para someterlo a un proceso fermentativo durante 10 a 15 días. Luego del estrujado se generan residuos sólidos que contienen palillos, hollejos y pepitas o semillas que en la actualidad no tienen uso alguno, y constituyen focos contaminantes del medio ambiente. Se ha tomado conocimiento que muy pocas empresas utilizan una pequeña cantidad de sus residuos sólidos como abono orgánico por temor a la contaminación de los suelos y que podrían malograr los sembríos de uva.



Según la Organización Internacional del Vino, (OIV) “100 kilos de uva generan unos 25 kilos de desechos, de los que el 50% son pieles de uva (hollejos) el 25% tallos o palitos, y el 25% restante semillas” denominadas también pepitas de uva.” En resumen por cada 100 kilos de uva vinífera se tienen 6,25 kg de semillas o pepitas como residuo, lo cual constituye la materia prima para la obtención del aceite.

Por otro lado, Martínez Saiz (2002) sostiene que “Aproximadamente el 16% de la uva es material no aprovechable, porcentaje que varía según el método de prensado que se utilice para la obtención del mosto y la variedad de la materia prima. Entre los subproductos que se generan se encuentran: el raspón (de 5 a 6%), el Hollejo o piel de la uva (7%) y las pepitas (4%)”

Si comparamos lo sostenido por la OIV y por Martínez, se puede colegir que en promedio el 5% de la uva lo constituyen las semillas o pepitas residuales.

Según la Comisión Nacional del Pisco (CONAPISCO) en el año 2019 se produjeron 9 millones de litros de pisco, si se tiene en cuenta que en promedio se requiere de 7.5 Kilos de uva por cada litro de pisco, y que el 5% de la uva es semilla, se ha generado aproximadamente 3 375 000 kilos de semillas/año solo por la producción de pisco, faltando agregar lo generado por la producción de vinos nacionales, lo cual nos da una idea de la magnitud del problema.

Más que la producción de las uvas, que hay de diversas calidades y variedades, es de mayor interés la producción de vinos y piscos, porque en su producción se generan los residuos, tal como las semillas.

La importancia del aceite de uva radica en los tipos de aceite que contienen, tales como el oleico y linoleico, que le dan propiedades especiales para la remoción de aceites y grasas pesados o densos que afectan la salud de las personas a través de diversas dolencias como varices, dificultades en el sistema circulatorio, al mismo tiempo que se pueden aprovechar en la química farmacéutica para tratamientos de la piel, enfermedades cardiovasculares, sirve para prevenir la arterioesclerosis así como la alopecia entre otros.



La investigación desarrollada está orientada a establecer las condiciones que permitan maximizar la extracción del aceite de las semillas de uva quebranta, las variables del proceso de extracción tales como: tipo de solvente, las proporciones de muestra de semilla/solvente, el tamaño de partícula y la masa de semillas en el extractor.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles deben ser las características del proceso de extracción de aceites de semillas de uva quebranta (*Vitis vinifera*) de la región Ica, usando el extractor Soxhlet.?

1.2.2. Problemas específicos

a.- Cuáles deben ser las características de las semillas de uva quebranta para poder ingresar al proceso de extracción de aceite?

b.- Cuáles son las variables que permiten maximizar el rendimiento de la extracción de aceite de las semillas de uva quebranta de la región Ica?

c.- Cuáles son las características del aceite extraído de las semillas de uva quebranta de la región Ica?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo principal

Determinar las características del proceso de extracción de aceite de semillas de uva quebranta de la región Ica usando

1.3.2. Objetivos específicos

a.- Caracterizar las semillas de uva quebranta para poder ingresar al proceso de extracción de aceite.

b.- Determinar las variables que permiten maximizar la extracción de aceite de las semillas de uva quebranta de la región Ica.

c.- Caracterizar el aceite extraído de las semillas de uva quebranta de la región Ica.

1.4. Limitantes de la Investigación

1.4.1. Limitantes Teórica

Si bien es cierto que existen estudios sobre la extracción de aceite de semillas de uva vinífera de otras variedades en diversos países, no se ha encontrado información sobre aceite de semillas de uva quebranta que se produce en Ica.

1.4.2. Limitantes de tiempo

La cosecha, denominada vendimia de uvas viníferas en la región Ica mayormente se realiza entre la primera y segunda semana del mes de marzo de cada año, según como ha sido el comportamiento del clima en los meses previos, después de una clasificación y limpieza, se somete al estrujado para luego someter el jugo o mosto al proceso de fermentación, consecuentemente se tuvo que estar presente en el preciso instante del estrujado para poder recoger los residuos que se generan en esta etapa, lo cual sucedió en febrero y marzo del 2020.

1.4.3. Limitante espacial

Las semillas se obtuvieron en Ica y la investigación se desarrolló en el laboratorio de investigación de la Facultad de Ingeniería química de la UNAC, para lo cual se realizaron constantes desplazamientos a dicha región, lo cual implicó coordinaciones previas con los productores, así como el recojo oportuno de muestras de semillas de uva quebranta en diversas bodegas al día siguiente al prensado.



II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Suarez L. y Toro N. (2012) desarrollaron su tesis titulada “Obtención y caracterización de aceite de las semillas de uva Isabella” en la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia . El aceite se obtuvo usando el extractor Soxhlet, pero la información que se presenta es muy reducida en cuanto al proceso de extracción, más bien han abundado en detalles en lo referente a las caracterizaciones químicas, del aceite de uva Isabella que se produce en el valle de Cauca, Colombia. Se hace referencia a la medición de la acidez, índice de iodo, capacidad antioxidante (p.75).

La diferencia con la presente investigación es que se tratan de cepas diferentes, en el presente caso, uva quebranta, que es la que mayormente se produce en el valle de Ica para la obtención de piscos.

Ricci F. (2011) en su tesis de Ingeniero Industrial en Argentina, titulada “Producción de aceite de pepita de uva, una herramienta de creación de valor agregado para un producto residual” desarrolla un proyecto de inversión, desarrollando aspectos de localización, tamaño de planta, costos y rentabilidad, sin embargo, solo menciona los métodos de extracción de aceite, mas no aborda los aspectos técnicos de la extracción del aceite de semillas de uva.

Mieres A. et al. (2012) desarrollaron la investigación titulada Extracción del aceite de la semilla de uva variedad “Criolla negra” y su caracterización, en la cual realizaron un diseño de experimento multifactorial de efectos cruzados, siendo los factores o variables independientes: el tiempo de extracción, el tamaño de partícula y la masa de semilla a los cuales asignaron tres niveles o valores. El rendimiento que obtuvieron fue de 16% para el proceso de extracción del aceite. (p.197)

Berradre M. et. al. (2016) desarrollaron una investigación en la Universidad del Zulia- Venezuela para la extracción y caracterización de aceite de semillas de uva (*vitís vinífera*) variedad Malvasía. Reportan que “La extracción del

aceite se realizó empleando Soxhlet, n-hexano como solvente de extracción y un tiempo de extracción de cinco horas”. Asimismo, señalan que el rendimiento de la extracción de aceite fue de 8.86%. (p.46)

2.1.2 Antecedentes nacionales

Churata A. (2018, p.7) ha desarrollado su tesis de Ingeniero Alimentario en la Universidad Nacional Federico Villarreal, titulada “Optimización del rendimiento de la extracción de aceite de semillas de vitis vinífera con CO₂ Supercrítico”. El Objetivo general fue: Extraer el aceite de semillas de uva Quebranta con CO₂ supercrítico, caracterizar y medir su actividad antioxidante.

Logra la extracción de aceite de semillas de uva, se debe destacar que se utiliza la tecnología de Fluidos Supercrítico (FSC), en la cual se trabaja a presiones altas (300 bar) que permitan pasar el gas carbónico a estado líquido para que actúe como solvente y posibilitar la extracción del aceite, acto seguido se baja la presión y se separa el soluto del solvente. Dicha tecnología es muy costosa y actualmente en Perú solo existen tres instituciones que tienen el sistema de Fluidos supercríticos a nivel laboratorio y que no están a disposición abierta a los investigadores.

Moya C. (2017) ha realizado su tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, en la Universidad Nacional Agraria, titulada “Extracción y caracterización de aceite vegetal de semillas de uva Borgoña (Vitis vinífera) utilizando enzimas” en la cual precisa que:

El aceite crudo de uva sin tratamiento enzimático (control) se obtuvo por extracción mecánica, el procedimiento seguido fue pesado, molienda, tamizado, tratamiento térmico 80 °C, por 20 min, prensado a presión constante de 6000 psi con una humedad de 12,5% y centrifugado respectivamente. Después del proceso antes descrito, en la extracción con tratamiento enzimático, se utilizaron los siguientes factores: complejo enzimático Deltazym VRAC – 100, enzimas puras Celulasa de *Aspergillus niger* y Hemicelulosa de *Aspergillus niger*, concentración de la enzima (0,5% y 2%)... (p.43)

Moya aprovecha semillas de uva Borgoña utilizada mayormente en la producción de vinos, sin embargo, en la presente investigación se utilizó la variedad uva quebranta que se produce en cantidades muy superiores a la uva borgoña en el departamento de Ica. Si bien es cierto, Moya obtiene aceite de semillas de uva borgoña, cabe destacar el método enzimático que utilizó.

2.2. Bases Teóricas

La presente investigación se enmarca dentro del ámbito de la Ingeniería Química en la línea de investigación de procesos y de manera específica en los principios de la Transferencia de masa, siendo así que se trata de una extracción solido-liquido denominada también lixiviación.

2.2.1 Transferencia de masa

En términos de la Ingeniería Química, específicamente a los fenómenos de transporte, un sistema cuando se presenta una diferencia de concentración de un punto a otro o dicho de otra manera cuando existe un gradiente de concentración, se produce un flujo irreversible de materia en dirección a la zona de menor concentración con lo que el sistema pretende alcanzar el equilibrio. Para la explicación de este fenómeno de transferencia de masa, Treybal (2000) recomienda utilizar la expresión conocida como Ley de Fick.

$$J = -D \frac{\partial C}{\partial x}$$

Donde:

J = Flujo difusivo en unidades de cantidad de sustancia por unidad de área y por unidad de tiempo.

C = Concentración en cantidad de sustancia por unidad por unidad de volumen.

D = Coeficiente de difusión o difusividad, en área por tiempo.

X = Es la posición expresada en centímetros o milímetros

2.2.2 Lixiviación

Según Treybal (2000. p. 792), “ La lixiviación es la disolución preferente de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto con un disolvente líquido. Esta operación unitaria, una de las más antiguas en la industria química, ha recibido muchos nombres, según la técnica más o menos compleja utilizada para llevarla a cabo. La colada se refería originalmente a la percolación del líquido a través de un lecho fijo del sólido, pero en la actualidad se utiliza para describir la operación en forma general, sin importar la forma en que se realice”

2.2.3 La lixiviación aplicada a la extracción solido- liquido

Muchos productos orgánicos naturales se separan de las estructuras que los contienen mediante lixiviación. Por ejemplo, el azúcar se separa por lixiviación de la remolacha con agua caliente; los aceites vegetales se recuperan a partir de semillas, como las de soya y de algodón mediante la lixiviación con disolventes orgánicos; el tanino se disuelve a partir de diferentes cortezas arbóreas mediante lixiviación con agua; en forma similar, muchos productos farmacéuticos se recuperan a partir de raíces y hojas de plantas. Teybal (2000).

2.2.4 Extracción solido- líquido y su aplicación a la extracción de aceites vegetales

La extracción sólido-líquido consiste en hacer pasar un disolvente líquido a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido. En la presente investigación se partió de una muestra de semilla de uva seca y pulverizada a la cual se le puso en contacto con solventes conocidos como el Benceno, Hexano y éter de petróleo, los cuales tienen diversos puntos de ebullición y de solubilidad, se trata de aprovechar los diversos grados de solubilidad del soluto frente a los solventes señalados.

2.2.5 Tipos de Extracción sólido-líquido

a. Extracción sólido-líquido discontinua

La separación de una mezcla de compuestos sólidos, se puede llevar a cabo aprovechando diferencias de solubilidad de los mismos en un determinado disolvente. En el caso favorable de una mezcla de sólidos en la cual uno de los compuestos es soluble en un determinado solvente, mientras que los otros son insolubles, se puede realizar una extracción consistente en añadir este solvente a la mezcla contenida en un matraz o balón en frío o en caliente, agitar o triturar con ayuda de una varilla de vidrio y separar por filtración la disolución que contiene el producto extraído y la fracción insoluble que contiene las impurezas. Si, al contrario, lo que se pretende es disolver las impurezas de la mezcla sólida, dejando el producto deseado como fracción insoluble, el proceso, en lugar de extracción, se denomina *lavado*.

b. Extracción sólido-líquido continua

La extracción sólido-líquido es más eficiente cuando se realiza de manera continua con el solvente de extracción caliente en un sistema cerrado, utilizando una metodología similar a la extracción líquido-líquido continua, basada en la maceración con un solvente orgánico, previamente vaporizado en un matraz y condensado con ayuda de un condensador, de la mezcla sólida a extraer contenida dentro de un cartucho o bolsa de celulosa que se coloca en la cámara de extracción. El paso del solvente orgánico con parte del producto extraído al matraz inicial, permite que el mismo solvente orgánico vuelva a ser vaporizado, repitiendo un nuevo ciclo de extracción, mientras que el producto extraído, no volátil, se irá concentrando en el balón.

Para una mejor comprensión de las etapas se precisa que el sólido está dado por las partículas de semillas de uva molidas, el soluto es el aceite contenido en las semillas y solvente es el agente extractor ya sea benceno, n – hexano o éter de petróleo, en la presente investigación. En términos generales la extracción sólido-líquido comprende 3 etapas:

Cambio de fase del sólido, (si es líquido no hay cambio de fase)

Difusión del soluto hacia el solvente, por los poros del sólido y hacia la superficie periférica de la partícula sólida.

Difusión del soluto en contacto con las partículas, hacia el seno de la solución.

2.3 Conceptual

Los conceptos y conocimientos con aplicación directa en la presente investigación son los relacionados con extracción sólido-líquido, específicamente extracción con sistema de extracción Soxhlet de aplicación en la extracción de aceites a nivel laboratorio.

2.3.1 Las uvas viníferas en el Perú.

a.- Las uvas pisqueras

Nuestro producto bandera el pisco, se puede elaborar con las siguientes variedades de uva y que en su mayoría dan origen a la nomenclatura del pisco:

Uvas Aromáticas: Italia, Torontel, Moscatel, Albilla

Uvas no aromáticas: Quebranta, Mollar, Negra criolla y Uvina

b.- Uvas Vineras:

Por otro lado, las uvas que se usan en nuestro país para la producción de vinos se pueden mencionar:

Para vinos tintos: uva Borgoña, Malbec, Merlot, Cabernet Sauvignon, entre otras

2.3.2 Métodos de extracción de aceites

a.- Por prensado

Como es de conocimiento general, las semillas contienen aceite en su estructura interna, por lo que el objetivo del método de prensado es romper dicha estructura y posibilitar la salida del aceite contenido, se cuenta con los siguientes tipos de prensado



Prensado discontinuo que a su vez puede ser abierto o cerrado, y que básicamente se caracterizan por la carga de materia prima y descarga del producto de manera intermitente.

Prensado continuo, que utiliza prensa expeler o de tornillo con carga y descarga de manera continua y que generalmente trabajan a altas presiones. En la figura 1. se muestra un equipo de prensado típico.

Figura 1

Prensa para extraer aceite de semillas



Nota. La figura muestra los componentes del equipo de prensado. Tomado de Casa Matus.com

b.- Extracción con solvente

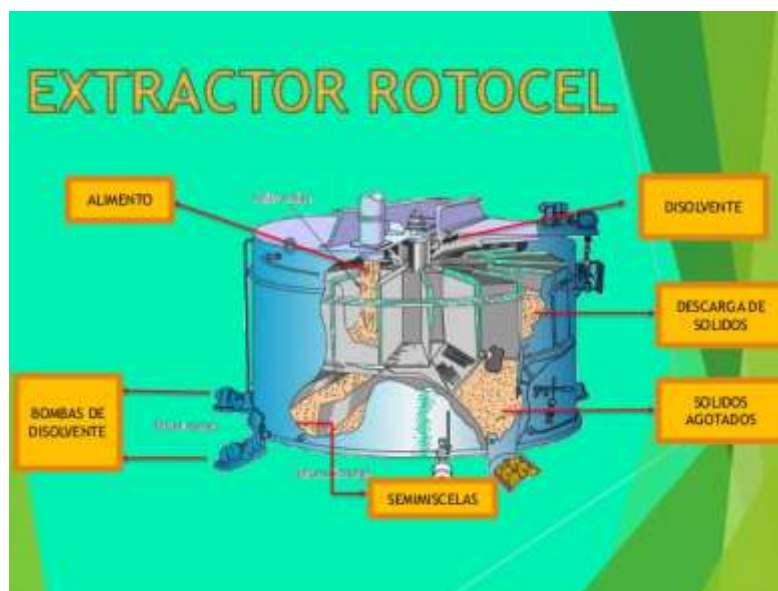
Las semillas vegetales se someten a reducción de tamaño de partícula y luego se ponen en contacto con solventes adecuados, entre los que se pueden mencionar al hexano, benceno, éter de petróleo, éter dimetílico, cloroformo, etanol, metanol, y otros. Este método es eficiente cuando se opera a nivel de laboratorio, sin embargo, cuando se trabaja a escala industrial, se requieren grandes cantidades de solventes cuya recuperación eleva los costos de producción.

Cefla K. (2015, p.46-47) mencionan a Bailey (2001 p.448) y precisa que “la extracción de los aceites vegetales mediante solventes es un método muy eficaz, ya que puede reducir el contenido de aceite de las semillas hasta menos de 1% , este método es muy utilizado cuando se emplean semillas con bajo contenido de aceite”

Por otro lado, se generan riesgos de contaminación ambiental y se corre el riesgo que el aceite no sea inocuo, debido a trazas de solvente presentes en el producto. En la figura 2 se muestran los componentes de un sistema de extracción de aceite por el método de solventes utilizado para semillas oleaginosas.

Figura 2

Extractor de aceite con solvente



Nota. La figura presenta la ruta que se sigue en la extracción. Tomado Rotocel.com/Oil Extraction Machine.

c.- Extracción con Tecnología de Fluidos Supercríticos (FSC)

Desde el punto de vista de la termodinámica cuando un fluido está por encima de su presión y temperatura de su punto crítico, se le denomina fluido supercrítico.

Según señalan Velasco R. et al. (2007), un fluido supercrítico “puede cambiar rápidamente la densidad con pequeños cambios en la temperatura o presión. Estas propiedades lo hacen conveniente como un sustituto de los solventes orgánicos en los procesos de extracción.”

En la tabla 1 se presentan las constantes críticas de los fluidos más utilizados en la extracción de aceites.

Tabla 1

Constantes Críticas

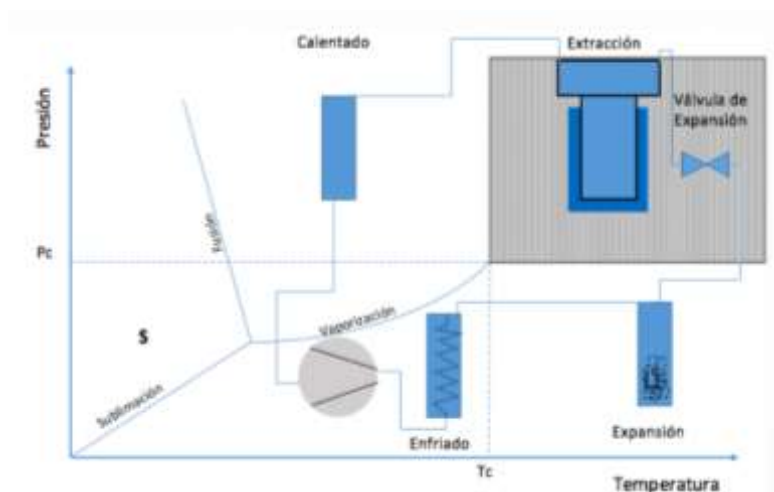
Fluido	Tc (°C)	Pc (bar)	Densidad(Kg/m ³)
Agua	374	220.9	322.6
Dióxido de carbono	31	73.86	467.6
Etanol	240.4	61.4	276
Metanol	239.4	80.9	272
Propano	97	42.47	225.64

Perry R. Chemical Engineers Handbook (2008 - p.2-137)

El fluido más utilizado por su bajo costo y fácil disponibilidad es el dióxido de carbono (CO₂) y que como se muestra en la tabla 1 tiene los más bajos valores de temperatura y presión crítica. Además, es utilizado en bebidas gaseosas azucaradas y cervezas en nuestro mercado nacional.

Figura 3

Extracción con fluido supercrítico-Diagrama de fases



Nota. En el diagrama de fases se presentan los cambios de estado en las etapas de extracción. Román M. (2016) Guía de extracción por fluidos supercríticos

2.3.3 Extractor Soxhlet

El extractor Soxhlet, llamado así en honor a su inventor, Franz Von Soxhlet, es un equipo de vidrio utilizado para la extracción de aceites o compuestos oleosos contenidos en un sólido usando un solvente compatible. La estructura del sistema de extracción Soxhlet se detalla en la figura 4.

Figura 4.

Extractor Soxhlet



Nota. La figura presenta los componentes de un sistema de extracción Soxhlet para aceites. Tomado de: <https://es.slideshare.net/JAlfredoVargas/extraccin-solido-liquido>

Velasco R. et al. (2007) sostiene que en un sistema de extracción Soxhlet:

Debe seleccionarse un solvente adecuado de tal forma que ofrezca el mejor balance de varias características deseables: alto límite de saturación, y selectividad respecto al soluto por extraer, capacidad para producir el material extraído con una calidad no alterada por el disolvente, estabilidad química en las condiciones del proceso, baja viscosidad y baja presión de vapor, baja toxicidad e inflamabilidad, baja densidad y baja tensión superficial. (p.54)

En la presente investigación, se realizaron experimentos para la extracción de aceites de las semillas de uva quebranta, utilizando un sistema de extracción

Xoxhlet, con el cual se ensayaron tres solventes orgánicos, a saber, Benceno, n-hexano y éter de petróleo, para aprovechando sus propiedades de solubilidad, se determinó cuál es el solvente que permite maximizar la cantidad extraíble del aceite señalado.

2.3.4 Las semillas de uva

Mieres A. et al. (2012, p.195) respecto a la uva de la variedad negra criolla reportan lo siguiente:

“El orujo está conformado por: 45% de Cascara u hollejo, 30% de semillas; 25% de palillos. El orujo constituye el 12% del peso de la uva fresca y presenta un contenido de humedad de 65%.”

2.3.5 El aceite de semillas de uva.

a.-Características del aceite de semillas de uva

En el marco teórico se hace referencia a la descripción del aceite de semillas de uva, según autores que han realizado anteriormente investigaciones con otras variedades de uva vitis vinífera, a saber:

Mieres A. et al. (2012, p. 202) precisan que “Los resultados obtenidos de la composición en ácidos grasos libres fue. Palmítico(9.3126%) esteárico(5.9768%), Oleico (15.3157%), linoleico(67.0422%) y una Fracción de 2.3526% de compuestos no identificados.” Ellos realizaron investigaciones con uva de la variedad Negra Criolla en Venezuela.

Por su parte, Juárez N. et. al. (2017, p1122) Presentan la siguiente caracterización del aceite de uva silvestre en México:

Ácidos grasos saturados		Ácidos grasos insaturados	
Palmítico	6.95%	Linoleico (Omega 6)	84.73%
Esteárico	2.21%	Oleico (Omega 9)	5.83%
Araquidónico	0.09%	Gonádico (Omega 11)	0.03%
Láurico	0.05%		
Mirístico	0.05%		

En función a los resultados aquí presentados se puede colegir que la variedad de uva silvestre presenta mejores contenidos de ácido linoleico y oleico que la



variedad negra criolla. Se hace alusión a dichos ácidos porque son los que le dan las características y bondades al aceite de semillas de uva.

b.- Bondades, usos y aplicaciones del aceite de semillas de uva

Otegui C. (2019), Licenciada en Nutrición Humana y dietética en España, destaca las siguientes propiedades y beneficios del aceite de semillas de uva:

Contiene carotenoides, polifenoles, ácidos grasos que le dan propiedades antioxidantes.

Su contenido de vitaminas C y E son agentes para prevenir diversas enfermedades.

Su contenido de resveratrol le dan propiedades antiinflamatorias

Reduce el estrés oxidativo, ya que los antioxidantes que luchan contra la oxidación celular relacionadas con el envejecimiento.

Se le atribuye propiedades antitumorales.

Es beneficiosos para la salud del sistema circulatorio, vasos sanguíneos y el corazón, ayuda a evitar la formación de placas en pacientes con arterioesclerosis

Es un aceite fácilmente digerible y ayuda al tracto digestivo, por lo tanto resulta beneficioso para evitar el estreñimiento.

Por su contenido de vitaminas y aceites poliinsaturados, resultan beneficiosos para la piel, protegiendo el daño generado por el sol dejándola tersa y suave.

Ayuda a combatir el acné, evitando la proliferación de bacterias que se asocian con esta afección a la piel.

Sus aceites livianos ayudan a proteger el cabello y cuero cabelludo, previniendo la alopecia.

En la cocina, es útil para preparación de ensaladas, aliños, freira si como en la preparación de pasteles y postres.

2.3.6 Las normas técnicas relacionadas con la calidad de aceites vegetales en general.

Densidad, según NTP 209.128 :1980 (revisada en 2012)

Índice de acidez según NTP 209.005:1968 (revisada en 2016)

Índice de Yodo según NTP 209.008:1968 (revisada en 2012)



Índice de peróxido según NTP 209.006:1968 (revisada en 2016)

Índice de refracción según NTP 209.121:1975 (revisada en 2016)

Índice de saponificación según NTP 209.058:1968 (revisada en 2016)

Determinación del contenido de humedad según NTP 209.004:1968 (revisada en 2016)

Todas estas normas son aplicables por extensión al aceite de semillas de uva quebranta.

2.4 Definición de términos básicos

Los siguientes términos son funcionales o fundamentales en la investigación plantada:

a. Residuos sólidos de la industria vitivinícola. -

Se refiere, en este caso, a los residuos que se obtienen después de la etapa de prensado de las uvas, para extraer el jugo o mosto. Está conformado por: Hollejos o pieles de la uva, pepitas o semillas y palillos o ramitas pequeñas.

b.- Cepa.- Se refiere a la variedad de uva, así tenemos las uvas pisqueras: quebranta, Italia, Torontel, Moscatel, Negra criolla, etc.

c.- Bodega.- Local donde se producen vinos o piscos.

d.- Falca. – Consta de una olla, paila o caldera donde se calienta el mosto recientemente fermentado y, por un largo tubo llamado “cañón” por donde recorre el destilado, que va angostándose e inclinándose a medida que se aleja de la paila y pasa por un medio frío, generalmente agua que actúa como refrigerante. (NTP 211.001)

e.- Mosto. - El jugo de la uva que se ha obtenido luego del prensado y que será sometido a un proceso de fermentación.

f.- Hollejo, se llama así a la piel o cascara de la uva.

g.- Extracción líquido-sólido.- consiste en hacer pasar un disolvente líquido a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido

h.- Sólido. - Sustancia que se desea disolver, en este trabajo es el aceite de la semilla de uva quebranta.

i.-Solvente. - Sustancia que disuelve al sólido, en este caso son Benceno, n-Hexano y éter de petróleo.

j.- Hexano.- Solvente orgánico, inflamable, fórmula $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$, peso molecular 86,06 g/mol

k. Extractor Soxhlet.

Equipo de vidrio, utilizado mayormente para la separación de aceites contenidos en semillas, mediante la diferencia de solubilidades frente a diversos solventes.



III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

En el proceso de extracción de aceite de semillas de uva quebranta si se trabaja con tamaño de partícula de 250 μ m, peso de semilla seca y molida de 7g. relación muestra /solvente de 1:15 y usando n-Hexano como solvente, usando extractor Soxhlet se podrá optimizar el rendimiento de la cantidad de aceite de semillas de uva quebranta extraído.

3.1.2 Hipótesis Específicas.

- a. Las características de las semillas de uva quebranta para ingresar al proceso de extracción son: humedad 10% y Cantidad de aceite entre 12% y 16%.
- b.-Si se determinan las variables del proceso de extracción de aceite de semillas de uva quebranta, entonces se podrá maximizar la cantidad de aceite extraído.
- c. La aplicación de la cromatografía de gases permite determinar con precisión la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados del aceite de semillas de uva quebranta de la región Ica.

3.2. Definición conceptual de las variables

Variable dependiente.- Conceptualmente, la variable dependiente viene a representar lo que se desea lograr, en la presente investigación se define como:

Y= La cantidad de aceite extraíble de las semillas de uva quebranta, lo cual se expresa como el rendimiento del proceso de extracción de aceite de semillas de uva quebranta, medido como el cociente entre el peso del aceite entre el peso inicial de la semilla.

Las variables independientes,

W= representa las características de las semillas de uva antes de ingresar al proceso de extracción. Si tuviera mayor humedad afectaría el rendimiento de la extracción del aceite, así como un tamaño de partícula reducido lo favorecería.

X = representa las condiciones que permiten maximizar el rendimiento de la extracción. En la presente investigación se consideró:



- X1 el tamaño de la partícula de las semillas de uva
- X2 la masa de semillas molidas que ingresa al dedal del extractor Soxhlet
- X3 el solvente utilizado
- X4 La relación Muestra/solvente

Z= representa las características cualitativas finales del aceite obtenido, tales como contenido de ácidos grasos insaturados, el grado de acidez, así como su densidad.

3.2.1 Operacionalización de Variables

A.- Variable dependiente

Y= Es el rendimiento de la extracción de aceite en el extractor Soxhlet

El indicador es el porcentaje del peso del aceite respecto al peso de la muestra de semillas molidas de uva que se coloca en el dedal del sistema de extracción Soxhlet.

B.- Variables independientes

- VARIABLE W= Características de las semillas antes de ingresar al proceso

DIMENSIONES	INDICADORES
W1= Humedad	%
W2= Densidad aparente	g./ml
W3= contenido de cenizas	%

- VARIABLE X= variables del proceso de extracción

DIMENSIONES	INDICADORES
X1 = Tamaño de partícula	µm
X2 = Masa de semillas de uva molida.	gr.
X3 = Solvente utilizado	ml
X4 = Relación muestra/solvente	gr/ml

VARIABLE Z: Características Cualitativas del aceite de semilla de uva quebranta



DIMENSIONES

INDICADORES

Z1=Contenido de ácido oleico y linoleico	%
Z2= Índice de acidez	mg KOH/gr de aceite
Z3= Densidad	g/ml

La operacionalización de las variables del proceso de extracción de aceite de semillas de uva quebranta se detallan en la tabla 2.

Tabla 2

Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES	INDICE
Variable dependiente. Rendimiento del proceso de extracción de aceite	El rendimiento es la relación del peso del aceite obtenido respecto al peso de la semilla molida.	Y1 = Porcentaje del peso de aceite/ peso de la muestra	%
Variables independientes	W= Características que deben tener las semillas de uva quebranta antes de ingresar al proceso de extracción del aceite.	W1= Humedad de ingreso al proceso W2=Densidad aparente	% g/ml
	X= Variables del proceso de extracción.	X1= Tamaño de partícula X2= masa de semilla X3=solvente X4= relación muestra/solvente	µm gr
	Z=Características del aceite de semillas de uva quebranta extraído	Z1 = Contenido de ácido oleico y linoleico. Z2 = Índice de acidez Z3=Densidad	% mg KOH/g de aceite gr/cc

Nota: Interacción entre las variables.



IV. DISEÑO METODOLOGICO

4.1. Tipo y diseño de Investigación

4.1.1 El tipo de Investigación es Aplicada, específicamente investigación experimental, por cuanto se realizaron corridas en el Laboratorio para conocer la influencia del tamaño de partícula, masa de la muestra, tipo de solvente y la relación entre la muestra y el solvente y la extracción del aceite de semillas de uva vinífera, sobre el rendimiento o cantidad de aceite extraíble. Por el tipo de datos califica dentro de una investigación cuantitativa.

4.1.2 Diseño de la Investigación

La palabra diseño en metodología de la investigación científica, “se refiere a la estrategia concebida para obtener la información que se necesita” para responder a las preguntas formuladas y por lo tanto lograr el desarrollo de la investigación. (Hernández Sampieri 2014- p.120).

Se definen:

f= número de factores, o variables que se manipulan son 4.

n = niveles o número de valores que adoptaran las variables, en esta investigación = 3

Se define como factor a las variables que se desean evaluar, en la presente investigación, el tamaño de partícula, el peso de la muestra, el tipo de solvente a utilizar, y la relación muestra/solvente.

Los niveles, en diseño de experimentos se refieren al número de valores que adoptaron las variables, en la presente investigación fueron 3 valores o niveles para cada variable como se detalla en tabla 3.

Tabla 3

Factores y Niveles para diseño experimental

Nivel	Tamaño partícula	Masa semilla	Solvente	Relación muestra/solvente
1	250	7	Hexano	01:10
2	500	10	Benceno	01:15
3	850	13	Eter	01:20

Diseño experimental Taguchi

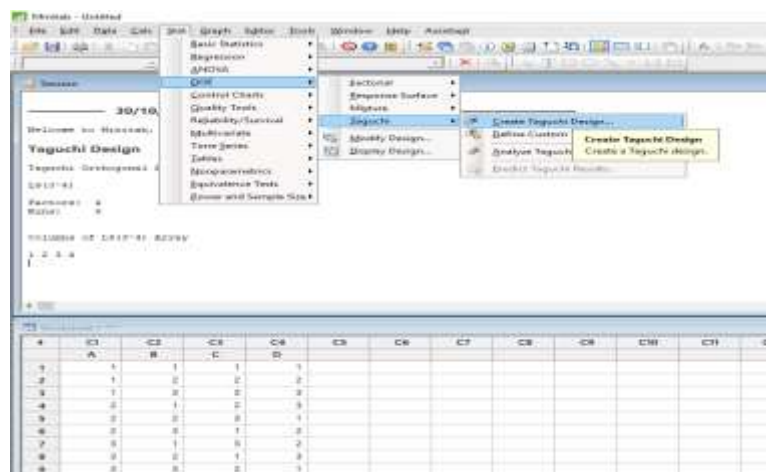
Según Kavanaugh C. (2012), el diseño Taguchi se enfoca en “Diseños robustos y minimización de la función de pérdida económica debido a las corridas en condiciones no optimas”, es decir se optimizan el número de corridas o experimentos, lo cual minimiza los costos y tiempos.

En la investigación se utilizó el Diseño Taguchi, debido a que optimiza el número de corridas experimentales, teniendo que los reactivos utilizados benceno, hexano y éter son productos fiscalizados y además caros..

El diseño de experimentos Taguchi se realizó utilizando el software Minitab 18, siguiendo: Stat/ DOE/ Taguchi/create Taguchi design como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Diseño experimental con Minitab 18



De manera específica, los experimentos se realizaron, siguiendo el diseño de experimentos de Taguchi, como se detalla en la tabla 4.

Tabla 4

Diseño experimental para extracción de aceite de semillas de uva

Experimento	Tamaño de partícula μm	Masa de semilla seca g.	Solvente	RELACION MUESTRA/SOLVENTE
1	250	7	n-Hexano	01:10
2	250	10	Benceno	01:15
3	250	13	Eter de petroleo	01:20
4	500	7	Benceno	01:20
5	500	10	Eter de petroleo	01:10
6	500	13	n-Hexano	01:15
7	850	7	Eter de petroleo	01:15
8	850	10	n-Hexano	01:20
9	850	13	Benceno	01:10

4.2. Método de Investigación

De acuerdo a la teoría de Metodología de Investigación, teniendo en cuenta que en la presente investigación se ha planteado una Hipótesis que luego ha sido corroborada por el análisis de los resultados experimentales en el laboratorio, se puede colegir que el Método de Investigación utilizado es el Hipotético-Deductivo, aunque se puede apreciar que también está presente el método experimental toda vez que se realizaron 9 extracciones en el laboratorio.

4.3. Población y muestra

4.3.1 Determinación del Universo

Desde el punto de vista estadístico, la población o universo se clasifica en finito cuando el total de unidades de muestreo o elementos del universo es menor a 100 000 y universo infinito cuando el total de unidades muestrales es mayor a 100 000.

Siendo el objeto de la investigación las semillas de uva en la presente investigación, el universo está comprendido por la cantidad de semillas de uva quebranta, que de acuerdo a las estadísticas de producción de vinos y piscos en Ica, y realizando cálculos, existen más de 3000 Tm/año de semillas de uva solamente de los residuos de la producción de piscos a lo que se tendría que sumar las semillas residuales de la producción de vinos, lo que nos coloca frente a un universo infinito.

4.3.2 Determinación de la Muestra

Por tratarse de una investigación a nivel Laboratorio, se tomará como unidad muestral 13 gr. de pepita de uva molida debido a que es la cantidad máxima que se podría colocar en el cartucho del sistema de extracción Soxhlet, es decir la capacidad del equipo del laboratorio ejerce gran influencia en el tamaño de la muestra, razón por la cual no se puede aplicar formulas estadísticas como en el caso de las ciencias sociales.

4.4. Lugar del Estudio y periodo desarrollado

La presente investigación, orientada al aprovechamiento de las semillas de uva vinífera para la extracción de aceite, se focalizó en las bodegas productoras de vinos y piscos en la región Ica, debido que esta es la zona que tiene la mayor producción de uvas viníferas por sus características climatológicas.

Se precisa que los experimentos de la investigación en si, se realizaron en el Laboratorio de Investigación de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao, donde se cuenta con los equipos de laboratorios requeridos.

El periodo en el cual se desarrollaron los experimentos, empezó con la vendimia de febrero 2020 hasta Marzo 2021.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La recolección de la información, en la presente investigación valores experimentales de las variables o factores, se realizó en el Laboratorio de



investigación de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAC, siguiendo las siguientes etapas:

Obtención de las muestras de semillas de uva

La semilla de uva de la variedad quebranta, la misma que forma parte de los residuos u orujos que se descartan después del prensado para la obtención de los jugos o mosto de uvas en la industria de vinos y piscos en el departamento de Ica, como se muestra en la figura 6.

Las muestras de semillas de uva, se obtuvieron en el mismo campo, esto es, en las unidades o bodegas donde se generan los residuos vitivinícolas, en el departamento de Ica, por lo que el investigador estuvo recolectando personalmente los residuos como se puede evidenciar en la figura 7.

El orujo es la mezcla de cascara, semillas y palillos del racimo de uva, tal como sale del prensado, por lo que es necesario realizar una separación para así poder obtener las semillas que son de interés en la presente investigación, para lo cual fue necesario someter a un movimiento con ayuda de una zaranda como se aprecia en la figura 7.

Figura 6.

Residuos Vitivinícolas



Figura 7.

Zarandeo del orujo de uva



Figura 8.

Muestra de semillas



Handwritten signature or mark.

Solventes

Los solventes que se utilizaron fueron n-hexano, benceno y éter de petróleo y que para los fines de la presente investigación se adquirieron 1 litro de cada solvente. Considerando que se tratan de solventes volátiles y peligrosos se debe tener muy presente sus temperaturas de ebullición, los mismos que se presentan en la tabla 5.

Tabla 5

Temperaturas de ebullición

Solvente	Punto de Ebullición
Éter de Petróleo	35 a 50°C
Benceno	80°C
Hexano	69° C

Perry R. Chemical Engineers Handbook- p. 2-27

Sistema de extracción de aceite

El extractor Soxhlet es uno de los equipos más utilizados para la extracción de aceites vegetales a pequeña escala, siendo su característica el hecho que permite extracciones sucesivas con el mismo solvente puro, dado que se calienta para facilitar la remoción del aceite, luego sube a un condensador vertical donde se enfría y desciende al sistema, lo cual permitió optimizar el uso del solvente, así como el proceso de extracción del aceite.

El sistema de extracción de aceite consiste en un balón o matraz de vidrio de borosilicato con fondo plano, el tubo Soxhlet propiamente dicho provisto de un pequeño sifón, un condensador vertical colocado en la parte superior del extractor y cuyo refrigerante es el agua, un juego de cartuchos y un calentador eléctrico como se muestra en la figura 9.

Figura 9

Sistema de extracción



Nota. La figura muestra los diversos componentes del sistema de extracción Soxhlet.

Fuente: Nuñez C. (2008)

Componentes del sistema de extracción Soxhlet:

Tubo Soxhlet .-Es un cuerpo cilíndrico con boca esmerilada en la parte superior e inferior, contando con un tubo delgado lateral y un sifón que permite el paso de los vapores que actúa como condensador primario. Cabe precisar que lo esencial en el tubo Soxhlet es el sifón.

Figura 10

Tubo Soxhlet



Nota. La figura muestra las particularidades de la forma del tubo extractor. Tomado de Nuñez C. (2008)

El Cartucho

Es un recipiente cilíndrico donde se coloca la muestra de semillas previamente secadas y molida de acuerdo al tamaño de partícula señalad en el diseño de experimentos. Su fondo se semiesférico para que pueda apoyar en el fondo del extractor como se muestra en la figura 11.

Entre los materiales usados para el cartucho tenemos Alúmina, tela de algodón prensado, papel Whatman, porcelana porosa.

El cartucho se llenó sol hasta la mitad y se evitó comprimir la mas de semillas de uva molida a efectos de evitar que se afecte la difusividad del solvente en la muestra. Por otro lado, el tamaño de la muestra lo determina la capacidad del cartucho, el que a su vez depende del tamaño del tubo Soxhlet del sistema de extracción.

Figura 11

Cartucho



Nota. Dentro del cartucho se deben colocar las muestras de semillas molidas. Tomado de Nuñez C. (2008)

Con la finalidad de evitar que, al mezclarse la muestra con el solvente, pueda generar fuga por rebose, se colocó un tapón de algodón sobre el cartucho.

El condensador

Básicamente es un pequeño intercambiador de calor de vidrio, con entrada de agua en la parte inferior y salida por la parte superior, su importancia radica en que evita la fuga de vapores calientes del solvente, el cual cae por gravedad sobre el tubo que contiene el cartucho.

El balón o matraz de vidrio

Inicialmente allí se coloca el solvente y al final recibe el aceite mezclado con el solvente, para una posterior separación.

El calentador

Se utilizó un sistema eléctrico, evitándose el mechero Bunsen para prevenir incendios o quemaduras, el equipo cuenta con regulador de temperatura de calentamiento.

Seguridad

Acorde con los lineamientos que emanan de la Norma ISO 45001 con respecto a la seguridad y salud en el trabajo, se tomaron las siguientes precauciones:

Uso de guantes de cuero para evitar quemaduras

Se utilizó protector facial y anteojos para prevenir daños por posible explosión

Se usó mascarillas con filtros triples para solventes volátiles.

Se operó debajo de la campana extractora del laboratorio.

Trabajos experimentales:

A continuación, se explica detalladamente las etapas que se han seguido en el laboratorio, a saber:

Secado de las semillas de uva

Las semillas de uva quebranta que se obtuvieron en las bodegas productoras llegan al laboratorio con una humedad promedio de 50%, por esta razón, lo primero que se realizó fue someterlas a un secado a temperatura ambiente por 24 horas y luego en una estufa a 70°C durante 5h. como se muestra en la figura 12. Luego se extrajo la muestra de la estufa y se midió la humedad remanente con ayuda de una balanza de humedad Adam 50 como se muestra en la figura 13, con la cual se toma el peso inicial y en aproximadamente 5 minutos se detiene la balanza de humedad y por diferencia de pesos, indicó la humedad remanente que tiene la semilla seca,

y que para el presente caso es de 8%, teniendo en cuenta que humedades mayores afectan la eficiencia del proceso de extracción del aceite. Véase figura 10.

Figura 12

Secado de semillas en estufa



Handwritten signature

Figura 13

Balanza de humedad Adam 50



Molienda

Las semillas de uva, previamente secadas son sometidas a molienda utilizando un molino de granos como el que se muestra en la figura 14.

Figura 14

Molino de granos



Handwritten signature

Figura 15

Semilla de uva molida



Nota. La figura muestra la semilla luego de secado, molienda y tamizado.

Tamizado.

Las partículas obtenidas de semillas de uva luego de la molienda fueron zarandeadas y tamizadas utilizando un kit de tamices, para seleccionar los tamaños de partícula considerados en el diseño experimental.

Las mallas utilizadas fueron las N° 60 (250 μ m), 35 (500 μ m) y 20 (850 μ m) respectivamente como se muestra en las figuras 16, 17, 18 y 19

Figura 16

Malla N° 20



Figura 17

Malla N° 35



Handwritten signature

Figura 18

Zarandeo de semillas molidas



Figura 19

Sistema de tamices con semillas



Handwritten signature or mark.

La Extracción del aceite de las semillas de uva

Básicamente el proceso de extracción de aceite de las semillas de uva consiste en hacer hervir el disolvente en el matraz o balón respetando sus puntos de ebullición y tomando todas las precauciones de seguridad pertinentes. El solvente en cada caso va a extraer el aceite de las semillas molidas de uva que se encuentra en la muestra depositada en el cartucho del tubo "Xoxhlet". Los vapores del solvente ascienden por el extractor y se condensan con ayuda de un condensador refrigerado externamente con agua, el solvente iba cayendo gota a gota sobre el cartucho. La parte soluble cae por gravedad al matraz antes mencionado, el proceso se repite automáticamente hasta que la extracción de aceite se completa y tiene una duración promedio de 5 hr.

El sistema de extracción Xoxhlet se encuentra en el laboratorio de Investigación de la facultad de Ingeniería Química de la UNAC, el mismo que se muestra en la figura 20.



Figura 20

Sistema de extracción Soxhlet- Laboratorio FIQ



La variable dependiente del proceso es el rendimiento de la extracción de aceite que se mide la cantidad de aceite extraído con respecto al peso de la semilla alimentada, y que en la presente investigación se calcula por comparación del peso del aceite extraído con el peso de la muestra de semillas de uva seca y molida.

Los datos de los resultados experimentales se registraron en el cuaderno de bitácora para luego pasarlos a tablas de doble entrada, en la cual se registraron los valores del peso de aceite extraído, así como el valor de las variables independientes o factores.

Etapas de la investigación

Etapa I.- Trabajo de campo propiamente dicho

El trabajo de campo básicamente está relacionado con el acopio de las muestras de semillas de uva vinífera en los locales de diversas bodegas productoras de vinos y piscos en la región Ica.

Antes de la cosecha denominada vendimia de las uvas, se realizaron coordinaciones previas con los productores, para conocer sus fechas específicas, tanto de la vendimia como del prensado de las uvas, de manera que se puedan recuperar semillas frescas antes que se contaminen por la presencia de microorganismos y por acción del calor del ambiente.

a.- Acopio de las muestras de semillas de uvas viníferas

En el campo se realizaron muestreos aleatorios y con el método de cuarteo, se recogieron las semillas de uva vinífera quebranta.

b.-Limpieza

Los residuos sólidos vitivinícolas recuperados después del prensado de las uvas, contienen hollejos (pieles de la uva), palillos de los racimos y semillas. Las semillas se separaron con ayuda de pequeños rastrillos y una zaranda manual en el trabajo de campo adyacente a las bodegas productoras de vinos y piscos. Se procedió a un lavado rápido con agua para retirar los vestigios de jugo o mosto que pudieran contener y que pudieran afectar la calidad de las semillas.

Etapa II.- Trabajo en laboratorio

c.-Secado

Para garantizar un adecuado proceso de extracción, es necesario que las muestras de semillas de uva, no tengan humedad mayor a 8%. Para tal efecto las semillas de uva traídas desde Ica, fueron secadas utilizando una estufa a 70°C durante 5 horas. La humedad de las semillas de uva a la salida del



secador fueron medida utilizando la Balanza de humedad ADAM 50, que permitió verificar el descenso de la humedad.

d.-Molienda

El tamaño de partícula es una variable fundamental para asegurar un eficiente proceso de extracción del aceite, por lo cual se sometió la muestra previamente secada a una molienda en un molino de cuchillas, en el Laboratorio de operaciones y Procesos Unitarios (LOPU) de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAC.

e.-Tamizado

En el diseño de la investigación, se tiene un Factor (variable) importante que es el tamaño de partícula, razón por la cual se realizó un tamizado utilizando un sistema vibratorio, que permita recuperar los tamaños entre 250, 500 y 850 μm , eliminando los polvillos y el material grueso.

f.- Extracción

Como ya se ha detallado, la extracción de aceite de las semillas de uva vinífera se realizó usando el sistema de extracción Soxhlet . La temperatura para la extracción del aceite de semillas de uva se eligió teniendo en cuenta el punto de ebullición de cada solvente utilizado.

g.- Control de calidad

Para el aceite de semillas de uva quebranta, el control de calidad consiste en:

Análisis organoléptico

Determinación de su densidad

Determinación de su contenido de ácidos poliinsaturados, específicamente :

Acido Linoleico y oleico, que son los que prácticamente le dan sus propiedades características y propiedades terapéuticas que la ciencia le asigna.

4.6 Análisis y procesamiento de datos.

El análisis y procesamiento de datos se utilizaron software como el análisis de datos de Excel, así como el análisis descriptivo e inferencial de SPSS 25 habiendo sido aplicado a los resultados obtenidos en el laboratorio, la cantidad de aceite de semillas de uva quebranta extraído, estableciendo las correlaciones con las variables independientes en concordancia con el diseño de experimento establecido.



Desde el punto de vista estadístico, se trabajó con 95% de confiabilidad, se utilizó el software SPSS 25 y mediante el análisis descriptivo se calcularon estadígrafos de posición central y de dispersión, análisis de multicolinealidad, y regresión multivariantes.

Se planteó la relación:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4)$$

Y = Rendimiento del aceite extraído

X = variables de operación:

X1 = Tamaño de partícula,

X2 = Masa de la muestra de semillas secas y molidas

X3 = Solvente

X4 = Relación muestra/ solvente

Para determinar la influencia que ejerce cada variable independiente o factor, se realizó un análisis utilizando el diagrama de cajas del SPSS 25, así como el análisis ANOVA el análisis de multicolinealidad.

El análisis de colinealidad permitió conocer que tanto las variables independientes o factores mantenían una relación lineal.

Por otro lado, se han probado diversos modelos matemáticos multivariantes, utilizando la función Análisis de Datos / Regresión de Excel, siendo el modelo semilogarítmico el que ofrece una mejor relación entre la variable dependiente, el rendimiento de la extracción de aceite con las variables independientes: tamaño de partícula, masa de la muestra de semillas, tipo de solvente y la relación masa de la muestra/solvente.

El análisis de Coeficientes, a través del p-valor y permitió saber que 2 las variables utilizadas no serían estadísticamente significativas en el modelo planteado.

Cálculo del rendimiento del proceso de extracción usando el equipo Soxhlet
El rendimiento de la extracción de aceite en el sistema Soxhlet, se calculó por comparación del peso del aceite extraído en comparación al peso de la

muestra de semillas de uva haciendo uso de la siguiente formula:

$$R = (M_{bl} - M_{bv}) * 100 / mM$$

Donde:

R= Rendimiento del proceso de extracción de aceite (%)

M_{bl}= masa del balón lleno de aceite (g)

M_{bv} = masa del balón antes de la extracción (g)

mM = masa de la Muestra de semilla adicionada al cartucho o dedal (g)

V.- RESULTADOS

Luego de las pruebas experimentales que se realizaron de acuerdo al diseño experimental con 4 variables independientes o factores para las cuales se consideraron 3 niveles o valores.

Los resultados que se obtuvieron en el laboratorio respetando el diseño experimental se resumen en la tabla 6.

Tabla 6

Rendimiento de la extracción de aceite

Tamaño de partícula μm	Masa de semilla seca g.	Solvente	Relación muestra/solvente	% Rendimiento de la extracción
250	7	n-Hexano	01:10	16.45
250	10	Benceno	01:15	15.13
250	13	Éter de petróleo	01:20	13.57
500	7	Benceno	01:20	14.53
500	10	Éter de petróleo	01:10	12.57
500	13	n-Hexano	01:15	15.92
850	7	Éter de petróleo	01:15	12.80
850	10	n-Hexano	01:20	14.36
850	13	Benceno	01:10	12.17

Nota. La tabla presenta los rendimientos de aceite para cada experimento.

5.1. Resultados descriptivos

Los resultados experimentales fueron colocados en la vista de datos del SPSS y luego sometidos a un análisis estadístico descriptivo, arrojando los resultados que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7*Análisis descriptivo*

	Tamaño de partícula	Masa de semillas	Solvente químico	Relación muestra/sol vente	Rendimiento de extracción	
Media	533,33	10,00	2,00	2,22	14,0556	
Mediana	500,00	10,00	2,00	2,00	13,5700	
Desv. Desviación	261,008	2,598	,866	,833	1,51275	
Varianza	68125,000	6,750	,750	,694	2,288	
Asimetría	,243	,000	,000	-,501	,430	
Error estándar de asimetría	,717	,717	,717	,717	,717	
Curtosis	-1,714	-1,714	-1,714	-1,275	-1,174	
Error estándar de curtosis	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	
Mínimo	250	7	1	1	12,17	
Máximo	850	13	3	3	16,45	
Percentiles						
	25	250,00	7,00	1,00	1,50	12,6850
	50	500,00	10,00	2,00	2,00	13,5700
	75	850,00	13,00	3,00	3,00	15,5250

En general, el rendimiento promedio del proceso de extracción de aceite de semillas de uva quebranta es de 14.05% con una desviación estándar de 1.51 es decir los datos no presentan alta dispersión. El rango de valores del rendimiento oscila entre 12.17% y 16.45%.

También se realizó un análisis descriptivo vía SPSS para cada uno de los factores, teniendo en cuenta sus 3 niveles, así como se obtuvieron los diagramas de caja donde se muestran los cuartiles así como el valor de las medianas y que sirven para obtener las conclusiones respecto a los valores de los rendimientos en cada caso.

A.- Análisis descriptivo para la relación tamaño de partícula y rendimiento de aceite

Tabla 8

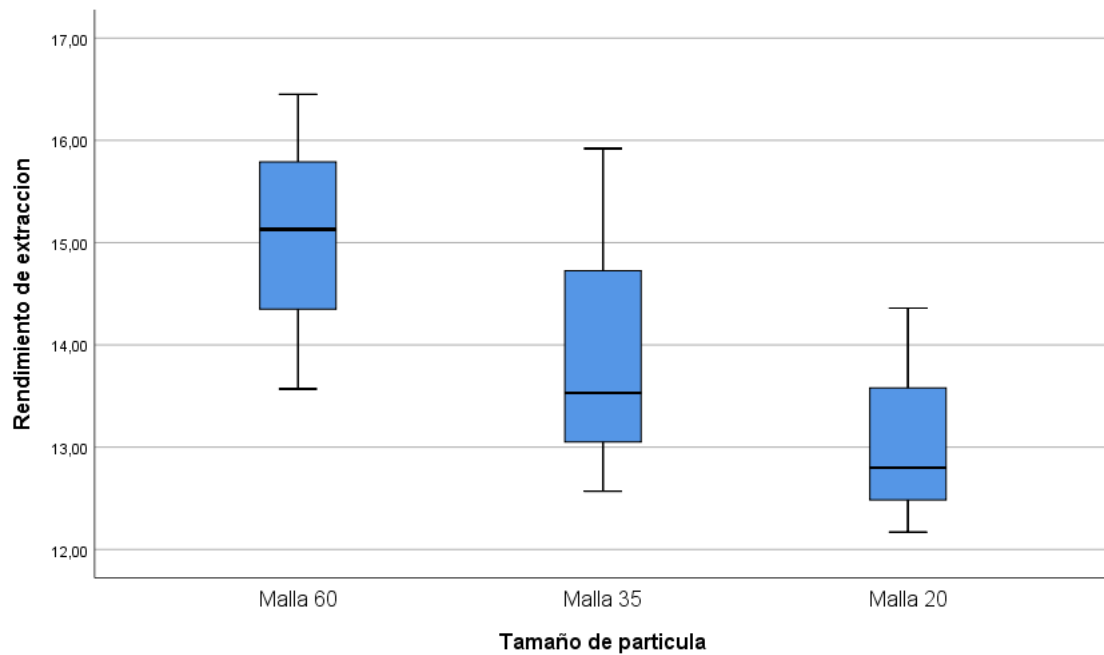
Análisis descriptivo para tamaño de partícula

<i>Descriptivos</i>							
	Tamaño de partícula		Estadístico	Desv. Error			
Rendimiento de extracción	Malla 60	Media		15,0500	,83235		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,4687			
			Límite superior	18,6313			
		Media recortada al 5%		.			
		Mediana		15,1300			
		Varianza		2,078			
		Desv. Desviación		1,44167			
		Mínimo		13,57			
		Máximo		16,45			
		Rango		2,88			
		Rango intercuartil		.			
		Asimetría		-,249	1,225		
		Curtosis		.			
			Malla 35	Media		14,0067	,99600
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,7212	
					Límite superior	18,2921	
				Media recortada al 5%		.	
Mediana				13,5300			
Varianza				2,976			
Desv. Desviación				1,72512			
Mínimo				12,57			
Máximo				15,92			
Rango				3,35			
Rango intercuartil				.			
Asimetría				1,148	1,225		
Curtosis				.			
	Malla 20			Media		13,1100	,65092
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,3093	
					Límite superior	15,9107	
				Media recortada al 5%		.	
		Mediana		12,8000			
		Varianza		1,271			
		Desv. Desviación		1,12743			
		Mínimo		12,17			
		Máximo		14,36			
		Rango		2,19			
		Rango intercuartil		.			
		Asimetría		1,144	1,225		
		Curtosis		.			

Nota. La tabla presenta los valores de los estadígrafos tanto de posición central como de dispersión para cada tamaño de partícula y su relación con el rendimiento de extracción de aceite.

Figura 21

Rendimiento de la extracción frente al tamaño de partícula



La figura 21 muestra el Diagrama de caja que permite colegir que el tamaño de partícula que favorece un mejor rendimiento en la extracción del aceite de semillas de uva quebranta, es el de 250 μm (malla 60) y en base a los cuartiles Q1 y Q3, el 50% de los valores del rendimiento de la extracción se encuentran entre 14.4% y 15.8% lo cual resulta conveniente para los objetivos del proyecto de investigación.

B.- Análisis descriptivo para la relación masa de semilla y rendimiento de aceite

Tabla 9

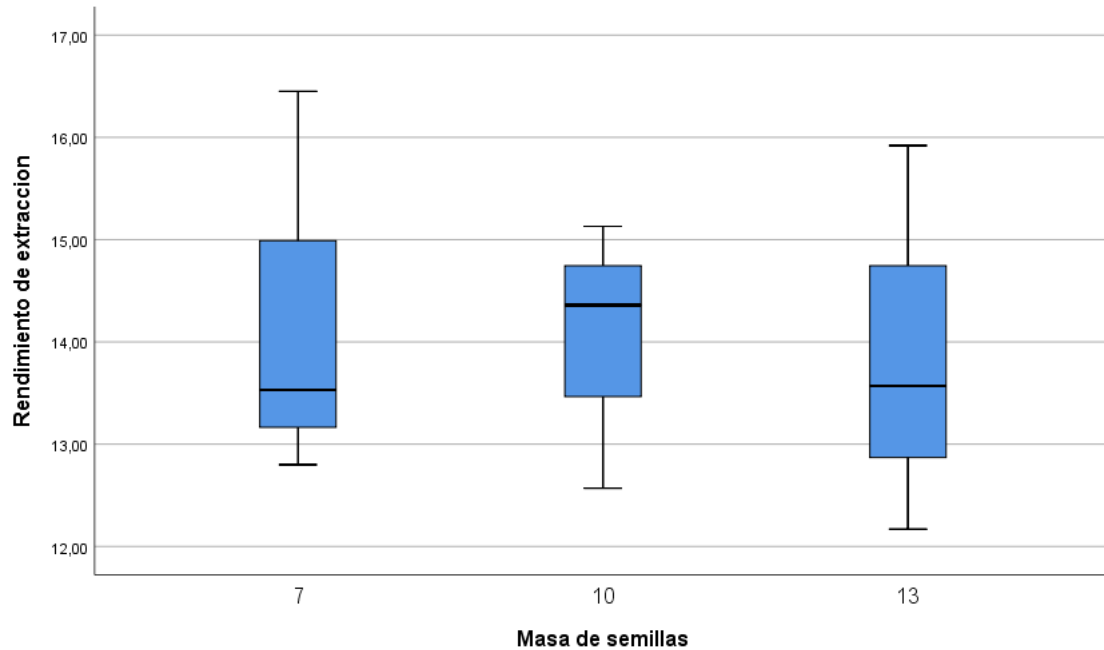
Análisis descriptivo para masa de semillas

	Masa de semillas		Estadístico	Desv. Error	
Rendimiento de extracción	7	Media	14,2600	1,11509	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,4621	
			Límite superior	19,0579	
		Media recortada al 5%	.		
		Mediana	13,5300		
		Varianza	3,730		
		Desv. Desviación	1,93140		
		Mínimo	12,80		
		Máximo	16,45		
		Rango	3,65		
		Rango intercuartil	.		
		Asimetría	1,458	1,225	
		Curtosis	.		
			10	Media	14,0200
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			10,7573	
	Límite superior			17,2827	
Media recortada al 5%	.				
Mediana	14,3600				
Varianza	1,725				
Desv. Desviación	1,31343				
Mínimo	12,57				
Máximo	15,13				
Rango	2,56				
Rango intercuartil	.				
Asimetría	-1,087			1,225	
Curtosis	.				
	13			Media	13,8867
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,1794	
			Límite superior	18,5940	
		Media recortada al 5%	.		
		Mediana	13,5700		
		Varianza	3,591		
		Desv. Desviación	1,89495		
		Mínimo	12,17		
		Máximo	15,92		
		Rango	3,75		
		Rango intercuartil	.		
		Asimetría	,731	1,225	
		Curtosis	.		

Nota. La tabla presenta los valores de los estadígrafos tanto de posición central como de dispersión para la cantidad de semilla y su relación con el rendimiento de extracción de aceite

Figura 22

Rendimiento de la extracción frente a la masa de semilla



En la figura 22, el análisis descriptivo, pone en relieve que con masa de 7g. de semilla molida se logra el mejor rendimiento de la extracción de aceite y señala también que según los cuartiles Q1 y Q3, el 50% de los valores del rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva están entre 13.2% y 15%

Estos resultados son coherentes con los principios de la extracción sólido-líquido, dado que el menor tamaño de partícula permite una mayor área superficial lo cual facilita la transferencia de masa.

C.- Análisis descriptivo para la relación tipo de solvente y rendimiento de aceite

Tabla 10

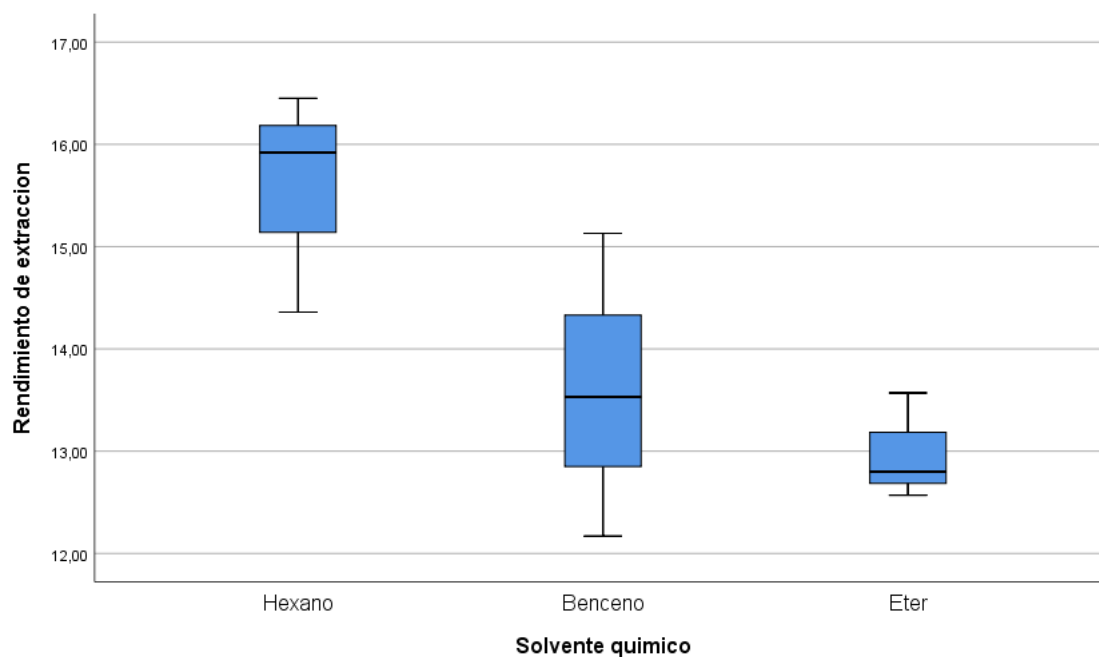
Análisis descriptivo para solventes

	Solvente químico		Estadístico	Desv. Error		
Rendimiento de extracción	Hexano	Media	15,5767	,62728		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	12,8777		
			Límite superior	18,2756		
		Media recortada al 5%		.		
		Mediana		15,9200		
		Varianza		1,180		
		Desv. Desviación		1,08648		
		Mínimo		14,36		
		Máximo		16,45		
		Rango		2,09		
		Rango intercuartil		.		
		Asimetría		-1,280	1,225	
		Curtosis		.		
			Benceno	Media	13,6100	,85541
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,9295
	Límite superior			17,2905		
Media recortada al 5%				.		
Mediana				13,5300		
Varianza				2,195		
Desv. Desviación				1,48162		
Mínimo				12,17		
Máximo				15,13		
Rango				2,96		
Rango intercuartil				.		
Asimetría				,242	1,225	
Curtosis				.		
	Eter			Media	12,9800	,30238
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,6790
			Límite superior	14,2810		
		Media recortada al 5%		.		
		Mediana		12,8000		
		Varianza		,274		
		Desv. Desviación		,52374		
		Mínimo		12,57		
		Máximo		13,57		
		Rango		1,00		
		Rango intercuartil		.		
		Asimetría		1,364	1,225	
		Curtosis		.		

Nota. La tabla presenta los valores de los estadígrafos tanto de posición central como de dispersión para el tipo de solvente y su relación con el rendimiento de extracción de aceite

Figura 23

Rendimiento de la extracción frente al solvente utilizado.



La figura 23, permite señalar que el Hexano favorece la obtención del mayor rendimiento en la extracción de aceite de semillas de uva quebranta y en concordancia con los cuartiles Q1 y Q3 se puede colegir que el 50% de los valores del rendimiento de la extracción de aceite oscilan entre 15.1% y 16.1% .

C.- Análisis descriptivo para la proporción peso de semilla/ peso de solvente y rendimiento de aceite

Tabla 11

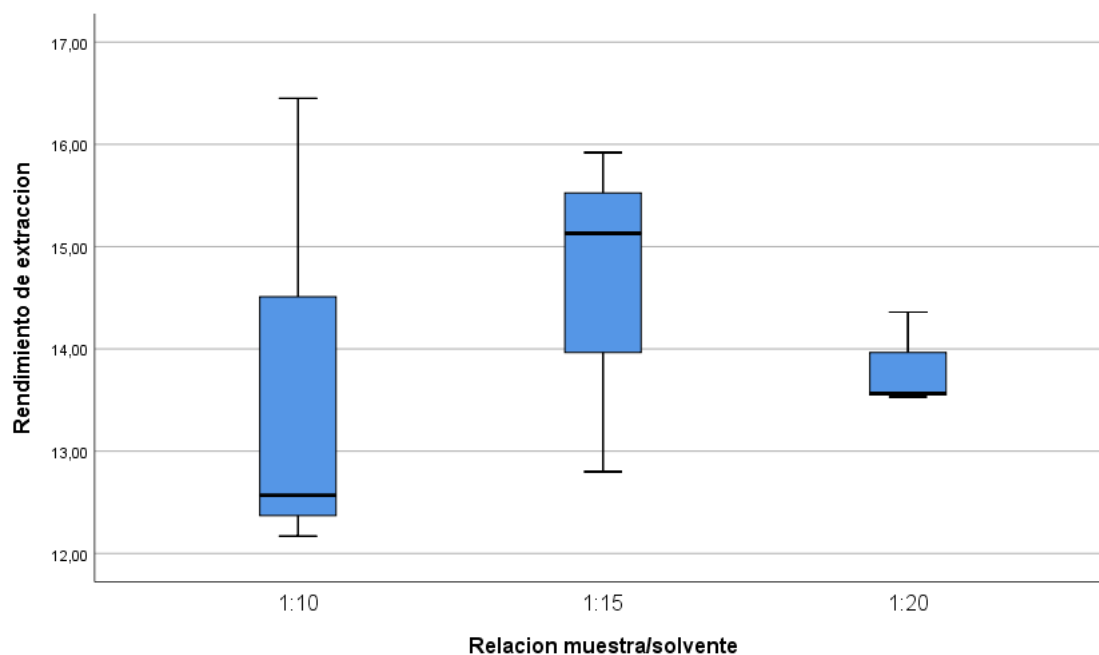
Análisis descriptivo Rendimiento frente a proporción muestra/solvente

	Relacion muestra/solvente		Estadístico	Desv. Error			
Rendimiento de extraccion	1:10	Media	13,7300	1,36489			
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	7,8573			
			Límite superior	19,6027			
		Media recortada al 5%					
		Mediana	12,5700				
		Varianza	5,589				
		Desv. Desviación	2,36406				
		Mínimo	12,17				
		Máximo	16,45				
		Rango	4,28				
		Rango intercuartil					
		Asimetría	1,676	1,225			
		Curtosis					
		1:15	1:15	Media	14,6167	,93652	
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,5871	
					Límite superior	18,6462	
				Media recortada al 5%			
Mediana	15,1300						
Varianza	2,631						
Desv. Desviación	1,62211						
Mínimo	12,80						
Máximo	15,92						
Rango	3,12						
Rango intercuartil							
Asimetría	-1,281			1,225			
Curtosis							
1:20	1:20			Media	13,8200	,27025	
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	12,6572	
					Límite superior	14,9828	
				Media recortada al 5%			
		Mediana	13,5700				
		Varianza	,219				
		Desv. Desviación	,46808				
		Mínimo	13,53				
		Máximo	14,36				
		Rango	,83				
		Rango intercuartil					
		Asimetría	1,718	1,225			
		Curtosis					

Nota. La tabla presenta los valores de los estadígrafos tanto de posición central como de dispersión para la proporción peso de semilla/ peso de solvente y su relación con el rendimiento de extracción de aceite

Figura 24

Relación del rendimiento frente a la proporción peso de semilla/ peso solvente



En la figura 24, se evidencia que la mejor proporción entre la muestra de semillas molidas y el solvente es la relación 1:15, lo cual permite inferir que de conformidad con los cuartiles Q1 y Q3 el 50% de los valores del rendimiento de extracción de aceite oscila entre 14% y 15.6%, siendo el valor promedio del rendimiento de 14.61% con la relación o proporción 1:15 de muestra/ solvente.

A continuación, se muestran los resultados respecto a los objetivos específicos planteados en la presente investigación.

Caracterización de las semillas de uva quebranta para poder ingresar al proceso de extracción.

Las Semillas de uva quebranta, obtenidas en el departamento de Ica, para poder ingresar al proceso de extracción de aceite deben tener las siguientes características:

Tabla 12

Características de las semillas de uva quebranta

Variables	Valores
Densidad aparente	0.82 gr/cc.
Tamaño de partícula	250 μ m
Humedad	8%
Cenizas	9.6%

Caracterización del Aceite de semillas de uva quebranta obtenido

Las características del aceite de semillas de uva quebranta obtenido en la presente investigación se detallan en la tabla 13.

Tabla 13

Características del aceite de semillas de uva obtenido

Característica	Valor
Presentación	Líquido
Color	Amarillo
Densidad aparente	0.91
Índice de acidez	0.12%
Acido Linoleico	84.3%
Ácido Oleico	5.2%%

5.2 Resultados inferenciales

En el análisis estadístico inferencial, permite realizar deducciones, inferir conclusiones y tendencias. En la presente investigación han realizado correlaciones multivariable entre la variable dependiente, el rendimiento de la extracción, con sus correspondientes variables independientes o factores, tales como: el tamaño de partícula, masa de semilla, solvente utilizado, la proporción muestra de semillas/ solvente, teniendo en cuenta además que se han utilizado tres valores o niveles para cada variable independiente.

En base a los resultados obtenidos en el laboratorio, utilizando las funciones estadísticas de Excel se hicieron regresiones multivariadas con los modelos Lineales, semilogarítmico, hiperbólico, exponencial y potencial y cuyos

resúmenes se muestran en la tabla 14 y cuyos cálculos de regresión se detallan en los anexos 2,3,4,5 y 6.

Tabla 14

Resumen de Índices de Pearson-modelos multivariantes

MODELO	R	R 2	ERROR TIPICO
Lineal	0.934	0.873	0.7665
Semilogarítmico	0.955	0.913	0.6310
Hiperbólico	0.887	0.788	0.0049
Inverso	0.954	0.911	0.6369
Exponencial	0.877	0.767	0.0726
Potencial	0.865	0.748	0.0754

Se eligió el modelo semilogarítmico por tener el Índice de Pearson más alto (R= 0,955) y por tener un error de típico de 0.631 que estadísticamente es el que mejor explica la relación entre el rendimiento de la extracción de aceite con las variables independiente o factores considerados como se muestra en la tabla 15.

El modelo semilogarítmico seleccionado tiene la siguiente expresión:

$$Y = 25.8855 - 1.5819 \cdot \ln X_1 - 0.6057 \cdot \ln X_2 - 2.4152 \cdot \ln X_3 - 0.2748 \cdot \ln X_4$$

Sin embargo, en una postura más exigente desde el punto de vista estadístico, el modelo seleccionado fue sometido a un diagnóstico de Colinealidad vía SPSS 25 así como a una prueba de hipótesis.

Tabla 15

Índice Pearson-modelo semilogarítmico

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,955 ^a	,913	,826	,631680234

a. Predictores: (Constante), Relación muestra/solvente, Solvente químico, Masa de semillas, Tamaño de partícula

Tabla 16

ANOVA para modelo semilogarítmico

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	16,711	4	4,178	10,470	,021 ^b
	Residuo	1,596	4	,399		
	Total	18,307	8			

a. Variable dependiente: Rendimiento de extracción

b. Predictores: (Constante), Relación muestra/solvente, Solvente químico, Masa de semillas, Tamaño de partícula

En la tabla 16 sobre el ANOVA, se aprecia que el p-valor = 0.021 es menor que 0.05 , lo que indica que este modelo seleccionado, el semilogarítmico es adecuado porque tiene significancia.

El Análisis de coeficientes permite evaluar si las variables consideradas tienen significancia en el modelo planteado

$$Y = B_0 + B_1 \cdot \ln X_1 + B_2 \cdot \ln X_2 + B_3 \cdot \ln X_3 + B_4 \cdot \ln X_4$$

A continuación, se desarrolla el análisis de coeficientes en base a los resultados de p-valor reportados por SPSS 25 aplicado a los coeficientes o parámetros del modelo como se presenta en la tabla 17.

Tabla 17*Análisis de coeficientes vía SPSS*

Modelo		Coeficientes				Estadísticas de		
		Coeficientes no estandarizados	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Tolerancia	VIF
1	(Constante)	25,911	3,779		6,856	,002		
	Tamaño de partícula	-1,581	,420	-,556	-3,763	,020	1,000	1,000
	Masa de semillas	-,607	,830	-,108	-,732	,505	1,000	1,000
	Solvente químico	-2,415	,464	-,768	-5,202	,007	1,000	1,000
	Relación muestra/solvente	-,265	,741	-,053	-,358	,739	1,000	1,000

a. Variable dependiente: Rendimiento de extracción

Se plantean las siguientes hipótesis

Hipótesis Nula $H_0 : B_0=B_1=B_3=B_4 = 0$

Hipótesis Alternativa $H_a = B_i \neq 0$ (Al menos 1 parámetro B_i es diferente de 0)

Visto las significancias o p-valor de la tabla precedente para el modelo semilogarítmico con 4 variables independientes:

Como p-valor 1 = 0.02 \leq 0.05, se rechaza $H_0: B_1=0$

Como p-valor 2 = 0.505 $>$ 0.05, se acepta $H_0: B_2=0$

Como p-valor 3 = 0.007 \leq 0.05, se rechaza $H_0: B_3=0$

Como p-valor 4 = 0.739 $>$ 0.05, se acepta $H_0: B_4=0$

Desde una perspectiva estadística se concluye que solo son significativas las variables:

X_1 = Tamaño de partícula

X_3 = Tipo de Solvente

Consecuentemente el modelo semilogarítmico se ajusta a la expresión:

$$Y = 25.911 - 1.581 \cdot \ln X_1 - 2.415 \cdot \ln X_3$$

Por lo tanto, de aquí en adelante se trabajará estadísticamente con el modelo ajustado a dos variables independientes.

Como corresponde, se realizó el análisis ANOVA y el Diagnostico de Multicolinealidad a este nuevo modelo ajustado, siendo los resultados los que se muestran en la tabla 18.

Tabla 18

Índice de Pearson para modelo semilogarítmico de 2 factores

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,768 ^a	,590	,531	1,035834983
2	,948 ^b	,898	,864	,556872842

a. Predictores: (Constante), Solvente químico

b. Predictores: (Constante), Solvente químico, Tamaño de partícula

PRUEBA DE HIPOTESIS DEL MODELO AJUSTADO:

Se plantean las siguientes hipótesis estadísticas:

H₀= El modelo semilogarítmico no es adecuado

H₁ : El modelo semilogarítmico es adecuado

Tabla 19

ANOVA para modelo semilogarítmico de 2 factores

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	10,797	1	10,797	10,062	,016 ^b
	Residuo	7,511	7	1,073		
	Total	18,307	8			
2	Regresión	16,447	2	8,223	26,518	,001 ^c
	Residuo	1,861	6	,310		
	Total	18,307	8			

a. Variable dependiente: Rendimiento de extracción

b. Predictores: (Constante), Solvente químico

c. Predictores: (Constante), Solvente químico, Tamaño de partícula

En la tabla 19 obtenida con SPSS, como la significancia o p-valor $0.016 \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula H_0 , por lo tanto se acepta la Hipótesis alternativa, esto es, el modelo semilogarítmico con dos Factores es adecuado.

Por otro lado, la prueba de Fisher arroja que

$F_{calculado} = 10.062$ y $F_{tabla} = 0.001$

Al ser $F_{calculado} > F_{Tabla}$, cae en zona de rechazo, por lo tanto se rechaza la hipótesis H_0 y se acepta la Hipótesis Alternativa, es decir el modelo final es Valido estadísticamente.

Tabla 20

Análisis de coeficientes-modelo semilogaritmico-2 factores

Modelo		Coeficientes				Estadísticas de		
		Coeficientes no estandarizados		estandarizados		colinealidad		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Tolerancia	VIF
1	(Constante)	15,498	,571		27,147	,000		
	Solvente químico	-2,415	,761	-,768	-3,172	,016	1,000	1,000
2	(Constante)	25,239	2,303		10,961	,000		
	Solvente químico	-2,415	,409	-,768	-5,900	,001	1,000	1,000
	Tamaño de partícula	-1,581	,370	-,556	-4,268	,005	1,000	1,000

a. Variable dependiente: Rendimiento de extracción

Diagnóstico de Colinealidad del modelo semilogarítmico ajustado a 2 factores:

En la tabla 20, el factor de inflación de la varianza o VIF es igual a 1 en todos los casos, lo cual significa que las variables independientes del nuevo modelo ajustado no están correlacionados, ello es señal que no existe problema de Colinealidad, lo cual juega le da validez al modelo semilogarítmico ajustado con 2 variables independientes.

Tabla 21*Diagnóstico de colinealidad*

Modelo	Dimensión	Autovalor	Índice de condición	Proporciones de varianza		
				(Constante)	Solvente químico	Tamaño de partícula
1	1	1,796	1,000	,10	,10	
	2	,204	2,970	,90	,90	
2	1	2,728	1,000	,00	,04	,00
	2	,268	3,188	,00	,96	,00
	3	,003	28,832	1,00	,00	1,00

a. Variable dependiente: Rendimiento de extracción

En la tabla 21, se aprecia que los Índices de Condición son menores que 1000, por lo tanto desde la óptica de la estadística no hay problema de Multicolinealidad entre las variables independientes y que podrían afectar la bondad del modelo matemático elegido.

En resumen, el modelo que mejor explica estadísticamente la relación entre el rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva está en relación con el tamaño de partícula y el tipo de solvente que se utiliza en el sistema de extracción Soxhlet es:

$$Y = 25.911 - 1.581 \cdot \ln X_1 - 2.415 \cdot \ln X_3$$

Siendo:

X1 tamaño de partícula

X3 Solvente químico utilizado.

Es importante precisar que una cosa es la Hipótesis de trabajo de la investigación planteada y otra cosa es la contrastación estadística de los modelos matemáticos planteados y coeficientes con fines de validación de su significancia.



VI.- DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

La hipótesis general que se planteó: En el proceso de extracción de aceite de semillas de uva quebranta, si se trabaja con tamaño de partícula de 250 μm , peso de semilla seca y molida 7g. ; Relación muestra/solvente de 1:15 y hexano como solvente, usando un extractor Soxhlet se puede maximizar la cantidad de aceite.

Luego de realizar análisis de regresión multivariable con diversos modelos matemáticos, como se resume en la tabla 14, en la cual se aprecia que los índices de Pearson son altos y además los errores típicos o estándar son mínimos, siendo el mejor el modelo semilogarítmico,

Se ha podido establecer que la hipótesis de trabajo queda respaldada con el modelo con $R=0.955$ y un error típico de 0.63

$$Y = 25.8855 - 1.5819 \cdot \ln X_1 - 0.6057 \cdot \ln X_2 - 2.4152 \cdot \ln X_3 - 0.2748 \cdot \ln X_4$$

Siendo:

Y el rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva

X_1 = El tamaño de partícula de las semillas molidas

X_2 = La masa de semillas molidas utilizadas

X_3 = El tipo de solvente orgánico.

X_4 = La relación muestra/solvente

Los análisis estadísticos tanto el descriptivo como el inferencial que se han presentado en el numeral V. Resultados, permiten demostrar que la Hipótesis de trabajo planteada se acepta, toda vez que se cumplen los supuestos iniciales, lo que es corroborado por el análisis de regresión.

Por otro lado, se han realizado prueba de hipótesis estadísticas para los coeficientes en base a la prueba de p-valor para lo cual se plantearon las

hipótesis Nula H_0 así como la Hipótesis alternativa H_a , en las cuales en concordancia con la teoría estadística inferencial se debe cumplir que si el p-valor es menor a 0.05 se rechaza la Hipótesis nula, quedando en evidencia que los coeficientes y por lo tanto los factores son significativos en el modelo.

Ahora en una contrastación entre la Hipótesis de trabajo en la presente investigación, frente a la prueba de hipótesis estadística realizadas con SPSS se puede concluir que el modelo que estadísticamente explica el rendimiento de la extracción de aceite de semilla de uva y sus factores es el modelo semilogarítmico con variables independientes tamaño de partícula y el tipo de solvente, debido a que las otras variables, masa de partícula y la relación entre la muestra/solvente no tienen significancia en el modelo correlacional planteado.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

A continuación, se realizará la contrastación con trabajos realizados por otros respetables investigadores que obtuvieron aceite de semillas de uva de otras variedades en otras localidades.

Farías A. y Matos A. (2009) realizaron un diseño experimental de 2 factores y 2 niveles para cada factor, desarrollaron 4 experimentos con repeticiones. Trabajaron con Hexano y evaluaron la influencia de la temperatura y el tamaño de partícula trabajadas sobre el rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva molida, utilizando un extractor Soxhlet. Ellos, encontraron que el rendimiento era mayor cuando se trabajaba con menor tamaño de partícula y mayor temperatura.

La diferente frente a la presente investigación radica en aquí se han ensayado 3 solventes para comparar su influencia sobre el rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva, en lo que si se ha coincidido es en que el hexano permite una mejor extracción.

En la relación del rendimiento de la extracción del aceite de semillas de uva, frente al tamaño de partícula, obtuvieron que cuando trabajaron con tamaño de partícula de 0.8 mm. obtuvieron un rendimiento de 17.2% y cuando utilizaron 2.6 mm el rendimiento fue de 4.8%, en contraste con la presente investigación,

cuando se trabajó con 0.850 mm de tamaño de partícula se obtuvo un rendimiento de 14,36% , pero para el caso de tamaño de partícula de 0.250 mm. el rendimiento fue de 16,45%. Además, establecieron un modelo lineal para la relación entre el rendimiento de la extracción y sus factores a diferencia del modelo semilogarítmico multivariable aquí obtenido.

Mieres A. et. al (2012) realizaron un diseño multifactorial considerando como factores: masa de la semilla molida de la variedad negra criolla, tamaño de partícula y tiempo de extracción con 3 niveles para cada factor y desarrollaron 27 experimentos. Ellos obtuvieron un rendimiento promedio de 16% y realizaron detallados análisis fisicoquímicos en concordancia con los objetivos de su investigación.

En cambio, en esta investigación se realizó un diseño Taguchi vía Minitab 18, considerando 4 factores como: tamaño de partícula de las semillas de uva quebranta, masa de las semillas molidas, tipo de solvente y relación masa/ solvente y 3 niveles para cada factor, habiéndose realizado 9 experimentos, en base al diseño de experimentos mencionado y teniendo en cuenta el costo de los solventes y que son productos fiscalizados por ley, entonces su uso es restringido.

Durante la pandemia estuvieron cerrados los laboratorios lo que imposibilitó realizar repeticiones de los experimentos. No obstante, se obtuvieron rendimientos que oscilan entre 14.36% y 16.45% cuando se empleó el hexano como solvente comparado con el benceno y eter que son mas volátiles , lo que afectó el rendimiento.

6.3. Responsabilidad Ética.

El investigador ha aprobado dos veces el curso de Conducta Responsable del investigador (CRI) a través de los conductos establecidos por el Concytec y declara que los datos utilizados en el experimento han sido obtenidos directamente en el laboratorio de investigación de la facultad de ingeniería química de la Unac y por otro lado se está citando a los autores consultados según las indicaciones de APA 7.

El investigador ha desarrollado anteriormente 8 investigaciones registradas en CTI Vitae de Concytec y nunca ha tenido problema alguno respecto a derechos de autor, habiendo sido varios de ellos pasados por el software anti plagio Urkun sin observación alguna.



CONCLUSIONES

Se lograron los objetivos específicos, así como el general de la investigación

- a. Se logro exitosamente el objetivo general, esto es, determinar las características de la extracción de aceite de semillas de uva quebranta (*vitis vinífera*) de la región Ica. El valor de las variables que optimizan el rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva son: Tamaño de partícula :250 μm , Masa de semilla: 7g, Solvente: Hexano y Relación muestra/ solvente: 1:15
- b. Respecto a la Hipótesis de trabajo, “En el proceso de extracción de aceite de semillas de uva quebranta si se trabaja con tamaño de partícula de 250 μm , peso de semilla seca y molida de 7g., relación muestra/ solvente de 1:15 y usando hexano como solvente, usando extractor Soxhlet se podrá maximizar la cantidad de aceite”. Efectivamente luego de análisis estadístico descriptivo e inferencial se ha podido establecer una correlación multivariable semilogarítmica entre la cantidad extraída, expresada como el rendimiento de aceite respecto al peso de la masa de semillas secas y molidas con los 4 factores señalados.
- c. Las características que debe tener la semilla de uva quebranta molida para poder ingresar al extractor Soxhlet son: humedad de 8%, tamaño de partícula de 250 μm , contenido de cenizas menores a 8.2%
- d. Mediante la cromatografía de gases se comprobó que el aceite de semillas de uva quebranta contiene 5.5% de ácido oleico (omega 9) y 84.5% de ácido linoleico (omega 6) los mismos que le dan las características y propiedades en beneficios para la salud y tratamientos de la piel señalados por diversos autores.



RECOMENDACIONES

Investigar la extracción de aceites de residuos forestales como semillas de ciruelas, tomate, huesos de aceitunas por tener un alto porcentaje de ácidos insaturados como el linoleico y el oleico representando un gran potencial de aplicaciones relacionadas con la salud.

Desarrollar investigaciones para extraer aceites y resveratrol (antioxidante) en las diversas cepas de uvas viníferas tales como Borgoña, Moscatel, Torontel, negra criolla, Albilla, Uvina para conocer cuál de ellas ofrece mejores resultados y bondades.

Fomentar la investigación de extracción de aceites de residuos forestales utilizando la tecnología de fluidos supercríticos (FSC) con la cual se utiliza el dióxido de carbono en estado líquido como solvente inocuo. Esta tecnología requiere trabajar a presiones muy altas como para pasar al estado líquido al dióxido de carbono, siendo su ventaja el hecho que permite obtener productos inocuos con el dióxido de carbono líquido en vez de usar solventes químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Berradre, M.; Vides, A. ; Ojeda G. ; Soto, L. ; Sulbaran B.(2016) *Caracterización fisicoquímica y actividad antibacteriana del aceite de semillas de uva (vitis vinifera) Variedad Malvasía*. Universidad del Zulia. Venezuela. En Rev. Fac. Agronomía (LUZ) 2016, 33:39-58
- Churata A. (2018) “*Optimización del rendimiento de la extracción de aceite de semillas vitis vinífera con CO₂ Supercrítico*” Tesis Ingeniero Alimentario. UNFV. Lima.
- Cefla K. (2015) *Diseño de una planta para la extracción del aceite vegetal comestible de las semillas de Chía (Salvia hispánica L.) mediante prensado*. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Escuela Nacional Politécnica. Quito, Ecuador.
- Delgado R. , Modroño, A. (2010) *Evaluación del proceso de extracción de aceite de la semilla de Merey (Anacardium occidentale L.) a escala piloto en el Laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo en Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia . Venezuela.*
- Fiori L. et al. (2012) *Grape seed oil: supercritical extraction, chemical analysis and fractionation*. Trento University – Italia
- Hernández Sampieri (2014). *Metodología de la Investigación científica*. México. Mc Graw-Hill/interamericana editores, s.a. de c.v. Sexta edición.
- Juarez, N. ; Jimenez, V. ; Guerrero, J. ; Monribot, J. ; y Jimenez, M. *Caracterización de aceite y harina obtenida de la semilla de uva silvestre (Vitis tiliifolia)*. En Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol 8 Num 5-13 de Agosto, 2017, p.1113-1126
- Kavanaugh C. (2002) “*Los diseños de Taguchi contra los diseños de experimentos*” . En Conciencia Tecnológica. Instituto Tecnológico de Aguascalientes. México
- Martínez Saiz C. (2002) *Influencia de las condiciones de secado en las cinéticas de deshidratación de pepitas de uva*. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia 2002.

- Mieres A.; Andrade A. ; García L. ; Londoño P. (2012) *Extracción del aceite de la semilla de uva variedad "Criolla negra" y su caracterización*. Universidad de Carabobo, Venezuela. Publicada en la revista Anales de la Universidad Metropolitana Vol. 12, N° 1, 2012 :193-206
- Moya C. (2017) "*Extracción y caracterización de aceite vegetal de las semillas de uva borgoña (vitis vinífera) utilizando enzimas*" Tesis de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria . Lima
- Otegui C. (2019) *Aceite de semillas de uva, 12 propiedades y beneficios*. En AZsalud.com
- Perry R. y Green D. (2008) *Chemical Engineers Handbook*. 8th edition. Mc Graw Hill . USA.
- Ricci F. (2011) "*Producción de aceite de pepita de uva, una herramienta de creación de valor agregado para un producto residual.*" Tesis de Ingeniero Industrial. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Argentina.
- Roman M. ; Rivera C. ; Cardoña M.; Muñoz L. (2016) *Guía de extracción por fluidos supercríticos: Fundamentos y Aplicaciones*. SENA, Antioquia. Colombia.
- Sagaseta de Ilurdoz C. (2002) "*Caracterización del aceite de pepita de uva y mejora del proceso de extracción*"
- Suarez L. y Toro N. (2012) "*Obtención y caracterización de aceite de semillas de uva Isabella*". Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Colombia.
- Treybal R. (2000) *Operaciones de transferencia de masa*. México. Mc Graw-Hill Book Co, USA. Segunda edición.
- Velasco R., Villada H. y Carrera J. (2007) *Aplicaciones de los fluidos supercríticos en Agricultura*. Revista Información Tecnológica Vol. 18 N°1 p.53-66. Universidad del Cauca, Colombia

ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	HIPOTESIS PRINCIPAL				
¿Cuáles deben ser las características de la extracción de aceite de semillas de uva quebranta (vitis vinífera) de la región Ica usando Extractor Soxhlet.?	Determinar las características de la extracción de aceite de semillas de uva quebranta (vitis vinífera) de la región Ica usando Extractor Soxhlet.	En la extracción de aceite de semillas de uva quebranta si se trabaja con tamaño de partícula de 250 µm, peso de semilla seca y molida de 7g, relación muestra /solvente de 1:15 y usando n-Hexano como solvente, usando extractor Soxhlet se podrá maximizar la cantidad de aceite	Variable Dependiente : Y= cantidad de aceite de semillas de uva quebranta	Y1= Rendimiento de la extracción de aceite	%	Por diferencia de peso inicial de la semilla de entrada/ peso de semilla agotada
PROBLEMAS SECUNDARIOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS				
a.-Cuales deben ser las características de las semillas de uva quebranta para poder ingresar al proceso de extracción de aceite?	a.-Caracterizar las semillas de uva quebranta para poder ingresar al proceso de extracción de aceite.	a. Las características de las semillas de uva quebranta para ingresar al proceso de extracción son: humedad 10% y Cantidad inicial de aceite entre 12 y 16%	W: Características de la semilla para ingresar al proceso	W1= Densidad Aparente W2= Tamaño de partícula W3= humedad	g./cc. Micras %	NTP 400.012-2001 Análisis de mallas Uso de balanza de humedad
b.- Cuales son las variables que permiten maximizar el rendimiento de la extracción de aceite de las semillas de uva quebranta de la región Ica?	b.- Determinar las variables que permiten maximizar la extracción de aceite de las semillas de uva quebranta de la región Ica.	Si se determinan las variables del proceso de extracción de aceite de semillas de uva quebranta, entonces se podrá maximizar la cantidad de aceite.	X: Variables del proceso de extracción de aceite	X1=Tamaño de partícula X2:Masa de semilla X3= Solvente X4= proporcion peso de semilla / Solvente	micras g. No aplica Peso de semilla/ volumen de solvente	Uso de balanza analítica con 0.1g de precisión
c.- Cuales son las características del aceite extraído de las semillas de uva quebranta de la región Ica?	c.- Caracterizar el aceite extraído de las semillas de uva quebranta de la región Ica.	La aplicación de la cromatografía de gases permite determinar con precisión la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados del aceite de semillas de uva quebranta.	Z: Caracterización del aceite de semillas de uva quebranta	Z1= Densidad Z2= Contenido de ácido Linoleico y Oleico Z3= Índice de acidez	g./ml %	Medición con Picnómetro Cromatografía de gases NTP 209.005-1968-2016

Anexo 2

Análisis de regresión Multivariable: Rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva

Modelo Lineal

Coefficiente de correlación múltiple	0.93449344
Coefficiente de determinación R ²	0.87327799
R ² ajustado	0.74655598
Error típico	0.76156549
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	4	15.9872943	3.99682356	6.89128906	0.04410548
Residuos	4	2.31992797	0.57998199		
Total	8	18.3072222			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	19.3723843	1.61364948	12.0053236	0.00027595	14.892175
Variable X 1	0.00319232	0.00103161	-3.09451617	0.03641431	-0.0060565
Variable X 2	-0.0620392	0.10363673	-0.59862171	0.58167492	-0.3497809
Variable X 3	-1.2988824	0.3109102	-4.17767701	0.01394443	-2.1621071
Variable X 4	5.49068407	12.1991467	-0.45008755	0.67596234	-39.360945

Anexo 3

Análisis de regresión Multivariable: Rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva

Modelo Semilogarítmico

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.95552902
Coefficiente de determinación R ²	0.91303571
R ² ajustado	0.82607141
Error típico	0.6308872
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	4	16.7151476	4.1787869	10.4989724	0.02137298
Residuos	4	1.59207463	0.39801866		
Total	8	18.3072222			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	25.8855988	3.77191498	6.86272066	0.00236081	15.41308395
Variable X 1	-1.5819899	0.41969731	-3.76935747	0.01961537	-2.74725573
Variable X 2	-0.6057266	0.82893201	-0.7307314	0.50544219	-2.9072108
Variable X 3	-2.4152574	0.46361491	-5.20961985	0.00647331	-3.7024587
Variable X 4	-0.2748722	0.73914188	-0.37188023	0.72884434	-2.3270591

Anexo 4

Análisis de regresión Multivariable: Rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva

Modelo Hiperbólico

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.88778137
Coefficiente de determinación R ²	0.78815575
R ² ajustado	0.57631151
Error típico	0.00490808
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	4	0.00035849	8.9623E-05	3.72044921	0.115619667
Residuos	4	9.6357E-05	2.4089E-05		
Total	8	0.00045485			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	0.04493774	0.01039952	4.32113374	0.01243629	0.016064027
Variable X 1	1.6134E-05	6.6484E-06	2.42679408	0.07223065	-2.3242E-06
Variable X 2	2.7092E-05	0.00066791	0.04056228	0.96958872	-0.0018272
Variable X 3	0.00548077	0.00200373	2.73528371	0.0521582	-8.2476E-05
Variable X 4	0.09828031	0.07862013	1.25006561	0.27941807	-0.1200041



Anexo 5

Análisis de regresión Multivariable: Rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva

Modelo Exponencial

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.8758431
Coefficiente de determinación R ²	0.76710114
R ² ajustado	0.53420228
Error típico	0.0726243
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	4	0.0694879	0.017371974	3.29370927	0.137459895
Residuos	4	0.02109716	0.005274289		
Total	8	0.09058505			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	3.0024534	0.15388061	19.51157709	4.0683E-05	2.5752123
Variable X 1	-0.000226	9.8376E-05	-2.300964592	0.08285108	-0.0004994
Variable X 2	0.000230	0.00988299	0.023308707	0.98252045	-0.0272092
Variable X 3	-0.076808	0.02964897	-2.590599247	0.0606456	-0.1591273
Variable X 4	-1.281758	1.16333328	-1.101798321	0.33238771	-4.5116896

Anexo 6

Análisis de regresión Multivariable: Rendimiento de la extracción de aceite de semillas de uva

Modelo Potencial

POTENCIAL	
Resumen	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.86504045
Coefficiente de determinación R ²	0.74829498
R ² ajustado	0.49658997
Error típico	0.07549952
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	4	0.06778434	0.016946085	2.97290454	0.158172494
Residuos	4	0.02280071	0.005700178		
Total	8	0.09058505			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	3.17924976	0.45139255	7.043203921	0.00214214	1.9259831
Variable X 1	-0.1121344	0.05022601	-2.23259617	0.08935298	-0.2515841
Variable X 2	0.0089061	0.09919994	0.089779364	0.93277831	-0.2665170
Variable X 3	-0.137413	0.05548172	-2.476742235	0.06844979	-0.2914558
Variable X 4	-0.079152	0.08845458	-0.894838058	0.42145294	-0.3247417

Anexo 7

Regresión Semilogarítmica Rendimiento en función a tamaño de partícula y Solvente

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.94782
Coefficiente de determinación R ²	0.89836557
R ² ajustado	0.86448742
Error típico	0.55687284
Observaciones	9

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	16.4465781	8.223289027	26.517555	0.001049839
Residuos	6	1.86064417	0.310107361		
Total	8	18.3072222			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	25.2389786	2.30271021	10.96055358	3.4254E-05	19.604449
Variable X 1	-1.581267	0.37045535	-4.268443295	0.00527208	-2.4877392
Variable X 2	-2.414598	0.40922159	-5.900466247	0.00105283	-3.4159273

Anexo 8

Base de datos utilizados para el análisis estadístico en SPSS 25

A.- Vista de datos para el modelo lineal multivariables

DATA CEITEUVA1.sav [ConjuntoDatos2] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	TAMPART	MASA	SOLVENTE	RELACION	RENDIM	var	var	var
1	6	7	1	1,00	16,45			
2	6	10	2	2,00	15,13			
3	6	13	3	3,00	13,57			
4	6	7	2	3,00	13,53			
5	6	10	3	1,00	12,57			
6	6	13	1	2,00	15,92			
7	7	7	3	2,00	12,80			
8	7	10	1	3,00	14,36			
9	7	13	2	1,00	12,17			
10								
11								

B.- Vista de datos para el modelo semilogarítmico

DATA CEITEUVA SEMILOG.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana A

9 :

	TAMPART	MASA	SOLVENTE	RELACION	RENDIM	var	var	
1	5,521461	1,945910	,000000	-2,302585	16,450000			
2	5,521461	2,302585	,693147	-2,708050	15,130000			
3	5,521461	2,564949	1,098612	-2,995732	13,570000			
4	6,214608	1,945910	,693147	-2,995732	13,530000			
5	6,214608	2,302585	1,098612	-2,302585	12,570000			
6	6,214608	2,564949	,000000	-2,708050	15,920000			
7	6,745236	1,945910	1,098612	-2,708050	12,800000			
8	6,745236	2,302585	,000000	-2,995732	14,360000			
9	6,745236	2,564949	,693147	-2,302585	12,170000			
10								

Sp. 100