

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**“PRODUCCIÓN DE AGUARDIENTE POR DESTILACIÓN EN
COLUMNA A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA
PISQUERA”**

Presentada por:

JHONY FLORES MENDOZA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Lima - Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**“PRODUCCIÓN DE AGUARDIENTE POR DESTILACIÓN EN
COLUMNA A PARTIR DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA
PISQUERA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

JHONY FLORES MENDOZA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Elvito Villegas Silva
PRESIDENTE

Mg.Sc. Juan Carlos Palma
ASESOR

Ph.D. Lisveth Flores del Pino
MIEMBRO

Ph.D. Lizardo Visitación Figueroa
MIEMBRO

DEDICATORIA

De manera muy especial, con todo mi amor a una dulce pequeñita que se adueñó de mi corazón, aquel jardín de primavera, ese rayito de luz que ilumina mi senda por la mañana, por la tarde y al anochecer, mi princesita “Salesca”.

Con todo mi cariño a mis fieles e incondicionales compañeros “Emérta” mi madre y “Marcelino” mi padre, por confiar y seguir confiando en mí.

Con el mayor respeto e inmenso cariño a “Mirian”, por ser la mejor hermana del mundo y una persona ejemplar, digna de admirar.

De manera muy especial y con todo mi cariño a mi tía “Hermancia” y mi tío “José”, por ser dos personas maravillosas y ejemplares, a quienes considero también mis padres.

Con todo mi cariño a mis seres queridos en general y a todas las personas que aprecio y apreciaré.

Jhony Flores Mendoza

AGRADECIMIENTO

- *En primer lugar al de arriba (**Dios Todopoderoso**) por la salud, por la vida, por permitirme alcanzar y subir un peldaño más en mi etapa profesional.*
- *A la Universidad Nacional Agraria La Molina (**UNALM**), mi segunda alma mater.*
- *De manera muy especial, con todo el cariño y respeto del mundo a mi tía **HERMANCIA**, mi tío **JOSÉ**, mis primas **JESSYCA** y **ANTONELLA**; por haberme acogido de la mejor manera en el seno de su hogar y hacerme sentir como en casa, muy agradecido de todo corazón.*
- *Con el mayor respeto al **Mg.Sc. JUAN CARLOS PALMA** por la amistad, por su asesoramiento de manera incondicional en la presente investigación, por sus conocimientos compartidos, como también por la confianza de permitirme formar parte de este equipo de investigación, muy agradecido de todo corazón estimado profesor.*
- *A Pisco “**Don Amadeo**”, “**Golden**”, “**El Paso**”, “**Zapata**”, “**Los Campos**” y “**Gran Maestro**”, por la proporción de materia prima.*
- *Al Laboratorio de Servicios de Análisis Químico (**LASAQ**) y el Centro de Investigación en Química, Toxicología y Biotecnología Ambiental (**CIQTOBIA**), por el apoyo con los equipos y materiales durante la ejecución de esta investigación.*
- *A **JESSENIA MELO SACA** por su colaboración en los análisis cromatográficos, a **YUVITSA VARGAS REÁTEGUI** y **MAURICIO QUISPE ORTÍZ** por sus cooperación en la destilación.*
- *A mis cuatro grandes amigos y colegas de Tingo María: **CARLOS ARÉVALO CASTRO**, **JUAN VALDERRAMA CALERO** (Los Chespis), **RENÁN DIONICIO MACHARI** y **BRAYAN CALDAS DE LA CRUZ**; por conservar esta bonita amistad.*
- *A mis amigos de esta maestría: **ALFREDO ARELLANO VALDEZ**, **EDGAR GIRALDO ARAUJO** y **LUIS MARQUEZ CHÁVEZ** (Los Suris), por compartir sus conocimientos y experiencias, muchachones son lo máximo.*
- *Al “Proyecto de Aprovechamiento de Residuos de la Industria Vitivinícola en el Perú” del Centro de Investigación Vitivinícola de la UNALM; por permitirme ejecutar esta investigación.*

ÍNDICE GENERAL

	Pág
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El Pisco.....	3
2.1.1. Zonas pisqueras.....	3
2.1.2. Variedad de uvas pisqueras.....	5
2.1.3. Tipos de Pisco	6
2.1.4. Elaboración de Pisco.....	6
2.1.5. Requisitos del Pisco	11
2.1.6. Evolución de la producción y exportación de Pisco	14
2.1.7. Composición química del Pisco.....	15
2.2. Determinación de metanol y congéneres en bebidas alcohólicas.....	18
2.2.1. Cromatografía de gases.....	19
2.3. Aguardiente	20
2.3.1. Aguardientes Europeos	20
2.3.2. Orujo de Galicia.....	21
2.3.3. Requisitos del aguardiente de Orujo de Galicia.....	21
2.3.4. Elaboración final de los aguardientes	24
2.4. Residuos agroindustriales.....	24
2.4.1. Impacto al ambiente.....	25
2.5. Residuos vitivinícolas	26
2.5.1. Residuos sólidos	26
2.5.2. Residuos líquidos.....	28
2.6. Producción Más Limpia	32
2.6.1. Principios de Producción Más Limpia.....	33

2.6.2. Beneficios de implementar un programa de Producción Más Limpia..	33
2.6.3. Estrategias de Producción Más Limpia	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Lugar de ejecución	35
3.2. Equipos, materiales y reactivos	35
3.2.1. Equipos	35
3.2.2. Materiales.....	35
3.2.3. Reactivos.....	36
3.3. Metodología	36
3.3.1. Tipo y nivel de investigación.....	36
3.3.2. Fase de campo.....	37
3.3.3. Fase de laboratorio.....	38
3.3.4. Fase de gabinete.....	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1. Balance de masa y energía de la producción de aguardiente a partir de residuos de la industria pisquera según la guía peruana GP 900.2000	47
4.2. Caracterización de la composición química del aguardiente producido por destilación en columna a partir de residuos pisqueros denominados “borra”, “cabeza”, “cola” y “orujo + vinaza + cabeza”	50
4.3. Evaluación del efecto del cobre en la composición química del aguardiente producido por destilación en columna a partir de residuos de la industria pisquera	51
4.3.1. Borra	51
4.3.2. Cabeza.....	53
4.3.3. Cola.....	54
4.3.4. Orujo + vinaza + cabeza	54
4.4. Determinación del costo de producción, beneficio económico y ambiental de la producción de aguardiente por destilación en columna a partir de residuos de la industria pisquera.....	62

4.4.1. Costo de producción	62
4.4.2. Beneficio económico	63
4.4.3. Beneficio ambiental	64
V. CONCLUSIONES	66
VI. RECOMENDACIONES	68
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
VIII. ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1: Variedad de uvas pisqueras y zonas de cultivo	5
Tabla 2: Tipos de Pisco	6
Tabla 3: Requisitos organolépticos del Pisco	12
Tabla 4: Requisitos físico-químicos del Pisco.....	13
Tabla 5: Empresas con autorización de uso de DO Pisco desde el año 2018 hasta el 2028	14
Tabla 6: Algunos congéneres presentes en el Pisco	17
Tabla 7: Parámetros físico-químicos del Orujo de Galicia	22
Tabla 8: Características organolépticas del Orujo de Galicia	22
Tabla 9: Estrategias de Producción Más Limpia.....	34
Tabla 10: Valores Máximos Admisibles para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado	39
Tabla 11: Diseño experimental para evaluar el efecto del nivel de cobre en la composición química del aguardiente producido a partir de orujo + vinaza + cabeza	42
Tabla 12: Masas de entrada y salida de la producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v a partir de residuos pisqueros	47
Tabla 13: Composición química del aguardiente producido en el Turbo 500 still con columna de acero inoxidable y columna de cobre, expresado en gramos por hectolitro de alcohol absoluto (g hL ⁻¹ a.a.).....	50
Tabla 14: Beneficio económico por 100 litros de aguardiente producido al 40 por ciento v/v a partir de residuos pisqueros	63
Tabla 15: Industrias pisqueras seleccionadas	78
Tabla 16: Etiqueta para los residuos recolectados.....	78
Tabla 17: Parámetros medidos previo al proceso de destilación.....	78
Tabla 18: Formato para el control de destilado a partir de borra, cabeza y cola	79
Tabla 19: Formato para el control de destilado a partir de orujo + vinaza + cabeza.....	79
Tabla 20: Balance de masa del proceso de destilación de residuos pisqueros	85
Tabla 21: Balance de masa del proceso de hidratación de aguardiente producido de residuos pisqueros.....	85
Tabla 22: Balance de energía eléctrica por litro de aguardiente al 40 por ciento v/v	86

Tabla 23: Consumo y costo de energía en el proceso de destilación	86
Tabla 24: Consumo y costo de agua de refrigeración en el proceso de destilación	86
Tabla 25: Depreciación de los equipos destiladores.....	87
Tabla 26: Costo de producción de aguardiente a partir de borra.....	87
Tabla 27: Costo de producción de aguardiente a partir de cabeza	87
Tabla 28: Costo de producción de aguardiente a partir de cola	88
Tabla 29: Costo de producción de aguardiente a partir de orujo + vinaza + cabeza.....	88
Tabla 30: Ingreso económico por la producción de aguardiente a partir de residuos pisqueros.....	89
Tabla 31: Rentabilidad de la producción de aguardiente a partir de residuos pisqueros....	89
Tabla 32: Reducción de residuos pisqueros por la producción de aguardiente.....	90
Tabla 33: Balance de masa del proceso de destilación para producir 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v	90
Tabla 34: Balance de masa de hidratación para 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v	91
Tabla 35: Costo de producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v	91
Tabla 36: Cálculo de beneficio económico de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v	91
Tabla 37: Reducción de residuos por la producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v	92

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1: Zonas pisqueras	4
Figura 2: Uvas pisqueras aromáticas y no aromáticas	5
Figura 3: Porcentaje de distribución de la destilación de 100 litros de vino base.....	9
Figura 4: Flujo del proceso de elaboración de Pisco.....	11
Figura 5: Producción de Pisco, año 2000 al 2015	14
Figura 6: Exportación de Pisco, año 2000 al 2015.....	15
Figura 7: Composición química del Pisco.....	18
Figura 8: Composición química de los principales congéneres del Pisco.....	18
Figura 9: Distribución de los residuos vitivinícolas generados en España	28
Figura 10: Producto y subproducto obtenido a partir de 100 kilogramos de uva	31
Figura 11: Residuos sólidos y líquidos generados por la producción de 100 litros de Pisco	31
Figura 12: Niveles y estrategias dirigidas a la Producción Más Limpia y minimización de desechos.....	32
Figura 13: Industria de vinos y Pisos “El Paso” Lunahuaná, Cañete - Lima	37
Figura 14: Montículo de orujo acumulado a cielo abierto en Quilmaná - Cañete	38
Figura 15: Recolección y transporte de residuos pisqueros	38
Figura 16: a) Destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable y b) Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre	40
Figura 17: Diseño experimental para evaluar el efecto de la columna de acero y cobre en la composición química del aguardiente a partir de borra.....	41
Figura 18: Diseño experimental para evaluar el efecto de la columna de acero y cobre en la composición química del aguardiente a partir de cabeza	41
Figura 19: Diseño experimental para evaluar el efecto del cobre en la composición química del aguardiente a partir de cola.....	42
Figura 20: Medición de grado alcohólico y temperatura del aguardiente producido.....	43
Figura 21: Cromatógrafo de gases del CIQTOBIA	44
Figura 22: Componentes típicos de un balance de masa y energía	45
Figura 23: Balance de masa de producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v	48

Figura 24: Balance de energía eléctrica en la producción de 100 litro de aguardiente al 40 por ciento v/v a partir de residuos pisqueros	49
Figura 25: Concentración media del 1-Propanol en el aguardiente de borra	51
Figura 26: Concentración media del 3-Methyl-1-butanol en el aguardiente de borra	52
Figura 27: Concentración media del Ethyl miristato en el aguardiente de cabeza	53
Figura 28: Concentración media del 2-methyl-1-propanol en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento	54
Figura 29: Concentración media del Acetato de Isoamilo en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento	55
Figura 30: Concentración media del 1-Butanol en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento.....	56
Figura 31: Concentración media del 3-methyl-1-butanol en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento	56
Figura 32: Concentración media del Ethyl Hexanoato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento.....	57
Figura 33: Concentración media del Ethyl Decanoato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento.....	58
Figura 34: Concentración media del Diethyl Succinato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento.....	59
Figura 35: Concentración media del Ethyl Laurato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento.....	59
Figura 36: Concentración media del Ethyl miristato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento.....	60
Figura 37: Costo de producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v.....	62
Figura 38: Análisis costo-beneficio por botella de aguardiente 40 por ciento v/v.....	64
Figura 39: Reducción de residuos con la producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v	64

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág
Anexo 1: Formularios	78
Anexo 2: Modelo de diagrama de flujo.....	80
Anexo 3: Diagrama de flujo de la producción de aguardiente a partir de residuos pisqueros	81
Anexo 4: Principio de entrada y salida del proceso de producción de aguardiente a partir de residuos de la industria pisquera.....	85
Anexo 5: Cálculo de costo de energía, agua y depreciación de equipo	86
Anexo 6: Costo de producción.....	87
Anexo 7: Beneficio económico.....	89
Anexo 8: Beneficio ambiental.....	90
Anexo 9: Cálculo de resultados de producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v a partir de residuos de la industria pisquera	90
Anexo 10: Flujo de producción de 100 litros de Pisco artesanal sin aditivos enológicos ..	93
Anexo 11: Datos generales de los destilados	94
Anexo 12: Parámetros evaluados de los residuos pisqueros.....	114
Anexo 13: Curvas de calibración de los 23 compuestos volátiles utilizados.....	115
Anexo 14: Análisis estadístico del aguardiente de borra	127
Anexo 15: Análisis estadístico del aguardiente de cabeza.....	138
Anexo 16: Análisis estadístico del aguardiente de cola	145
Anexo 17: Análisis estadístico del aguardiente de orujo + vinaza + cabeza	150
Anexo 18: Mapa de las Zonas pisqueras.....	168
Anexo 19: Mapa de las industrias pisqueras seleccionadas	169

RESUMEN

En esta investigación se valorizó los residuos generados por la industria pisquera, denominados: “borra, cabeza, cola, orujo y vinaza”, a través de la producción de aguardiente por destilación en columna; se utilizó un destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable y un Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre, se aplicó el diseño de bloques completo al azar para evaluar la influencia del cobre en la composición química del aguardiente. Se ha producido 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v a partir de 372,68 kilogramos de borra; a partir de 68,77 kilogramos de cabeza; a partir de 409,26 kilogramos de cola y a partir de la mezcla de 311,70 kilogramos de orujo + 633,38 kilogramos de vinaza + 7,37 kilogramos de cabeza; asimismo, se determinó la concentración de 23 compuestos volátiles por cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID), cuya concentración en los cuatro aguardientes se encuentra en lo permitido por el reglamento (CE) N° 110/2008 del parlamento Europeo; la producción de 100 litros de aguardiente de cabeza al 40 por ciento v/v tuvo un costo de S/. 497,14 Nuevos Soles, siendo el de menor costo y rentable, considerando S/. 10,00 Nuevos Soles el precio de venta por botella de aguardiente de 750 mL al 40 por ciento v/v a diferencia de 100 litros de aguardiente de orujo + vinaza + cabeza al 40 por ciento v/v que tuvo un costo de producción de S/. 1 603,54 Nuevos Soles; y se ha reducido el 49,6 por ciento del volumen de la cabeza utilizada; el 9,7 por ciento de la borra; el 8,8 por ciento de la cola y el 3,9 por ciento de la vinaza.

Palabras claves: Compuestos volátiles, cromatografía de gases, borra, cabeza, orujo, vinaza.

ABSTRACT

In this investigation, the waste generated by the pisquera industry was utilized, called: “borra, head, tail, pomace and vinaza”. Through the aguardiente production by column distillation, a 500 still turbo distiller with a stainless steel column condenser, and a 500 still turbo with a T500 copper column condenser were used. A complete block design was applied randomly to evaluate the influence of cooper on the chemical composition of the aguardiente. It was produced 100 liters of liquor to 40 percent v/v from 372,68 “borra”; from 68,77 kilograms of “head”; from 409 kilograms of “tail” and from the mixture of 31,70 kilograms of “pomace” + 633,38 kilograms of “vinaza” + 7,37 kilograms of “head”. Likewise the concentration of 23 volatile compounds was determined by gas chromatography with flame ionization detector (GC-FID), whose concentration in the four spirits are as allowed by regulation N° 110/2008 of the European parliament. The production of 100 liters of “head” aguardiente at 40 percent v/v had a cost of S/. 497,14 Nuevos Soles, being the one with the lowest cost and profitable, considering S/. 10,00 Nuevos Soles the sales price per bottle of aguardiente of 750 mL at 40 percent v/v comparing with “pomace”+ “vinaza”+ “head” at 40 percent v/v which had a production cost of S/. 1 603,54 Nuevos Soles; and the 49.6 percent of the volume of the “head” used has been reduced, as the 9,7 percent of the “borra”, 8,8 percent of the “tail” and 3,9 percent of the “vinaza”.

Key words: Volatile compounds, gas chromatography, borra, head, pomace, vinaza.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú existen múltiples subsectores productivos y cada uno tiende a generar sus propios residuos o subproductos que no son de utilidad para la cadena de producción que los generó, siendo el subsector pisquero uno de ellos; de tal manera que desde el año 2000 al 2015 la producción de Pisco pasó de 1,6 a 9,5 millones de litros, siendo la revalorización y la exportación las causas principales de este crecimiento, ya que hasta el año 2005 la producción se realizaba de manera artesanal y era destinado al comercio interno, a partir del 2006 las industrias emplearon nuevas tecnologías mejorando su productividad, reflejo de ello en el 2015 se exportaron 944 000 litros de Pisco (CONAPISCO 2019). Sin embargo, una consecuencia del incremento productivo de esta bebida, es el incremento desmesurado de residuos sólidos como: el escobajo y el orujo, como también de residuos líquidos entre ellos: la borra, la cabeza, la cola y la vinaza; solo en el 2015 este subsector productivo generó aproximadamente 57 000 toneladas de residuos; en algunas industrias el orujo y el escobajo son utilizados como materia prima para la elaboración de compost, como alimento para animales de corral o como cobertor superficial del suelo, pero en la mayoría de casos son acumulados en grandes montículos y quemados a cielo abierto, atentando así contra el medio ambiente y la salud de los pobladores aledaños por inhalación del humo que se genera; asimismo, la cabeza es utilizada en la limpieza de los alambiques a diferencia de la borra, la cola y la vinaza por ser considerados de poco valor, son vertidas directamente al sistema de alcantarillado, siendo la vinaza el residuo líquido más preocupante debido a su alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) que se encuentra en promedio de 25 000 a 30 000 $mg L^{-1}$ el cual sobrepasa los Valores Máximos Admisibles para las descargas de aguas residuales no domésticas para el sistema de alcantarillado del D.S N° 010-2019, y reduce el oxígeno del agua, deteriora la infraestructura del alcantarillado, dificulta el tratamiento de las aguas residuales, afecta a los ecosistemas acuáticos y la salud de las personas donde esta es vertida.

En nuestro país no existen alternativas de aprovechamiento ni tecnologías que permitan valorizar estos residuos y generar otros productos alternativos, por lo tanto, ante el incremento de residuos generados por las industrias pisqueras y la carencia de una adecuada

disposición final; el objetivo principal de esta investigación fue: valorizar los residuos sólidos y líquidos de la industria pisquera, a través de la producción de aguardiente por destilación en columna. Los objetivos específicos fueron: 1) Realizar el balance de masa y energía de la producción del aguardiente según la guía peruana (GP 900.2000) de Producción Más Limpia; 2) Caracterizar la composición química del aguardiente producido por destilación en columna a partir de residuos de la industria pisquera denominados: “borra”, “cabeza”, “cola” y “orujo + vinaza + cabeza”; 3) Evaluar el efecto del cobre en la composición química del aguardiente producido por destilación en columna a partir de residuos de la industria pisquera; 4) Determinar el costo de producción, el beneficio económico y ambiental de la producción de aguardiente por destilación en columna a partir de residuos de la industria pisquera.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El Pisco

Es una bebida originaria del Perú, su nombre se remonta al lugar donde se elaboró desde sus inicios, siendo la ciudad y puerto de “Pisco”; asimismo, la Denominación de Origen es un ejemplo de ello, pues en él existe la relación directa entre la calidad del producto y el lugar de donde procede su nombre; además, la palabra Pisco resulta de la palabra quechua “pisku” que hace referencia a unas aves pequeñas que habitan en el lugar, pero también se refiere al “pisko” que son botijas de barro que en los tiempos precolombinos se usaban y hasta la actualidad las industrias artesanales lo utilizan para almacenar y guardar líquidos, entre ellos el propio Pisco producido desde el siglo XVI (Guerrero 2004). Por otra parte, el Reglamento de Denominación de Origen Pisco INDECOPI (2011), define al Pisco como: el producto obtenido exclusivamente por destilación de mostos frescos de “Uvas pisqueras” recientemente fermentados, utilizando métodos que mantengan el principio tradicional de calidad; de igual forma, añade que es una bebida alcohólica incolora con graduación alcohólica entre 38 y 48 por ciento v/v y a diferencia de otros aguardientes no se rectifica, no se hidrata, ni se añade otras sustancias. Además, el gobierno peruano ha incluido al Pisco en la lista de Producto Bandera y Patrimonio Cultural de la Nación; de igual forma también es reconocido por la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI) como la Denominación de Origen de Perú (aunque algunos países de Europa, reconocen al aguardiente de uva producido en Chile con el nombre de Pisco, debido a que éste lo incluyó en sus tratados de libre comercio antes que el Perú) según Palma (2011).

2.1.1. Zonas pisqueras

De acuerdo al Reglamento de Denominación de Origen Pisco INDECOPI (2011), las zonas pisqueras comprenden a las zonas geográficas de la Costa de las regiones de: Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y los valles de Locumba, Sama y Caplina de la región Tacna. Cabe señalar que se denomina “Costa” al área geográfica que se extiende a lo largo del litoral Peruano, comprendida entre los 0 y 2 000 m.s.n.m.

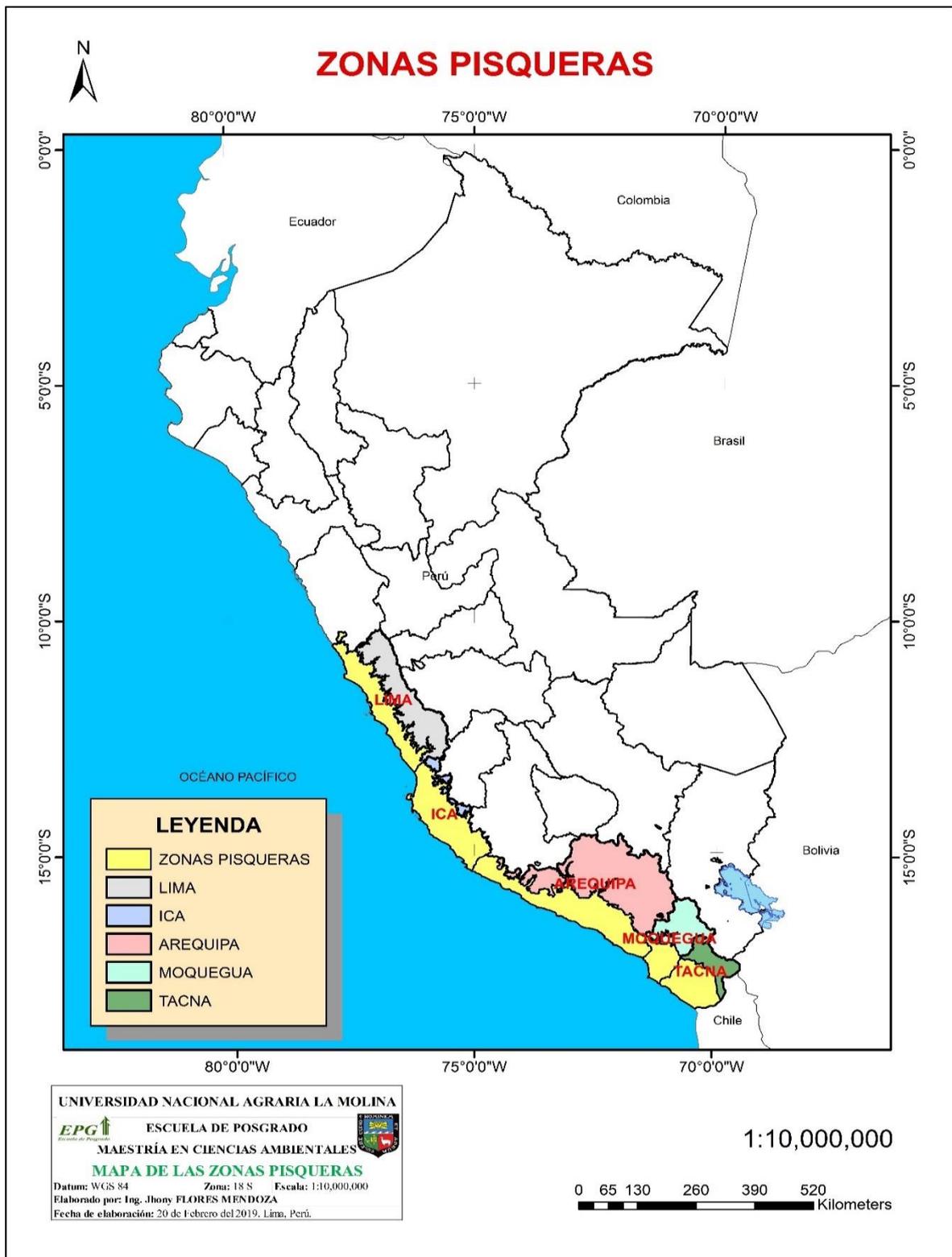


Figura 1: Zonas pisqueras

Fuente: Flores 2019. (Medida real del mapa a escala 1:10,000,000 en el Anexo 18 de la presente investigación).

2.1.2. Variedad de uvas pisqueras

Las variedades de uvas con las que se puede elaborar el Pisco son ocho, su especie y zonas de cultivo se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1: Variedad de uvas pisqueras y zonas de cultivo

Uva pisquera	Especie	Tipo de uva	Zona de cultivo
Quebranta	<i>Vitis vinífera</i> L.	No aromática	Todas las zonas pisqueras
Negra Criolla	<i>Vitis vinífera</i> L.	No aromática	Todas las zonas pisqueras
Mollar	<i>Vitis vinífera</i> L.	No aromática	Todas las zonas pisqueras
Uvina	<i>Vitis aestivalis</i> M, <i>Vitis vinífera</i> L.	No aromática	Cultivo y producción circunscritos únicamente a los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zuñiga, de la provincia de Cañete, región Lima.
Italia	<i>Vitis vinífera</i> L.	Aromática	Todas las zonas pisqueras
Moscatel	<i>Vitis vinífera</i> L.	Aromática	Todas las zonas pisqueras
Albilla	<i>Vitis vinífera</i> L.	Aromática	Todas las zonas pisqueras
Torontel	<i>Vitis vinífera</i> L.	Aromática	Todas las zonas pisqueras

Fuente: Reglamento de Denominación de Origen Pisco INDECOPI 2011.

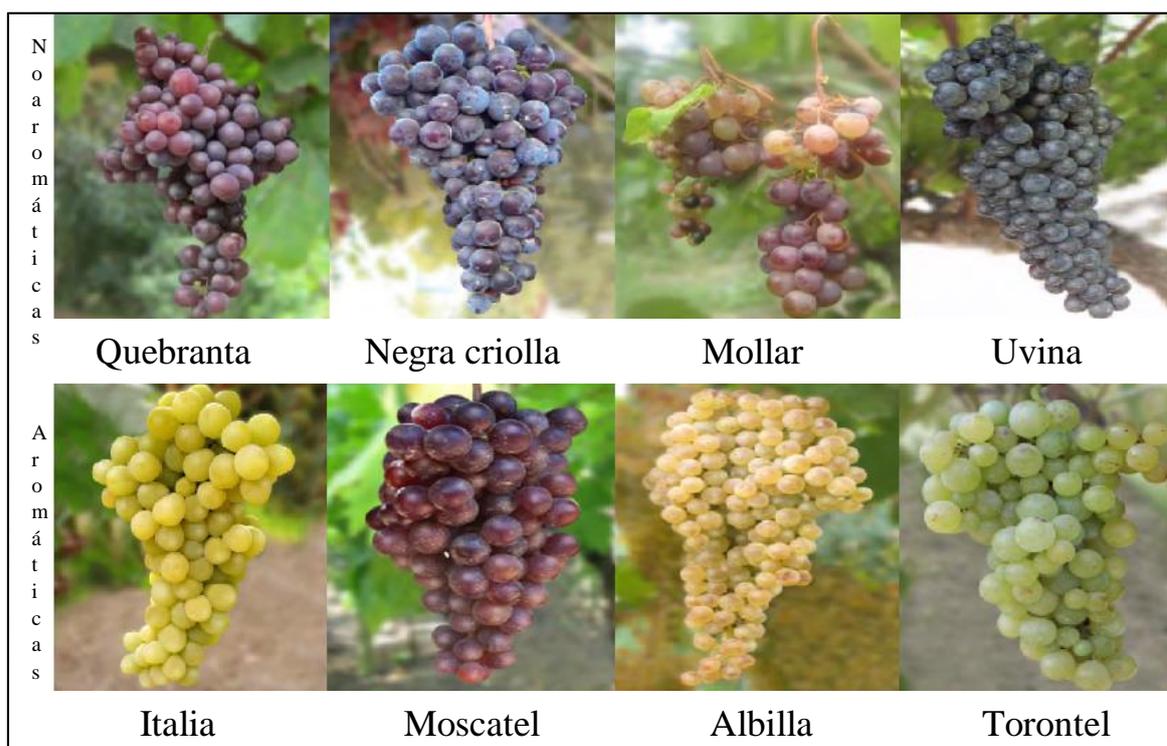


Figura 2: Uvas pisqueras aromáticas y no aromáticas

Fuente: Adaptada de CITEvid y UPOCH 2012.

2.1.3. Tipos de Pisco

El Pisco se clasifica por la variedad de uva y por el proceso de producción como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2: Tipos de Pisco

Por la variedad de uva utilizada	Pisco puro (No aromático)	Variedades: Quebranta, Negra criolla, Mollar y Uvina.
	Pisco puro (Aromático)	Variedades: Italia, Moscatel, Albilla y Torontel.
Por su proceso de producción	Pisco Mosto Verde	Proceso: Destilación de caldos de uvas aromáticas o no aromáticas con fermentación interrumpida.
	Pisco Acholado	Proceso: Mezcla de caldos de distintas variedades de uvas aromáticas y/o no aromáticas.

Fuente: Reglamento de Denominación de Origen INDECOPI 2011.

2.1.4. Elaboración de Pisco

El proceso productivo comienza con la vendimia, que se realiza una vez al año entre los meses de febrero y marzo, este es un proceso delicado, porque debe pasar el menor tiempo posible desde la recolección de la uva hasta el proceso de vinificación. La producción de Pisco puede realizarse de dos formas, la producción artesanal o tradicional y la producción industrial donde se emplea equipos sofisticados de última tecnología; el resumen del flujo se observa en la Figura 4.

Cosecha y transporte

Se realiza cuando la uva alcanza la madurez adecuada y esto se determina a través de la concentración de azúcar y acidez, por lo tanto en una uva madura y lista para cosechar la concentración de azúcar debe estar en promedio de 222 g L⁻¹ que es equivalente al 13 por ciento v/v de alcohol potencial, la acidez debe estar en promedio de 5 a 8 gramos de ácido tartárico por litro y esto equivale a un pH promedio de 3,2 a 3,5. En esta labor se debe tener mucho cuidado para no maltratar a las bayas y evitar posibles fisuras por la mala práctica de manejo. Las bayas son recolectadas en jabas de plástico con 25 kilogramos, no se debe exceder este límite debido a que las bayas pueden sufrir daños; posteriormente las jabas son ubicadas una encima de otra hasta cubrir la capacidad del camión, inmediatamente son trasladadas hacia las instalaciones de la bodega o industria.

Recepción

El propietario o algún encargado de la industria recepciona la uva e inmediatamente realiza el pesaje para llevar el control del balance de masa y el rendimiento de producción, seguidamente son transportadas directamente a la despalladora, esto para los productores industriales. Cabe señalar que para la producción artesanal las bayas son colocadas en los lagares para el control sanitario.

Despallado y estrujado

Los productores industriales realizan esta labor con una maquina despalladora, cuya función es separar a las bayas del escobajo o raspón, estrujarlos cuidadosamente sin romper a las semillas y liberar el orujo con el mosto. Los productores artesanales realizan esta labor en los lagares mediante la pisa de los racimos de uva. Cabe señalar que la ruptura de las semillas adhiere un sabor amargo al mosto.

Maceración y fermentación

El mosto es almacenado en tanques de plástico o acero inoxidable, siempre dejando vacío la cuarta parte de su capacidad, esto se deja en maceración por 24 horas, para que en ese periodo de tiempo las levaduras que se encuentran en el hollejo se liberen hacia el mosto, para el caso de Pisco aromáticos la maceración puede durar hasta 48 horas, pero no es recomendable exceder este periodo porque el metanol podría incrementar notablemente. El proceso que sigue después de la maceración es la fermentación alcohólica, proceso en la cual el azúcar se transforma en alcohol etílico y gas carbónico o dióxido de carbono, y se realiza principalmente por las levaduras nativas que se encuentran en el hollejo de las bayas, la temperatura óptima para la fermentación es 25 °C y no debe exceder a los 30 °C, se debe monitorear diariamente la temperatura y la densidad, por último la fermentación concluye cuando la densidad del mosto se encuentra entre 0,994 y 0,996 kg L⁻¹ que es aproximadamente de 7 a 15 días y en ese momento el mosto ahora recibe el nombre de “vino base”, asimismo, el Pisco mosto verde es el único que no llega a culminar la fermentación. Para esta labor los pequeños productores artesanales todavía siguen utilizando las tradicionales botijas pisqueras para la fermentación del mosto.

En la reacción de la fermentación alcohólica solo el 51,1 por ciento de la glucosa se convierte en etanol y el 48,9 por ciento se convierte en dióxido de carbono o gas carbónico.



Prensado

Este proceso se realiza para extraer el mosto de la uva fresca o el vino de los orujos de la uva fermentada, en este proceso no se debe exceder el prensado en los orujos debido a que pueden dar un olor y sabor herbáceo (hexanol) al Pisco. Las grandes industrias cuentan con prensa neumática de varios tipos, mientras que los pequeños productores todavía utilizan la prensa de tornillo que consta de un pórtico y un tornillo de madera.

Trasiego

Este proceso se realiza mediante decantación cuando la fermentación concluye y consiste en separar las borras o lías y otros sedimentos del vino base, para obtener un vino base limpio para posteriormente ser destilado. Las borras son residuos densos y fangosos que se acumulan y depositan en la parte inferior de los recipientes durante la fermentación. Sin embargo, es recomendable considerar e incorporar a las borras más finas para la destilación, ya que infieren en el aroma, debido a que las levaduras liberan ácidos grasos durante la destilación y estos reaccionan con los alcoholes (etílico y superiores), resultando en ésteres.

Destilación

La NTP 210.019 INDECOPI (2008) define a la destilación como el proceso físico de separación de los componentes de una mezcla líquida por vaporización parcial de la misma y la composición de los vapores producidos es diferente a la composición del líquido original. Treybal (1980) añade que este método consiste en hervir un líquido, para que sus componentes más volátiles pasen a la fase de vapor y mediante un sistema de refrigeración el vapor se condense y se obtenga el componente en forma líquida; de igual forma Rodríguez (2008) señala que el objetivo de la destilación del vino base es separar el alcohol y los congéneres; se pueden destilar: vino, subproductos de vino, macerados de frutos o granos triturados que han sufrido una previa fermentación alcohólica o cualquier otro producto que sea susceptible de producir alcohol (Martínez 1978).

La producción del Pisco se realiza por destilación directa y discontinua llamado también destilación simple, proceso en el que se separan tres fracciones: la primera fracción

representa aproximadamente uno por ciento del vino base y se denomina “cabeza” constituida por componentes más volátiles como el metanol, acetaldehído, ésteres y alcoholes superiores como: el propanol, el butanol, el isobutanol e isoteramílico; Rodríguez (2008) por su parte refiere que esta fracción tiene una graduación alcohólica superior a 65 por ciento v/v y contiene alcohol metílico que es dañino para la salud; la segunda fracción es el “cuerpo o corazón” que representa el 23,78 por ciento del vino base y la tercera fracción es la parte final del destilado denominada “cola” que representa el 2,59 por ciento del vino base y posee un grado alcohólico menor al 20 por ciento v/v y está constituida por alcoholes más densos y mezclados con agua como: el furfural, metanol y algunos alcoholes superiores (Anexo 10). Del destilado se selecciona el “cuerpo o corazón” que es el Pisco y debe tener una graduación alcohólica entre 38 y 48 por ciento v/v (Tabla 4). Hatta (2004) señala que en la destilación del Pisco, el etanol se destila en su totalidad; el furfural de igual manera, mientras que los aldehídos, ésteres, ácidos y metanol se destilan en pequeñas proporciones.



Figura 3: Porcentaje de distribución de la destilación de 100 litros de vino base

Fuente: Elaborado con base en Anexo 10 de la presente investigación.

El Reglamento de Denominación de Origen Pisco INDECOPI (2011), considera a los siguientes equipos para la destilación de mostos de uva:

a) **Falca:** consta de una olla, paila o caldero donde se calienta el mosto recientemente fermentado y un largo tubo llamado “Cañón” por donde recorre el destilado, este cañón se reduce e inclina a medida que se aleja del caldero y pasa por un tanque de agua que actúa

como refrigerante; en el ámbito de su base está conectado un caño o llave para descargar las vinazas o residuos de la destilación.

b) Alambique: consta de una caldera o pota de cobre, de capacidad variable, un capacete condensador prolongado en un cuello de cisne (o trompa de elefante), un condensador refrigerante cilíndrico (bidón) provisto en su interior de un serpentín de cobre, conectable al cuello de cisne y con salida para el destilado en su parte inferior y una base para el condensador refrigerante.

c) Alambique calienta vino: además de las partes que constituyen el alambique, lleva un recipiente de la capacidad de la paila, conocido como “Calentador”, instalado entre esta y el serpentín. Es un equipo que recupera calor, por tanto ahorra tiempo y energía. Calienta previamente al mosto con el calor de los vapores que vienen de la paila y que pasan por el calentador a través de un serpentín instalado en su interior por donde circulan los vapores provenientes del cuello de cisne, intercambiando calor con el mosto allí depositado y continúan al serpentín de condensación. Requiere contar con sistemas que eviten la posibilidad de hervido del mosto a precalentar. Para ello se usa una salida alterna u otro serpentín para recolectar el hervido como un segundo efecto.

Reposo

El Reglamento de Denominación de Origen Pisco INDECOPI (2011) menciona que el Pisco debe almacenarse durante un período de tiempo como mínimo tres meses en recipientes de vidrio, acero inoxidable o cualquier otro tipo de material que garantice la no alteración de las características físicas, químicas y organolépticas antes de su envasado y comercialización, con la única finalidad de mejorar las propiedades del Pisco.

Envasado

El Reglamento de Denominación de Origen Pisco INDECOPI (2011) menciona que el envase utilizado para comercializar el Pisco debe ser sellado y solamente de vidrio o cerámica, que no modifique el color natural del mismo y no transmita olores, sabores o sustancias extrañas que alteren las características propias del producto. Los productores envasan el Pisco a una graduación alcohólica de 42 por ciento v/v para la cual utilizan botellas de vidrio transparente de 750 mL de capacidad y son selladas con tapa de metal.

Para producir un litro de Pisco de forma artesanal se necesita aproximadamente 6,60 kilogramos de uva (Anexo 10), valores que se asemejan al del CITEvid (2004) quien considera que 6 a 7 kilogramos de uva aproximadamente producen un litro de Pisco, de igual forma el PROM Perú (2008) asegura que siete kilogramos de uva producen un litro de Pisco.

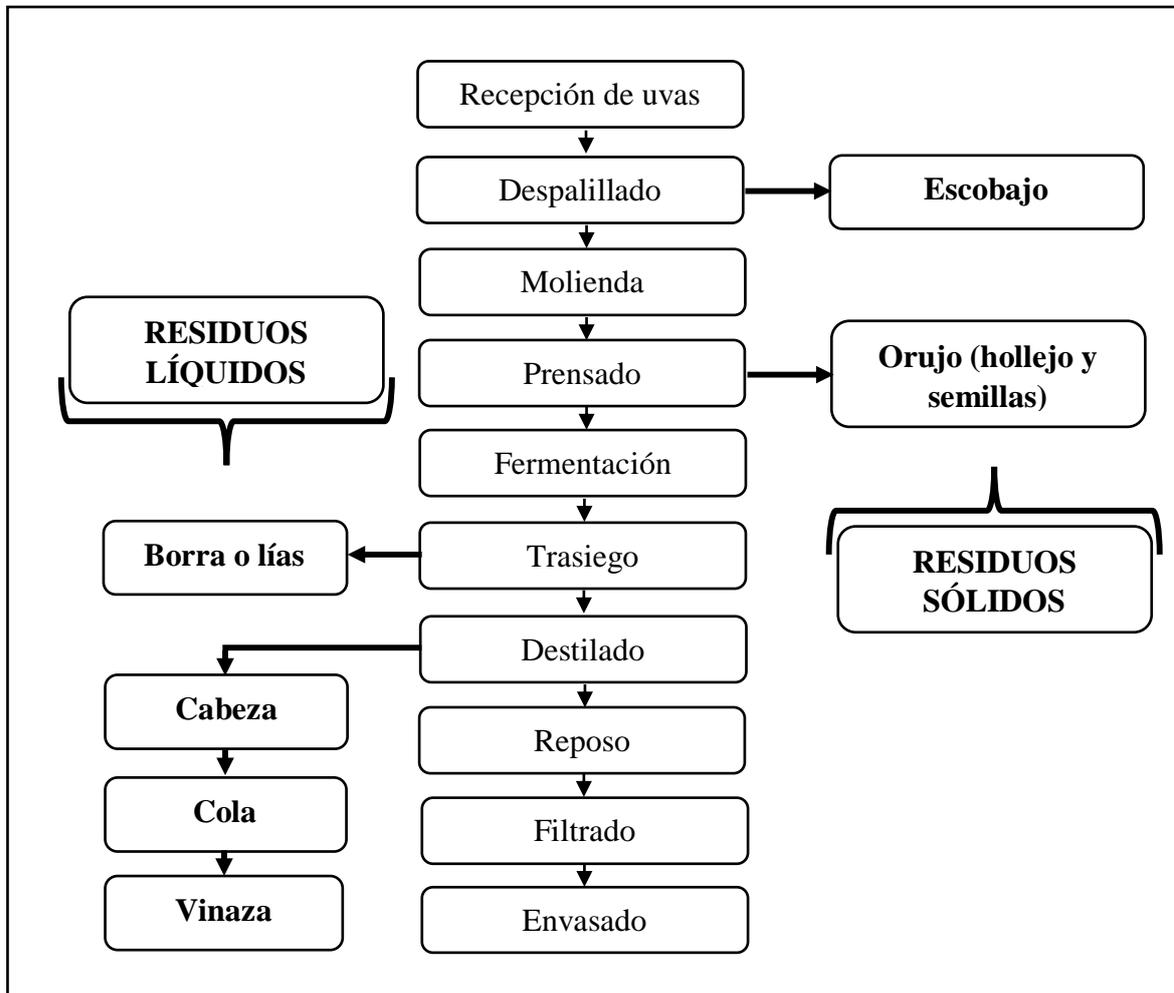


Figura 4: Flujo del proceso de elaboración de Pisco

2.1.5. Requisitos del Pisco

El Pisco debe cumplir los siguientes requisitos organolépticos y físico-químicos que se muestran en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3: Requisitos organolépticos del Pisco

Requisitos organolépticos	Pisco			
	Pisco puro de uvas no aromáticas	Pisco puro de uvas aromáticas	Pisco acholado	Pisco mosto verde
Descripción				
Aspecto	Claro, limpio y brillante	Claro, limpio y brillante	Claro, limpio y brillante	Claro, limpio y brillante
Color	Incoloro	Incoloro	Incoloro	Incoloro
Olor	Ligeramente alcoholizado, no predomina el aroma a la materia prima de la cual procede, limpio, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, recuerda a la materia prima de la cual procede, frutas maduras o sobre maduras, intenso, amplio, perfume fino, estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, intenso, recuerda ligeramente a la materia prima de la cual procede, frutas maduras o sobre maduras, muy fino, estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, intenso, no predomina el aroma a la materia prima de la cual procede o puede recordar ligeramente a la materia prima de la cual procede, ligeras frutas maduras o sobre maduras, muy fino, delicado, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.
Sabor	Ligeramente alcoholizado, ligero sabor, no predomina el sabor a la materia prima de la cual procede, limpio, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, sabor que recuerda a la materia prima de la cual procede, intenso, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, ligero sabor que recuerda ligeramente a la materia prima de la cual procede, intenso, muy fino, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.	Ligeramente alcoholizado, no predomina el sabor a la materia prima de la cual procede o puede recordar ligeramente a la materia prima de la cual procede, muy fino y delicado, aterciopelado, con estructura y equilibrio, exento de cualquier elemento extraño.

Fuente: Reglamento de Denominación de Origen Pisco INDECOPI 2011.

Tabla 4: Requisitos físico-químicos del Pisco

Requisitos Físicos y Químicos	Mínimo	Máximo	Tolerancia al valor declarado	Método de ensayo
Grado alcohólico volumétrico a 20/20 °C ⁽¹⁾	38,0	48,0	+/- 1,0	NTP 210.003
Extracto seco a 100 °C (g/L)	-	0,6		NTP 211.041
Componentes volátiles y congéneres (mg/100 mL a.a.) ⁽²⁾				
Esteres, como acetato de etilo	10,0	330,0		NTP 211.035
Formiato de etilo ⁽³⁾	-	-		
Acetato de etilo	10,0	280,0		
Acetato de Iso-Amilo ⁽³⁾	-	-		
Furfural	-	5,0		NTP 210.025 NTP 211.035
Aldehídos, como acetaldehído	3,0	60,0		NTP 210.025 NTP 211.035
Alcoholes superiores, como alcoholes superiores totales	60,0	350,0		NTP 211.035
Iso-Propanol ⁽⁴⁾	-	-		
Propanol ⁽⁵⁾	-	-		
Butanol ⁽⁵⁾	-	-		
Iso-Butanol ⁽⁵⁾	-	-		
3-metil-1butanol/2-metil-1-butanol ⁽⁵⁾	-	-		
Acidez volátil (como ácido acético)	-	200,0		NTP 211.040 NTP 211.035
Alcohol metílico				
Pisco Puro y Mosto Verde de uvas no aromáticas	4,0	100,0		NTP 210.022
Pisco Puro y Mosto Verde de uvas aromáticas y Pisco Acholado	4,0	150,0		NTP 211.035
TOTAL COMPONENTES VOLÁTILES Y CONGÉNERES	150,0	750,0		

⁽¹⁾ Esta tolerancia se aplica al valor declarado en la etiqueta pero de ninguna manera deberá permitirse valores de grado alcohólico menores a 38 ni mayores a 48. ⁽²⁾ Se consideran componentes volátiles y congéneres del Pisco, las siguientes sustancias: ésteres, furfural, ácido acético, aldehídos, alcoholes superiores y alcohol metílico. ⁽³⁾ Es posible que no estén presentes, pero de estarlos la suma con el acetato de etilo no debe sobre pasar 330 mg/100 mL. ⁽⁴⁾ Es posible que no esté presente. ⁽⁵⁾ Deben estar presentes sin precisar exigencias de máximos y mínimos.

Fuente: Reglamento de Denominación de Origen Pisco INDECOPI 2011.

2.1.6. Evolución de la producción y exportación de Pisco

Huertas (2004) señala que la mayoría de las industrias pisqueras aún pertenecen a productores artesanales, como también existen otras grandes empresas industriales más sofisticadas de última tecnología y estas son las responsables de la exportación de este producto; el CITEvid (2004) refiere que los volúmenes de producción de Pisco en las bodegas artesanales son pequeños y van desde los 1 000 a 15 000 litros.



Figura 5: Producción de Pisco, año 2000 al 2015

Fuente: Elaborado con base en CONAPISCO 2019. *Periodo acumulado de enero a noviembre del 2015.

Las industrias que exportan el Pisco, son las que cuentan con la autorización de uso de la Denominación de Origen Pisco, en el 2018 existían 542 empresas con dicha autorización y su distribución en las regiones pisqueras se observa en la Tabla 5.

Tabla 5: Empresas con autorización de uso de DO Pisco desde el año 2018 hasta el 2028

Región	Número de empresas pisqueras
Lima	206
Ica	245
Arequipa	60
Moquegua	17
Tacna	14
TOTAL	542

Fuente: Elaborado con base en INDECOPI 2019. Consultado el 06 de marzo del 2019.



Figura 6: Exportación de Pisco, año 2000 al 2015

Fuente: Elaborado con base en CONAPISCO 2019. *Periodo acumulado de enero a noviembre del 2015.

2.1.7. Composición química del Pisco

Palma (2011) menciona que la composición química del Pisco Peruano en promedio es: etanol vínico (42 por ciento v/v), agua vínica (alrededor de 57,8 por ciento v/v) y otros componentes minoritarios (congéneres) de alto potencial aromático (entre 0,2 y 0,3 por ciento v/v), a pesar de encontrarse en pequeñas concentraciones, son la base principal de su aroma y sabor característicos, también son las responsables de las diferencias organolépticas entre ellos, en las Figuras 7 y 8 se observa la composición del Pisco y de los principales congéneres; de acuerdo al concepto de calidad de los aguardientes europeos, cuanto menor es el contenido de estos componentes minoritarios (menos del 0,1 por ciento) mayor es la calidad del aguardiente, sin embargo, en el Perú es todo lo contrario, cuanto mayor es su contenido, mayor es la calidad.

Congéneres

La NTP 211.035 INACAL (2015) indica que los congéneres son sustancias volátiles naturales, diferentes del alcohol etílico y metílico, las cuales provienen de las materias primas empleadas o que se han originado durante el proceso de fermentación y destilación. Los principales congéneres son los aldehídos, los ésteres, los alcoholes superiores, los ácidos orgánicos y otros de menor importancia en cantidad como el furfural.

a) Alcohol etílico: es un líquido incoloro, con olor agradable y sabor ardiente, este puede ser mezclado con agua destilada en diversas proporciones (Apolo y Baco 2019).

b) Alcohol metílico: es un líquido ligero, incoloro, volátil, inflamable, tóxico para la salud y soluble en agua; por lo general tiende a aumentar debido a la mala práctica de conservación de los aguardientes o debido al tiempo muy prolongado de conservación. El Reglamento de Denominación de Origen Pisco establece su límite de 4 a 100 mg/100 mL a.a. para Pisco puro de uvas no aromáticas y de 4 a 150 mg/100 mL a.a. para Pisco puro de uvas aromáticas y Pisco acholado (Tabla 4).

c) Alcoholes superiores: son aquellos alcoholes que poseen más de dos átomos de carbono, asimismo, ocasionan un efecto narcótico en el organismo, superior a la del alcohol etílico. En la mayoría de destilados la proporción es muy baja, por lo tanto el efecto es muy insignificante (Apolo y Baco 2019). Entre los principales alcoholes superiores de origen fermentativos se encuentran el alcohol isobutílico y los alcoholes amílicos (mezcla de metil-2-butanol-1 y metil-3-butanol-1) (Ribéreau-Gayon *et al.* 2002).

d) Ácidos orgánicos: están compuestos por átomos de carbono, oxígeno e hidrógeno, en los destilados el más representativo es el ácido acético, aunque también se encuentran el ácido fórmico, el butírico, el láctico, el propiónico, el isovaleriánico, el caprónico, el cáprico y el pelargónico (Apolo y Baco 2019). Por su lado Flanzky (2000) refiere que el ácido acético representa el 95 por ciento de la acidez volátil.

e) Ácidos grasos: entre ellos se encuentran el ácido linoleico y linolénico que representan de 50 a 69 por ciento en las bayas, también se encuentran el ácido palmítico, oleico, esteárico, bencénico y araquídico; en la vendimia estos ácidos se encuentran en forma esterificada, siendo los fosfolípidos los más abundantes (65 a 70 por ciento), así como los lípidos neutros y los glicolípidos (Hidalgo 2011).

f) Ésteres: resulta de la combinación de alcoholes y ácidos orgánicos, son muy numerosos y a la vez favorecen las sensaciones olfativas, ya sean positivas o negativas; entre ellos el más representativo es el acetato de etilo, que no conlleva a sensaciones exaltantes, pero es útil porque inhabilita la percepción de los aldehídos insaturados y exalta la percepción de olores afrutados (Apolo y Baco 2019).

g) Aldehídos: poseen los mismos elementos que los alcoholes y los ácidos grasos, con una estructura inestable, organolépticamente se perciben en pequeñas concentraciones; por lo general estos se dividen en saturados e insaturados, los saturados tienen sensaciones a herbáceas, los insaturados tienen sensaciones florales, aunque también tienen una sensación a rancio. En los aguardientes se encuentran en mayor cantidad el acetaldehído, seguido del ácido butírico, acetal, furfural. El furfural se forma por el recalentamiento del aguardiente y tiene un olor a quemado (Apolo y Baco 2019).

h) Terpenos: resultan de la combinación de átomos de carbono e hidrógeno unidos en largas cadenas de formas muy variadas. Organolépticamente son los principales responsables de la sensación de una serie de perfumes, y son distintivos de destilados obtenidos de variedades de uva (Apolo y Baco 2019).

Tabla 6: Algunos congéneres presentes en el Pisco

Ésteres	Aldehídos	Alcoholes Superiores	Ácidos Orgánicos	Terpenos
-Formiato de etilo	-Acetaldehido	-1-Propanol	-Ácido acético	-Linalool
-Acetato de etilo	-Hexenal	-Isopropanol	-Ácido propionico	-Nerol
-Acetato de isoamilo	-C-3-Hexenal	-1-Butanol	-Ácido butírico	-Geraniol
-Acetato de dietilo	-2-Hexenal	-3-metil-1-butanol	-Ácido 2-metil propanoico	-Citronelol
-Hexanoato de etilo	-Furfural	-2-metil-1-butanol	-Ácido 3-metilbutanoico	- α -terpineol
-Lactato de etilo		-1-Hexanol	-Ácido hexanoico	- β -ionona
-Decanoato de etilo		-C-3-hexenol	-Ácido octanoico	Otras familias
-Lactato de etilo		-Alcohol bencílico	-Ácido decanoico	Metoxipirazinas
-Acetato de β -feniletilo		-B-Feniletanol	-Ácido dodecanoico	-Tioles
-Laurato de etilo		-Glicerol		-Mercaptanos
-Octanoato de etilo		-2,3-Butanodiol		
-Succinato de dietilo				

Fuente: Adaptada de Cacho 2008.

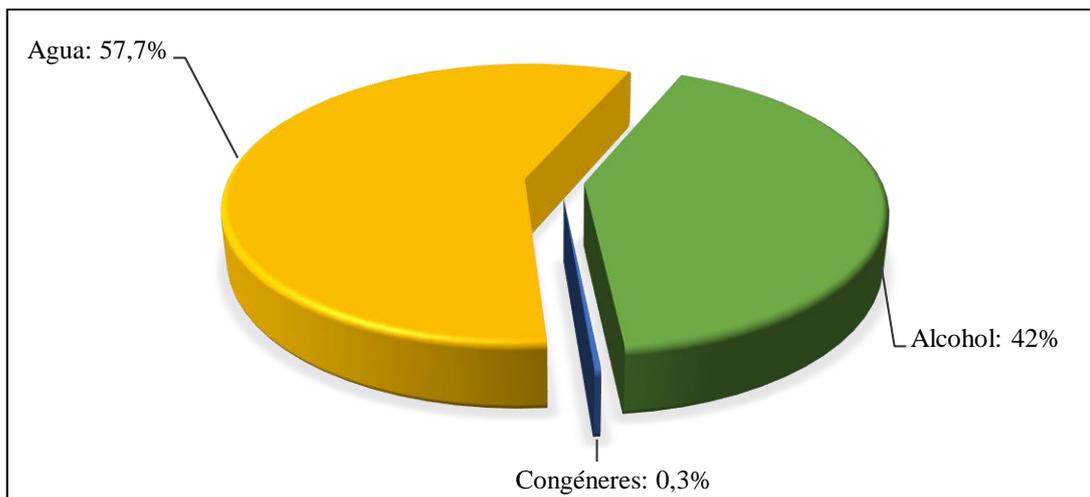


Figura 7: Composición química del Pisco

Fuente: Adaptada de Palma 2011.

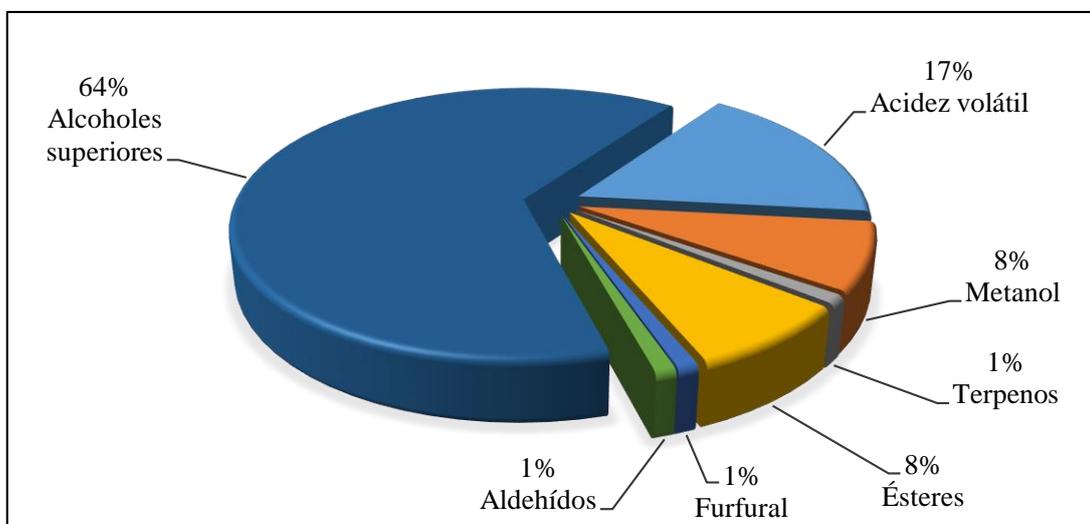


Figura 8: Composición química de los principales congéneres del Pisco

Fuente: Adaptada de Palma 2011.

2.2. Determinación de metanol y congéneres en bebidas alcohólicas

La NTP 211.035 INACAL (2015), es adecuada para determinar mediante cromatografía de gases la presencia de: 1,1-dietoxietano (acetal), 2-metilbutan-1-ol (alcohol amílico), 3-metilbutan-1-ol (alcohol isoamílico), metanol (alcohol metílico), etanoato de etilo (acetato de etilo), butan-1-ol (n-butanol), butan-2-ol (sec-butanol), 2-metilpropan-1-ol (alcohol isobutílico), propan-1-ol (n-propanol) y etanal (acetaldehído) en las bebidas alcohólicas. Este método utiliza un patrón interno, como por ejemplo pentan-3-ol y las concentraciones de los analitos se expresan en gramos por hectolitro de alcohol absoluto (g/hL a.a.); antes

del análisis es preciso determinar el grado alcohólico del producto. Las bebidas alcohólicas que pueden ser analizadas con este método son: el brandy, el ron, el whisky, el aguardiente de vino, el aguardiente de fruta y el aguardiente de orujo. Asimismo, se aplica a los siguientes tipos de alcohol etílico comercializados en el país: alcohol etílico rectificado, alcohol etílico neutro (rectificado fino) y alcohol etílico extraneutro (rectificado extrafino).

2.2.1. Cromatografía de gases

La cromatografía de gases (GC) es una técnica analítica utilizada para la separación, identificación y medida de diversos componentes de una mezcla, se basa en la diferencia de velocidades de migración de los componentes de una mezcla al ser arrastrados por un gas inerte a través de una columna rellena de un material adecuado; para Bulnes y Gisseleire (1983) este método consiste en hacer pasar la corriente de gas a través de la columna rellena, allí entra en contacto íntimo con la capa superficial del líquido. Debido a que la elusión de la muestra es función del punto de ebullición de cada uno de los componentes y este depende tanto de la temperatura como de la naturaleza de la muestra y de la fase líquida, se pone la columna en un horno donde la temperatura puede ser mantenida constante o bien aumentar en forma regular. La cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID) es una técnica ampliamente utilizada en el análisis de bebidas alcohólicas para la cuantificación de componentes volátiles mayoritarios como los alcoholes superiores, ésteres, ácidos, aldehídos y furfural (Cortés *et al.* 2005; López-Vázquez *et al.* 2010).

Mecanismo y procedimientos generales de la cromatografía de gases

El primer paso es suministrar uno o varios gases de elevada pureza al GC, uno de estos gases (denominado gas portador) entra por el inyector, a través de la columna y hacia el detector, a continuación, se introduce una muestra en el inyector que se encuentra generalmente a una temperatura de entre 150 y 250 °C, lo cual ocasiona que los solutos de muestras volátiles se vaporicen. Estos solutos vaporizados son transportados a la columna por medio del gas portador, mientras la columna permanece en un horno a temperatura controlada (Agilent Technologies 2007). Los solutos recorren la columna a diversas velocidades, que vienen determinadas principalmente por las propiedades físicas de estos solutos, así como por la temperatura y composición de la propia columna. El soluto más rápido es el primero en salir (eluir) de la columna, seguido por el resto de solutos en el orden correspondiente. A medida

que cada soluto eluye, entra en el detector calentado, donde se genera una señal electrónica en función de la interacción del soluto con el detector. Un sistema de datos (por ejemplo, el software ChemStation de Agilent) almacena el nivel de la señal y la dibuja en función del tiempo transcurrido para generar un cromatograma (Agilent Technologies 2007).

2.3. Aguardiente

Es el producto proveniente de la destilación de mostos fermentados, se caracteriza por conservar un aroma y un gusto particular inherente a la sustancia sometida a fermentación y destilación. Se le designara por la frase “Aguardiente de” seguida del nombre de la materia prima de la cual proviene; también se puede denominar por un nombre específico, NTP 210.019 (INDECOPI 2008). Casco (2005) por su lado refiere que el aguardiente deriva del latín «*aqua ardens*» y es una bebida de alta graduación alcohólica en promedio de 29 a 40 por ciento v/v y su calidad depende del proceso de destilación que se utilice; mientras que Rivero (2006) señala que el aguardiente es conocido como una bebida espirituosa, por ser una bebida con contenido alcohólico procedente de la destilación de materias primas agrícolas tales como: uvas, cereales, frutos secos, remolacha, caña, etc. Asimismo, el Pisco, el whisky, el brandy, el ron, la ginebra, el vodka y otros licores, son considerados bebidas espirituosas, sin embargo, no todas estas bebidas cuentan con Denominación de Origen que es característico de los productos de calidad y son protegidos de manera especial por el prestigio que poseen y porque muchas veces son imitados por quienes intentan colgarse de la reputación ganada, lo cual perjudica a los consumidores y productores, además, la Denominación de Origen permite crear políticas y estrategias comerciales por parte del estado y las empresas.

2.3.1. Aguardientes Europeos

Un determinado tipo de bebidas alcohólicas obtenidas a partir de la destilación de diferentes materias primas se encuentran amparadas por el Reglamento (CE) N° 110/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo del 15 de enero de 2008, relativo a la definición, designación, presentación, etiquetado y protección de la indicación geográfica de bebidas espirituosas, que deroga el anterior Reglamento (CE) N° 1576/1989. En este se incluye a Galicia como la única región española con derecho de Indicación Geográfica, “Orujo de Galicia”, con la misma categoría que los “Marcs” de Francia, “Grappas” de Italia,

“Bagaçeirás” de Portugal, “Tsipouros” de Grecia, “Eaude-vie de Marc” de Luxemburgo, “Zivania” de Chipre y “Törkölypálinka” de Hungría.

2.3.2. Orujo de Galicia

El aguardiente de orujo es un destilado tradicional fuertemente arraigado dentro de las costumbres gastronómicas y culturales del pueblo Gallego, con la destilación se pretende la extracción máxima de compuestos volátiles contenidos en la materia prima, 0,3 a 1 por ciento del alcohol total, y por otra parte se pretende seleccionar las sustancias que acompañan al alcohol, procurando eliminar las altas concentraciones de productos indeseables como: acetaldehído, acetato de etilo, 1,1-dietoxietano (acetal), etc. (Cantagrel *et al.* 1990). Los aparatos que son utilizados tradicionalmente para destilar son construidos de cobre; se escoge al cobre porque es un metal muy maleable, buen conductor del calor, (evita el sobrecalentamiento local del orujo, lo cual es origen de malos gustos en el aguardiente), posee buena resistencia a la corrosión provocada por la materia prima a destilar y es catalizador de ciertos procesos químicos, reaccionando con algunos compuestos que son desagradables organolépticamente, sobre todo si se encuentran en elevadas concentraciones entre ellos se encuentran: tioles, mercaptanos, ácidos grasos (Léauté 1990).

2.3.3. Requisitos del aguardiente de Orujo de Galicia

El Consello Regulador de las Denominaciones Geográficas de los Aguardientes y Licores Tradicionales de Galicia es el que ampara a estos productos, entre ellos se encuentran el aguardiente de orujo y el aguardiente de orujo envejecido. Los aguardientes de orujo pueden envejecerse mediante el sistema de vendimias o añadas en envases de madera por un tiempo inferior a un año, el aguardiente no se combina o mezcla con otros aguardientes en este periodo de envejecimiento y debe cumplir los siguientes parámetros y características organolépticas que se indican en las Tablas 7 y 8.

Tabla 7: Parámetros físico-químicos del Orujo de Galicia

Parámetros	Orujo de Galicia		Orujo de Galicia envejecido	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Grado alcohólico (%)	37,5	50	37,5	50
Metanol, g/hL a.a.	200	950	200	950
Acidez total en ácido acético, g/hL a.a.	-	150	-	250
Acetaldehído (etanal), g/hL a.a.	-	150	-	150
Acetato de etilo, g/hL a.a.	-	250	-	250
Suma de alcoholes superiores, g/hL a.a.	225	600	225	600
Cobre, mg/L de muestra	-	9	-	9
(g/hL a.a. = gramos/100 litros de alcohol absoluto)				

Fuente: Indicación Geográfica Orujo de Galicia 2014.

Tabla 8: Características organolépticas del Orujo de Galicia

Características organolépticas	Orujo de Galicia	Orujo de Galicia envejecido
Aspecto	Transparente-limpio	Translúcido-limpio
Color	Incoloro	ambarino-tostado
Aroma	Intenso, fino, delicado, con presencia de notas florales y/o frutales, ausencia de olor a humedad, a quemado, a suciedad y de notas acéticas	Intenso, fino, delicado pudiendo presentar recuerdos a vainilla, especias, frutos secos; ausencia de humedad, de sensación a quemado, de suciedad y de notas acéticas
Sabor	Propio de la materia prima de la que procede, exento de elementos extraños y con recuerdos a las características percibidas en la fase olfativa	A la materia prima de origen, con presencia de las características percibidas en la fase olfativa y las del envejecimiento natural. Estará exento de elementos extraños

Fuente: Adaptada de Indicación Geográfica Orujo de Galicia 2014.

Métodos de destilación

Actualmente entre los sistemas de destilación utilizados para la elaboración del “Aguardiente de Orujo” en Galicia se dividen en:

a) Sistemas de destilación tradicionales: este método se realiza mediante fuego directo, los equipos que se utilizan son: el alambique y la alquitara.

b) Sistemas de destilación industrial: en este método el calentamiento de la masa a destilar se hace por arrastre de vapor de agua (calentamiento por fuego indirecto). Existen distintos tipos de equipos entre ellos destacan:

- Arrastre de vapor “sistema portugués”, con un deflector (lenticular o tubular).
- Arrastre de vapor con columna de rectificación de cinco platos y 10 platos de rectificación.
- Baño María con columna de rectificación de cinco platos (tipo Holstein).
- Baño María Trentino.

Las destilerías industriales están adaptando las columnas desmetilantes y desalcoholizadores, en Galicia solo están implantadas las columnas desmetilantes con distinto número de platos de rectificación y un desalcoholizador continuo (Orriols *et al.* 2007). Da Porto (1998) refiere que para obtener un producto de calidad rico en alcohol se suelen realizar tres operaciones: la deflección cuyo objetivo es eliminar las impurezas, concentrando la fracción alcohólica previamente a la condensación; la rectificación cuyo objetivo es la separación de diferentes sustancias volátiles por el paso del vapor a través de una columna con diferentes platos o “trampas” que permiten escoger la fracción de destilado deseada a distintas alturas de la columna de rectificación y la desmetilación cuyo objetivo es eliminar el metanol por medio de una columna de desmetilación. Además, en escala industrial también se pueden utilizar desalcoholizadores.

En Italia, la destilación continua es el sistema más utilizado para la elaboración de la “Grappa” (Odello 1994); por su parte Versini y Odello (1990) aseguran que a gran escala se utilizan los alambiques continuos con desalcoholizadores horizontales o verticales, que en algunos casos pueden llevar columnas de desmetilación. En Grecia para la producción de “Tsipouro” se utilizan pequeños alambiques de 130 litros para destilar una mezcla de orujo y vino en proporción de 60 a 40 con doble destilación (Soufleros y Bertrand 1990). En Francia, tienen especial renombre los “Marcs” de la Alsacia y del Borgoña, las destilaciones se realizan con sistemas por arrastre de vapor realizando doble destilación con repaso en alambique con columnas a baño maría o arrastre por vapor, mientras que en las artesanales suelen utilizar pequeños alambiques de unos 100 litros de capacidad con calentamiento a baño maría. En Portugal, existe también una gran tradición en la destilación de orujos para la obtención de “Bagaçeira” (Silva *et al.* 1996), los alambiques utilizados son de arrastre de

vapor o también denominados de columna y el destilado se obtiene normalmente por una sola destilación. En la región de los vinos verdes en algunos casos se realiza doble destilación para obtener “Bagaçeirás” más finas, destilando el orujo para la obtención de destilado por arrastre y realizando la redestilación en el mismo sistema (vapor) o con el alambique calentáis de unos 1 200 litros de capacidad (Silva *et al.* 1996).

2.3.4. Elaboración final de los aguardientes

Son necesarios unos pasos previos para que la mezcla final de los corazones para que pueda llegar al consumidor. Entre estas etapas están la reducción del grado alcohólico, los aguardientes de orujo, al igual que otros destilados se obtienen con una graduación alcohólica muy superior a la de consumo humano, razón por la cual es necesario reducir el grado alcohólico mediante hidratación con agua destilada, este proceso es importante debido a que algunos compuestos se insolubilizan, facilitando su separación a través de filtración o clarificación y por último la posibilidad del envejecimiento en recipientes de acero inoxidable o barricas, esto constituye una ventaja importante en la estabilidad del destilado en el tiempo, ya que se eliminan cantidades apreciables de ácido mirístico, láurico, esteárico, oleico, linoleico, linolenico junto con los ésteres correspondientes formados con el etanol y metanol. Investigaciones europeas en aguardientes revelan que en un periodo de ocho meses como mínimo, con periodicidad mensual de aireado, garantiza un cierto equilibrio en el aroma del destilado, marcado por la presencia de cambios químicos, sin embargo, periodos más prolongados de maduración propician un mayor aumento del contenido en ésteres, dando lugar a aguardientes con un mejor aroma (Rodríguez-Bencomo *et al.* 2009).

2.4. Residuos agroindustriales

Son aquellos residuos o subproductos que se generan en cualquier proceso productivo y comúnmente no son considerados de utilidad como materia prima para la producción de otro producto (Rosas *et al.* 2016); asimismo, estos representan cantidades significativas y son considerados un problema ambiental (Restrepo *et al.* 2011). Mientras que Saval (2012) refiere que cada subsector de la agroindustria genera residuos específicos que pueden ser sólidos o líquidos y a la vez muy susceptibles para el aprovechamiento y transformación generando otro producto con valor económico de interés comercial y/o social o como alternativa de tratamiento o recuperación de algún medio contaminado. En general, las

características de los residuos agroindustriales son muy variadas, dependen de la materia prima y del proceso que los generó, sin embargo, comparten una característica principal que es el contenido de materia orgánica, constituida por diferentes porcentajes de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina (Sánchez *et al.* 2010; Saval 2012).

Los residuos agroindustriales más aprovechados son: el bagazo del agave, que resulta de la producción de tequila (Alonso *et al.* 2011); la cachaza, el bagazo, la carbonilla, la paja y el cogollo, generados por la agroindustria de la caña de azúcar y de la caldera de las fábricas azucareras (Montenegro *et al.* 2015; Palma *et al.* 2016); la cascarilla de arroz, la cáscara de los cítricos, la cáscara del plátano, el zuro de maíz (Sánchez *et al.* 2010; Vergara 2015); la zoca del café (Aristizábal 2015); y las pastas proteicas, los lodos, el suero, el salvado, los mostos residuales, la vinaza, los residuos de material verde (cáscaras, hojas, tallos, bagazo de frutas) (Hernández *et al.* 2016). Por la diversidad de residuos agroindustriales generados a nivel mundial, estos pueden ser utilizados principalmente para la producción de compost (Hernández *et al.* 2016) y también como bioenergéticos (Muñoz *et al.* 2013). Sin embargo, el aprovechamiento de estos residuos para la producción de alimentos para animales u otros productos de interés con un valor agregado se encuentra en un nivel inferior a la producción de compost (Saval 2012). Rosas *et al.* (2016) refieren que la aplicación de compost puede reducir el uso de fertilizantes químicos, puesto que tiene la capacidad de mejorar las condiciones fisicoquímicas del suelo; además, puede prevenir la eutrofización en diferentes fuentes hídricas por la escorrentía de fertilizantes utilizados en diversos cultivos. Yepes *et al.* (2008) definen tres grupos tecnológicos para aprovechar los residuos agroindustriales entre ellos: valorización biológica y química, obtención de combustibles (biogás) y la valorización térmica que es la reducción del volumen de los residuos utilizándolos como fuente de energía, mediante la valorización biológica se obtiene compost, en la química se obtiene enzimas, aceites esenciales, fibra dietaria, flavonoides y carotenoides, etc.

2.4.1. Impacto al ambiente

Toda agroindustria, sin importar la escala y el sector, genera residuos y cuando estos no son manejados o gestionados adecuadamente, generan impactos negativos al ambiente, alterando los estándares de calidad del agua, suelo y aire. Sin embargo, si por lo contrario estos residuos son aprovechados o reutilizados dentro del mismo proceso que los generó y

manejados adecuadamente, ayudaría a prevenir la contaminación de diversos ecosistemas y evitaría riesgo en la salud humana (Barragán *et al.* 2008; Gómez *et al.* 2016). Barragán *et al.* (2008) también refieren que algunos residuos de la agroindustria son quemados a cielo abierto lo cual produce una gran liberación de gases tóxicos al ambiente, en otros casos son dispuestos en rellenos sanitarios, cuyos lixiviados generan contaminación a las aguas subterráneas mediante infiltración.

2.5. Residuos vitivinícolas

El 80 por ciento de la producción de uva a nivel mundial es destinada a la elaboración de vino, en ese proceso se generan grandes cantidades de residuos sólidos que representan el 30 por ciento de la uva utilizada (Reyes 2013); por su parte Marcilla (1968) indica que en la industria vitivinícola, la semilla, el escobajo y el orujo de la uva no son aprovechados, a pesar de que estos subproductos tienen distintos componentes químicos que pueden servir de materia prima para elaborar otros productos.

2.5.1. Residuos sólidos

Moreno (2008) menciona que la composición de los residuos sólidos generados en la industria vitivinícola es muy heterogénea, destacando entre ellos un pH ácido, bajos niveles de conductividad eléctrica y altos contenidos de materia orgánica.

Escobajo o raspón: es el sostén que sujeta a las bayas del racimo y es de baja riqueza nutritiva, pues contiene una elevada cantidad de celulosa y lignina, y es de consistencia leñosa (Romagosa 1979). Por otra parte, Marcilla (1968) señala que el escobajo puede llegar a la bodega vitivinícola en forma verde o maduro, el escobajo en estado verde contiene entre 70 a 80 por ciento de agua y en menor proporción otros compuestos como: clorofila, taninos, ácidos tártricos y málicos; mientras que el escobajo maduro tiene una composición entre 35 a 60 por ciento de agua, baja cantidad de ácidos y abundante crémor tártaro.

Orujo: por cada 100 kilogramos de uva se obtiene 21,2 kilogramos de orujo y está constituido por el hollejo o piel de la baya de la uva y las semillas de la uva, el hollejo representa el 81,4 por ciento del orujo y la semilla el 18,6 por ciento (Anexo 10).

a) Hollejo: Romagosa (1979) refiere que el hollejo o piel del grano de la uva, es el pericarpio del fruto donde se deposita el mosto o azúcares y esta piel está formada por una epidermis de 6 a 10 capas de células que le dan robustez y elasticidad. En el exterior presentan una sustancia cerosa “pruina” y constituye el substrato ideal de las levaduras y microorganismos que intervienen en el curso de la fermentación y en ella se encuentran la mayoría de los compuestos herpéticos varietales, en especial los terpenoles (Ruberto *et al.* 2008).

b) Semillas: las semillas de uva son muy leñosas y duras, pero ricas en taninos. El albumen, donde descansa el embrión, contiene un aceite llamado aceite de semilla de uva, el cual se puede extraer por diversos métodos, entre ellos prensado en frío o por solución de hexanos (Ruberto *et al.* 2008); el aceite bruto de estas semillas se enrancia muy rápido al contacto con el aire y si entra en la producción de vino les agregaría un olor y sabor desagradables (Marcilla 1968). De Rosa y Castagner (1994) refieren que son consideradas como componentes pasivos en la masa, durante el proceso fermentativo.

Bustamante *et al.* (2008) señalan que uno de los principales problemas de las industrias vitivinícolas y las destilerías es la generación de grandes cantidades de orujos en cortos periodos de tiempo; además, presentan características como: bajo pH, alto contenido de sustancias fenólicas fitotóxicas y antibacterianas, lo cual dificulta su degradación biológica. Mientras que Marcilla (1968) y Soto *et al.* (2008) añaden que el orujo generado en la industria vitivinícola puede ser destilado para obtener un aguardiente de orujo de uva. La Unión Europea genera aproximadamente 30 millones de toneladas de orujo al año siendo los principales generadores: España, Italia y Francia; Sánchez y Ruggieri (2009) señalan que la industria española del vino genera entre 2 y 3 millones de toneladas de residuos por año durante el período de vendimia, debido a su carácter estacionario; se han tratado de reutilizar el orujo mediante diversos procesos así por ejemplo, la fermentación alcohólica del orujo de uva produce varios compuestos volátiles y estos son recuperados para obtener licores mediante destilación (Mangas *et al.* 1996). Mientras que Soto *et al.* (2008) refieren que el orujo también puede utilizarse como alimento para el ganado o puede quemarse para producir energía. Molero *et al.* (1995) refieren que a partir del orujo de uva se pueden obtener compuestos antioxidantes con fines farmacológicos para reducir el deterioro de alimentos, como también para tratar enfermedades humanas degenerativas; entre este grupo de antioxidantes destacan los polifenoles como antocianinas y flavonoles (De Campos *et al.* 2008). Makris *et al.* (2006) y Soto *et al.* (2008) señalan que el orujo también se ha utilizado

como fertilizante de suelos; sin embargo, se han observado efectos negativos que están asociados con una inmovilización inicial del nitrógeno después de la adición del orujo al suelo (Mariotti *et al.* 2000).

Sin embargo, Botella *et al.* (2005) aseguran que la mayoría de estos procesos de reutilización y aprovechamiento del orujo de uva tienen muy bajos rendimientos y esa es la razón principal por la cual hace que se disponga en grandes montículos en áreas abiertas, causando serios problemas medioambientales. Por ello, ante los bajos rendimientos en las diversas formas y métodos de aprovechamiento antes mencionados, en los últimos años se han desarrollado nuevos procesos alternativos de aprovechamiento para la obtención de productos químicos mediante fermentación en estado sólido; ya que la composición química del orujo es bastante compleja y presenta: alcoholes, ácidos, aldehídos, ésteres, polifenoles, sustancias minerales, azúcares, etc., asimismo, también incluyen carbohidratos, fibra, grasas, proteínas y sales minerales (Ruberto *et al.* 2008).

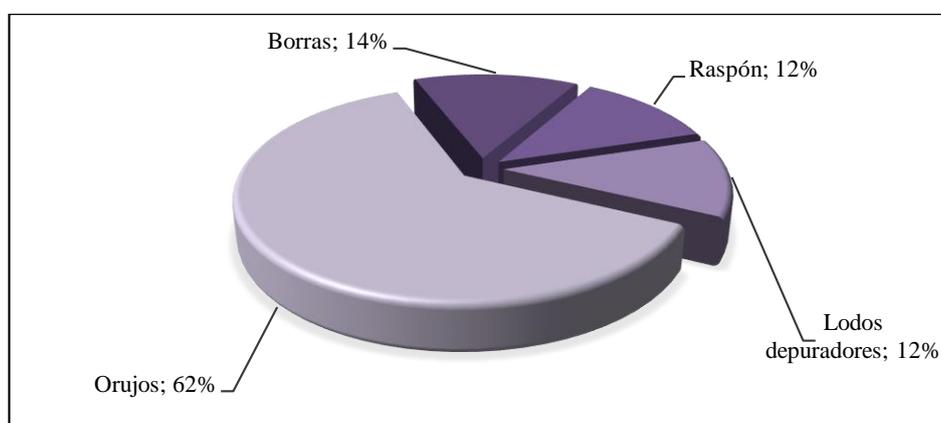


Figura 9: Distribución de los residuos vitivinícolas generados en España

Fuente: Adaptada de Sánchez y Ruggieri 2009.

2.5.2. Residuos líquidos

Borra

Silva (2003) refiere que las borras o lías son residuos densos y fangosos que se generan durante el trasiego del mosto al finalizar la fermentación, están constituidas principalmente por agua, restos de levadura, tartratos y materiales de alto peso molecular presentes inicialmente en el mosto y que luego precipitan por el aumento de la concentración del alcohol. La cantidad de borras obtenidas de un lote de producción depende de varios factores:

variedad de uva, estado de madurez, estado sanitario de las bayas, factores climáticos y las técnicas de manejo, también se sabe que en la vinificación es posible obtener de 1 a 5 kilogramos de lías por cada 100 litros de mosto producido; de esta manera, se obtiene en promedio 313 gramos de borras por cada litro de Pisco producido (Farias-Campomanes y Meireles 2013), sin embargo, de acuerdo al Anexo 10 por cada 100 litros de mosto producido se obtiene 20,63 litros de borra o 1,09 litros de borra por litro de Pisco producido. Actualmente, las lías son descartadas y solo una pequeña cantidad es utilizada para obtener alcohol vínico y tartrato de calcio del cual se obtiene ácido tartárico y el residuo de estos procesos es utilizado como fertilizante (Devesa-Rey *et al.* 2011). También se puede obtener levadura, material colorante que puede ser usada como alimento para animal; sin embargo, el bajo valor nutritivo de las levaduras inviabiliza este uso (Silva 2003).

Cabeza

Es la primera fracción del destilado con 68 por ciento v/v de grado alcohólico y representa el uno por ciento del vino base (Figura 3) que es utilizado para lavar los alambiques.

Cola

Por criterios organolépticos, se considera cola a la fracción que se presenta una graduación alcohólica menor a los 20 por ciento v/v, esta fracción representa el 2,59 por ciento del vino base (Figura 3).

Vinaza

La vinaza o “mosto cocido” es un residuo líquido turbio de color café rojizo con un olor a alcohol-caramelo que representa el 72,63 por ciento del vino base (Figura 3) que se genera en la producción de Pisco en el proceso de destilación, la vinaza queda depositada en el fondo del alambique al finalizar la destilación. Por lo general presenta un pH promedio de 3,5 y una DBO₅ aproximada de 25 000 a 30 000 mg L⁻¹ por la cual se considera un residuo líquido muy agresivo que provoca serios problemas en los recursos hídricos donde se descarga, estos valores se asemejan al reporte de Díez-Rojo (2010) quien refiere que la vinaza presenta un pH promedio de 3,6; 15 000 mg L⁻¹ aproximado de DBO₅ y aproximadamente 0,73 g L⁻¹ de potasio; 0,21 g L⁻¹ de fósforo y 0,12 g L⁻¹ de nitrógeno total; la DBO₅ también se asemeja al reporte de Freire y Cortez (2000) quienes también refieren que la vinaza tiene una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) que varía de 12 000 a

20 000 mg L⁻¹, estos altos niveles se deben a que es rica en materia orgánica, por lo que retira gran parte del oxígeno disponible en el agua y en el suelo; su composición química dependen de la materia prima que se utilice, condiciones climáticas y del proceso de elaboración (Rodella *et al.* 1981). Mientras que para Falconí (2013) la vinaza presenta un gran contenido de materia orgánica y nutriente como: nitrógeno, azufre, fósforo y una gran cantidad de potasio proveniente de los residuos de la levadura, sales, restos de la materia prima, residuos de alcohol y azúcares, por lo general es ácida con un pH entre 3 y 4, también presenta un importante nivel de salinidad (CE entre 7 y 8 dS/m), asimismo, refiere que está compuesta por el 93 por ciento de agua, el dos por ciento de compuestos inorgánicos (potasio, calcio, sulfatos, cloruros, nitrógeno, fósforo, etc.) y el cinco por ciento de compuestos orgánicos; sin embargo, Arana (2010) considera a la vinaza como un residuo con potencial fertilizante agrícola debido a su composición nutricional, química y biológica, ya que presenta niveles importantes de potasio, nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, además de un alto contenido de materia orgánica. Las vinazas, históricamente han sido consideradas indeseables debido a sus efectos secundarios, los cuales incluyen la contaminación de ríos, fuentes de aguas subterráneas y mares cercanos a las industrias pisqueras, ocasionando la mortalidad de la fauna acuática (Pérez y Garrido 2008). En Chile la vinaza es considerada como un subproducto orgánico líquido generado por la elaboración de Pisco, por cada litro de mosto destilado se genera 25 por ciento de alcohol y 75 por ciento de vinaza (CPL 2011). Este subproducto es considerado un residuo con un costo de tratamiento y eliminación de US\$ 300 000 por año para una planta que genera 200 m³ día⁻¹ de vinaza; su alto déficit de DBO₅ dificulta su uso, pues la normativa Chilena 1.333 de Calidad de Aguas de Riego permite aplicar cantidades máximas de vinaza en lugares especialmente habilitados y controlados, equivalentes a 112 kilogramos de DBO₅ ha⁻¹día⁻¹ (SAG 2006).

En el proceso de la producción de Pisco, por cada 100 kilogramos de uva utilizada se obtiene aproximadamente los siguientes productos y subproductos que se detallan en la Figura 10.

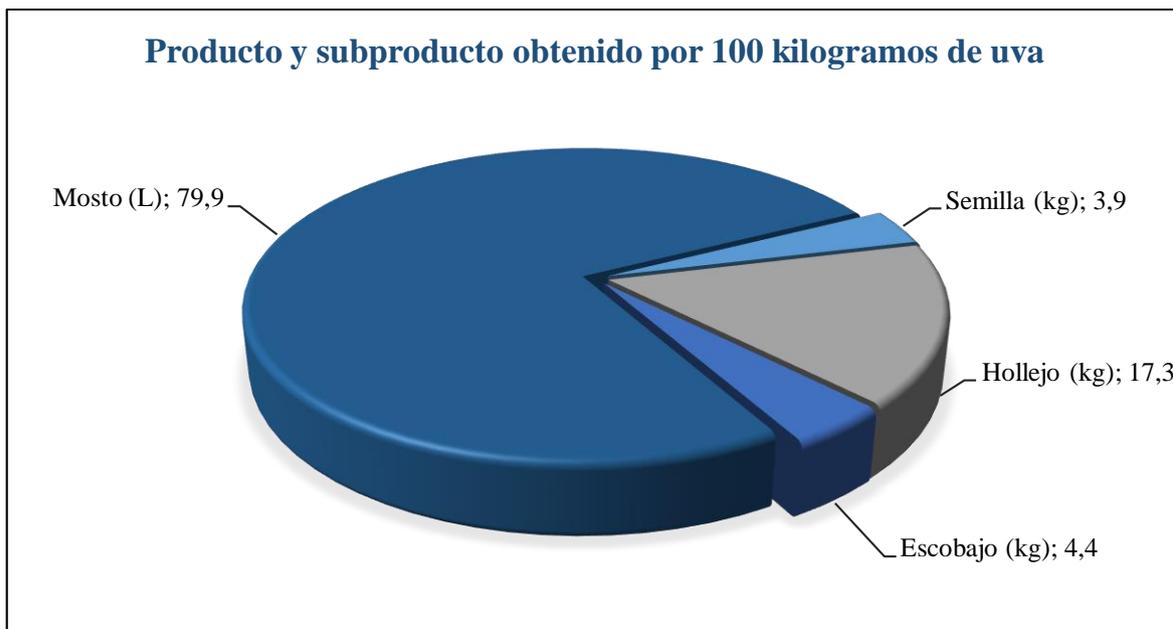


Figura 10: Producto y subproducto obtenido a partir de 100 kilogramos de uva

Fuente: Elaborado con base en Anexo 10 de la presente investigación.

Para producir 100 litros de Pisco se necesita aproximadamente 663,5 kilogramos de uva, de lo cual se obtiene 420,5 litros de vino base y los residuos sólidos y líquidos generados por dicha producción se observan en la Figura 11.

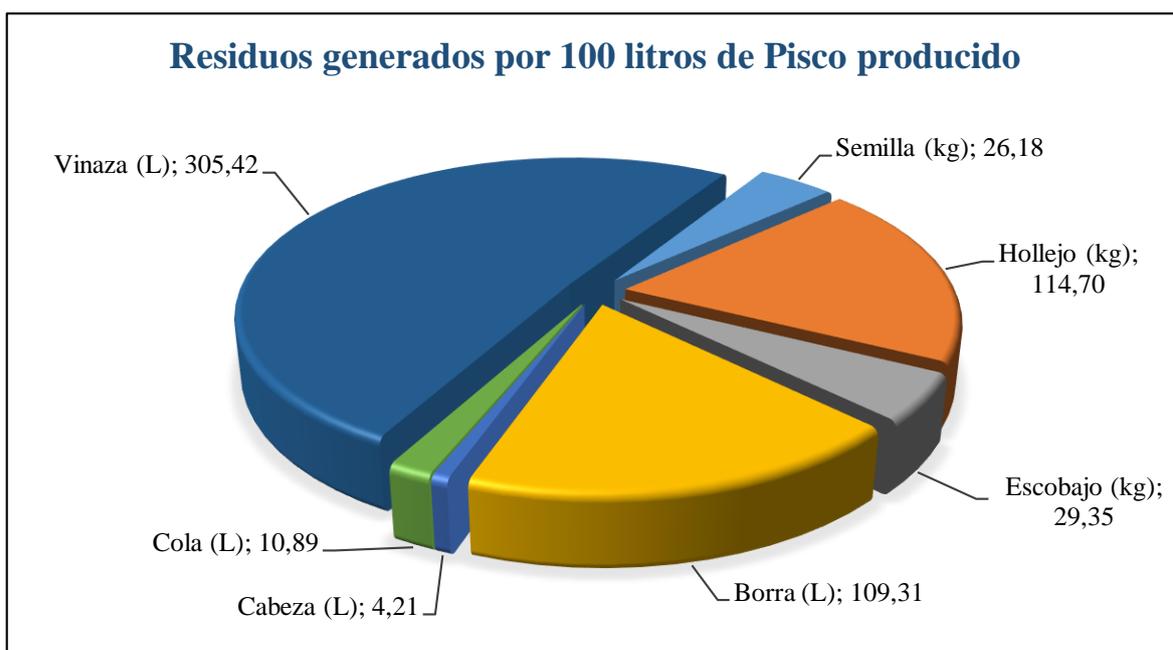


Figura 11: Residuos sólidos y líquidos generados por la producción de 100 litros de Pisco

Fuente: Elaborado con base en Anexo 10 de la presente investigación.

2.6. Producción Más Limpia

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Producción Más Limpia (PML) es “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia total y reducir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente”. Este puede ser aplicado a diferentes procesos industriales, a productos en sí mismos y a varios servicios ofrecidos a la sociedad. En procesos productivos, la PML involucra la conservación de materias primas, agua y energía con la disposición de materiales tóxicos y peligrosos y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y residuos en la fuente (ONUDI 2008).

ONUDI (2008), señala que existen varios niveles y estrategias dirigidas a la Producción Más Limpia y minimización de desechos, como se observa en la Figura 12.

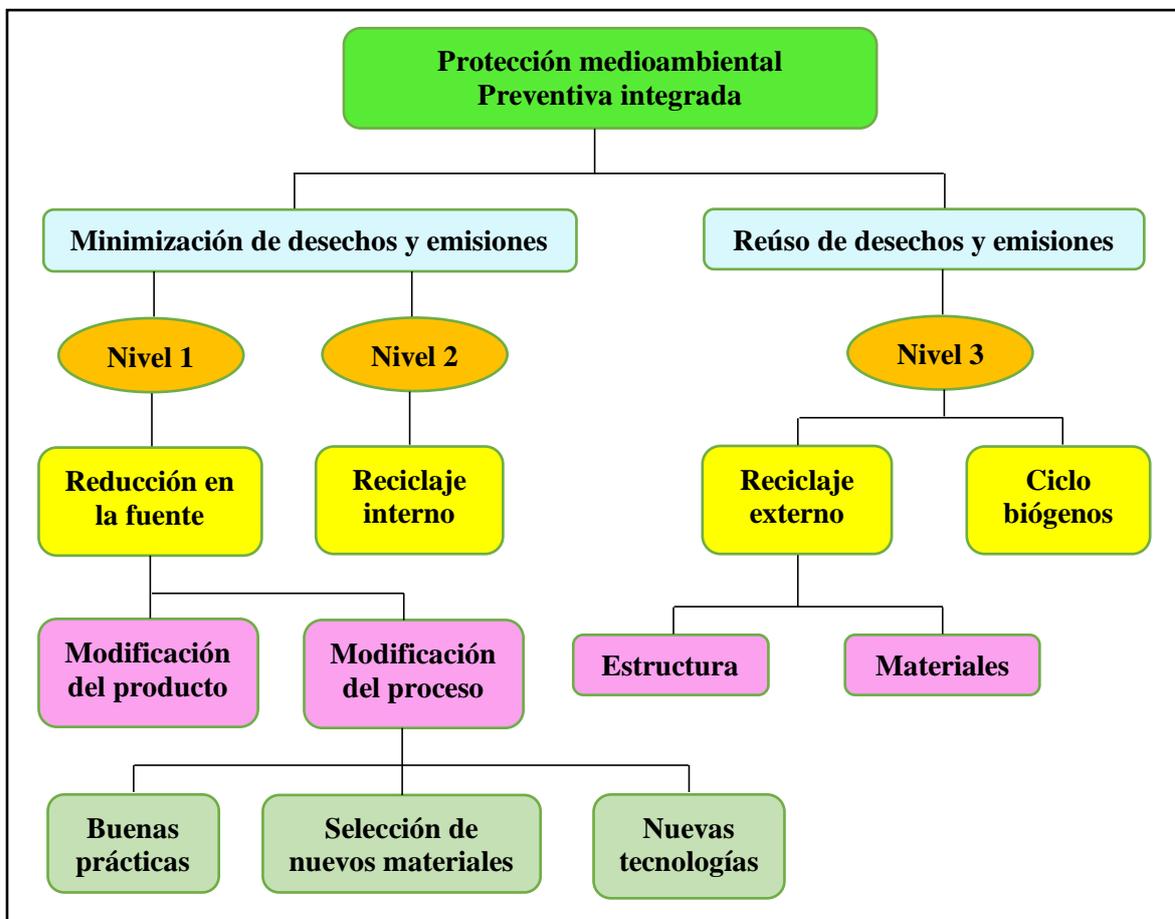


Figura 12: Niveles y estrategias dirigidas a la Producción Más Limpia y minimización de desechos

Fuente: Adaptada de ONUDI 2008.

La Guía Peruana 900.200 INDECOPI (2007) considera los siguientes principios, beneficios y estrategias de Producción Más Limpia:

2.6.1. Principios de Producción Más Limpia

Principio de sostenibilidad: se refiere a la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo sostenible, para la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones. La Producción Más Limpia constituye a lograr un equilibrio entre los aspectos ambientales y económicos al hacer un uso eficiente de los recursos, disminuyendo de esta manera los impactos ambientales que afectan a la sociedad.

Principio de prevención: aplica a la Producción Más Limpia como una estrategia que permita minimizar los efectos negativos que los procesos productivos generen sobre el medio ambiente.

Principio de internalización de costos: el costo de las acciones de prevención para la protección del ambiente y los impactos negativos de las actividades humanas, debe ser asumido por los mismos agentes causantes de dichos impactos.

Principio de innovación tecnológica: es la estrategia clave dirigida al desarrollo de nuevos procesos y productos, mediante la generación, transferencia, incorporación y adaptación de tecnologías; representa un trabajo sistemático que implica ver el cambio como una oportunidad, superar lo gastado, lo obsoleto, lo improductivo, llevar ideas nuevas al nivel de realización práctica, hasta que sean utilizables y aplicables. La innovación es producto de la creatividad del hombre y la mujer, y el empleo eficaz de las herramientas de Ciencia y Tecnología. Impulsar la innovación en los sectores productivos de bienes y servicios y regiones, requiere de una organización y gestión de sus sistemas de innovación.

2.6.2. Beneficios de implementar un programa de Producción Más Limpia

Mejoras en la productividad y la rentabilidad: los cambios a efectuarse en la producción conllevan a un aumento en la rentabilidad, debido a un mejor aprovechamiento de los recursos y a una mayor eficiencia en los procesos, entre otros.

Mejoras en el desempeño ambiental: un mejor uso de los recursos reduce la generación de residuos, los cuales pueden, en algunos casos, reciclarse, reutilizarse o recuperarse. Por consiguiente, se reducen los costos y se simplifican las técnicas requeridas para el tratamiento al final del proceso y para la disposición final de los residuos.

Mejoras en la imagen: por ser amigables con el ambiente.

2.6.3. Estrategias de Producción Más Limpia

Tabla 9: Estrategias de Producción Más Limpia

Buenas practicas operativas	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimientos de organización y métodos. • Prácticas de gestión. • Segregación de residuos. • Mejor manejo de materiales. • Cronograma de producción. • Control de inventario. • Capacitación.
Mejor control de los procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimientos operativos e instrucciones de los equipos redactados en forma clara y disponible de manera que los procesos se ejecuten más eficientemente y produzcan menos residuos y emisiones. • Registro de las operaciones para verificar cumplimiento de especificaciones de procesos.
Reutilización, recuperación y reciclaje in situ	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilización de materiales residuales dentro del mismo proceso para otra aplicación en beneficio de la organización.
Producción de sub-productos útiles	<ul style="list-style-type: none"> • Transformación del residuo en un subproducto que puede ser vendido como insumo para organizaciones en diferentes sectores del negocio.
Substitución de insumos	<ul style="list-style-type: none"> • Insumos menos tóxicos. • Materiales renovables. • Materiales auxiliares que tengan un tiempo de vida más largo en anaquel.
Reformulación/ rediseño del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño con menor impacto ambiental durante el tiempo de vida del producto. • Diseño con menor impacto ambiental durante su producción. • Incremento de la vida útil del producto.
Modificación del equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor equipo. • Mejores condiciones de operación. • Equipo de producción e instalaciones de manera que los procesos se hagan con mayor eficiencia y se generen menores residuos y emisiones.
Cambio de tecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización tecnológica en organización. • Mayor automatización. • Mejores condiciones de operación. • Reingeniería de procesos.

Fuente: Guía Peruana 900.200 INDECOPI 2007.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Servicios de Análisis Químico (LASAQ) y en el Centro de Investigación en Química, Toxicología y Biotecnología Ambiental (CIQTOBIA) del Departamento Académico de Química de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM); ubicados en el distrito de La Molina, provincia y región Lima.

3.2. Equipos, materiales y reactivos

3.2.1. Equipos

- Destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable
- Destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre
- Cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama (GC-FID), (GC-2010) Plus, marca Shimadzu
- Espectrofotómetro DR 2800
- Digestor DRB 200
- pH-metro WTW

3.2.2. Materiales

- Residuos pisqueros (borra, cabeza, cola, orujo y vinaza)
- Alcoholímetro
- Termómetro
- Mostímetro
- Probetas de 250 y 500 mL
- Vasos de precipitación de 100 mL
- Pipeta de 5 y 50 mL

- Matraz de 100 mL
- Botellas de vidrio de 50 mL y 4 L
- Balanza de 50 kg
- Guantes de protección
- Bidones de 20 L
- Etiquetas
- Marcador indeleble
- Agua destilada y agua de atarjea (no potable)
- Viales
- Jeringas
- Dispensadores
- Fiolas
- Tips
- Gases (nitrógeno, aire sintético instrumental, helio)

3.2.3. Reactivos

Etanol absoluto; Metanol; 2-Butanol; 1-Propanol; 2-methyl-1-propanol; Acetato de isoamilo; 1-Butanol; 3-methyl-1-butanol; Ethyl formiato; Metil acetato; Ethyl hexanoato; Hexil acetato; Etil butirato; Ethyl L-lactato; 1-Hexanol; Trans-3-hexen-1-ol; Cis-3-hexen-1-ol; Etil octanoato; Ethyl decanoato; Benzaldehido; Diethyl succinato; Ethyl laurato; 2-Feniletanol; Ethyl miristato.

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo a las metodologías de investigación planteadas por Hernández *et al.* (2006), la presente investigación fue de tipo cuantitativo, de nivel exploratorio y correlacional. Asimismo, se desarrolló en tres fases fundamentales: de campo, de laboratorio y de gabinete.

3.3.2. Fase de campo

Selección de industrias pisqueras

Se seleccionaron seis industrias pisqueras, ubicadas en los distritos de: Santa Cruz de Flores, Quilmaná, Nuevo Imperial y Lunahuaná, provincia de Cañete y región Lima, (en el Anexo 19 se observa el mapa de ubicación de las seis industrias seleccionadas) y en la Tabla 15 se detallan el nombre de las industrias y de los propietarios.



Figura 13: Industria de vinos y Piscos “El Paso” Lunahuaná, Cañete - Lima

Recolección y transporte de los residuos sólidos y líquidos de la industria pisquera

El “orujo” se recolectó en baldes de 20 litros y los residuos líquidos como “borra”, “cabeza”, “cola” y “vinaza” fueron recolectados en bidones de siete litros, galones y baldes de 20 y 30 litros, y fueron trasladados hacia las instalaciones del Laboratorio de Servicios de Análisis Químico (LASAQ) de la UNALM, ubicado en el distrito de La Molina. Cada residuo recolectado fue rotulado para facilitar su identificación al momento de destilar, el modelo de la etiqueta se observa en la Tabla 16.



Figura 14: Montículo de orujo acumulado a cielo abierto en Quilmaná - Cañete



Figura 15: Recolección y transporte de residuos pisqueros

3.3.3. Fase de laboratorio

Análisis de residuos

Se analizó la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) de la vinaza, para ser comparada con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado que se indican en la Tabla 10, ya que al ser excedido estos valores, pueden ocasionar daños a la infraestructura del sistema de alcantarillado y a los procesos de tratamiento de las aguas servidas, como también la

afectación de los ecosistemas acuáticos y de la salud de las personas; también se midieron otros parámetros como: pH y grado alcohólico de la borra, la cabeza, la cola y la vinaza; estos análisis se realizaron antes y después del proceso de destilación y se observa en el Anexo 12 de la presente investigación.

Tabla 10: Valores Máximos Admisibles para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado

Parámetros	Simbología	Unidad	Valores Máximos Admisibles para descargas al sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg L ⁻¹	500
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg L ⁻¹	1 000
Sólidos Suspendedos Totales	S.S.T	mg L ⁻¹	500
Aceites y Grasas	A y G	mg L ⁻¹	100

Fuente: Decreto supremo N° 010-2019 - VIVIENDA.

Destilación de residuos pisqueros

Destilador Turbo 500 still

El Turbo 500 es un destilador imprescindible para producir grandes cantidades de alcohol puro extremadamente limpio, permite recolectar destilados con una increíble pureza de alcohol al 93 por ciento v/v que supera a cualquier otro destilador en el mercado y tiene 25 litros de capacidad de carga; puede acoplarse con condensador T500 columna de acero inoxidable o con condensador T500 columna de cobre, cada columna tiene 100 g de cobre y 500 g de acero inoxidable como relleno en su interior cuyo objetivo es purificar el alcohol, también cuenta con un sensor digital de temperatura del agua saliente del sistema de refrigeración, el proceso de destilación puede durar cinco horas. Por recomendaciones de fábrica se debe esperar a que el sensor de temperatura llegue a los 45 °C para recién activar el sistema de refrigeración del condensador, después de la caída de la primera gota del destilado la temperatura del agua saliente del sistema de refrigeración debe mantenerse en el rango de 50 a 65 °C; y el proceso de destilación finaliza cuando la gota del destilado tarda entre 5 a 10 segundos en caer; los primeros 50 mL del destilado se considera “cabeza” y se descarta porque contienen acetaldehídos, acetato de etilo y metil propanol, el turbo 500 produce alcohol al 93 por ciento todo el tiempo de destilación “cuerpo”, y no produce “cola”.

En esta investigación, se utilizó un destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable y un destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre. Previo a la destilación se midió el volumen, la temperatura y el grado alcohólico de la “borra”, la “cabeza”, la “cola” y la “vinaza” como se observa en la Tabla 17. Para elaborar el balance de masa, se anotó el volumen del residuo a destilar, bodega de recolección, fecha de destilación, sistema destilador utilizado, hora de inicio de encendido del destilador, hora de inicio de la caída de las primeras gotas del destilado; los primeros 50 mL del destilado fueron separados para luego utilizarse como disolvente y el resto del destilado fue recolectado en probetas de 500 mililitros e inmediatamente se anotó la hora del día, se midió la temperatura y el grado alcohólico, luego se almacenó en botellas de vidrio, este proceso de control por cada 500 mililitros se repitió hasta culminar el proceso de destilación. El proceso de destilación se desarrolló en dos etapas:



Figura 16: a) Destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable y b) Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre

a) Primera etapa

En esta etapa se destilaron residuos líquidos denominados “borra”, “cabeza” de residuo de Pisco “Italia”, “Quebranta”, “Albilla” y “Acholado” en el turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable y en el turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre, con 100 g de cobre + 500 g de acero inoxidable de relleno en cada columna, para el

caso de “cola” de Italia se destiló en el turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre con el relleno de columna modificado (0 g de cobre + 500 g de acero inoxidable; y 100 g de cobre + 500 g de acero inoxidable), se aplicó el Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA) como se observa en las Figuras 17,18 y 19, y para el control y anotaciones se utilizó el formato que se observa en la Tabla 18. Se extrajo 50 mL del cuerpo del destilado para ser analizado por cromatografía gaseosa.

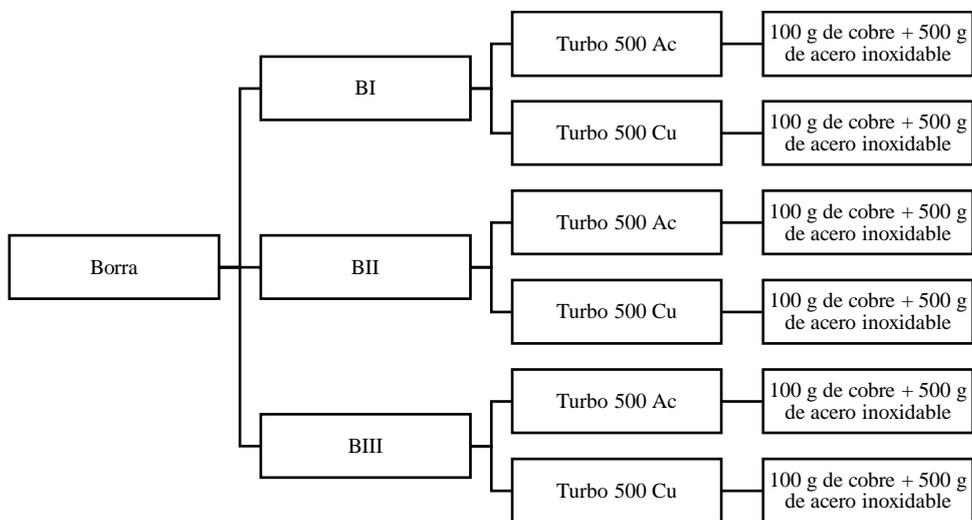


Figura 17: Diseño experimental para evaluar el efecto de la columna de acero y cobre en la composición química del aguardiente a partir de borra

En la Figura 17, BI = Albilla; BII = Italia; BIII = Quebranta.

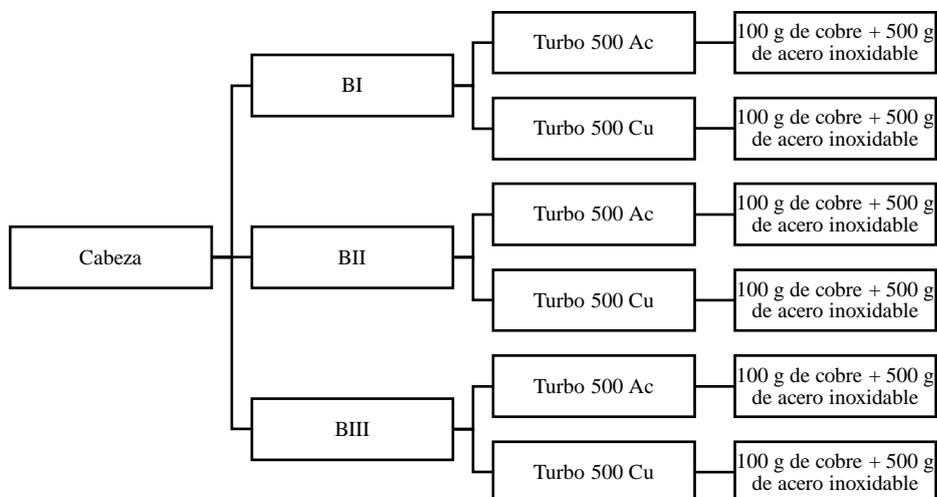


Figura 18: Diseño experimental para evaluar el efecto de la columna de acero y cobre en la composición química del aguardiente a partir de cabeza

En la Figura 18, BI = Acholado; BII = Italia; BIII = Quebranta.

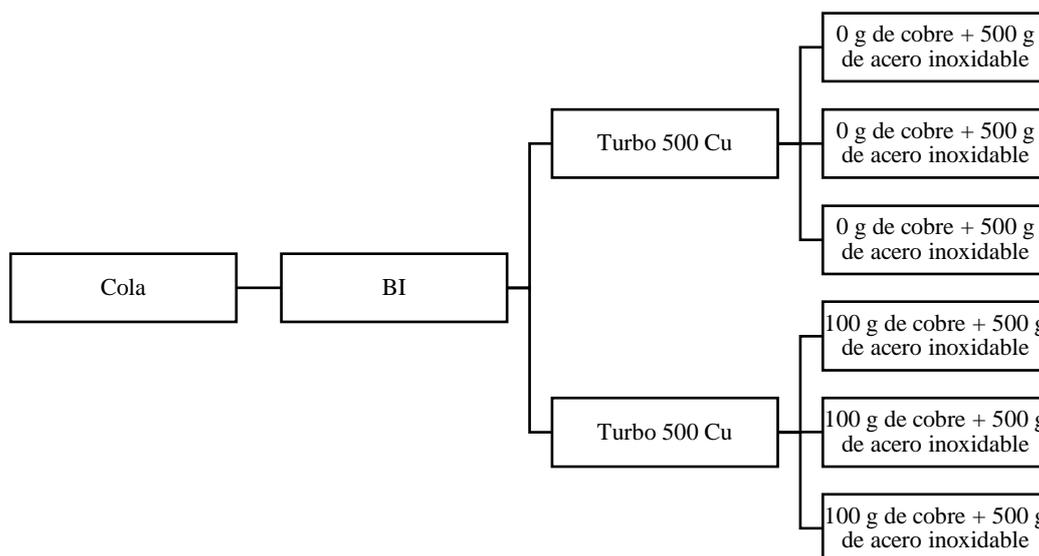


Figura 19: Diseño experimental para evaluar el efecto del cobre en la composición química del aguardiente a partir de cola

En la Figura 19, BI = Italia.

b) Segunda etapa

En esta etapa se destilaron residuos sólidos y líquidos con la siguiente proporción: 5 kg de orujo + 10 L de vinaza + 130 mL de cabeza (quinta parte de residuo generado por 100 kg de uva) de variedades de Pisco Italia y Quebranta, se utilizó el equipo turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable y se modificó el nivel de relleno de cobre en la columna de la siguiente manera (0 gramos de Cu + 500 gramos de acero inoxidable, 100 gramos de Cu + 500 gramos de acero inoxidable, 200 gramos de Cu + 500 gramos de acero inoxidable, 300 gramos de Cu + 500 gramos de acero inoxidable, 400 gramos de Cu + 500 gramos de acero inoxidable) y se aplicó el Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA) como se observa en la Tabla 11; para el control del destilado se utilizó la Tabla 19. Se extrajo 50 mL del cuerpo del destilado, para ser analizado por cromatografía gaseosa.

Tabla 11: Diseño experimental para evaluar el efecto del nivel de cobre en la composición química del aguardiente producido a partir de orujo + vinaza + cabeza

Bloque	Tratamiento (nivel de relleno de cobre)				
	0 g	100 g	200 g	300 g	400 g
I	(O+V+C) Q	(O+V+C) Q	(O+V+C) Q	(O+V+C) Q	(O+V+C) Q
II	(O+V+C) I	(O+V+C) I	(O+V+C) I	(O+V+C) I	(O+V+C) I

(O = orujo (5 kg); V = vinaza (10 L); C = cabeza (130 mL); Q = Quebranta; I = Italia).



Figura 20: Medición de grado alcohólico y temperatura del aguardiente producido

Análisis de cromatografía gaseosa

Se utilizó la metodología de la NTP 211.035 (INACAL 2015) de determinación de metanol y de congéneres en bebidas alcohólicas mediante cromatografía de gases, en las cuales se utilizó 23 compuestos volátiles entre ellos: Metanol; 2-Butanol; 1-Propanol; 2-methyl-1-propanol; Acetato de isoamilo; 1-Butanol; 3-methyl-1-butanol; Ethyl formiato; Metil acetato; Ethyl hexanoato; Hexil acetato; Etil butirato; Ethyl L-lactato; 1-Hexanol; Trans-3-hexen-1-ol; Cis-3-hexen-1-ol; Etil octanoato; Ethyl decanoato; Benzaldehido; Diethyl succinato; Ethyl laurato; 2-Feniletanol; Ethyl miristato, para ser identificados en nuestros aguardientes, mediante la comparación del tiempo de retención de cada compuesto y para ello se utilizó un cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama (GC-FID) con un software de integración de datos (Lab Solution). Las condiciones instrumentales fueron:

- Gas portador y presión: helio (130 kPa)
- La rampa de temperatura programada para el horno fue: temperatura inicial 40 °C durante 3 minutos, luego se elevó a 75 °C a 3 °C min⁻¹ (isoterma durante 6 minutos), posteriormente se incrementó la temperatura a 200 °C a una tasa de 9 °C min⁻¹.
- Temperatura del inyector: 220 °C; temperatura del detector: 240 °C
- Volumen de inyección: 5µL, fraccionamiento (split) 300:1
- Columna CP-WAX -57 CB, 30 m, 0,25 mmID, 0,25 µm df.



Figura 21: Cromatógrafo de gases del CIQTOBIA

a) calibración: la curva de calibración se realizó por cada compuesto volátil y por triplicado; cuyo coeficiente de correlación según la norma NTP 211.035 debe ser por lo menos 0,99 (la calibración de los 23 compuestos se observa en el Anexo 13 de la presente investigación). Luego de realizar la curva de calibración y conocer el tiempo de retención de los 23 compuestos volátiles; la muestra de los destilados se diluyó al 40 por ciento v/v; y fueron corridas en el cromatógrafo para determinar su concentración en los aguardientes.

Hidratación del destilado

El destilado obtenido a partir de borra tuvo una graduación alcohólica promedio de 90,9 por ciento v/v, el de cabeza 95,4 por ciento v/v, el de cola 91,5 por ciento v/v y el de orujo + vinaza + cabeza 89,2 por ciento v/v, razón por la cual se hidrató con agua destilada para obtener un aguardiente con graduación alcohólica al 40 por ciento v/v; debido a que el reglamento (CE) N° 110/2008 del parlamento Europeo indica que el aguardiente de orujo debe tener una graduación alcohólica de 37,5 a 50 por ciento v/v.

3.3.4. Fase de gabinete

Diagrama de flujo de la producción del aguardiente a partir de residuos de la industria pisquera

El diagrama de flujo de la producción de aguardiente a partir de “borra”, “cabeza”, “cola” y “orujo + vinaza + cabeza”, se realizó de acuerdo a la Guía Peruana 900.200, las consideraciones se observan en el Anexo 2 de la presente investigación.

Balance de masa y energía de la producción de aguardiente a partir de residuos de la industria pisquera

Todos los insumos que entran a un proceso u operación, salen como productos, residuos y desechos, por ello el balance se realizó a partir de los datos obtenidos del diagrama de flujo, donde se consideró masas de entrada y masas de salida durante el proceso de destilación e hidratación, la unidad de medida del balance se expresa en kilogramos, por lo que se convirtió el volumen expresado en litros de “borra, cabeza, cola y vinaza” a masa en kilogramos, mediante densidades. El balance de energía se realizó por separado tal y como indica la Guía Peruana 900.200 y se expresó en kWh por 100 litros de aguardiente producido al 40 por ciento v/v. A menudo no es posible cuantificar y determinar toda la masa de salida, por lo que se incluye una diferencia de masas denominada “estimada”.

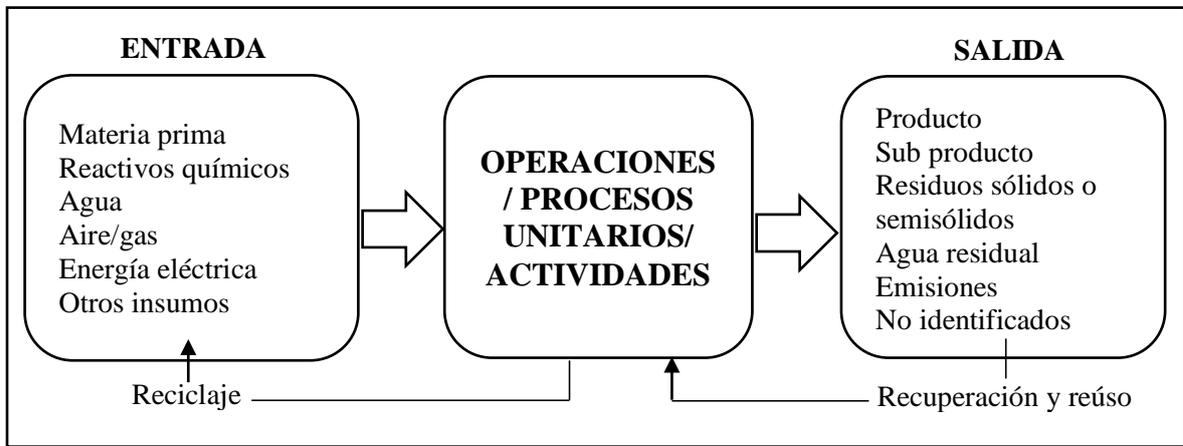


Figura 22: Componentes típicos de un balance de masa y energía

Por lo tanto, en un balance de masa, la suma de todas las masas que entran en un proceso u operación debe ser igual a la suma de todas las masas que salen de dicho proceso u operación y se estimó mediante la Ecuación 1.

Ecuación 1:

$$M_E = M_{i1} + M_{i2} + \dots + M_{in} \quad \text{y} \quad M_S = M_P + M_R + M_N$$

Dónde: M = Masa; E = Entrada; $i1$ = Insumo 1; $i2$ = Insumo 2; in = Insumo n; S = Salida; P = Producto; R = Residuo; N = Estimado.

La masa estimada se calculó con la Ecuación 2.

Ecuación 2:

$$M_N = M_E - (M_P + M_R)$$

Costo de producción del aguardiente por destilación en columna

Se aplicó la Ecuación 3, en mano de obra se consideró: costo de los jornales de la recolección y transporte de los residuos, jornales del proceso de destilación; en materiales se consideró: costo de las botellas de vidrio y del agua destilada; en costo general se consideró: el costo del consumo de energía eléctrica, costo del consumo de agua y el costo de depreciación del equipo destilador; el costo se expresó en Nuevos Soles.

Ecuación 3:

$$\text{Costo de producción} = \text{mano de obra} + \text{materiales} + \text{costo general}$$

Beneficio económico de la producción de aguardiente por destilación en columna

El nuevo volumen de aguardiente final e hidratado cuya graduación alcohólica fue: 40 por ciento v/v, se colocó en botellas de 750 mL y se consideró un precio de venta en mercado de S/. 10 Nuevos Soles por botella, por lo tanto el beneficio económico se determinó con la Ecuación 4, que puede ser calculado por botella de 750 mL o por 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v.

Ecuación 4:

$$\text{Beneficio económico} = \text{ingreso económico (Nuevos Soles)} - \text{costo de producción (Nuevos Soles)}$$

Análisis estadístico

Se analizó la normalidad usando la prueba de Shapiro-Francia (Shapiro y Francia 1972), donde existieron diferencias se aplicó la prueba de comparación de LSD de Fisher, para ello se utilizó el software Infostat 2018. En ciertos casos se presentó los resultados de la gráfica de las medias y el error estándar a pesar de no ser estadísticamente significativas, dado que en las gráficas se puede identificar diferencias entre tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Balance de masa y energía de la producción de aguardiente a partir de residuos de la industria pisquera según la guía peruana GP 900.2000

Tabla 12: Masas de entrada y salida de la producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v a partir de residuos pisqueros

Residuo pisquero	Masa de Entrada (ME=Mmp+Masr+ Mad)			Proceso u operación	Masa de salida (MS=Mp+Mar+Me+M _N)			
	Mmp (kg)	Masr (kg)	Mad (kg)		Mp (kg)	Mar (kg)	Me (kg)	M _N (kg)
Borra	372,68	1 446,48	56,00	Destilación e hidratación	92,17	1 446,48	333,54	2,97
Cabeza	68,77	789,23	58,07	Destilación e hidratación	92,20	789,23	32,49	2,15
Cola	409,26	1 702,13	56,28	Destilación e hidratación	92,13	1 702,13	370,73	2,68
Orujo + vinaza + cabeza	952,45	2 827,72	55,16	Destilación e hidratación	92,38	2 827,72	913,86	1,37

Mmp = masa de materia prima (grado alcohólico promedio de borra: 15,5% v/v, cabeza: 58,7% v/v, cola: 12% v/v, orujo + vinaza + cabeza: 6% v/v.); **Masr** = masa de agua del sistema de refrigeración; **Mad** = masa del agua destilada; **Mp** = masa del producto (aguardiente hidratado (40% v/v)); **Mar** = masa del agua residual; **Me** = masa de efluente; **M_N** = masa estimada. La mezcla de orujo + vinaza + cabeza fue: (311,70 kg de orujo, 633,38 kg de vinaza y 7,37 kg de cabeza).

La Tabla 12 hace referencia a la producción de 100 litros de aguardiente con graduación alcohólica al 40 por ciento v/v, en las cuales mediante destilación de materia prima se obtuvo 44 litros de destilado de borra con un promedio de 90,9 por ciento v/v de graduación alcohólica, 41,93 litros de cabeza al 95,4 por ciento v/v, 43,7 litros de cola al 91,5 por ciento v/v y 44,84 litros de la mezcla de orujo + vinaza +cabeza al 89,2 por ciento v/v; el cual se tuvo que hidratar para reducir el grado alcohólico al 40 por ciento v/v, la densidad en promedio de la borra fue: 1,004 kg L⁻¹, de la cabeza: 0,910 kg L⁻¹, de la cola: 0,960 kg L⁻¹, de la vinaza: 1,016 kg L⁻¹ y del agua destilada y de caño se consideró 1 kg L⁻¹; la densidad promedio del destilado de borra fue: 0,822 kg L⁻¹, de cabeza: 0,814 kg L⁻¹, de cola: 0,820 kg L⁻¹ y de orujo + vinaza + cabeza: 0,830 kg L⁻¹. El reglamento (CE) N° 110/2008 del parlamento Europeo y la Indicación Geográfica Orujo de Galicia (Tabla 7) indican que el aguardiente de orujo debe tener una graduación alcohólica de 37,5 a 50 por ciento v/v.

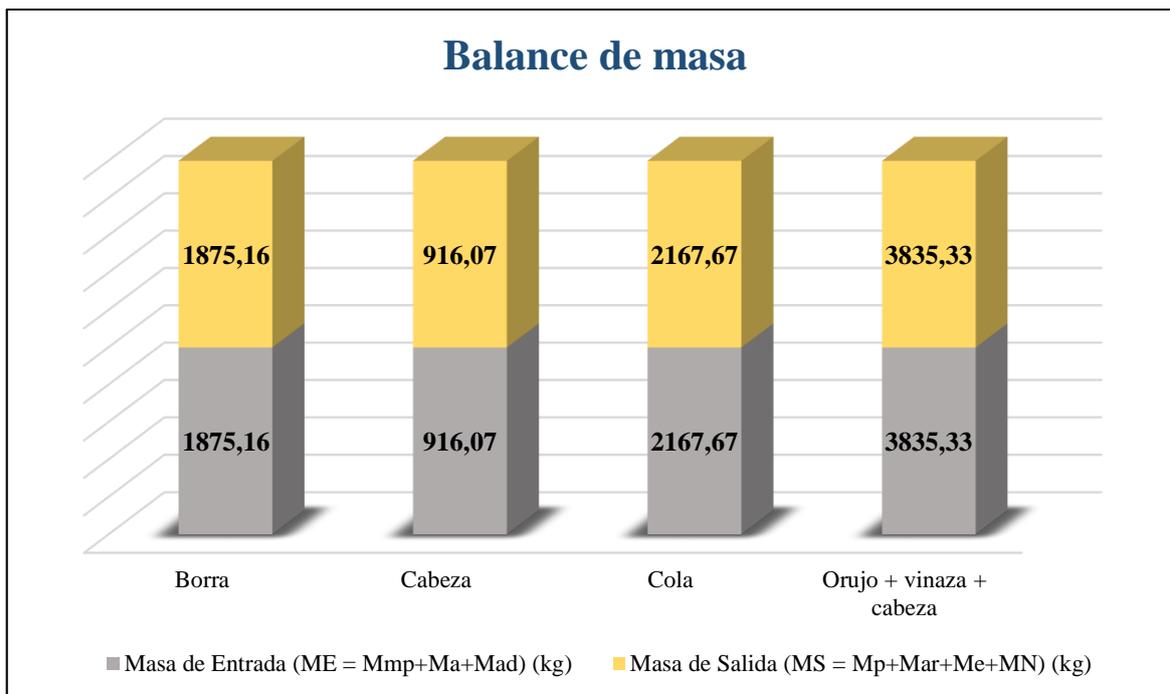


Figura 23: Balance de masa de producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v

En un balance de masa, la masa de entrada debe ser igual a la masa de salida y como se observa en la Tabla 12, las masas de entrada fueron: la materia prima que se destiló, el agua utilizado en el sistema de refrigeración y el agua destilada para la hidratación del destilado; las masas de salida fueron: el producto (aguardiente al 40 por ciento v/v), el agua residual del sistema de refrigeración, el efluente de la materia prima destilada, si realizamos el balance observamos que existen masas faltantes y como en todo balance no todas las masas se pueden cuantificar con exactitud, se consideró una masa estimada (M_N) que pertenece a la masa de salida; y el balance se observa en la Figura 23. En la masa estimada se encuentra la masa perdida por vaporización y la masa que se queda atrapada en la columna del destilador.

De acuerdo al Anexo 10, para producir 1 000 litros de Pisco, una industria genera aproximadamente 1 093,1 litros de borra, 42,1 litros de cabeza, 108,9 litros de cola, 1 408,8 kilogramos de orujo y 3 054,2 litros de vinaza, materia prima que una industria pisquera puede reciclar y reutilizar para producir 294,5 litros de aguardiente de borra al 40 por ciento v/v, 55,7 litros de aguardiente de cabeza al 40 por ciento v/v y 25,5 litros de aguardiente de cola al 40 por ciento v/v (tomando referencia de la Tabla 12), el cual mejorará la productividad y la rentabilidad de la empresa, y lo más importante mejorará la imagen de la empresa en el desempeño ambiental.

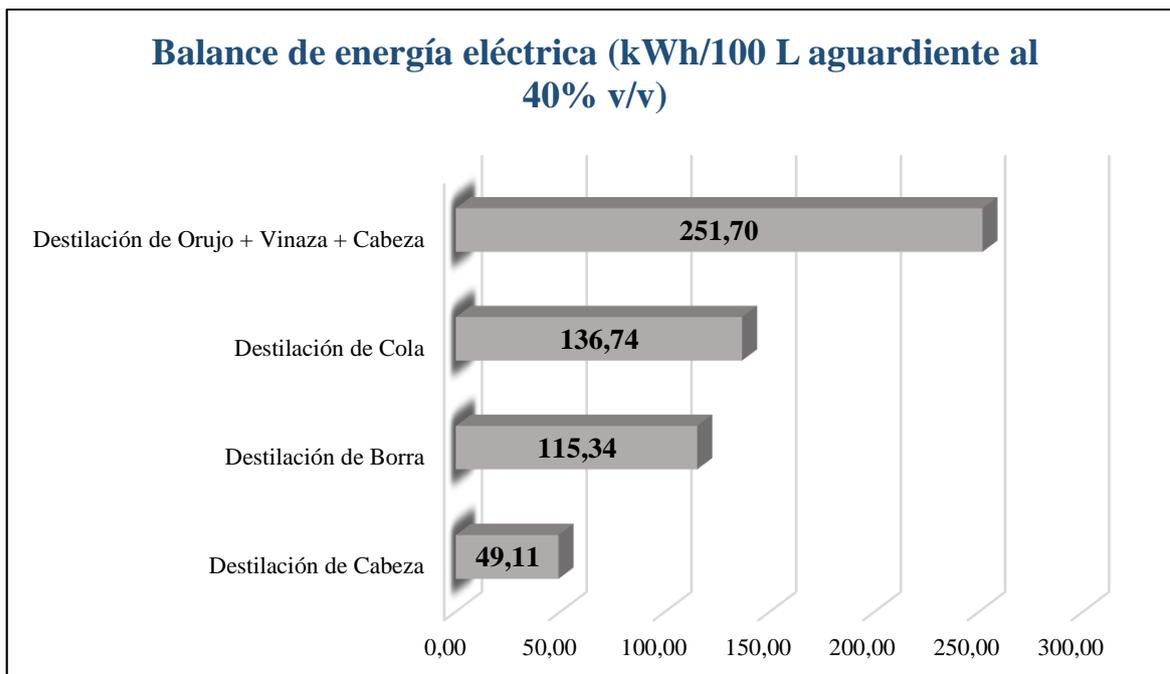


Figura 24: Balance de energía eléctrica en la producción de 100 litro de aguardiente al 40 por ciento v/v a partir de residuos pisqueros

La potencia eléctrica del caldero de los equipos destiladores fue: 2 000 watts (W) que es equivalente a 2 kilowatts (kW), la Figura 24 está referida a la producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v por residuo y se observa que el proceso de destilación de la mezcla de orujo + vinaza + cabeza demandó 251,70 kWh, siendo éste el de mayor consumo a diferencia de la cabeza que demandó 49,11 kWh aproximadamente cuatro veces menos; el proceso de destilación de cola demandó 136,74 kWh y la borra 115,34 kWh, donde no se observa mucha diferencia entre ambos. Esta variación se debe principalmente a que cada residuo tuvo diferente porcentaje de graduación alcohólica (Tabla 12), reflejo de ello el caudal de destilado producido fue: 500 mililitros de destilado de orujo + vinaza + cabeza en 43 minutos, 500 mililitros de destilado de cola en 24 minutos, 500 mililitros de destilado de borra en 23 minutos y 500 mililitros de destilado de cabeza en 16 minutos. Por lo tanto, la Figura 24 indica que a mayor grado alcohólico menor demanda de energía eléctrica y viceversa.

4.2. Caracterización de la composición química del aguardiente producido por destilación en columna a partir de residuos pisqueros denominados “borra”, “cabeza”, “cola” y “orujo + vinaza + cabeza”

Tabla 13: Composición química del aguardiente producido en el Turbo 500 still con columna de acero inoxidable y columna de cobre, expresado en gramos por hectolitro de alcohol absoluto (g hL⁻¹ a.a.)

Compuesto volátil	T.R*	Aguardiente de borra			Aguardiente de cabeza			Aguardiente de cola			Aguardiente de orujo + vinaza + cabeza		
		Mínimo	Media ^(a)	Máximo	Mínimo	Media ^(b)	Máximo	Mínimo	Media ^(c)	Máximo	Mínimo	Media ^(d)	Máximo
Ethyl formiato ⁽⁴⁾	3,658	157,3	167,4	177,4	0	71,8	143,6	0	72,7	145,3	153,9	405,1	886,4
Metil Acetato ⁽²⁾	3,698	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	24,3	57,1	99,4
Metanol ⁽⁵⁾	4,530	304	315,9	335,4	300,7	333,2	462,2	313,8	325,6	344,8	298,2	353,7	470,6
Etil Butirato ⁽⁴⁾	7,013	71	71,3	71,7	71,1	72,8	75,8	70,4	72	73,6	70,6	71,4	72,2
2-Butanol ⁽¹⁾	7,117	28,7	29	29,3	28,8	30,3	33,0	28,2	29,6	31	28,4	29,1	29,8
1-Propanol ⁽¹⁾	7,449	21,3	32,1	50,2	22,5	32,7	46,2	21,5	25,5	34,3	29,2	66,8	149,2
2-methyl-1-propanol ⁽¹⁾	9,044	23,8	39,9	62,7	24,4	107,8	312,6	0,2	6,4	13,3	21	53,5	181,9
Acetato de Isoamilo ⁽⁴⁾	9,741	23,8	24	24,2	27	37,9	59,1	23,9	89,9	155,9	24,5	31,7	73,3
1-Butanol ⁽¹⁾	11,114	15,6	16,1	16,7	15,4	15,6	15,8	15,6	15,7	15,8	15,7	16,5	17,1
3-methyl-1-butanol ⁽¹⁾	13,598	75,7	109,3	150,1	26,3	156,9	386,9	15,7	27,6	49,9	83,2	203,4	361
Ethyl Hexanoato ⁽⁴⁾	14,152	21,8	22	22,6	23,4	27,8	41,7	21,9	22,7	23,5	21,7	22,7	27,6
Hexil Acetato ⁽²⁾	15,816	62	63,6	67,6	64,3	65,7	68,2	62,2	65,2	70,7	62,5	64	68,1
Ethyl L-Lactato ⁽⁴⁾	19,055	105,7	106,1	106,6	n.d	n.d	n.d	106,5	112,4	118,4	105,7	106,4	107,5
1-Hexanol ⁽¹⁾	19,738	85,4	86,5	89,6	85,4	85,8	86,3	85,5	86,6	88,4	85,4	85,7	86,6
Trans-3-hexen-1-ol ⁽¹⁾	19,969	110,6	110,9	111,4	110,6	110,7	110,9	110,2	117,7	129,3	110,1	111,1	112,5
Cis-3-hexen-1-ol ⁽¹⁾	20,590	92,4	96,1	103,9	92,4	93,1	94,1	92,2	94,9	100,1	92,3	92,8	94
Etil Octanoato ⁽⁴⁾	21,760	22,6	22,8	23,4	22,6	22,7	22,9	22,6	23,4	24,3	22,6	28,1	53,7
Benzaldehído ⁽³⁾	23,731	0	0,5	1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,6
Ethyl Decanoato ⁽⁴⁾	26,021	10,8	10,8	11	n.d	n.d	n.d	10,7	11	11,5	10,7	15	25,6
Diethyl Succinato ⁽⁴⁾	26,717	17,8	28,7	46,5	17,9	18	18,1	17,8	18,1	18,4	10,8	17	18,7
Ethyl Laurato ⁽⁴⁾	29,094	10,7	16	26,1	10,7	10,8	10,9	10,6	18,7	34,7	10,7	12,1	21,6
2-Feniletanol ⁽¹⁾	30,324	23,8	30,9	44,6	23,9	24	24,1	23,7	34,6	56,2	23,8	25,5	38,5
Ethyl miristato ⁽⁴⁾	31,749	19	19,4	20,1	17,3	19,8	23,3	18,5	21,6	32,2	16,4	19,2	31,9
ΣAlcoholes superiores ⁽¹⁾			550,9			656,8			438,5			684,3	
ΣAcetatos ⁽²⁾			63,6			65,7			65,2			121,1	
ΣAldehídos ⁽³⁾			0,5			1,1			1,1			1,3	
ΣÉsteres ⁽⁴⁾			488,6			281,4			462,4			728,7	
ΣCompuestos volátiles ^(1,2,3,4,5)			1 419,5			1 338,2			1 292,8			1 889,1	

*T.R: Tiempo de retención (minutos). ^(a), ^(b), ^(c) media de 6 repeticiones (Figuras 17,18 y 19) ^(d) media de 10 repeticiones (Tabla 11). n.d: No detectado.

La Tabla 13 muestra la concentración de los 23 compuestos volátiles presentes en el aguardiente de borra, de cabeza, de cola y de orujo + vinaza + cabeza producido en el Turbo

500 still con columna de acero inoxidable y columna de cobre; y se observa que el metanol fue el más abundante en el aguardiente de borra, cabeza y cola. López-Vázquez *et al.* (2010) en un estudio de determinación rápida de los principales compuestos volátiles en destilados, encontraron de 576,9 a 791,5 g hL⁻¹ a.a. de metanol en el orujo de Galicia; por su lado Cortés *et al.* (2011) en un estudio comparativo entre el aguardiente de Orujo de España y la Grappa de Italia, encontraron 355 g hL⁻¹ a.a. de metanol en la Grappa y 600 g hL⁻¹ a.a. de metanol en el Orujo; el metanol es tóxico para los humanos y por esta razón la concentración máxima en este tipo de bebidas está fijado por el reglamento (CE) N° 110/2008 del parlamento Europeo quien establece como máximo 1 000 g hL⁻¹ a.a. de metanol, también indica que el contenido de sustancias volátiles en el aguardiente de Orujo debe ser igual o superior a 140 g hL⁻¹ a.a. por lo tanto, de acuerdo a la Tabla 13 la concentración de metol y el contenido de sustancias volátiles del aguardiente de borra, cabeza, cola y de la mezcla de orujo + vinaza + cabeza, se encuentran dentro del límite permitido por el reglamento (CE) N° 110/2008 del parlamento Europeo, por lo tanto, sin efectos negativos para la salud humana; asimismo, en los cuatro casos de nuestro aguardiente la concentración del metanol fue inferior al valor encontrado por López-Vázquez *et al.* (2010), pero muy semejante a la concentración de la Grappa encontrada por Cortés *et al.* (2011).

4.3. Evaluación del efecto del cobre en la composición química del aguardiente producido por destilación en columna a partir de residuos de la industria pisquera

4.3.1. Borra

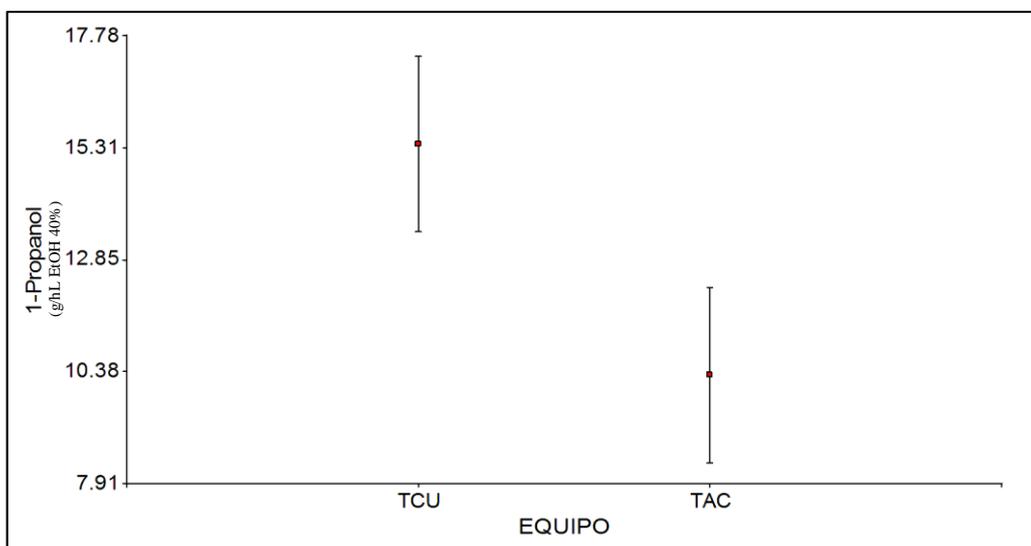


Figura 25: Concentración media del 1-Propanol en el aguardiente de borra

En la Figura 25 la concentración media del 1-Propanol en el aguardiente de borra producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre (TCU) fue: 15,39 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; mientras que en el Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable (TAC) la concentración media fue: 10,30 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v, para ambos casos el error estándar fue: 1,94 (aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas); por su lado Cortés *et al.* (2011) en aguardientes destilados en alambique de cobre encontraron en promedio 8,04 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de 1-Propanol en la Grappa de Italia y 6,8 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de 1-Propanol en el Orujo de Galicia, siendo estos valores inferiores a nuestros resultados.

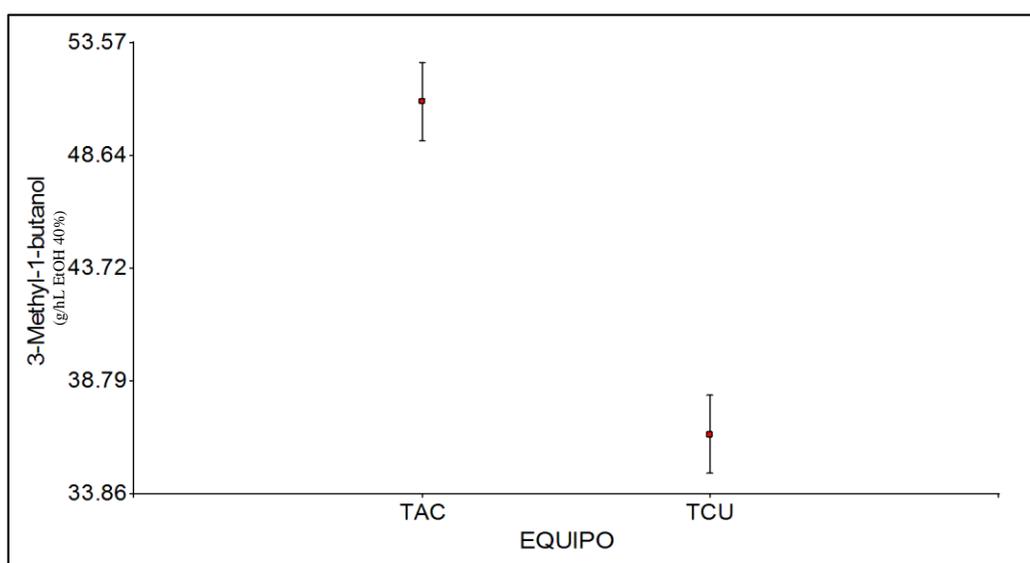


Figura 26: Concentración media del 3-Methyl-1-butanol en el aguardiente de borra

En la Figura 26 la concentración media del 3-Methyl-1-butanol en el aguardiente de borra producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable (TAC) la concentración media fue: 50,98 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; mientras que en el Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre (TCU) fue: 36,45 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v y para ambos casos el error estándar fue: 1,69; por lo tanto, la diferencia entre las medias demostró que existe diferencia significativa entre ambos equipos destiladores; sin embargo, Cortés *et al.* (2011) en dos aguardientes Europeos destilados en alambique de cobre encontraron en promedio 35,9 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de 3-Methyl-1-butanol en la Grappa, valor que se asemeja a nuestro aguardiente producido en el (TCU) y 20,9 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de 3-Methyl-1-butanol en el Orujo, siendo inferior a nuestros aguardientes producidos en ambos equipos. Además, en el

aguardiente de borra producido en ambos equipos destiladores, no se encontró diferencias significativas entre equipos, en la concentración del Metanol, 2-methyl-1-propanol, Hexil Acetato, Cis-3-hexen-1-ol, Ethyl Decanoato, Diethyl Succinato, Ethyl Laurato, 2-Feniletanol, Ethyl Miristato.

4.3.2. Cabeza

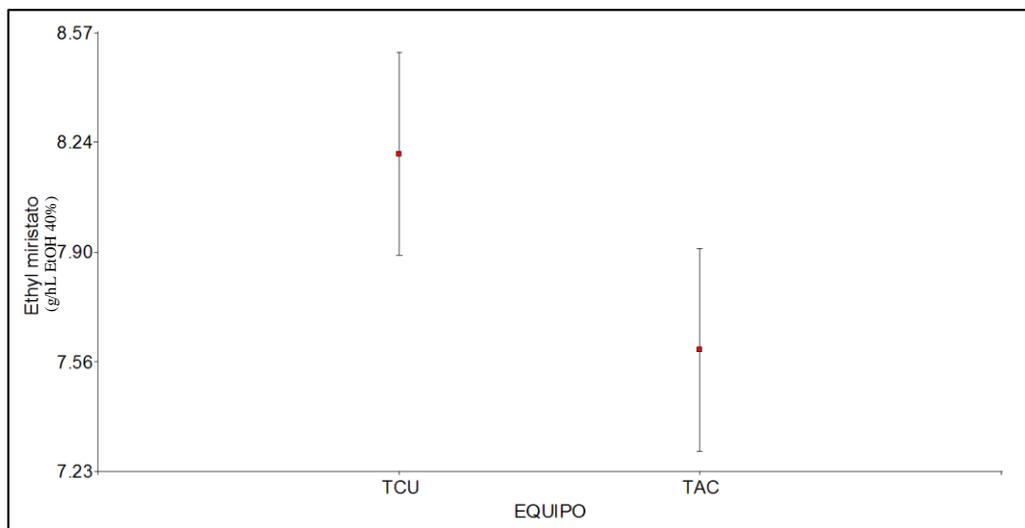


Figura 27: Concentración media del Ethyl miristato en el aguardiente de cabeza

En la Figura 27 la concentración media del Ethyl miristato en el aguardiente de cabeza producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre (TCU) fue: $8,20 \text{ g hL}^{-1} \text{ EtOH al } 40 \text{ por ciento v/v}$; mientras que en el Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable (TAC) la concentración media fue: $7,60 \text{ g hL}^{-1} \text{ EtOH al } 40 \text{ por ciento v/v}$ y para ambos casos el error estándar fue: 0,31 (aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas). Además, en el aguardiente de cabeza producido en ambos equipos destiladores, no se encontró diferencias significativas entre equipos en la concentración media del Metanol, 1-Propanol, 2-methyl-1-propanol, Acetato de Isoamilo, 3-methyl-1-butanol, Ethyl Hexanoato; por su lado Cortés *et al.* (2011) en aguardientes destilados en alambique de cobre encontraron en promedio $0,2 \text{ g hL}^{-1} \text{ EtOH al } 40 \text{ por ciento v/v}$ de Ethyl miristato en la Grappa de Italia y $0,1 \text{ g hL}^{-1} \text{ EtOH al } 40 \text{ por ciento v/v}$ de Ethyl miristato en el Orujo de Galicia, valores muy inferiores a nuestros resultados.

4.3.3. Cola

En el aguardiente de cola producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre (TCU) con 0 gramos de cobre y 100 gramos de cobre en el nivel de relleno de columna, no se encontró diferencias significativas entre estos tratamientos en la concentración media del Metanol, 1-Propanol, 2-methyl-1-propanol, 3-methyl-1-butanol, Ethyl miristato.

4.3.4. Orujo + vinaza + cabeza

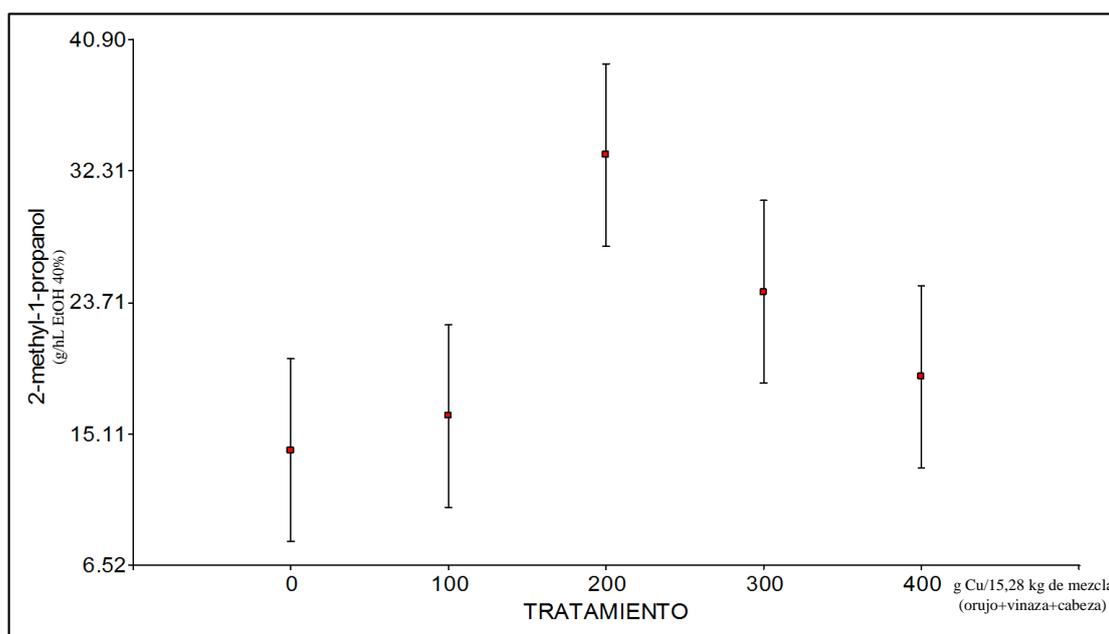


Figura 28: Concentración media del 2-methyl-1-propanol en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento

En la Figura 28 la concentración media del 2-methyl-1-propanol en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable con 0 gramos de cobre fue: 14,05 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 100 gramos de cobre fue: 16,29 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 200 gramos de cobre fue: 33,37 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 300 gramos de cobre fue: 24,40 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 400 gramos de cobre fue: 18,86 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v y el error estándar fue: 5,97. Asimismo, se observa que el tratamiento 200 se diferencia de los tratamientos 0 y 100; entre los tratamientos 0 y 400 una pequeña diferencia; entre los tratamientos 0, 100, 300 y 400 tienen el mismo efecto. Por lo tanto, no existieron diferencias significativas entre tratamientos; además, Cortés *et al.* (2011) en aguardientes destilados en

alambique de cobre encontraron en promedio $12,5 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v de 2-methyl-1-propanol en la Grappa de Italia valor muy cercano a nuestro reporte con 0 gramos de cobre, y $9,4 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v de 2-methyl-1-propanol en el Orujo de Galicia, por lo tanto, valores inferiores a nuestros resultados.

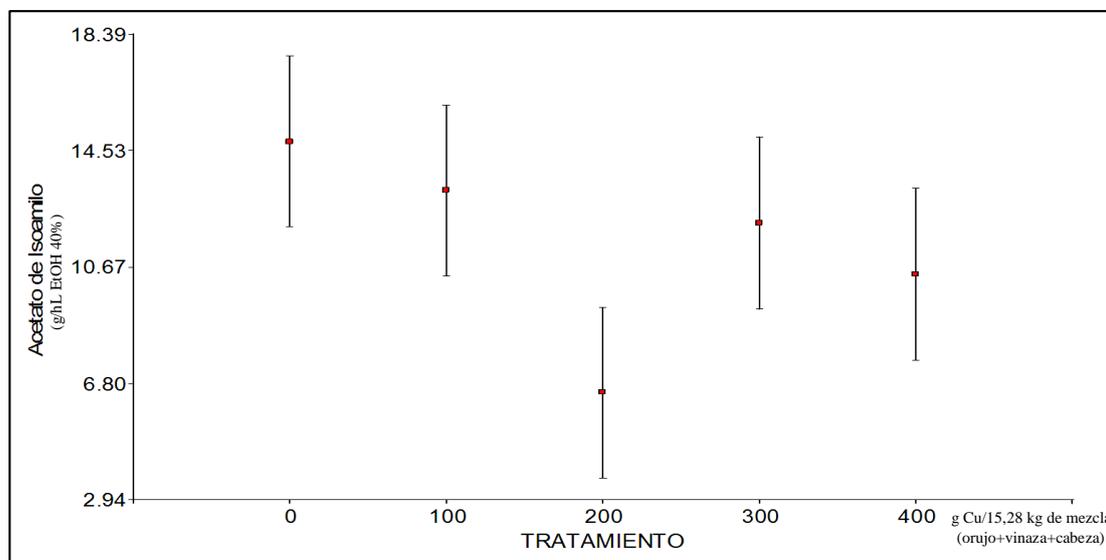


Figura 29: Concentración media del Acetato de Isoamilo en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento

En la Figura 29 la concentración media del Acetato de Isoamilo en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable con 0 gramos de cobre fue: $14,84 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v; con 100 gramos de cobre fue: $13,21 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v; con 200 gramos de cobre fue: $6,49 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v; con 300 gramos de cobre fue: $12,13 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v; con 400 gramos de cobre fue: $10,43 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v y el error estándar fue: 2,85. Asimismo, se observa que el tratamiento 200 se diferencia de los tratamientos 0 y 100; y en los tratamientos 0, 100, 300 y 400 tienen el mismo efecto. Por lo tanto, no existieron diferencias significativas entre tratamientos; Cortés *et al.* (2011) en aguardientes destilados en alambique de cobre encontraron en promedio $0,3 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v de Acetato de Isoamilo en la Grappa de Italia y en el Orujo de Galicia, por lo tanto, el valor de nuestros resultados es superior al valor encontrado por Cortés *et al.* (2011).

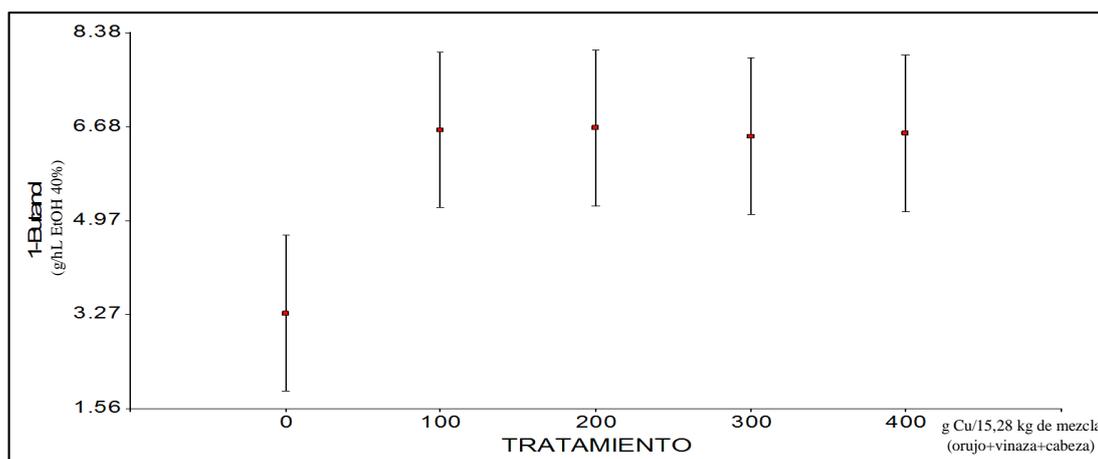


Figura 30: Concentración media del 1-Butanol en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento

En la Figura 30 la concentración media del 1-Butanol en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable con 0 gramos de cobre fue: 3,29 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 100 gramos de cobre fue: 6,62 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 200 gramos de cobre fue: 6,65 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 300 gramos de cobre fue: 6,50 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 400 gramos de cobre fue: 6,56 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v y el error estándar fue: 1,42. Asimismo, se observa que el tratamiento 0 se diferencia de los tratamientos 100, 200, 300 y 400; y entre los tratamientos 100, 200, 300 y 400 no existen diferencias. Por lo tanto, no existieron diferencias significativas entre tratamientos; Cortés *et al.* (2011) en aguardientes destilados en alambique de cobre encontraron en promedio 0,4 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de 1-Butanol en la Grappa de Italia y 0,3 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de 1-Butanol en el Orujo de Galicia, siendo estos valores inferiores a nuestros resultados.

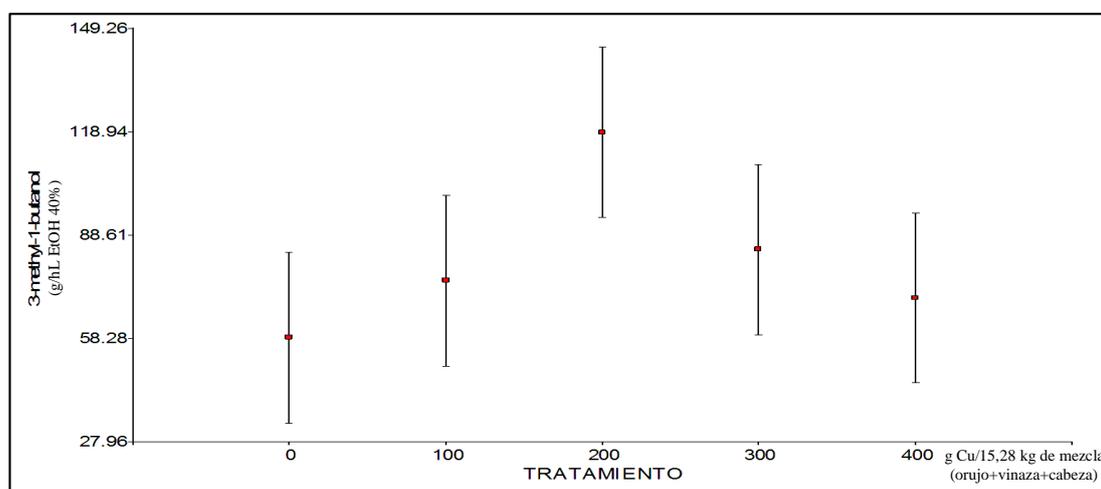


Figura 31: Concentración media del 3-methyl-1-butanol en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento

En la Figura 31 la concentración media del 3-methyl-1-butanol en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable con 0 gramos de cobre fue: 58,42 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 100 gramos de cobre fue: 75,21 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 200 gramos de cobre fue: 118,80 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 300 gramos de cobre fue: 84,32 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 400 gramos de cobre fue: 70,10 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v y el error estándar fue: 24,95. Asimismo, se observa que entre los tratamientos 0 y 200 existen diferencias; entre los tratamientos 0, 100, 300 y 400 no existen diferencias, al igual que entre los tratamientos 100, 200, 300 y 400 tienen el mismo efecto. Por lo tanto, no existieron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, Cortés *et al.* (2011) en dos aguardientes Europeos destilados en alambique de cobre encontraron en promedio 35,9 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de 3-Methyl-1-butanol en la Grappa y 20,9 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de 3-Methyl-1-butanol en el Orujo, ambos valores muy inferiores a nuestros resultados.

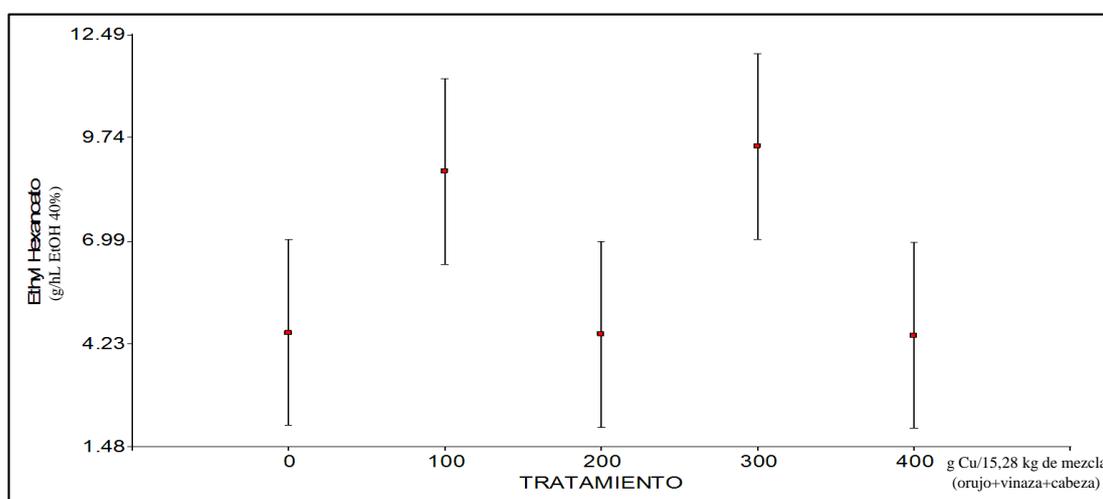


Figura 32: Concentración media del Ethyl Hexanoato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento

En la Figura 32 la concentración media del Ethyl Hexanoato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable con 0 gramos de cobre fue: 4,53 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 100 gramos de cobre fue: 8,84 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 200 gramos de cobre fue: 4,49 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 300 gramos de cobre fue: 9,51 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 400 gramos de cobre fue: 4,46 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v y el error estándar fue: 2,48. Asimismo, se observa que no existieron diferencias significativas

entre tratamientos. Por su lado Cortés *et al.* (2011) en aguardientes destilados en alambique de cobre encontraron en promedio $0,2 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v de Ethyl Hexanoato en la Grappa de Italia y $0,3 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v de Ethyl Hexanoato en el Orujo de Galicia, siendo estos valores inferiores a nuestros resultados.

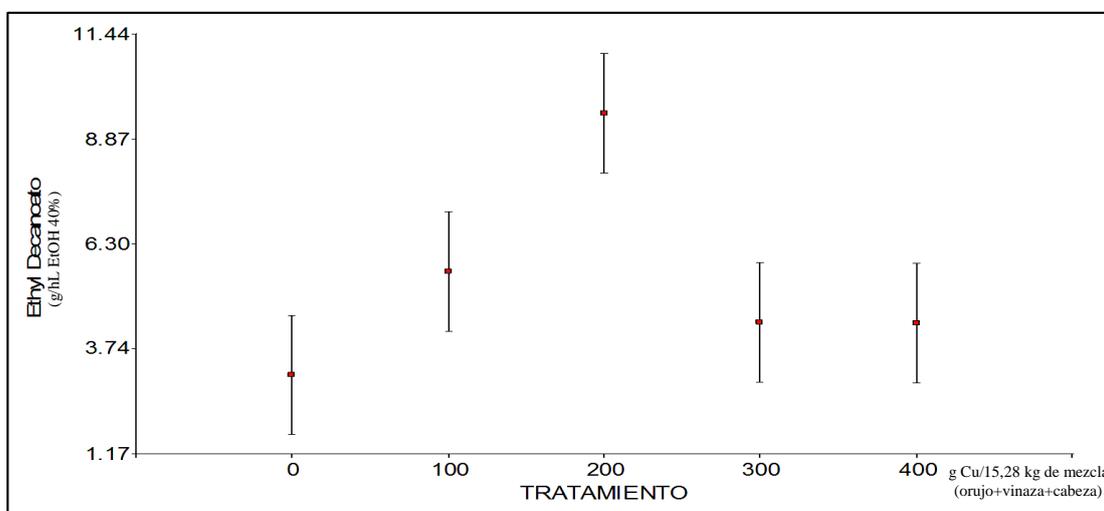


Figura 33: Concentración media del Ethyl Decanoato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento

En la Figura 33 la concentración media del Ethyl Decanoato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable con 0 gramos de cobre fue: $3,10 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v; con 100 gramos de cobre fue: $5,64 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v; con 200 gramos de cobre fue: $9,51 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v; con 300 gramos de cobre fue: $4,39 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v; con 400 gramos de cobre fue: $4,38 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v y el error estándar fue: 1,46. Asimismo, se observa que el tratamiento 200 se diferencia de los tratamientos 0, 100, 300 y 400, como también se observa que los tratamiento 0, 100, 300 y 400 tienen el mismo efecto. Por lo tanto, no existieron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, Cortés *et al.* (2011) en aguardientes destilados en alambique de cobre encontraron en promedio 2 g hL^{-1} EtOH al 40 por ciento v/v de Ethyl Decanoato en la Grappa de Italia valor inferior a nuestros resultados con diferentes proporciones de cobre y $2,8 \text{ g hL}^{-1}$ EtOH al 40 por ciento v/v de Ethyl Decanoato en el Orujo de Galicia valor muy cercano a nuestro resultado con 0 gramos de cobre, e inferior a los otros cuatro tratamientos.

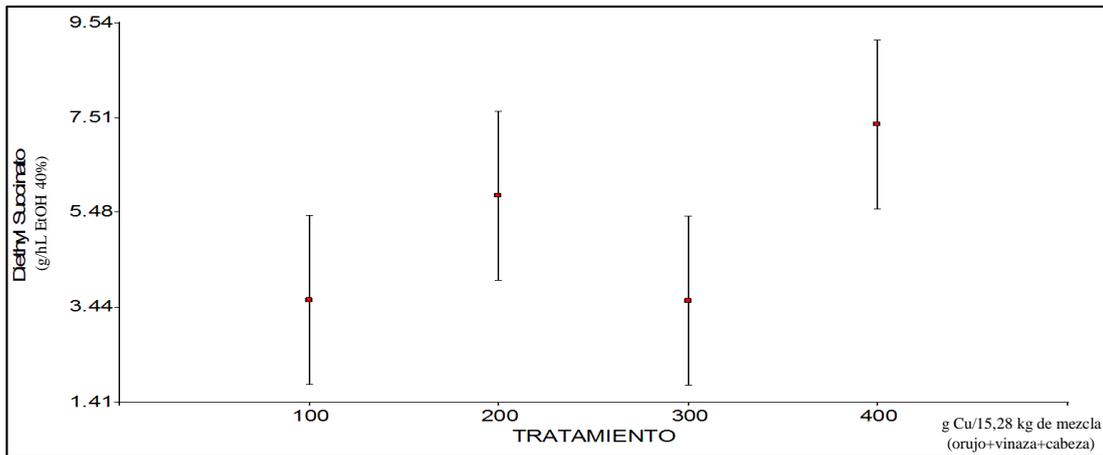


Figura 34: Concentración media del Diethyl Succinato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento

En la Figura 34 la concentración media del Diethyl Succinato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable con 100 gramos de cobre fue: $3,60 \text{ g hL}^{-1} \text{ EtOH al } 40 \text{ por ciento v/v}$; con 200 gramos de cobre fue: $5,83 \text{ g hL}^{-1} \text{ EtOH al } 40 \text{ por ciento v/v}$; con 300 gramos de cobre fue: $3,59 \text{ g hL}^{-1} \text{ EtOH al } 40 \text{ por ciento v/v}$; con 400 gramos de cobre fue: $7,36 \text{ g hL}^{-1} \text{ EtOH al } 40 \text{ por ciento v/v}$ y el error estándar fue: 1,81 y se observa que el tratamiento 400 se diferencia de los tratamientos 100 y 300, como también se observa que entre los tratamientos 100, 200 y 300 no existe diferencia al igual que los tratamientos 200 y 400 tienen el mismo efecto. Por lo tanto, no existieron diferencias significativas entre tratamientos. Por su lado Cortés *et al.* (2011) en aguardientes destilados en alambique de cobre encontraron en promedio $0,1 \text{ g hL}^{-1} \text{ EtOH al } 40 \text{ por ciento v/v}$ de Diethyl Succinato en la Grappa de Italia y $0,5 \text{ g hL}^{-1} \text{ EtOH al } 40 \text{ por ciento v/v}$ de Diethyl Succinato en el Orujo de Galicia, siendo estos valores inferiores a nuestros resultados.

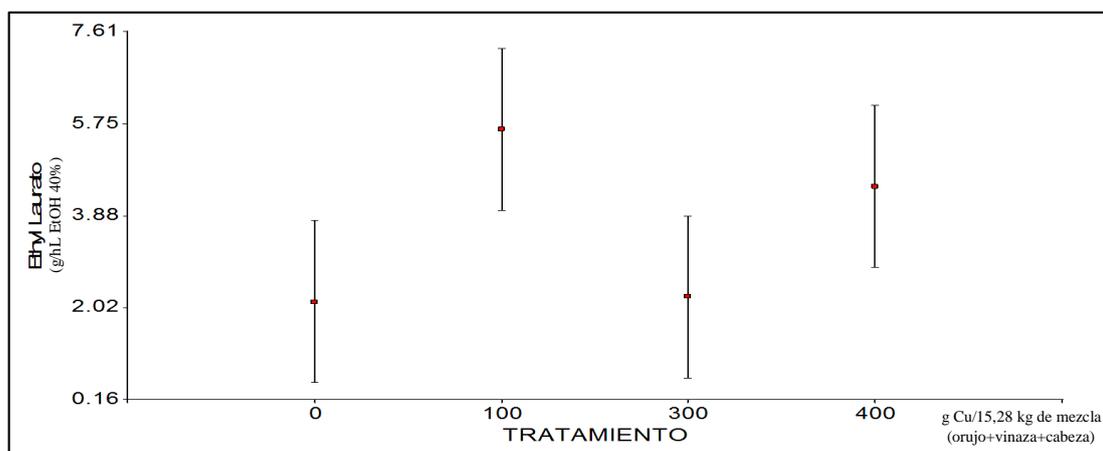


Figura 35: Concentración media del Ethyl Laurato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento

En la Figura 35 la concentración media del Ethyl Laurato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable con 0 gramos de cobre fue: 2,14 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 100 gramos de cobre fue: 5,63 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 300 gramos de cobre fue: 2,24 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 400 gramos de cobre fue: 4,48 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v y el error estándar fue: 1,64. Asimismo, se observa que no existieron diferencias significativas entre tratamientos. Por su lado Cortés *et al.* (2011) en aguardientes destilados en alambique de cobre encontraron en promedio 0,3 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de Ethyl Laurato en la Grappa de Italia y 0,8 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de Ethyl Laurato en el Orujo de Galicia, valores inferiores a nuestros resultados.

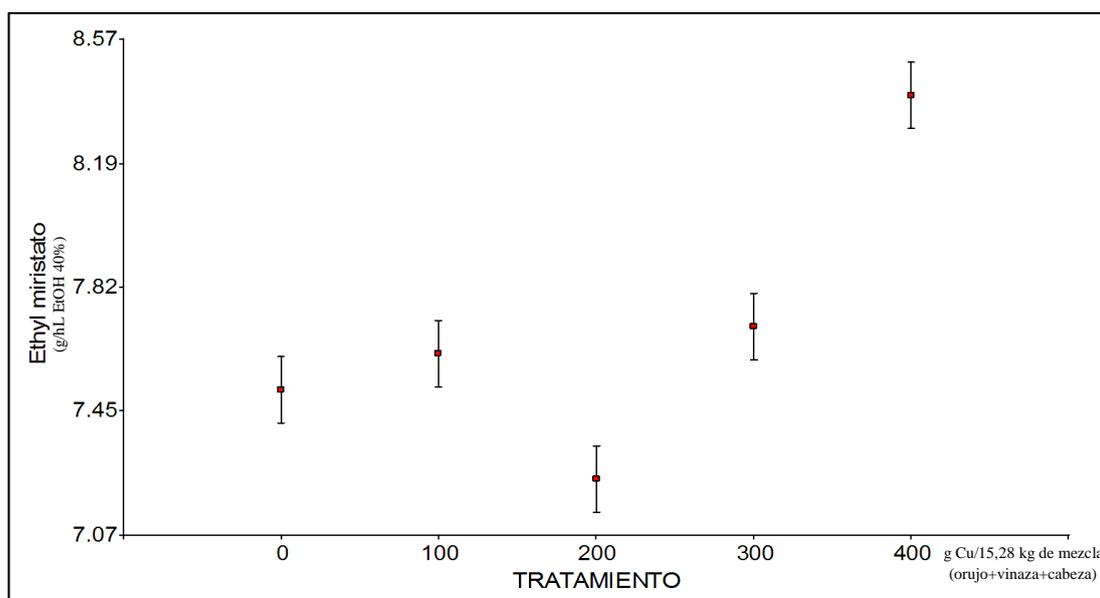


Figura 36: Concentración media del Ethyl miristato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, por tratamiento

En la Figura 36 la concentración media del Ethyl miristato en el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza producido en el destilador Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable con 0 gramos de cobre fue: 7,51 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 100 gramos de cobre fue: 7,62 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 200 gramos de cobre fue: 7,24 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 300 gramos de cobre fue: 7,70 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v; con 400 gramos de cobre fue: 8,40 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v y el error estándar fue: 0,10. Asimismo, se observa que el tratamiento 400 se diferencia significativamente de los tratamientos 0, 100, 200 y 300, como también se observa que entre los tratamientos 0, 100, 200 y 300 no existen diferencias significativas. Además, en el

aguardiente de orujo + vinaza + cabeza producido aplicando cinco tratamientos (0 g Cu, 100 g Cu, 200 g Cu, 300 g Cu, 400 g Cu), no se encontró diferencias significativas entre tratamientos en la concentración media del Metanol, 1-Propanol, Hexil Acetato, Ethyl L-Lactato, 1-Hexanol, Trans-3-hexen-1-ol, Cis-3-hexen-1-ol, Etil Octanoato, 2-Feniletanol. Además, Cortés *et al.* (2011) en aguardientes destilados en alambique de cobre encontraron en promedio 0,2 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de Ethyl miristato en la Grappa de Italia y 0,1 g hL⁻¹ EtOH al 40 por ciento v/v de Ethyl miristato en el Orujo de Galicia, siendo estos valores muy inferiores a nuestros resultados con cinco tratamientos.

En esta investigación, de 23 compuestos volátiles solo se encontró diferencia significativa entre equipos destiladores, Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable (TAC) y Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre (TCU) en el 3-Methyl-1-butanol en el aguardiente de borra, en el aguardiente de cabeza no se encontró diferencia significativa entre equipos destiladores, en el aguardiente de cola y el aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, no se encontró diferencias significativas entre tratamientos con diferentes niveles de cobre en el relleno de columna. Por su lado Cortés *et al.* (2011) en un estudio comparativo entre el aguardiente de Orujo de Galicia España y la Grappa de Italia, de 30 compuestos volátiles solo encontraron diferencias significativas entre estos dos grupos en cuatro compuestos volátiles entre ellos: metanol, 3-methyl-1-butanol, acetato de etilo y ethyl lactato; y encontraron concentraciones medias similares entre ellos, principalmente porque en ambas bebidas alcohólicas Europeas la materia prima y la tecnología empleada en el proceso de destilación son muy similares (Silva *et al.* 1996); sin embargo, de acuerdo a nuestros resultados la concentración media expresada en gramos por hectolitro de etanol al 40 por ciento v/v (g hL⁻¹ EtOH 40%) del 1-Propanol, 3-Methyl-1-butanol, Ethyl miristato, 2-methyl-1-propanol, Acetato de Isoamilo, 1-Butanol, Ethyl Hexanoato, Ethyl Decanoato, Diethyl Succinato, Ethyl Laurato, Ethyl miristato, fue superior a la concentración media (g hL⁻¹ EtOH 40%) encontrado por Cortés *et al.* (2011) en el Orujo y la Grappa; esta diferencia se debe principalmente al tipo de materia prima utilizado, condiciones de presado del orujo, proceso de destilación y equipo utilizado, en nuestro caso para producir aguardiente a partir de residuos pisqueros hemos utilizado un destilador Turbo 500 still que tiene la capacidad de producir destilados con graduación alcohólico al 93 por ciento v/v durante todo el tiempo de destilación y para producir aguardiente de Orujo y Grappa se utiliza el alambique donde se obtiene destilados con graduación alcohólico al 70 por ciento v/v y luego decrece por debajo del 40 por ciento v/v.

4.4. Determinación del costo de producción, beneficio económico y ambiental de la producción de aguardiente por destilación en columna a partir de residuos de la industria pisquera

4.4.1. Costo de producción

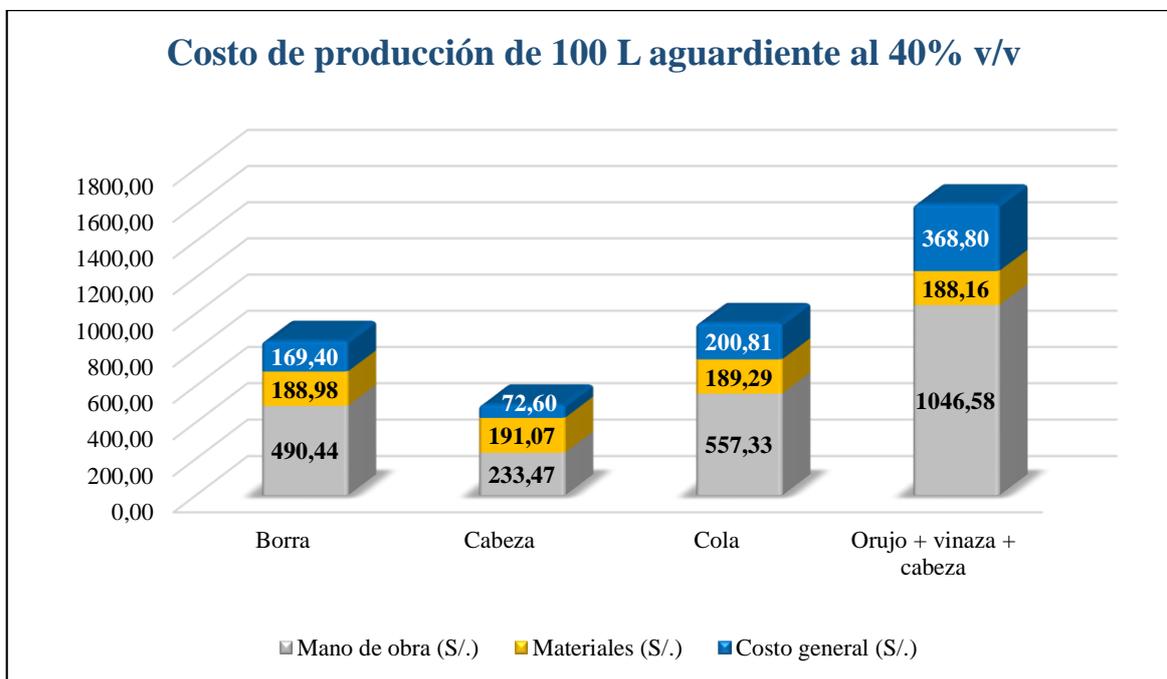


Figura 37: Costo de producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v

El costo de producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v para ser comercializado en botella de 750 mL a partir de borra fue: S/. 848,82 Nuevos Soles; a partir de cabeza S/. 497,14 Nuevos Soles siendo éste el de menor costo; a partir de cola S/. 947,43 Nuevos Soles y a partir de orujo + vinaza + cabeza S/. 1 603,54 Nuevos Soles siendo el de mayor costo, debido a que requiere mayor costo de mano de obra en el proceso de destilación, como también por el alto consumo de energía eléctrica y agua de caño para el sistema de refrigeración. En mano de obra están: la recolección de residuos y se consideró 30 Nuevos Soles el jornal, transporte de residuos desde la provincia de Cañete hacia el distrito de La Molina y el jornal del personal encargado de la destilación (50 Nuevos Soles el jornal); en materiales están: las botellas de vidrio de 750 mL y se consideró 1 Nuevo Sol la unidad y el agua destilada 1 Nuevo Sol el litro; en costo general están: la energía eléctrica y se consideró 1,39 Nuevo Soles el kWh, el agua de caño 2,69 Nuevo Soles el m³ y la depreciación el equipo destilador 0,09 Nuevo Soles por hora (Tabla 35). Estos costos son referenciales ya que pueden variar en el mercado local.

4.4.2. Beneficio económico

Tabla 14: Beneficio económico por 100 litros de aguardiente producido al 40 por ciento v/v a partir de residuos pisqueros

Residuo pisquero	Aguardiente 40% v/v (L)	Número de botellas (750 mL)	Ingreso económico (S/.)*	Costo de producción (S/.)**	Beneficio económico (S/.)
Borra	100	133	1 330,00	848,82	481,18
Cabeza	100	133	1 330,00	497,14	832,86
Cola	100	133	1 330,00	947,43	382,57
Orujo + vinaza + cabeza	100	133	1 330,00	1 603,54	-273,54

*100 litros de aguardiente al 40% equivalen a 133 botellas de 750 mL y se consideró 10 nuevos soles el precio de venta de una botella de aguardiente de 750 mL al 40% v/v. **Resultados de la Figura 37.

De acuerdo a la Tabla 14 se deduce que el beneficio económico por botella de aguardiente de 750 mL al 40 por ciento v/v a partir de borra fue: S/. 3,62 Nuevos Soles, a partir de cabeza S/. 6,26 Nuevos Soles, a partir de cola S/. 2,88 Nuevos Soles y a partir de orujo + vinaza + cabeza S/. -2,06 Nuevos Soles, esto considerado S/. 10,00 Nuevos Soles el precio de venta por botella de aguardiente de 750 mL al 40 por ciento v/v, se consideró este precio debido a que es un producto nuevo para el mercado local y es un precio inferior al del Pisco que la población estaría dispuesta a pagar; sin embargo, si comparamos con el precio de venta de los aguardientes de Orujo de España y la Grappa de Italia que están aproximadamente 18 Euros por botella de 500 mL al 45 por ciento v/v, la producción de nuestros cuatro aguardientes serían rentables. En la Figura 38 se observa el análisis costo-beneficio, considerando S/. 10,00 Nuevos Soles el precio de venta por botella de aguardiente, el cual puede variar de acuerdo a un nuevo estudio de mercado.

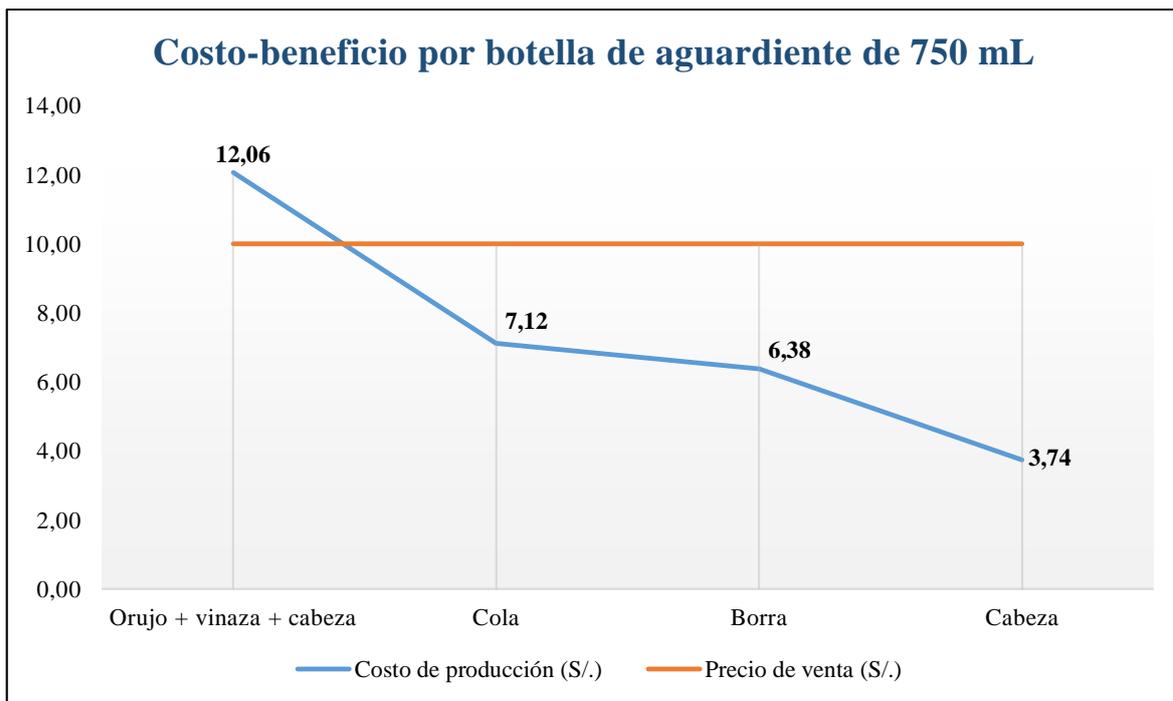


Figura 38: Análisis costo-beneficio por botella de aguardiente 40 por ciento v/v

4.4.3. Beneficio ambiental

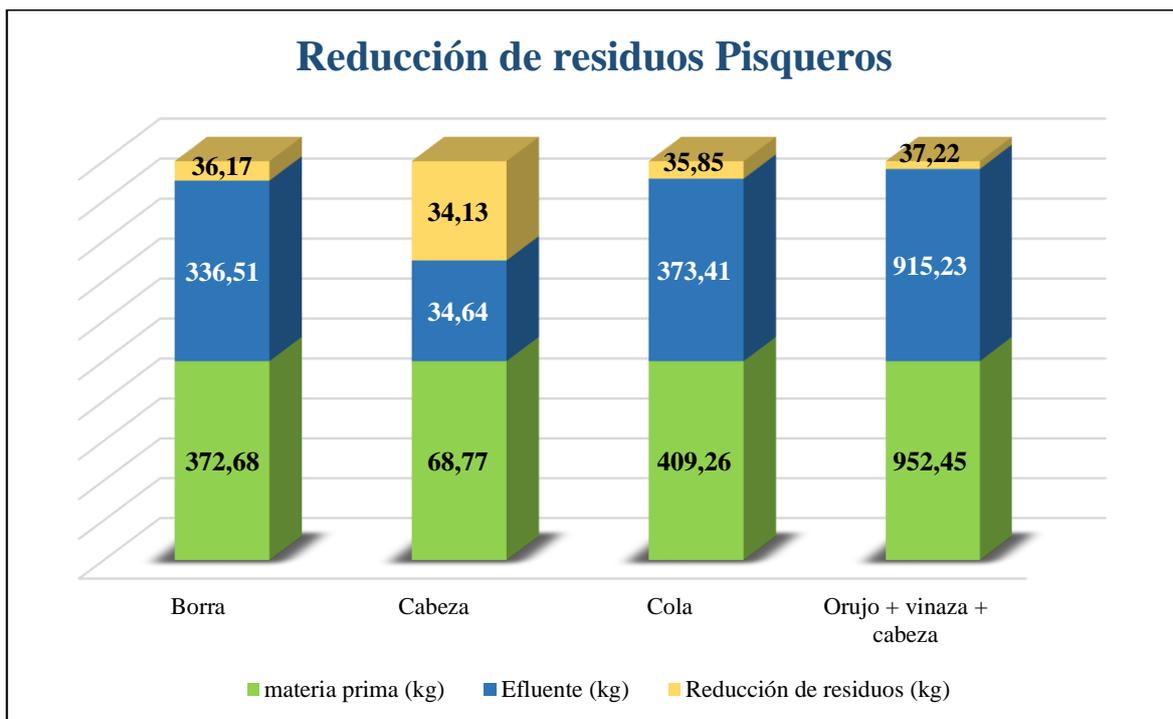


Figura 39: Reducción de residuos con la producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v

El residuo que se ha reducido en mayor cantidad fue la “cabeza” representando el 49,6 por ciento, debido al alto grado alcohólico que estuvo en promedio 58,7 por ciento v/v lo cual significa un mayor aprovechamiento y recuperación de alcohol, la “borra” se ha reducido el 9,7 por ciento, la “cola” el 8,8 por ciento y el “orujo + vinaza + cabeza” solo el 3,9 por ciento debido al bajo grado alcohólico de la mezcla que estuvo en promedio 6 por ciento v/v, como también por la proporcionalidad de mezcla que fue: 5 kg de orujo + 10 L de vinaza + 130 mL de cabeza; por lo tanto, no se ha reducido gran cantidad de vinaza como tampoco se ha reducido la DBO₅ que se encontró en promedio de 25 000 a 30 000 mg L⁻¹ antes y después de destilar. En la Figura 39 la proporción de los 952,45 kg de la mezcla de orujo + vinaza + cabeza fue: 311,70 kg de orujo, 633,38 kg de vinaza y 7,37 kg de cabeza; asimismo, la reducción del residuo es el destilado producido.

En Chile la vinaza es considerada como un subproducto orgánico líquido generado por la elaboración de Pisco, por cada litro de mosto destilado se genera 25 por ciento de alcohol y 75 por ciento de vinaza (CPL 2011); asimismo, este subproducto es considerado un residuo con un costo de tratamiento y eliminación de US\$ 300 000 por año para una planta que genera 200 m³día⁻¹ de vinaza (SAG 2006), siendo el elevado costo de tratamiento la razón principal el que hace que se vierta directamente al sistema de alcantarillado.

V. CONCLUSIONES

1. En esta investigación se ha producido aguardiente al 40 por ciento v/v a partir de “borra, cabeza, cola y orujo + vinaza + cabeza”, valorizando así a los residuos sólidos y líquidos recolectados de seis industrias pisqueras de la provincia de Cañete.
2. La concentración de metanol y de compuestos volátiles del aguardiente de borra, cabeza, cola, orujo + vinaza + cabeza, se encuentran dentro del límite establecido por el reglamento (CE) N° 110/2008 del parlamento Europeo, por lo tanto aceptable para el consumo humano y sin efectos negativos para la salud.
3. En el aguardiente de borra se encontró diferencia significativa entre los equipos destiladores en el 3-Methyl-1-butanol, en el aguardiente de cabeza no se encontró diferencia significativa entre equipos, en el aguardiente de cola y orujo + vinaza + cabeza, tampoco se encontró diferencias significativas entre tratamientos, por lo tanto, el cobre no tuvo influencia en la calidad del aguardiente.
4. El costo de producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v a partir de residuos de la industria pisquera “borra, cabeza, cola, orujo + vinaza + cabeza”; es referencial y para las mismas condiciones de residuo, equipos y materiales utilizados, por lo tanto, el costo de producción tiende a variar, debido a que los residuos son muy heterogéneos y también porque el costo de los materiales son muy variables en el mercado local.
5. La producción de aguardiente a partir de borra, cabeza y cola resultaron ser rentables a excepción del aguardiente de orujo + vinaza + cabeza, considerando 10,00 Nuevos Soles el precio de venta por botella de 750 mL de aguardiente al 40 por ciento v/v, sin embargo, si le adaptáramos al precio de venta de los aguardientes Europeos como son: el Orujo de España y la Grappa de Italia que están aproximadamente 18 Euros por

botella de 500 mL al 45 por ciento v/v, la producción de nuestros aguardientes serían rentables, incluyendo al aguardiente de orujo + vinaza + cabeza. Estos aguardientes producidos a partir de residuos pisqueros, pueden revalorizarse aún mucho más, si a partir de ello se elaborará otros productos como: macerados u otros licores.

6. Se ha reducido el 49,6 por ciento de la cabeza utilizada, el 9,7 por ciento de la borra, el 8,8 por ciento de la cola y el 3,9 por ciento de la vinaza; sin embargo, no se ha reducido la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) de la vinaza.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar nuevas investigaciones con nuevas proporciones de mezcla de “orujo + vinaza + cabeza” para lograr mejorar la producción de aguardiente y reducir el costo de producción ya que los resultados reflejan un elevado costo de producción, como también realizar nuevos ensayos con la mezcla de orujo + borra + cabeza + cola + vinaza, y realizar investigaciones para reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) de la vinaza que se encuentra en promedio de 25 000 a 30 000 mg L⁻¹, el cual sobrepasa el valor máximo admisible para las descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado (D.S. N° 010-2019-VIVENDA).
2. A las industrias pisqueras, implementar este modelo de innovación tecnológico y poner en práctica la Producción Más Limpia a través del reciclaje interno (*in situ*) para producir aguardiente a partir de “borra, cabeza, cola” ya que a partir de la producción de 1 000 litros de Pisco, adicionalmente se puede producir 294,5 litros de aguardiente de borra al 40 por ciento v/v, 55,7 litros de aguardiente de cabeza al 40 por ciento v/v y 25,5 litros de aguardiente de cola al 40 por ciento v/v, lo cual significa un ingreso económico adicional y la mejora en el desempeño ambiental por parte de la empresa.
3. En los cromatogramas se identificaron picos que no se encontraban dentro del tiempo de retención de nuestros 23 compuestos volátiles (congéneres), por lo cual se recomienda aumentar otros nuevos compuestos volátiles para lograr identificar dichos picos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agilent technologies. 2007. Guía de selección de columnas Agilent J&W para GC. Alemania.
- Alonso, J; Domínguez, H; Garrote, G; González, M; Gullón, B; Moure, A; Santos, V; Vila, C; Yáñez, R. 2011. Biorefinery processes for the integral valorization of agroindustrial and forestal wastes. *CyTA-Journal of Food* 9(4):282-289.
- Apolo y Baco. 2019. El aguardiente (en línea). Consultado 18 ene. 2019. Disponible en http://www.apoloybaco.com/vinos/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=30.
- Arana, R. 2010. La vinaza, de contaminante a fertilizante. Agencia Universitaria de Periodismo Científico, Universidad del Valle (en línea). Cali, Colombia. Consultado 20 feb. 2019. Disponible en <http://aupec.univalle.edu.co/informes/junio96/vinaza.html>.
- Aristizábal, V. 2015. Jet biofuel production from agroindustrial wastes through furfural platform. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
- Barragán, B; Téllez, Y; Laguna, A. 2008. Utilización de residuos agroindustriales. *Revista Sistemas Ambientales* 2(1):44-50.
- Botella, C; De Ory, I; Webb, C; Cantero, D; Blandino, A. 2005. Hydrolytic enzyme production by *Aspergillus awamori* on grape pomace. *Biochemical Engineering Journal* 26:100-106.
- Bulnes, L; Gisseleire, A. 1983. Bases para la determinación de autenticidad del pisco chileno mediante cromatografía de gases. Tesis Ing. Agrónomo. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 126 p.

- Bustamante, M; Moral, R; Paredes, C; Pérez-Espinosa, A; Moreno-Caselles, J; Pérez-Murcia, M. 2008. Agrochemical characterisation of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry. *Waste Management* 28(2):372-380.
- Cacho, J. 2008. Impacto del aroma de piscos de diferentes variedades de uva por GC-O y cuantificación por GC-MS in VII Congreso del Pisco. Tacna, Perú.
- Cantagrel, R; Lurton, L; Vidal, J; Galy, B. 1990. “La distillation charentaise pour l'obtention des eaux-de-vie de Cognac”. I Symposium International sur les eaux-de-vie d'origine viticole. Bordeaux, 26-30 Junio 1990. A.Bertrand Ed. Lavoisier TEC&DOC. Paris, 60-69.
- Casco, G. 2005. Caracterización química de tres marcas comerciales de aguardiente en Honduras (Tatascán, Yuscarán y Ron Plata). Tesis Ing. Agroindustrial. Honduras. Universidad Zamorano. 169 p.
- CITEvid (Centro de Innovación Tecnológica Vitivinícola, Perú). 2004. La Uva y el Pisco: Potencialidades Productivas (en línea). Ica, Perú. 62 p. Consultado 11 may. 2019. Disponible en <https://www.scribd.com/doc/57341454/Pub-UvaPisco-Informe-CITEvid>.
- CITEvid (Centro de Innovación Tecnológica Vitivinícola, Perú)/ UPCH (Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú). 2012. Uvas Pisqueras/Catálogo Ampelográfico de Variedades de Uvas Pisqueras de la Denominación de Origen-Perú.
- CONAPISCO (Comisión Nacional del Pisco, Perú). 2019. Estadísticas: Producción y exportaciones de Pisco (en línea). Lima, Perú. Consultado 11 may. 2019. Disponible en <http://www.conapisco.org.pe/exportaciones.html>.
- Cortés, S; Gil, ML; Fernández, E. 2005. Volatile composition of traditional and industrial Orujo spirits. *Food Control* 16:383-388.

- Cortés, S; Rodríguez, R; Salgado, JM; Domínguez, JM. 2011. Comparative study between Italian and Spanish grape marc spirits in terms of major volatile compounds. *Food Control* 22(5):673-680.
- CPL (Consejo Nacional de Producción Limpia, Chile). 2011. Programa de Manejo Integral Residuos Sólidos Acuerdo de Producción Limpia Sector Vitivinícola (en línea). Santiago, Chile. Consultado 18 mar. 2019. Disponible en <http://www.cpl.cl/MTD/biblioteca.php?id=35>.
- Da Porto, C. 1998. Grappa and grape-sprit production. *Crit. Rev. Biotechnol* 18(1):13-24.
- De Campos, L; Leimann, F; Curi, R; Ferreira, S. 2008. Free radical scavenging of grape pomace extracts from Cabernet sauvignon (*Vitis vinifera*). *Bioresource Technology* 99(17):8413-8420.
- Decreto Supremo N° 010, 2019. Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Diario Oficial El Peruano. Perú. 11 mar.
- De Rosa, T; Castagner, R. 1994. La vinaccia. *Tecnologia Delle Grappe e Dei Distillati D'uva. Edagricole. Bologna. Italia.* 27-83.
- Devesa-Rey, R; Vecino, X; Varela-Alende, JL; Barral, MT; Cruz, JM; Moldes, AB. 2011. Valorization of winery waste vs. the costs of not recycling. *Waste Management*, 31(11):2327-2335.
- Díez-Rojo, MA. 2010. Efecto de las vinazas sobre los nematodos del suelo *Meloidogyne arenaria* y *Xiphinema index*. Tesis (Doctorado) – Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid. 409 p.
- Falconí, JC. 2013. Vinaza ¿Residuo contaminante o materia prima? II SIUVAPISQUERA CAÑETE 2013 (1-44). Cañete: CITE agroindustrial.

- Farias-Campomanes, AM; Meireles, MAA. 2013. Pisco Bagasse as a Potential Source of Bioactive Compounds – A Review. *Recent Patents on Engineering* 7(1):41-50.
- Flanzy, C. 2000. *Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos*. Madrid, España, Mundi-Prensa. 783 p.
- Flores, J. 2019. Mapa de las Zonas Pisqueras. Lima, Perú. Esc. 1:10,000,000. Color.
- Freire, W; Cortez, LA. 2000. *Vinhaca de cana de açúcar*. Guaíba, Agropecuaria. 203 p.
- Gómez, F; Trejo, L; Velasco, J; Lara, L. 2016. Herramientas moleculares para estudios ambientales de actividades agroindustriales. *Agroproductividad* 9(8):3-9.
- Guerrero, CC. 2004. La Protección Jurídica de las Denominaciones de Origen peruanas. *Docentia et Investigatio* 6(1):139-151.
- Hatta, B. 2004. Influencia de la maceración con orujos en los componentes volátiles del pisco de uva Italia (*Vitis vinifera L. var. Italia*). Tesis Mg.Sc. en Tecnología de Alimentos. EPG-UNALM, Lima - Perú, 160 p.
- Hernández, A; Real, N; Delgado, M; Bautista, L; Velasco, J. 2016. Residuos agroindustriales con potencial de compostaje. *Agroproductividad* 9(8):10-17.
- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P. 2006. *Metodología de la investigación*. 5 ed. Distrito Federal, México. McGRAW-HILL. 656 p.
- Hidalgo, J. 2011. *Tratado de Enología*. 2 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. 2 v.
- Huertas, L. 2004. Historia de la producción de vinos y piscos en el Perú. *Universum (Talca)* 19(2):44-61.
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad, Perú). 2015. *Bebidas alcohólicas. Determinación de metanol y de congéneres en bebidas alcohólicas y en alcohol etílico empleado en su elaboración, mediante cromatografía de gases*. Norma Técnica Peruana NTP 211.035. 3 ed. Lima, Perú. 20 nov. 23 p.

Indicación Geográfica Orujo de Galicia / Augardente de Galicia expediente técnico. 2014. Xunta de Galicia, Consellería Do Medio Rural E Do Mar.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2019. Listado alfabético de personas con autorización de uso de la Denominación de Origen Pisco (en línea). Lima, Perú. Consultado 06 mar. 2019. Disponible en <https://www.indecopi.gob.pe/web/signos-distintivos/denominacion-de-origen-pisco>.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2007. Guía Para La Implementación de Producción Más Limpia. Guía Peruana GP 900.200. 1 ed. Lima, Perú. 20 jun. 100 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2008. Bebidas alcohólicas. Definiciones. Norma Técnica Peruana NTP 2010.019. 3 ed. Lima, Perú. 31 ene. 14 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). 2011. Reglamento de la Denominación de Origen Pisco. 29 p. 14 feb.

Léauté, R. 1990. Distillation in alembic. *American Journal of Enology and Viticulture* 41: 92–103.

López-Vázquez, C; Bollainn, HM; Berstsch, K; Orriols, I. 2010. Fast determination of principal volatile compounds in distilled spirits. *Food Control* 21(11):1436-1441.

Makris, D; Kallithraka, S; Kefalas, P. 2006. Flavonols in grapes, grape products and wines: Burden, profile and influential parameters. *Journal of Food Composition and Analysis* 19(5):396-404.

Mangas, J; Rodriguez, R; Moreno, J; Blanco, D. 1996. Volatiles in distillates of cider aged in American oak Wood. *Journal of agricultural and food chemistry* 44(1):268-273.

- Marcilla, J. 1968. Tratado práctico de viticultura y enología españolas. Ed. Saeta, Madrid, España. 517 p.
- Mariotti, M; Masoni, A; Ercoli, L. 2000. Distribuzione dei fanghi di cantina alla soia. Nota I. Accrescimento epigeo ed ipogeo (Distribution of winery sludge in soy). Rivista di Agronomia 34:227-233.
- Martínez, M. 1978. Aguardientes y licores. Bilbao, España. 226 p.
- Molero, A; Pereyra, C; Martínez, E. 1995. Optimización del proceso de extracción del aceite de semilla de uva con dióxido de carbono líquido y supercrítico (Optimisation of the extraction process of grape seed oil with liquid and supercritical carbon dioxide). Alimentación, Equipos y Tecnología 3:35-40.
- Montenegro, S; Ararat, M; Betancur, J. 2015. Cachaza y carbonilla: residuos agroindustriales con potencial de fertilización biológica nitrogenada. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 6(1):84-90.
- Moreno, J. 2008. Compostaje (No. F04 MOR 18358). Madrid (España): Mundi-Prensa Libros.
- Muñoz, D; Cuatin, M; Pantoja, A. 2013. Potencial energético de residuos agroindustriales del departamento del Cauca, a partir del poder calorífico inferior. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 11(2):56-163.
- Odello, L. 1994. "La Grappa". VIGNEVINI-BOLOGNA 21, 13-13.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Austria). 2008. Manual de Producción Más Limpia (en línea). Austria. 29 p. Consultado 15 feb. 2019. Disponible en https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf.
- Orriols, I; Cortés, SM; Fornos, D. 2007. Caractérisation des différents systèmes de distillation utilisés dans l'élaboration Orujo de Galicia. Les eaux-de-vie traditionnelles d'origine viticole 167-171.

- Palma, D; Zavala, J; Cámara, J; Ruiz, E; Salgado, S. 2016. Uso de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para elaboración de abonos orgánicos. *Agroproductividad* 9(7):29-34.
- Palma, JC. 2011. Pisco: el aguardiente de uva del Perú. *Agenda Química Virtual*. Departamento de química, Universidad Nacional Agraria La Molina (en línea). Lima, Perú. Consultado 25 feb. 2019. Disponible en <https://agendaquimica.blogspot.com/2011/02/pisco-el-aguardiente-de-uva-del-peru.html>.
- Pérez, I; Garrido, N. 2008. Ingeniería química. Tratamiento de aguas residuales. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), La Habana. 148-153.
- PROMPERU (Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo. Promoción del Pisco en el Mercado Externo, Perú). 2008. VII Congreso del Pisco: Tacna, Perú.
- Reglamento (CE) N° 110, 2008. Reglamento del parlamento Europeo y del consejo de 15 de enero de 2008 relativo a la definición, designación, presentación, etiquetado y protección de la indicación geográfica de bebidas espirituosas por el que se deroga el Reglamento (CEE) N° 1576/89 del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea*. Bruselas, Bélgica. 15 ene.
- Restrepo, A; Rodríguez, E; Manjarrés, K. 2011. Cortezas de naranja comestibles: una aproximación al desarrollo de productos con valor agregado a partir de residuos agroindustriales. *Producción + limpia* 6(2):47- 57.
- Reyes, M. 2013. Caracterización de los subproductos de la industria vitivinícola como fuente de fibra dietética y compuestos fenólicos. Uso de los ultrasonidos de potencia para la extracción de la fracción fenólica. (Tesis Doctoral). Universidad de Illares Balears, Palma de Mallorca, España.
- Ribéreau-Gayon, P; Glories, Y; Maujean, A; Dubourdieu, D. 2002. *Tratado de Enología 2: Química del Vino Estabilización y Tratamientos*. Buenos Aires, Argentina, Mundi-

- Prensa. 1210 p.
- Rivero, Á. 2006. Bebidas espirituosas. Distribución y consumo 16(86):115-131.
- Rodella, A; Parazzi, C; Cardoso, A. 1981. A composicao da vinhaca. Brasil. Acucareiro 97:25-33.
- Rodríguez, R. 2008. Elaboración artesanal de aguardiente de sidra. I. Sistemas de destilación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Tecnología Agroalimentaria 5:32-36.
- Rodriguez-Bencomo, JJ; Ortega-Heras, M; Perez-Magarino, S; Gonzalez-Huerta, C. 2009. Volatile compounds of red wines macerated with Spanish, American, and French oak chips. Journal of agricultural and food chemistry 57(14):6383-6391.
- Romagosa, J. 1979. Orujos de vinificación en la alimentación de rumiantes. Madrid: Ministerio de Agricultura.
- Rosas, D; Ortiz, H; Herrera, J; Leyva, O. 2016. Revalorización de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicación a suelos agrícolas. Agroproductividad 9(8):18-23.
- Ruberto, G; Renda, A; Amico, V; Tringali, C. 2008. Volatile components of grape pomaces from different cultivars of Sicilian *Vitis vinifera* L. Bioresource Technology 99(2):260-268.
- SAG (Servicio Agrícola y Ganadero, Chile). 2006. Guía para proyectos de industrias vitivinícolas que aplican riles al suelo (en línea) Santiago, Chile. 5 p. Consultado 15 mar. 2019. Disponible en <http://www.e-seia.cl/archivos/20081001.001346.pdf>.
- Sánchez, A; Ruggieri, L. 2009. Recovery of organic wastes in the Spanish wine industry. Technical, economic and environmental analyses of the composting process, Journal of Cleaner Production 17:830-838.

- Sánchez, A; Gutiérrez, A; Muñoz, J; Rivera, C. 2010. Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósico. *Revista Tumbaga* 1(5):61-91.
- Saval, S. 2012. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *Biotecnología* 16(2):14-46.
- Shapiro, SS; Francia, RS. 1972. An approximate analysis of variance test for normality. *Journal of the American Statistical Association* 67(337):215-216.
- Silva, ML; Malcata, FX; De Revel, G. 1996. Volatile contents of grape marcs in Portugal. *Journal of Food Composition and Analysis* 9:72-80.
- Silva, M. 2003. Caracterização do subprodutos da vinificação. *Revista Millenium online*, 28.
- Soto, M; Moure, A; Domínguez, H; Parajó, J. 2008. Charcoal adsorption of phenolic compounds present in distilled grape pomace. *Journal of Food Engineering* 84(1):156-163.
- Soufleros, E; Bertrand, A. 1990. "La production artisanale de "Tsipouro" á Naoussa (Grece)". I Symposium International sur les eaux-de-vie traditionnelles d'origine viticole. Bordeaux, 26-30 Junio 1990. Ed. Lavoisier TEC&DOC. Paris, 19-27.
- Treybal, R. 1980. Operaciones de Transferencia de masa, 2 ed. McGraw-Hill, New York.
- Vergara, J. 2015. Estudio comparativo del rendimiento de furfural a partir de diferentes residuos agrícolas (cascarilla de arroz, bagazo de caña, zuro de maíz). Trabajo de grado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- Versini, G; Odello, L. 1990. "Grappa: Considerations on the Italian traditional distillation". I Symposium International sur les eaux-de-vie d'origine viticole. Bordeaux, 26-30 Junio 1990. A.Bertrand Ed. Lavoisier TEC&DOC. Paris, 32-37.
- Yepes, S; Montoya, L; Orozco, F. 2008. Valorización de residuos agroindustriales – frutas – en Medellín y el sur del Valle del Aburrá, Colombia. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 61(1):4422-4431.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Formularios

Tabla 15: Industrias pisqueras seleccionadas

Industria pisquera	Propietario	Distrito
Gran maestro	Fredy Puma Quispe	Santa Cruz de Flores
Don amadeo	Alberto Di Laura Viccina	Quilmaná
Los campos	María Ester Campos	Nuevo Imperial
El paraíso	Víctor Zapata Velit	Lunahuaná
El paso	Carlos Augusto Sánchez Portugués	Lunahuaná
La palma	Orlando Candela	Lunahuaná

Tabla 16: Etiqueta para los residuos recolectados

Residuo	Variedad de Pisco	Industria	Fecha de recolección

Tabla 17: Parámetros medidos previo al proceso de destilación

Residuo pisquero	Parámetros		
	Volumen	Temperatura	Grado alcohólico
Borra	Litros	°C	% v/v
Vinaza	Litros	°C	% v/v
Cabeza	Litros	°C	% v/v
Cola	Litros	°C	% v/v

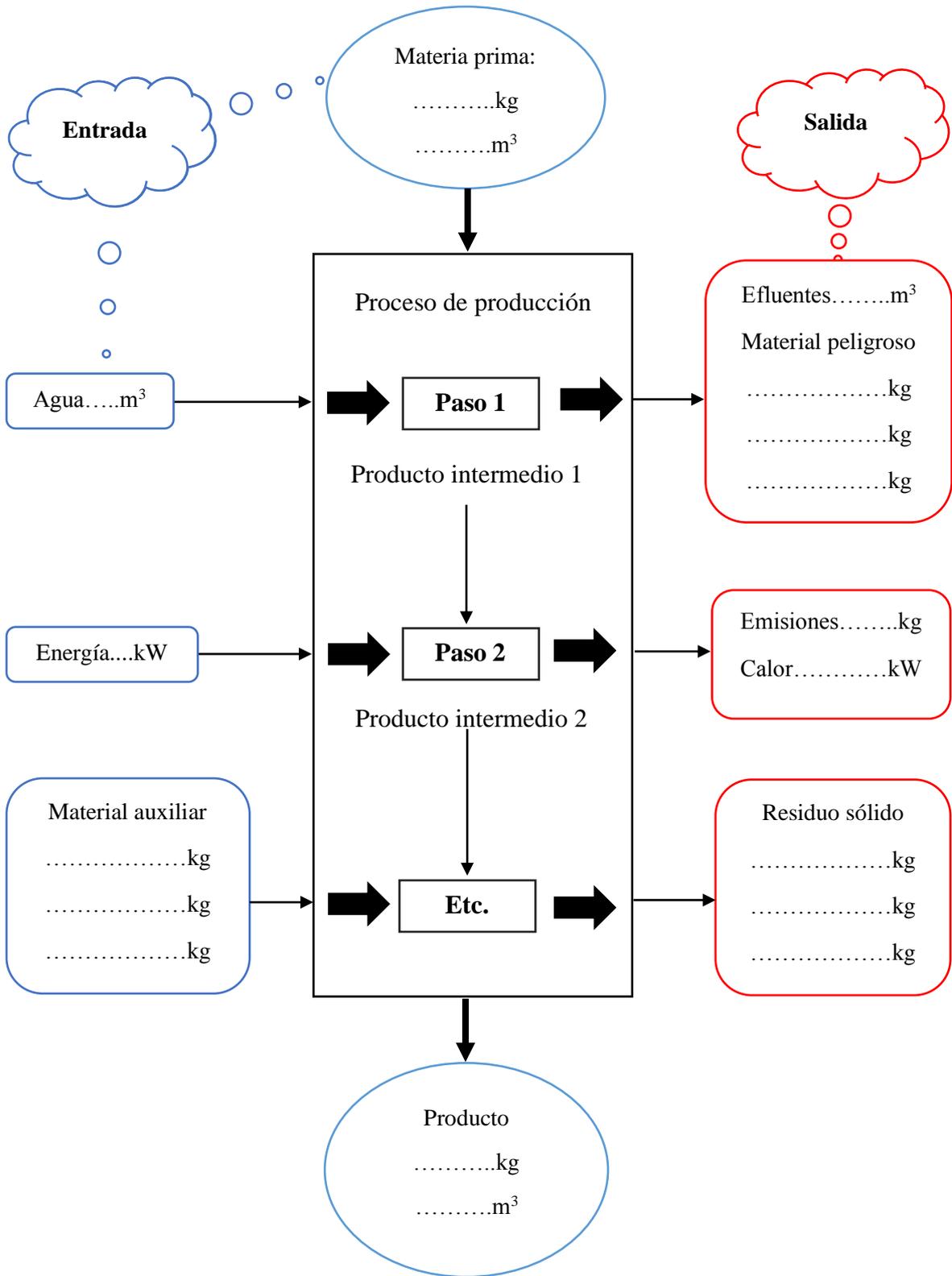
Tabla 18: Formato para el control de destilado a partir de borra, cabeza y cola

Descripción del residuo , variedad de uva, bodega y fecha de destilación					
Volumen:	Temperatura:	Grado alcohólico:	Sistema destilador:	Hora de inicio de encendido del Turbo 500 still:	Hora de la caída de las primeras gotas del destilado:
Litros	°C	% v/v	Turbo 500 still (condensador de columna de acero/cobre)	a.m/p.m.	a.m/p.m.
Relleno de columna:			Cu + acero inoxidable		
Cabeza de destilado:			50 mL		
Cuerpo de destilado (mL)	Hora del día	Temperatura (°C)	Grado Alcohólico (% v/v)		
500	a.m/p.m.				
n					

Tabla 19: Formato para el control de destilado a partir de orujo + vinaza + cabeza

Destilado de orujo + vinaza + cabeza (fecha de destilación)			
Orujo:	5 kilogramos	Quebranta o Italia	Sistema destilador:
Vinaza:	10 litros	Quebrantan o Italia	Turbo 500 still con condensador de columna de acero/cobre
Cabeza:	130 mililitros	Quebranta o Italia	
Relleno en la columna:	0, 100, 200, 300, 400 gr Cu + relleno de acero inoxidable		
Inicio de encendido del Turbo 500 still:	a.m./p.m.		
Primera gota de destilado (hora):	a.m./p.m.		
Cabeza del destilado:	50 mL		
Volumen (mL)	Hora	Temperatura (°C)	Grado Alcohólico (% v/v)
500	a.m./p.m.		
n			

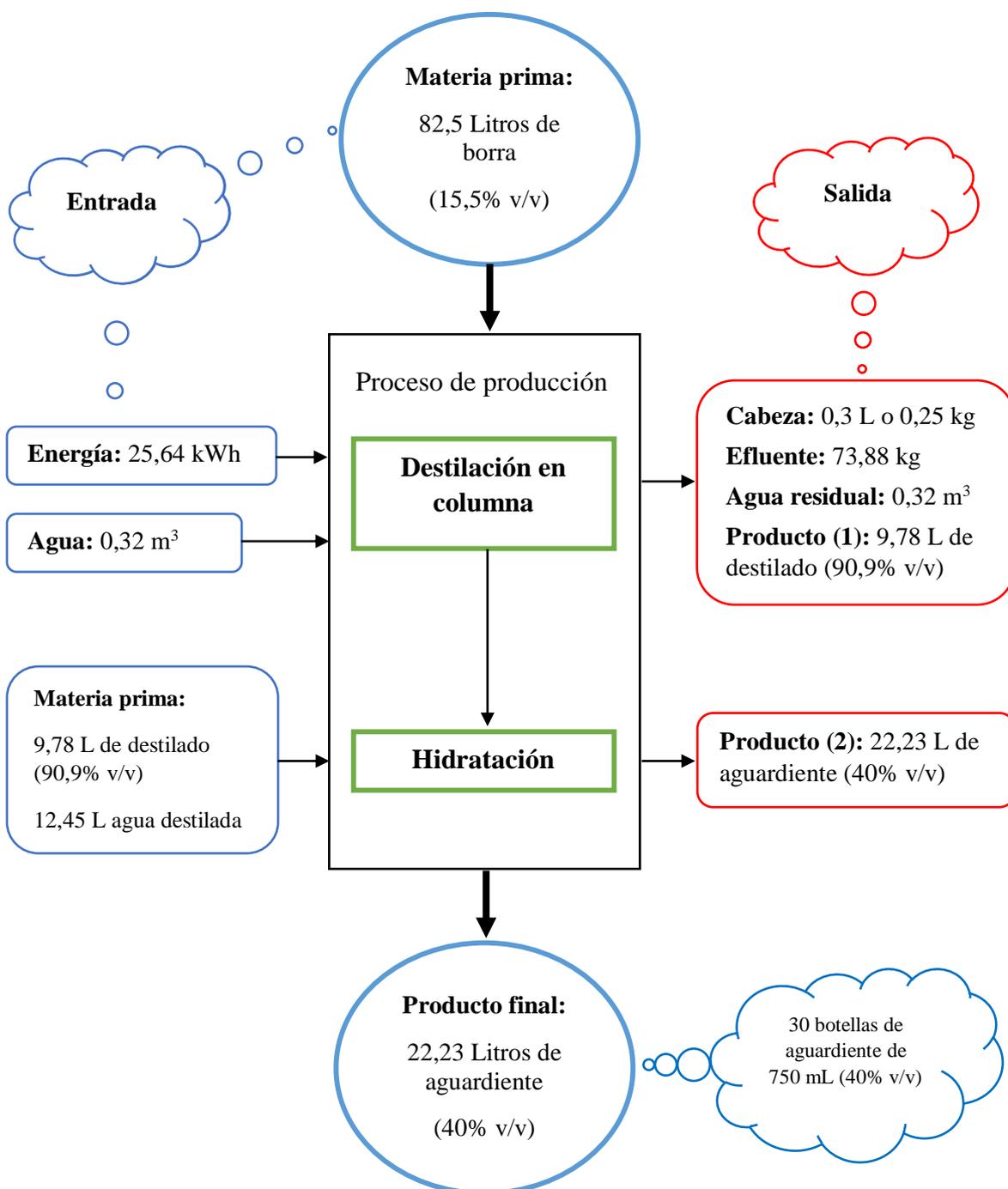
Anexo 2: Modelo de diagrama de flujo



Fuente: Adaptada de Guía Peruana 900.200 INDECOPI 2007.

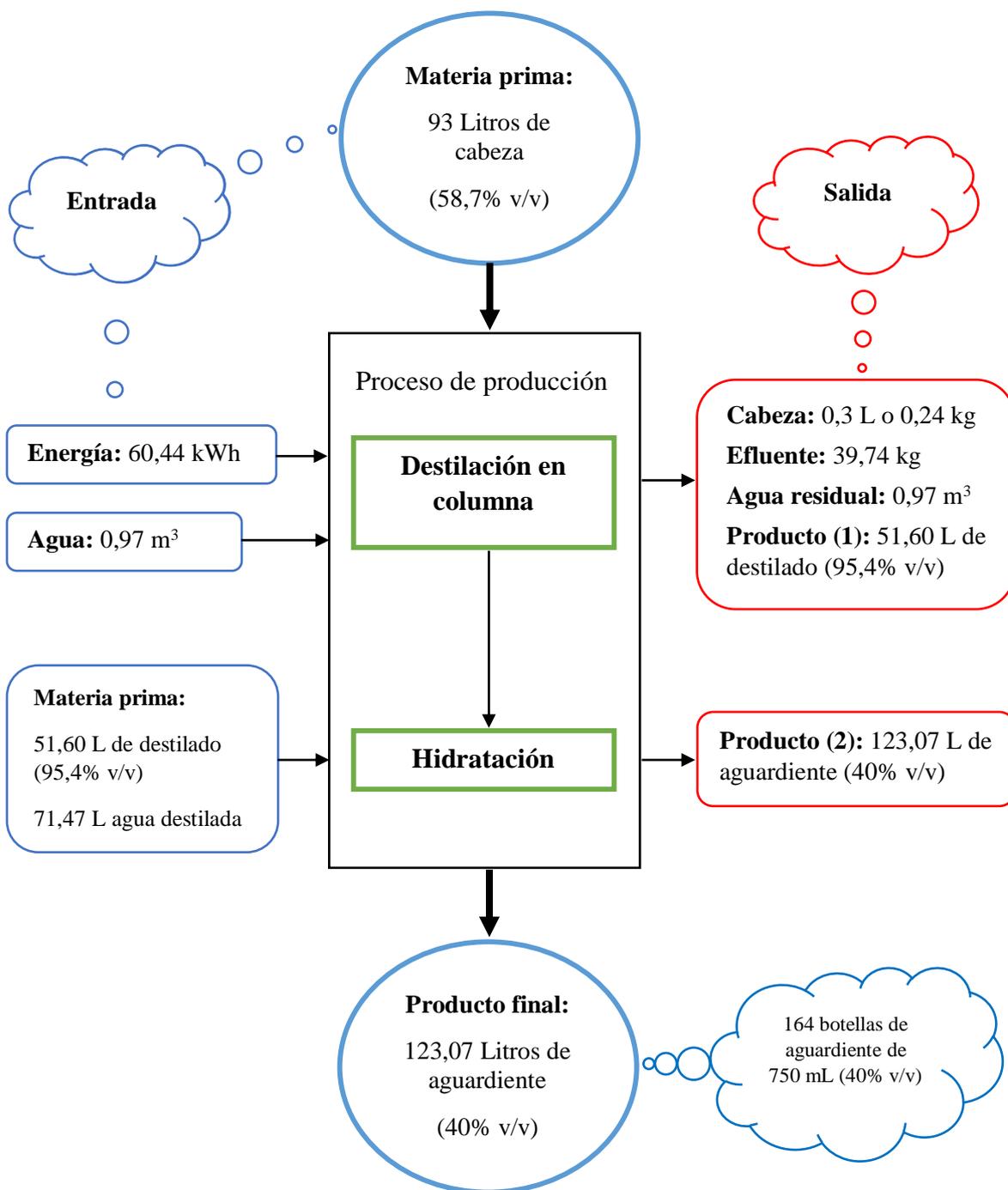
Anexo 3: Diagrama de flujo de la producción de aguardiente a partir de residuos pisqueros

a) DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRODUCCIÓN DE AGUARDIENTE A PARTIR DE BORRA



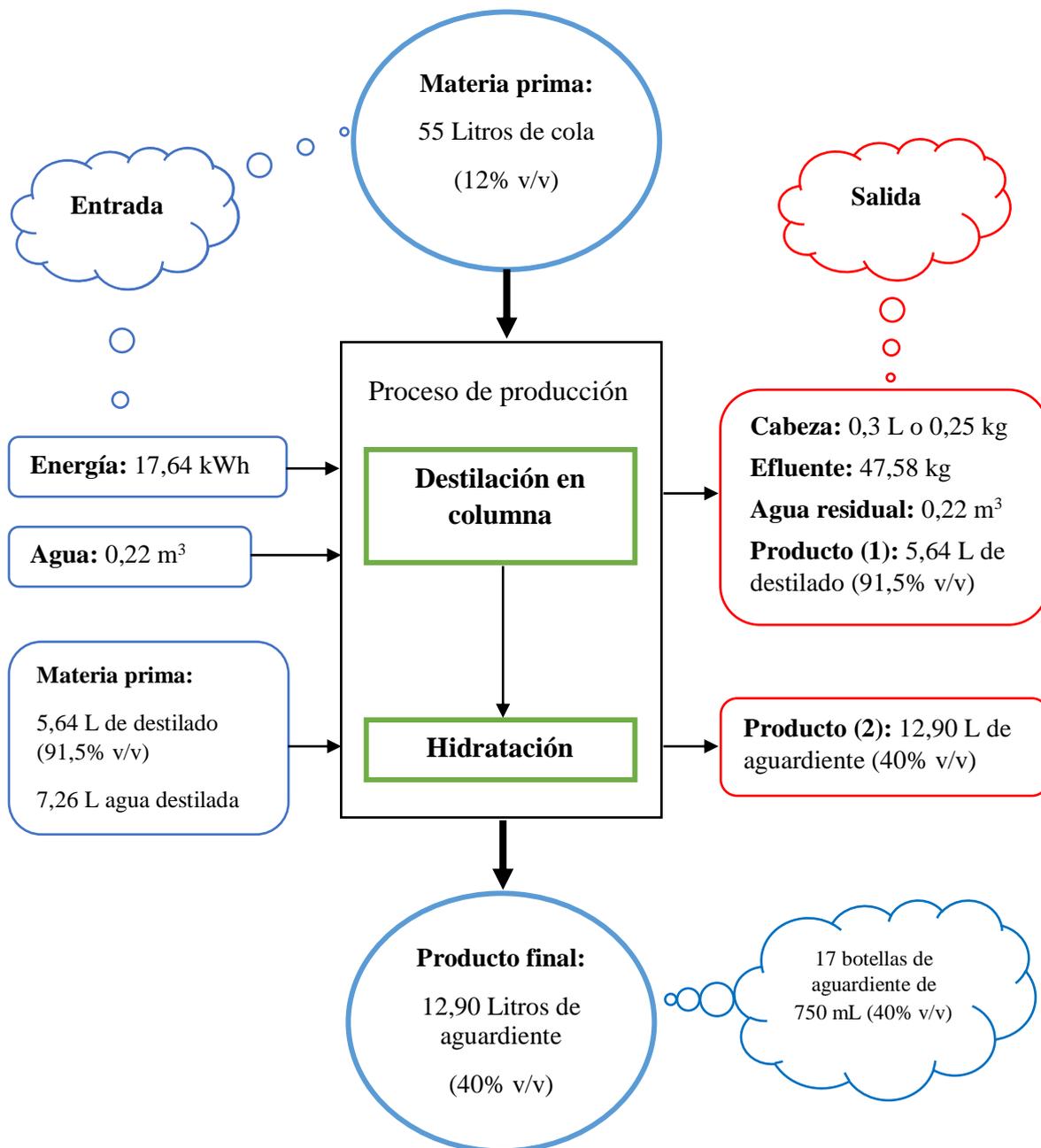
La destilación se realizó en el Turbo 500 con condensador T500 columna de acero y cobre, con 100 gramos de cobre y 500 gramos de acero inoxidable de relleno en la columna.

b) DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRODUCCIÓN DE AGUARDIENTE A PARTIR DE CABEZA



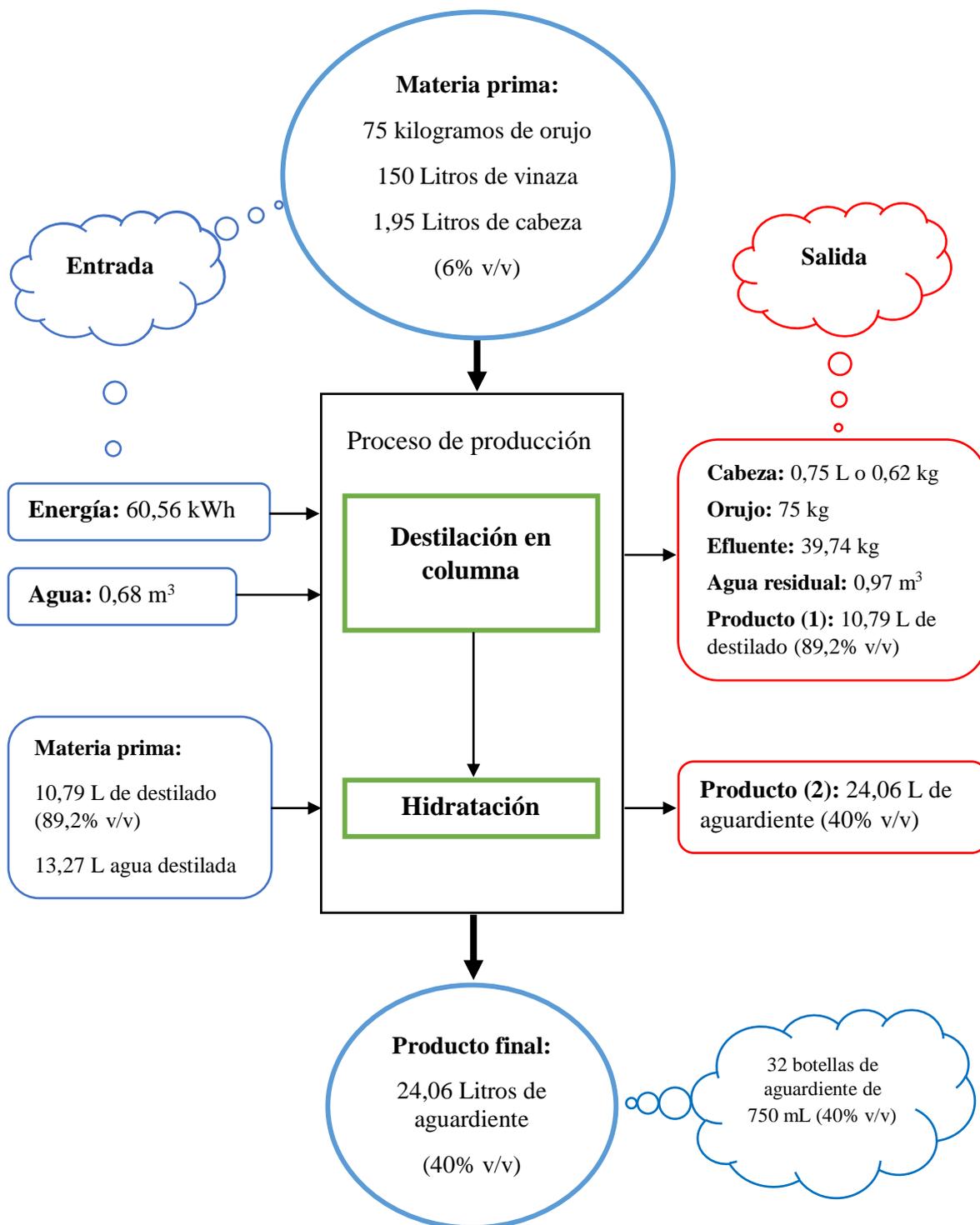
La destilación se realizó en el Turbo 500 con condensador T500 columna de acero y cobre, con 100 gramos de cobre y 500 gramos de acero inoxidable de relleno en la columna.

c) DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRODUCCIÓN DE AGUARDIENTE A PARTIR DE COLA



La destilación se realizó en el Turbo 500 con condensador T500 columna de cobre, con 0 gramos de cobre y 500 gramos de acero inoxidable y 100 gramos de cobre y 500 gramos de acero inoxidable de relleno en la columna.

d) DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRODUCCIÓN DE AGUARDIENTE A PARTIR DE ORUJO + VINAZA + CABEZA



La destilación se realizó en el Turbo 500 con condensador T500 columna de acero, con 0, 100, 200, 300 y 400 gramos de cobre y 500 gramos de acero inoxidable respectivamente de relleno en la columna.

Anexo 4: Principio de entrada y salida del proceso de producción de aguardiente a partir de residuos de la industria pisquera

Tabla 20: Balance de masa del proceso de destilación de residuos pisqueros

Residuo pisquero	Masa de entrada (ME=Mmp+Ma)		Proceso	Masa de salida (MS=Mp+Mar+Me+MN)			
	Mmp (kg)	Masr (kg)		Mp (kg)*	Mar(kg)	Me (kg)	M _N (kg)
Borra**	82,83	321,48	Destilación	8,04	321,48	74,13	0,66
Cabeza**	84,63	971,28	Destilación	42,00	971,28	39,98	2,65
Cola**	52,80	219,60	Destilación	4,62	219,60	47,83	0,35
Orujo + vinaza + cabeza**	229,17	680,40	Destilación	8,96	680,40	219,89	0,33

Mmp = masa de materia prima, **Masr** = masa del agua del sistema de refrigeración, ***Mp** = masa del producto (destilado al 90,9% v/v para la borra, 95,4% v/v para la cabeza, 91,5% v/v para la cola y 89,2% v/v para el orujo + vinaza + cabeza), **Mar** = masa del agua residual del sistema de refrigeración, **Me** = masa del efluente, **M_N** = masa estimada (M_n = Me-(Mp+Mar+Me)). En Me se consideró la masa de los primeros 50 mL de la cabeza que se descartó inicialmente.

**Materia prima 82,5 litros de borra, 93 litros de cabeza, 55 litros de cola, 75 kilogramos de orujo + 150 litros de vinaza y 1,95 litros de cabeza; densidad promedio de borra 1,004 kg L⁻¹, cabeza 0,910 kg L⁻¹, cola 0,960 kg L⁻¹, vinaza 1,016 kg L⁻¹ y agua 1 kg L⁻¹. *Producto 9,78 L de destilado (90,9% v/v) de borra, 51,60 L de destilado (95,4% v/v) de cabeza, 5,64 L de destilado (91,5% v/v) de cola y 10,79 L de destilado (89,2% v/v) de orujo + vinaza + cabeza. *Densidad promedio del destilado producido a partir de borra 0,822 kg L⁻¹, cabeza 0,814 kg L⁻¹, cola 0,820 kg L⁻¹ y orujo + vinaza + cabeza 0,830 kg L⁻¹.

Tabla 21: Balance de masa del proceso de hidratación de aguardiente producido de residuos pisqueros

Residuo pisquero	Masa de entrada (ME=Mp+Mad)		Proceso	Masa de salida (MS=Mag+MN)	
	Md (kg)*	Mad(kg)**		Mag (kg)***	M _N (kg)
Borra	8,04	12,45	Hidratación	20,49	0,00
Cabeza	42,00	71,47	Hidratación	113,47	0,00
Cola	4,62	7,26	Hidratación	11,89	0,00
Orujo + vinaza + cabeza	8,96	13,27	Hidratación	22,23	0,00

Md:** masa del destilado y se transformó a litros por densidad que se muestra en la Tabla 20. *Mad:** masa del agua destilada, densidad 1kg L⁻¹. *****Mag:** masa del aguardiente hidratado cuya graduación alcohólica es 40% v/v, lo cual equivalen a 22,23 litros de aguardiente al 40% v/v a partir de borra, 123,07 litros a partir de cabeza, 12,90 litros a partir de cola y 24,06 litros a partir de orujo + vinaza + cabeza.

Tabla 22: Balance de energía eléctrica por litro de aguardiente al 40 por ciento v/v

Residuo	Equipo	Horas de uso	kWh	Aguardiente al 40% v/v (L)**	kWh/L
Borra	T500*	12,82	25,64	22,23	1,15
Cabeza	T500*	30,22	60,44	123,07	0,49
Cola	T500*	8,82	17,64	12,90	1,37
Orujo + vinaza + cabeza	T500*	30,28	60,56	24,06	2,52

*T500: Turbo 500 still. **Es el aguardiente hidratado (40% v/v).

Anexo 5: Cálculo de costo de energía, agua y depreciación de equipo**Tabla 23:** Consumo y costo de energía en el proceso de destilación

Residuo pisquero	Equipo	Potencia (W)	Potencia (kW)	Horas de uso	kWh	Costo (kW)**	Costo total (S/.)
		$P1$	$P2 = (P1/1000)$	t	$P3 = (P2 \times t)$	$C = 1,39$ soles/kW	$P3 \times C$
Borra	T500 Ac y T500 Cu*	2.000	2	12,82	25,64	1,39	35,64
Cabeza	T500 Ac y T500 Cu*	2.000	2	30,22	60,44	1,39	84,01
Cola	T500 Ac y T500 Cu*	2.000	2	8,82	17,64	1,39	24,52
Orujo + vinaza + cabeza	T500 Ac y T500 Cu*	2.000	2	30,28	60,56	1,39	84,18

*T500 Ac: Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable, T500 Cu: Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre. **El costo por kW se adaptó al precio de Luz del Sur (2019). El costo total hace referencia a la producción de 22,23 litros de aguardiente de borra al 40% v/v, 123,07 litros de aguardiente de cabeza al 40% v/v, 12,90 litros de aguardiente de cola al 40% v/v, 24,06 litros de aguardiente de orujo + vinaza + cabeza al 40% v/v; esto es equivalente a 30 botellas de aguardiente de 750 mL al 40% para el caso de borra, 164 botellas para la cabeza, 17 botellas para la cola y 32 botellas para el orujo + vinaza + cabeza.

Tabla 24: Consumo y costo de agua de refrigeración en el proceso de destilación

Residuo pisquero	Equipo	Tiempo de refrigeración (horas)	Caudal de salida de agua	Consumo de agua (m ³)	Costo de agua (m ³)**	Costo total (S/.)
		t	$Q = (10 \text{ mL/s } \text{ ó } 36 \text{ L/h})$	$C = (t \times Q)/1000$	$P = 2,69$ soles/m ³	$C \times P$
Borra	T500 Ac y T500 Cu*	8,93	36	0,32	2,69	0,86
Cabeza	T500 Ac y T500 Cu*	26,98	36	0,97	2,69	2,61
Cola	T500 Ac y T500 Cu*	6,10	36	0,22	2,69	0,59
Orujo + vinaza + cabeza	T500 Ac y T500 Cu*	18,90	36	0,68	2,69	1,83

*T500 Ac: Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable, T500 Cu: Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre. **El costo por m³ se adaptó al precio de SEDAPAL (2019). El costo total hace referencia a la producción de 22,23 litros de aguardiente de borra al 40% v/v, 123,07 litros de aguardiente de cabeza al 40% v/v, 12,90 litros de aguardiente de cola al 40% v/v, 24,06 litros de aguardiente de orujo + vinaza + cabeza al 40% v/v; esto es equivalente a 30 botellas de aguardiente de 750 mL al 40% para el caso de borra, 164 botellas para la cabeza, 17 botellas para la cola y 32 botellas para el orujo + vinaza + cabeza.

Tabla 25: Depreciación de los equipos destiladores

Equipo	Costo de equipo (S/.)	Depreciación por año (S/.)	Depreciación por hora (S/.)	Horas de uso	Depreciación por horas de uso (S/.)
	C	$D = (C/5 \text{ años})$	$DI = ((D/365)/24)$	H	$D2 = (D1 \times H)$
T500 Ac*	3 972	794,4	0,09	51,67	4,69
T500 Cu**	3 972	794,4	0,09	30,47	2,76

*T500 Ac: Turbo 500 still con condensador T500 columna de acero inoxidable, **T500 Cu: Turbo 500 still con condensador T500 columna de cobre. Se consideró 5 años el tiempo de depreciación para el equipo.

Anexo 6: Costo de producción**Tabla 26:** Costo de producción de aguardiente a partir de borra

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo general (S/.)
Mano de obra				160,00
Recolección de residuos	Jornal	1	30	30,00
Transporte de residuos Cañete - Lima	Traslado	1	50	50,00
Destilación*	Jornal	1,60	50	80,00
Materiales				42,45
Botellas de vidrio de 750 mL	Unidad	30	1	30,00
Agua destilada	Litros	12,45	1	12,45
Costo general*				37,66
Energía	kWh	25,64	1,39	35,64
Agua	m ³	0,32	2,69	0,86
Depreciación de equipo	Hora	12,82	0,09	1,15
Costo de producción (S/.)				240,10

Costo de producción de 22,23 litros de aguardiente de borra al 40% v/v. *Elaborado con base en Anexo 5.

Tabla 27: Costo de producción de aguardiente a partir de cabeza

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo general (S/.)
Mano de obra				269,00
Recolección de residuos	Jornal	1	30	30,00
Transporte de residuos Cañete - Lima	Traslado	1	50	50,00
Destilación*	Jornal	3,78	50	189,00
Materiales				235,47
Botellas de vidrio de 750 mL	Unidad	164	1	164,00
Agua destilada	Litros	71,47	1	71,47
Costo general*				89,34
Energía	kWh	60,44	1,39	84,01
Agua	m ³	0,97	2,69	2,61
Depreciación de equipo	Hora	30,22	0,09	2,72
Costo de producción (S/.)				593,81

Costo de producción de 123,07 litros de aguardiente de cabeza al 40% v/v. *Elaborado con base en Anexo 5.

Tabla 28: Costo de producción de aguardiente a partir de cola

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo general (S/.)
Mano de obra				135,00
Recolección de residuos	Jornal	1	30	30,00
Transporte de residuos Cañete - Lima	Traslado	1	50	50,00
Destilación*	Jornal	1,10	50	55,00
Materiales				24,26
Botellas de vidrio de 750 mL	Unidad	17	1	17,00
Agua destilada	Litros	7,26	1	7,26
Costo general*				25,90
Energía	kWh	17,64	1,39	24,52
Agua	m ³	0,22	2,69	0,59
Depreciación de equipo	Hora	8,82	0,09	0,79
Costo de producción (S/.)				185,17

Costo de producción de 12,90 litros de aguardiente de cola al 40% v/v. *Elaborado con base en Anexo 5.

Tabla 29: Costo de producción de aguardiente a partir de orujo + vinaza + cabeza

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo general (S/.)
Mano de obra				269,50
Recolección de residuos	Jornal	1	30	30,00
Transporte de residuos Cañete - Lima	Traslado	1	50	50,00
Destilación*	Jornal	3,79	50	189,50
Materiales				45,27
Botellas de vidrio de 750 mL	Unidad	32	1	32,00
Agua destilada	Litros	13,27	1	13,27
Costo general*				88,73
Energía	kWh	60,56	1,39	84,18
Agua	m ³	0,68	2,69	1,83
Depreciación de equipo	Hora	30,28	0,09	2,73
Costo de producción (S/.)				403,51

Costo de producción de 24,06 litros de aguardiente de cola al 40% v/v. *Elaborado con base en Anexo 5.

El costo del transporte de residuo se consideró 50 soles de 0 a 250 kilogramos o litros, 100 soles de 250 a 500 litros y 200 soles de 500 a 1 000 litros.

El costo de botella de vidrio se adaptó al precio del mercado local y del agua destilada hemos tomado referencia de la empresa Matraz.

Anexo 7: Beneficio económico

Tabla 30: Ingreso económico por la producción de aguardiente a partir de residuos pisqueros

Residuo pisquero	Unidad de residuo	Destilado (L)	Aguardiente hidratado 40% v/v (L)	N° de botellas de aguardiente 40% v/v (750 mL)	Precio de venta por botella (750 mL)**	Ingreso económico (S/.)***
Borra	82,5 L	9,78	22,23	30	10	300
Cabeza	93 L	51,60	123,07	164	10	1 640
Cola	55 L	5,64	12,90	17	10	170
Orujo + vinaza + cabeza	75 kg, 150 L, 1,95 L	10,79	24,06	32	10	320
TOTAL (S/.)						2 430

** El precio de venta por botella es referencial. ***El ingreso económico está en función a 30 botellas de aguardiente al 40% v/v para el caso de borra, 164 botellas de aguardiente para la cabeza, 17 botellas de aguardiente para la cola y 32 botellas de aguardiente para el orujo + vinaza + cabeza.

Tabla 31: Rentabilidad de la producción de aguardiente a partir de residuos pisqueros

Residuo pisquero	Ingreso económico (S/.)	Costo de Producción (S/.)	Beneficio económico (S/.)	Rentabilidad (%)*
	I	CP	Be = (I-CP)	R = (Be/CP)*100
Borra	300	240,10	59,90	24,95
Cabeza	1 640	593,81	1.046,19	176,18
Cola	170	185,17	-15,17	-8,19
Orujo + Vinaza + Cabeza	320	403,51	-83,51	-20,70

*Rentabilidad en función a 30 botellas de aguardiente al 40% v/v para el caso de borra, 164 botellas de aguardiente para la cabeza, 17 botellas de aguardiente para la cola y 32 botellas de aguardiente para el orujo + vinaza + cabeza.

Anexo 8: Beneficio ambiental

Tabla 32: Reducción de residuos pisqueros por la producción de aguardiente

Residuo pisquero	materia prima	materia prima (kg)	Destilado (L)*	Destilado (kg)*	Aguardiente hidratado (40% v/v) L	Efluente (kg)**
		<i>a</i>		<i>b</i>		<i>a-b</i>
Borra	82,5 L	82,83	9,78	8,04	22,23	74,79
Cabeza	93 L	84,63	51,60	42,0	123,07	42,63
Cola	55 L	52,80	5,64	4,62	12,90	48,18
Orujo + vinaza + cabeza	O=75kg V=150L C=1,95L	229,17	10,79	8,96	24,06	220,21

*Destilado de borra tuvo 90,9 % v/v de graduación alcohólica, cabeza 95,4% v/v, cola 91,5% v/v, orujo + vinaza + cabeza 89,2% v/v. **En el efluente está incluido la masa de los 50 mL de las cabezas, en la borra fue 0,25 kg, en la cabeza 0,24 kg, en la cola 0,25 kg y en el orujo + vinaza + cabeza 0,62 kg. Densidad de la borra: 1,004 kg/L, cabeza: 0,910 kg/L, cola: 0,960 kg, vinaza: 1,016 kg/L (materia prima).

Densidad del destilado de borra: 0,822 kg/L, cabeza: 0,814 kg/L, cola: 0,820 kg/L, orujo + vinaza + cabeza: 0,830 kg/L. La masa del efluente, abarca a la masa estimada (M_N) de la Tabla 20.

Anexo 9: Cálculo de resultados de producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v a partir de residuos de la industria pisquera

a) Principio de entrada y salida

Tabla 33: Balance de masa del proceso de destilación para producir 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v

Residuo pisquero	Masa de entrada (ME = $M_{mp} + M_{a}$)		Proceso	Masa de salida (MS = $M_p + M_{ar} + M_e$)			
	M_{mp} (kg)	M_{asr} (kg)		M_d (kg)*	M_{ar} (kg)	M_e (kg)	M_N (kg)
Borra	372,68	1 446,48	Destilación	36,17	1 446,48	333,54	2,97
Cabeza	68,77	789,23	Destilación	34,13	789,23	32,49	2,15
Cola	409,26	1 702,13	Destilación	35,85	1 702,13	370,73	2,68
Orujo + vinaza + cabeza	952,45	2 827,72	Destilación	37,22	2 827,72	913,86	1,37

M_{mp} = masa de materia prima, M_{asr} = masa del agua del sistema de refrigeración, M_d = masa del destilado (destilado al 90,9% v/v para la borra, 95,4% v/v para la cabeza, 91,5% v/v para la cola y 89,2% v/v para el orujo + vinaza + cabeza), M_{ar} = masa del agua residual del sistema de refrigeración, M_e = masa del efluente, M_N = masa estimada ($M_N = M_e - (M_p + M_{ar} + M_e)$). Densidad de la borra: 1,004 kg/L, cabeza: 0,910 kg/L, cola: 0,960 kg, vinaza: 1,016 kg/L (materia prima). Densidad del destilado de borra: 0,822 kg/L, cabeza: 0,814 kg/L, cola: 0,820 kg, orujo + vinaza + cabeza: 0,830 kg/L.

Tabla 34: Balance de masa de hidratación para 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v

Residuo pisquero	Masa de Entrada (ME=Mp+Mad)		Proceso	Masa de salida (MS=Mag+M _N)	
	Md (kg)	Mad (kg)		Mag (kg)	M _N (kg)
Borra	36,17	56,00	Hidratación	92,17	0
Cabeza	34,13	58,07	Hidratación	92,20	0
Cola	35,85	56,28	Hidratación	92,13	0
Orujo + vinaza + cabeza	37,22	55,16	Hidratación	92,38	0

Md = masa del destilado (destilado al 90,9% v/v para la borra, 95,4% v/v para la cabeza, 91,5% v/v para la cola y 89,2% v/v para el orujo + vinaza + cabeza), **Mad** = masa del agua destilada, **Mag** = masa del aguardiente hidratado (40% v/v), **M_N** = masa estimada ($M_N = M_e - (M_p + M_{ar} + M_e)$).

b) Costo de producción

Tabla 35: Costo de producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v

Residuo pisquero	Mano de obra (S/.)			Materiales (S/.)		Costo general (S/.)			Costo de producción (S/.)
	R.R	T.R	D.S	B.V	A.D	E.E	A	D.P	
Borra	30	100	360,44	133	55,98	160,32	3,89	5,19	848,82
Cabeza	30	50	153,47	133	58,07	68,27	2,12	2,21	497,14
Cola	30	100	427,33	133	56,29	190,08	4,58	6,15	947,43
Orujo + vinaza + cabeza	60	200	786,58	133	55,16	349,86	7,61	11,33	1 603,54

R.R: Recolección de residuos, **T.R:** Transporte de residuos, **D.S:** Destilación, **B.V:** Botellas vidrio, **A.D:** Agua destilada, **E.E:** Energía eléctrica, **AC:** Agua de caño, **D.P:** Depreciación. Se consideró 200 soles en el transporte de orujo + vinaza + cabeza por la cantidad de residuos. Tabla 35 fue elaborado con base en Anexo 6.

c) Beneficio económico

Tabla 36: Cálculo de beneficio económico de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v

Residuo pisquero	Destilado (L)*	Aguardiente 40% v/v (L)**	Número de botellas (750 mL)	Ingreso económico (S/.)***	Costo de Producción (S/.)	Beneficio económico (S/.)
Borra	44,00	100	133	1 330	848,82	481,18
Cabeza	41,93	100	133	1 330	497,14	832,86
Cola	43,72	100	133	1 330	947,43	382,57
Orujo + Vinaza + Cabeza	44,84	100	133	1 330	1 603,54	-273,54

*El destilado de borra tuvo un promedio de graduación alcohólica de 90,9% v/v, el destilado de cabeza 95,4% v/v, el destilado de cola 91,5% v/v y el destilado de orujo + vinaza + cabeza 89,2% v/v. **Aguardiente hidratado (aguardiente producido al 40% v/v). 100 litros de aguardiente al 40% equivalen a 133 botellas de 750 mL. ***Se consideró 10 nuevos soles el precio de venta de una botella de aguardiente de 750 mL al 40% v/v.

d) Beneficio ambiental

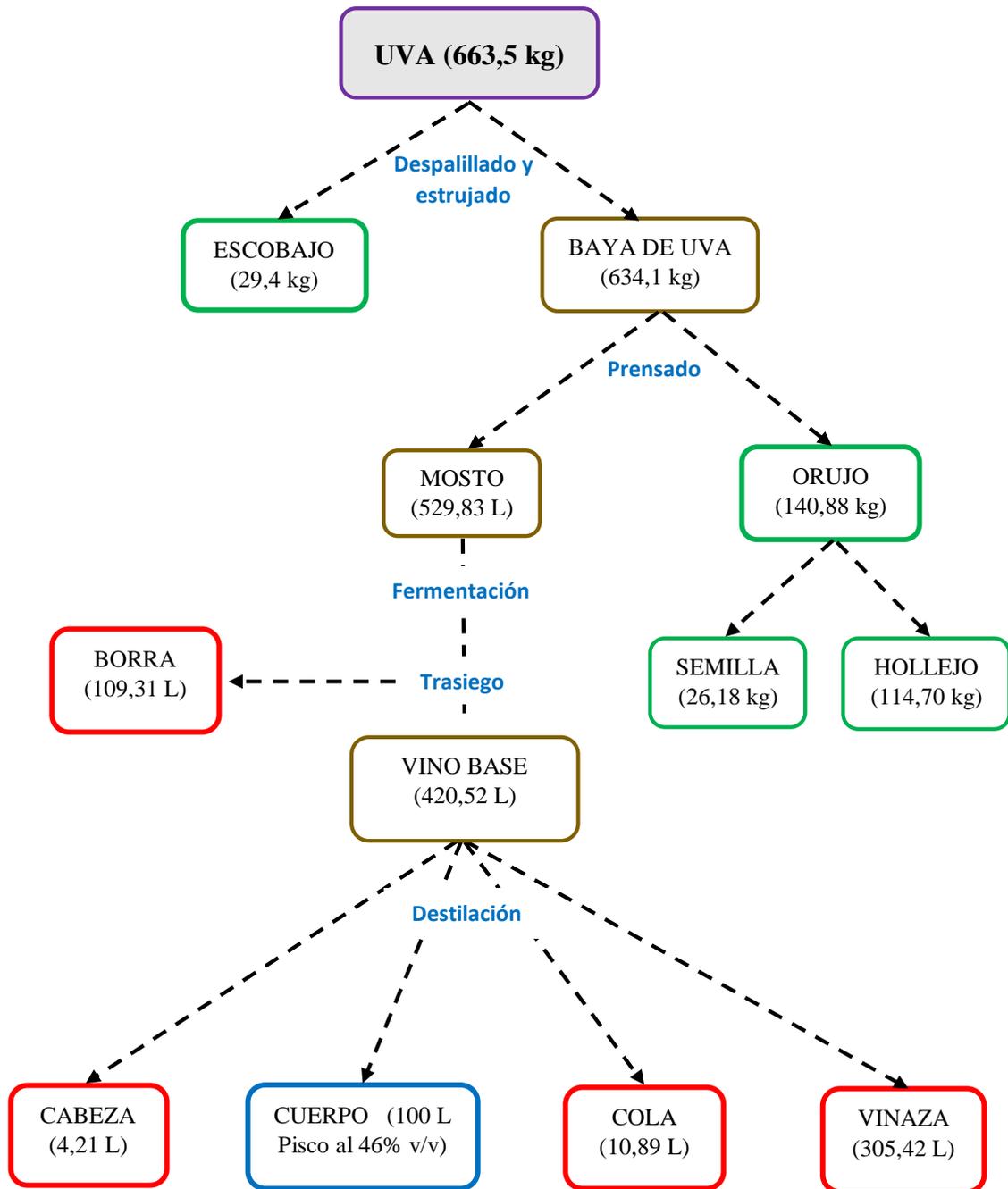
Tabla 37: Reducción de residuos por la producción de 100 litros de aguardiente al 40 por ciento v/v

Residuo pisquero	materia prima (kg)	Destilado (L)	Destilado (kg)	Aguardiente hidratado (40% v/v) L	Efluente (kg)
	<i>a</i>		<i>b</i>		<i>a-b</i>
Borra	372,68	44,00	36,17	100	336,51
Cabeza	68,77	41,93	34,13	100	34,64
Cola	409,26	43,72	35,85	100	373,41
Orujo + vinaza + cabeza	952,45	44,84	37,22	100	915,23

*Destilado de borra tuvo 90,9 % v/v de graduación alcohólica, cabeza 95,4% v/v, cola 91,5% v/v, orujo + vinaza + cabeza 89,2% v/v. **En el efluente está incluido la masa de los 50 mL de las cabezas, en la borra fue 0,25 kg, en la cabeza 0,24 kg, en la cola 0,25 kg y en el orujo + vinaza + cabeza 0,62 kg. Densidad de la borra: 1,004 kg/L, cabeza: 0,910 kg/L, cola: 0,960 kg, vinaza: 1,016 kg/L (materia prima).

Densidad del destilado de borra: 0,822 kg/L, cabeza: 0,814 kg/L, cola: 0,820 kg/L, orujo + vinaza + cabeza: 0,830 kg/L. La masa del efluente, abarca a la masa estimada (M_N) de la Tabla 33.

Anexo 10: Flujo de producción de 100 litros de Pisco artesanal sin aditivos enológicos



Leyenda: Residuos sólidos; Residuos líquidos; Pisco.

La cabeza representa el 1% del vino base, el cuerpo el 23,78%, la cola el 2,59% y la vinaza el 72,63%. Este flujo está basado en la producción de Pisco acholado con graduación alcohólica en promedio de 46% v/v.

Fuente: Producción artesanal propia en alambique.

Anexo 11: Datos generales de los destilados

a) Destilados de borra

1) Destilado de borra Albilla, en el Turbo 500 still con condensador de acero

DESTILADO DE BORRA DE ALBILLA - DON AMADEO					
Volumen de carga (L):	Temperatura del residuo:	Densidad del residuo:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
18	28 °C	15%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de acero	15:34 p.m.	16:23 p.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
16:23	0	0	0	0	
16:32	9	250	36	95	
16:39	16	250	35	95	
16:46	23	250	34	95	
16:54	31	250	32	94	
17:02	39	250	28	93	
17:11	48	250	28	93	
17:20	57	250	28	92	
17:29	66	250	26	92	
17:39	76	250	26	92	
17:50	87	250	26	91	
18:08	105	250	26	90	
18:33	130	250	24	90	
18:40	137	50	24	89	
Entonces:		$\Sigma = 3\ 050$	$\bar{X} = 28,7$	$\bar{X} = 92,4$	

*Fecha de destilación: 12/04/2018

2) Destilado de borra Albilla, en el Turbo 500 still con condensador de cobre

DESTILADO DE BORRA DE ALBILLA - DON AMADEO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico del residuo:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
11	22 °C	15%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	11:55 a.m	12:25 p.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
12:25	0	0	0	0	
12:45	20	500	32	94	
13:25	60	400	30	80	
Entonces:		$\Sigma = 900$	$\bar{x} = 31$	$\bar{x} = 87$	

*Fecha de destilación: 28/04/2018

3) Destilado de borra Italia, en el Turbo 500 still con condensador de acero

DESTILADO DE BORRA ITALIA - DON AMADEO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico del residuo:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
19	20 °C	16%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de acero	08:43 a.m.	09:38 a.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
09:38	0	0	0	0	
10:02	24	500	25	91	
10:22	44	500	24	91	
10:47	69	500	22	91	
11:22	104	500	22	90	
11:36	118	200	21	90	
Entonces:		$\Sigma = 2\ 200$	$\bar{x} = 22,8$	$\bar{x} = 90,6$	

*Fecha de destilación: 16/10/2018

4) Destilado de borra Italia, en el Turbo 500 still con condensador de cobre

DESTILADO DE BORRA ITALIA - GRAN MAESTRO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico del residuo:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
15	20 °C	15,5	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	09:15 a.m.	10:00 a.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
10:00	0	0	0	0	
10:15	15	250	21	92	
10:25	25	250	22	92	
10:39	39	250	22	92	
10:49	49	250	21	91	
11:10	70	250	21	91	
11:37	97	150	21	91	
Entonces:		$\Sigma = 1\ 400$	$\bar{x} = 21,3$	$\bar{x} = 91,5$	

*Fecha de destilación: 16/10/2018

5) Destilado de borra Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero

DESTILADO DE BORRA QUEBRANTA - GRAN MAESTRO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico del residuo:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
6,5	21 °C	15,5%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de acero	09:31 a.m.	09:50 a.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
09:50	0	0	0	0	
10:08	18	250	26	92	
10:18	28	250	22	91	
10:39	49	230	20	90	
Entonces:		$\Sigma = 730$	$\bar{x} = 22,7$	$\bar{x} = 91$	

*Fecha de destilación: 17/10/2018

6) Destilado de borra Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de cobre

DESTILADO DE BORRA QUEBRANTA - DON AMADEO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico del residuo:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
13	20 °C	16%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	13:35 p.m.	14:10 p.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
14:10	0	0	0	0	
14:33	23	500	23	93	
14:50	40	500	23	93	
15:25	75	500	22	93	
Entonces:		$\sum = 1\ 500$	$\bar{x} = 22,3$	$\bar{x} = 93$	

*Fecha de destilación: 17/10/2018

b) Destilados de cabeza

1) Destilado de cabeza Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero

DESTILADO DE CABEZA QUEBRANTA - EL PASO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
12,5	24 °C	60%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de acero	13:40 p.m.	14:10 p.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
14:10	0	0	0	0	
14:28	18	500	42	97	
14:41	31	500	40	96,5	
14:56	46	500	36	96	
15:12	62	500	37	96	
15:26	76	500	36	96	
15:40	90	500	36	96,5	
15:54	104	500	37	96,5	
16:08	118	500	36	96	
16:23	133	500	37	95	
16:48	158	500	35	96	
16:51	161	500	34	95	
17:07	177	500	34	95	
17:25	195	500	30	94	
17:42	212	300	31	93	
Entonces:		$\Sigma = 6\ 800$	$\bar{x} = 35,8$	$\bar{x} = 95,6$	

*Fecha de destilación: 19/04/2018

2) Destilado de cabeza Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de cobre

DESTILADO DE CABEZA QUEBRANTA - EL PASO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
12,5	24 °C	60%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	12:49 p.m.	13:16 p.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
13:16	0	0	0	0	
13:30	14	500	46	98	
13:43	27	500	42	97	
13:55	39	500	40	97	
14:12	56	500	32	95	
14:29	73	500	32	95	
14:46	90	500	32	95	
15:06	110	500	28	95	
15:29	133	500	28	95	
15:48	152	500	30	95	
16:03	167	500	32	95	
16:19	183	500	32	95	
16:35	199	500	32	95	
16:53	217	500	30	94	
17:10	234	500	30	93	
17:32	256	500	28	92	
17:43	267	100	28	91	
Entonces:		$\Sigma = 7\ 600$	$\bar{x} = 32,6$	$\bar{x} = 94,8$	

*Fecha de destilación: 19/04/2018

3) Destilado de cabeza Italia, en el Turbo 500 still con condensador de acero

DESTILADO DE CABEZA ITALIA - DON AMADEO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
17	25 °C	60%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de acero	11:25 a.m.	11:59 a.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
11:59	0	0	0	0	
12:13	14	500	46	98	
12:25	26	500	42	98	
12:37	38	500	44	98	
12:50	51	500	40	97	
13:02	63	500	40	97	
13:15	76	500	42	97	
13:27	88	500	43	97,5	
13:41	102	500	43	98	
13:55	116	500	40	97,5	
14:07	128	500	41	97,5	
14:22	143	500	41	97	
14:35	156	500	41	97	
14:49	170	500	39	97	
15:02	183	500	36	96	
15:20	201	500	32	95,5	
15:37	218	500	38	98	
15:50	231	500	42	97	
16:02	243	500	42	98	
16:17	258	500	37	96	
16:32	273	500	35	95	
Entonces:		$\Sigma = 10\ 000$	$\bar{x} = 40,2$	$\bar{x} = 97,1$	

*Fecha de destilación: 27/04/2018

4) Destilado de cabeza Italia, en el Turbo 500 still con condensador de cobre

DESTILADO DE CABEZA ITALIA - DON AMADEO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
16	22 °C	60%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	08:00 a.m.	08:32 a.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
08:32	0	0	0	0	
08:47	15	500	28	95	
08:59	27	500	30	95	
09:13	41	500	30	95	
09:29	57	500	24	94	
09:42	70	500	30	95	
09:54	82	500	32	95	
10:05	93	500	30	95	
10:18	106	500	30	95	
10:32	120	500	30	95	
10:47	135	500	26	93	
11:03	151	500	28	94	
11:14	162	500	28	94	
11:31	179	500	28	94	
11:43	191	500	28	94	
11:58	206	500	28	94	
12:15	223	500	26	93	
12:34	242	500	24	92	
12:54	262	500	24	92	
13:19	287	500	24	91	
13:50	318	400	22	91	
Entonces:		$\Sigma = 9\ 900$	$\bar{x} = 27,5$	$\bar{x} = 93,8$	

*Fecha de destilación: 19/10/2018

5) Destilado de cabeza Acholada, en el Turbo 500 still con condensador de acero

DESTILADO DE CABEZA ACHOLADA - GRAN MAESTRO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
20	25 °C	60%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de acero	12:15 p.m.	12:53 p.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
12:53	0	0	0	0	
13:11	18	500	56	99	
13:22	29	500	46	97,5	
13:37	44	500	36	95,5	
13:51	58	500	34	96	
14:06	73	500	34	96	
14:19	86	500	42	97	
14:31	98	500	44	98	
14:45	112	500	42	97	
14:57	124	500	40	97	
15:11	138	500	40	97	
15:25	152	500	39	97	
15:39	166	500	38	96,5	
15:52	179	500	39	96,5	
16:08	195	500	41	97	
16:23	210	500	38	96	
16:39	226	500	34	96	
16:54	241	500	28	95	
17:12	259	500	30	95	
17:22	269	300	30	95	
Entonces:		$\sum = 9\ 300$	$\bar{x} = 38,5$	$\bar{x} = 96,5$	

*Fecha de destilación: 24/04/2018

6) Destilado de cabeza Acholada, en el Turbo 500 still con condensador de cobre

DESTILADO DE CABEZA ACHOLADA - GRAN MAESTRO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
15	22 °C	52%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	08:11 a.m.	08:44 a.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
08:44	0	0	0	0	
09:02	18	500	34	96	
09:13	29	500	40	97	
09:28	44	500	38	96	
09:39	55	500	38	96	
09:51	67	500	36	95	
10:04	80	500	35	95	
10:19	95	500	34	95	
10:33	109	500	32	95	
10:48	124	500	32	95	
11:05	141	500	28	94	
11:20	156	500	32	95	
11:35	171	500	32	94	
11:52	188	500	28	95	
12:13	209	500	26	92	
12:42	238	500	24	91	
13:24	280	500	24	89	
Entonces:		$\Sigma = 8\ 000$	$\bar{x} = 32,1$	$\bar{x} = 94,4$	

*Fecha de destilación: 23/10/2018

c) Destilados de cola

1) Destilado de cola Italia, en el Turbo 500 still con condensador de cobre y con 0 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE COLA ITALIA - LOS CAMPOS					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico del residuo:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
10	20 °C	10%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	12:50 p.m.	13:20 p.m.
Relleno de columna:		0 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
13:20	0	0	0	0	
13:45	25	500	24	92	
14:00	40	250	24	91	
Entonces:		$\Sigma = 750$	$\bar{x} = 24$	$\bar{x} = 91,5$	

*Fecha de destilación: 16/10/2018

2) Destilado de cola Italia, en el Turbo 500 still con condensador de cobre y con 0 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE COLA ITALIA - LOS CAMPOS					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico del residuo:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still::	Hora de caída de la primera gota del destilado:
10	20 °C	10%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	16:30 p.m.	17:00 p.m.
Relleno de columna:		0 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
17:00	0	0	0	0	
17:18	18	500	26	89	
17:40	40	350	23	90	
Entonces:		$\Sigma = 850$	$\bar{x} = 24,5$	$\bar{x} = 89,5$	

*Fecha de destilación: 16/10/2018

- 3) Destilado de cola Italia, en el Turbo 500 still con condensador de cobre y con 0 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE COLA ITALIA - GRAN MAESTRO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico del residuo:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
9	21 °C	16%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	17:45 p.m.	18:10 p.m.
Relleno de columna:		0 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
18:10	0	0	0	0	
18:35	25	500	22	93	
19:05	55	500	20	92	
19:50	100	300	20	92	
Entonces:		$\Sigma = 1\ 300$	$\bar{x} = 20,7$	$\bar{x} = 92,3$	

*Fecha de destilación: 16/10/2018

- 4) Destilado de cola Italia, en el Turbo 500 still con condensador de cobre y con 100 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE COLA ITALIA - LOS CAMPOS					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico del residuo:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
9	20 °C	10%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	08:00 a.m.	08:24 a.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
08:24	0	0	0	0	
08:41	17	250	21	92	
08:50	26	250	21	91	
09:09	45	250	21	91	
09:20	56	90	21	91	
Entonces:		$\Sigma = 840$	$\bar{x} = 21$	$\bar{x} = 91,3$	

*Fecha de destilación: 17/10/2018

- 5) Destilado de cola Italia, en el Turbo 500 still con condensador de cobre y con 100 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE COLA ITALIA - LOS CAMPOS					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
10,5	20 °C	10%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	09:39 a.m.	10:11 a.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
10:11	0	0	0	0	
10:42	31	500	22	92	
11:31	80	500	21	92	
Entonces:		$\Sigma = 1\ 000$	$\bar{x} = 21,5$	$\bar{x} = 92$	

*Fecha de destilación: 17/10/2018

- 6) Destilado de cola Italia, en el Turbo 500 still con condensador de cobre y con 100 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE COLA ITALIA - GRAN MAESTRO					
Volumen de carga (L):	Temperatura:	Grado alcohólico:	Sistema destilador:	Hora de encendido del Turbo 500 still:	Hora de caída de la primera gota del destilado:
6,5	21 °C	16%	Turbo 500 still y condensador T500 columna de cobre	11:53 a.m.	12:15 p.m.
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Cabeza del destilado:			50 mL		
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)	
12:15	0	0	0	0	
12:35	20	500	23	93	
13:05	50	400	22	92	
Entonces:		$\Sigma = 900$	$\bar{x} = 22,5$	$\bar{x} = 92,5$	

*Fecha de destilación: 17/10/2018

d) Destilados de orujo + vinaza + cabeza

Bloque I

1) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 0 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Quebranta	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Quebranta	Turbo 500 still y condensador T500 columna de acero	
Cabeza:	130 mililitros	Quebranta		
Relleno de columna:	0 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Hora de encendido del Turbo 500 still:			11:35 a.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			12:18 p.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
12:18	0	0	0	0
12:50	32	500	28	90
13:10	52	200	24	89
Entonces:		$\Sigma = 700$	$\bar{x} = 26$	$\bar{x} = 89,5$

*Fecha de destilación: 22/10/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

2) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 100 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Quebranta	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Quebranta	Turbo 500 still y condensador T500 columna de acero	
Cabeza:	130 mililitros	Quebranta		
Relleno de columna:	100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Hora de encendido del Turbo 500 still:			16:05 p.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			16:45 p.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
16:45	0	0	0	0
17:13	28	500	22	89
17:35	50	200	23	89
Entonces:		$\Sigma = 700$	$\bar{x} = 22,5$	$\bar{x} = 89$

*Fecha de destilación: 19/10/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

- 3) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 200 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Quebranta	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Quebranta	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Quebranta	T500 columna de acero	
Relleno de columna:	200 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Hora de encendido del Turbo 500 still:			08:00 p.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			08:43 p.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
08:43	0	0	0	0
09:38	55	500	20	89
Entonces:		$\Sigma = 500$	$\bar{x} = 20$	$\bar{x} = 89$

*Fecha de destilación: 19/10/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

- 4) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 300 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Quebranta	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Quebranta	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Quebranta	T500 columna de acero	
Relleno de columna:	300 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable			
Hora de encendido del Turbo 500 still:			10:25 a.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			11:08 a.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
11:08	0	0	0	0
11:52	44	500	22	91
Entonces:		$\Sigma = 500$	$\bar{x} = 22$	$\bar{x} = 91$

*Fecha de destilación: 19/10/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

- 5) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 400 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Quebranta	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Quebranta	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Quebranta	T500 columna de acero	
Relleno de columna:		400 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			13:20 p.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			14:00 p.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
14:00	0	0	0	0
14:36	36	500	24	90
15:00	60	150	23	90
Entonces:		$\Sigma = 650$	$\bar{x} = 23,5$	$\bar{x} = 90$

*Fecha de destilación: 19/10/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

Bloque II

- 1) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Italia, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 0 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Italia	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Italia	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Italia	T500 columna de acero	
Relleno de columna:		0 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			09:54 a.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			10:40 a.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
10:40	0	0	0	0
10:58	18	250	32	90
11:14	34	250	23	89
12:21	101	500	23	86
Entonces:		$\Sigma = 1\ 000$	$\bar{x} = 26$	$\bar{x} = 88,3$

*Fecha de destilación: 29/05/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

2) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 100 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Italia	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Italia	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Italia	T500 columna de acero	
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			14:44 p.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			15:30 p.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
15:30	0	0	0	0
15:58	28	500	24	90
16:45	75	350	24	89
Entonces:		$\Sigma = 850$	$\bar{x} = 24$	$\bar{x} = 89,5$

*Fecha de destilación: 29/05/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

3) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 200 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Italia	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Italia	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Italia	T500 columna de acero	
Relleno de columna:		200 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			09:15 a.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			10:06 a.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
10:06	0	0	0	0
10:48	42	500	32	90
11:15	69	150	26	86
Entonces:		$\Sigma = 650$	$\bar{x} = 29$	$\bar{x} = 88$

*Fecha de destilación: 01/06/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

- 4) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 300 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Italia	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Italia	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Italia	T500 columna de acero	
Relleno de columna:		300 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			09:41 a.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			10:24 a.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
10:24	0	0	0	0
11:37	73	500	20	90
12:10	106	65	20	90
Entonces:		$\Sigma = 565$	$\bar{x} = 20$	$\bar{x} = 90$

*Fecha de destilación: 04/06/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

- 5) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 400 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Italia	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Italia	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Italia	T500 columna de acero	
Relleno de columna:		400 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			08:54 a.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			09:39 a.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
09:39	0	0	0	0
11:08	89	500	30	90
12:05	146	350	32	90
Entonces:		$\Sigma = 850$	$\bar{x} = 31$	$\bar{x} = 90$

*Fecha de destilación: 31/05/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

Bloque III

- 1) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 0 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Italia	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Italia	Turbo 500 still y condensador T500 columna de acero	
Cabeza:	130 mililitros	Italia		
Relleno de columna:		0 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			08:49 a.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			09:38 a.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
09:38	0	0	0	0
10:46	68	500	18	87
Entonces:		$\Sigma = 500$	$\bar{x} = 18$	$\bar{x} = 87$

*Fecha de destilación: 06/06/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

- 2) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 100 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Italia	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Italia	Turbo 500 still y condensador T500 columna de acero	
Cabeza:	130 mililitros	Italia		
Relleno de columna:		100 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			09:20 a.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			10:15 a.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
10:15	0	0	0	0
10:31	16	500	21	89
11:28	73	500	20	88
Entonces:		$\Sigma = 1\ 000$	$\bar{x} = 20,5$	$\bar{x} = 88,5$

*Fecha de destilación: 12/06/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

3) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 200 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Italia	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Italia	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Italia	T500 columna de acero	
Relleno de columna:		200 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			09:21 a.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			10:08 a.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
10:08	0	0	0	0
10:46	38	500	22	89
11:27	79	270	22	89
Entonces:		$\Sigma = 770$	$\bar{x} = 22$	$\bar{x} = 89$

*Fecha de destilación: 19/06/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

4) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 300 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Italia	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Italia	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Italia	T500 columna de acero	
Relleno de columna:		300 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			14:00 p.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			14:44 p.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
14:44	0	0	0	0
15:24	40	500	22	89
15:59	75	300	19	89
Entonces:		$\Sigma = 800$	$\bar{x} = 20,5$	$\bar{x} = 89$

*Fecha de destilación: 19/06/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

5) Destilado de orujo + vinaza + cabeza de Quebranta, en el Turbo 500 still con condensador de acero y con 400 gr de relleno de cobre en la columna

DESTILADO DE ORUJO + VINAZA + CABEZA				
Orujo:	5 kilogramos	Italia	Sistema destilador:	
Vinaza:	10 litros	Italia	Turbo 500 still y condensador	
Cabeza:	130 mililitros	Italia	T500 columna de acero	
Relleno de columna:		400 gr Cu + 500 gr de acero inoxidable		
Hora de encendido del Turbo 500 still:			10:06 a.m.	
Hora de caída de la primera gota del destilado:			10:54 p.m.	
Cabeza del destilado:			50 mL	
Hora del día	Tiempo (minutos)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Grado alcohólico (% v/v)
10:54	0	0	0	0
11:31	37	500	20	91
12:15	81	250	19	88
Entonces:		$\Sigma = 750$	$\bar{x} = 19,5$	$\bar{x} = 89,5$

*Fecha de destilación: 20/06/2018

**Grado alcohólico de la cabeza: 60%; grado alcohólico de la vinaza: 5,8% v/v

Anexo 12: Parámetros evaluados de los residuos pisqueros

Residuo pisquero	Parámetro	Entrada	Salida
Borra	Grado alcohólico (% v/v)	15,5	3
Cabeza	pH	4,1	3,6
	Grado alcohólico (% v/v)	58,7	4
Cola	pH	3,3	3,1
	Grado alcohólico (% v/v)	12	2
Vinaza	pH	3,5	3,2
	Grado alcohólico (% v/v)	5,8	2
	DBO ₅ (mg L ⁻¹)	25 680	28 840
	DBO ₅ (mg L ⁻¹)	29 530	27 350
	DBO ₅ (mg L ⁻¹)	30 170	29 560

Anexo 13: Curvas de calibración de los 23 compuestos volátiles utilizados

1) Curva de calibración del Ethyl formiato

RT: 3.658

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 6779.90 * x - 157742$

Rr1=0.9987503 Rr2=0.9975022 RSS=1.960170e+010

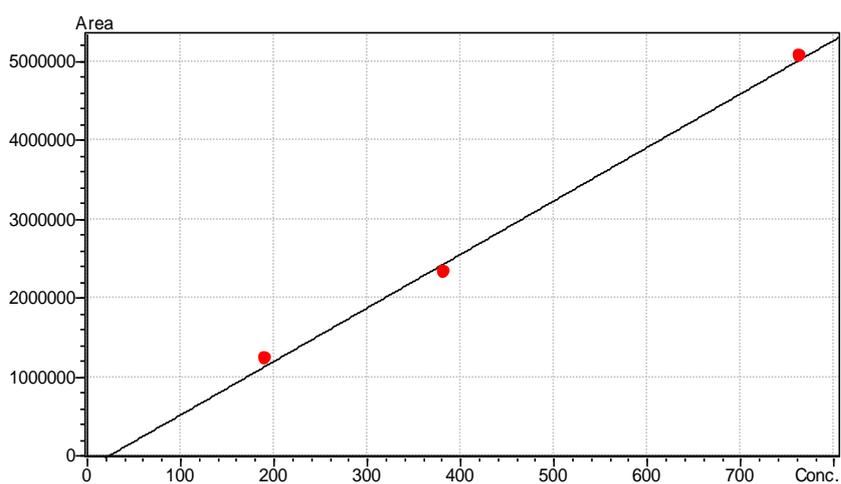
MeanRF: 6.347316e+003 RFSD: 2.745034e+002 RFRSD: 4.324717

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



2) Curva de calibración del Metil Acetato

RT: 3.698

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 406.771 * x - 3443.15$

Rr1=0.9999987 Rr2=0.9999973 RSS=4.483449e+003

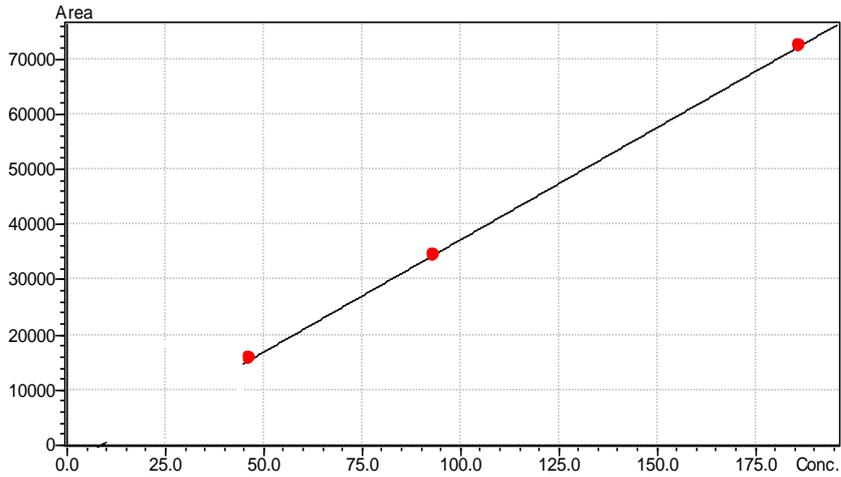
MeanRF: 3.637655e+002 RFSR: 2.778090e+001 RFRSD: 7.637036

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



3) Curva de calibración del Metanol

RT: 4.530

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 948.26 * x - 109156$

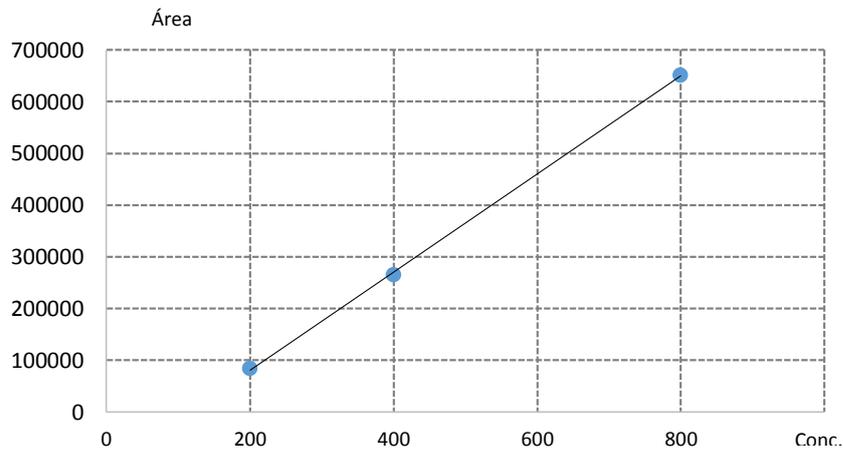
Rr2=0.9997

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



4) Curva de calibración del Etil Butirato

RT: 7.013

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 1135.80 * x - 60576.5$

Rr1=0.9998266 Rr2=0.9996532 RSS=1.710603e+008

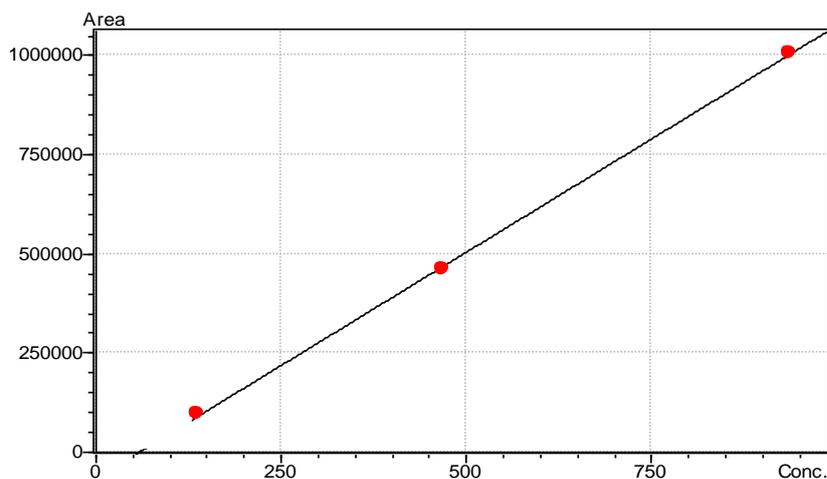
MeanRF: 9.148325e+002 RFSD: 1.640566e+002 RFRSD: 17.932962

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



5) Curva de calibración del 2-Butanol

RT: 7.117

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 1163.32 * x - 13090.8$

Rr1=0.9991414 Rr2=0.9982835 RSS=1.763656e+007

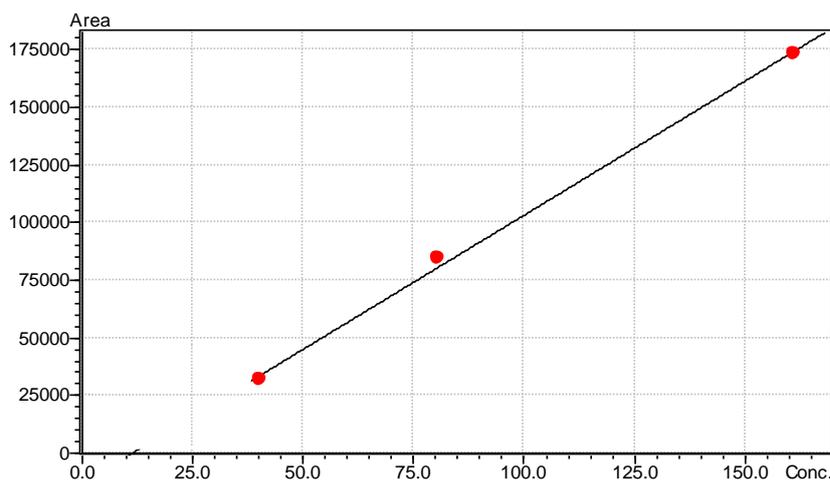
MeanRF: 9.668691e+002 RFSD: 1.602483e+002 RFRSD: 16.573938

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



6) Curva de calibración del 1-Propanol

RT: 7.449

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 1115.95 \cdot x - 4403.96$

Rr1=0.9999888 Rr2=0.9999777 RSS=2.092333e+005

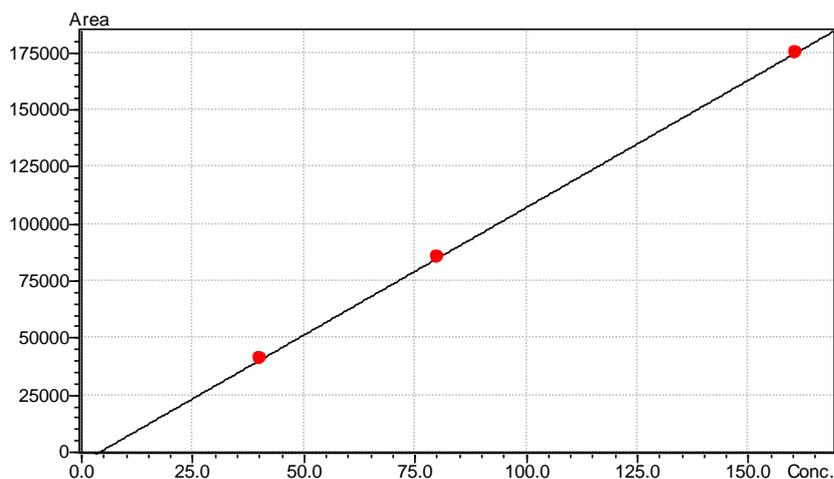
MeanRF: 1.052726e+003 RFSD: 3.860999e+001 RFRSD: 3.667619

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



7) Curva de calibración del 2-methyl-1-propanol

RT: 9.044

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 1370.12 \cdot x + 1211.59$

Rr1=0.9999789 Rr2=0.9999578 RSS=9.242122e+005

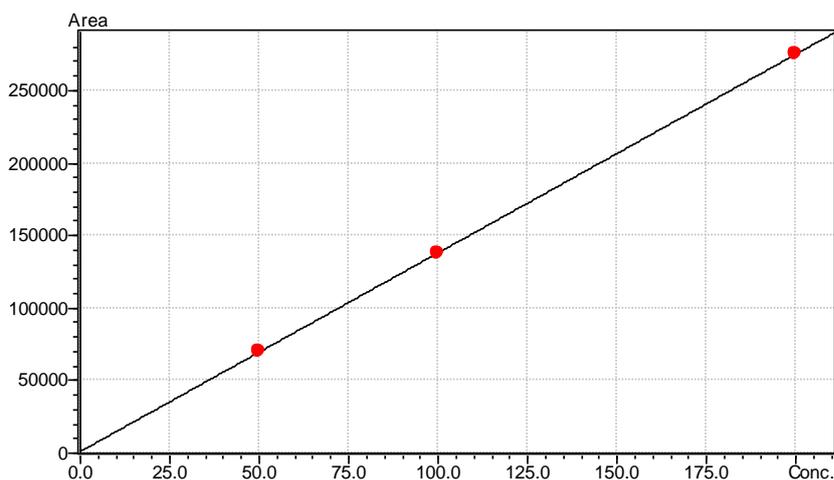
MeanRF: 1.385539e+003 RFSD: 1.659677e+001 RFRSD: 1.197857

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



8) Curva de calibración del Acetato de Isoamilo

RT: 9.741

Quantitative Method: External Standard

Function: $f(x) = 1054.32 \cdot x - 10640.8$

Rr1=0.9993790 Rr2=0.9987584 RSS=1.237149e+007

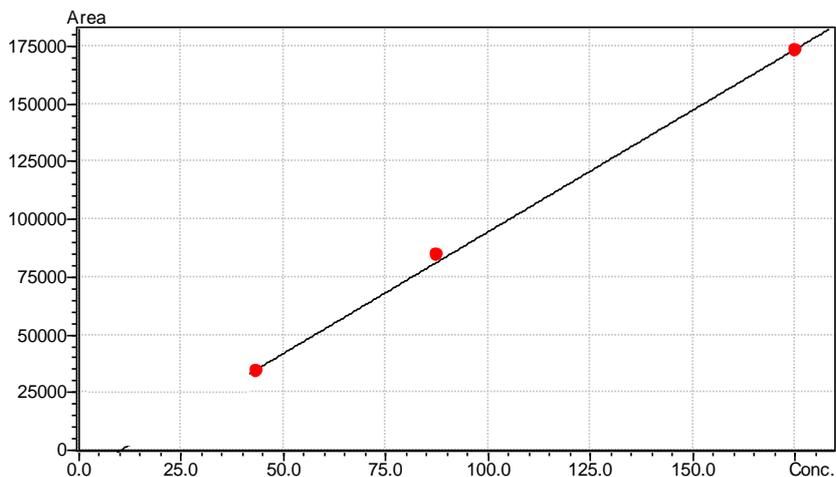
MeanRF: 9.072365e+002 RFSD: 1.207477e+002 RFRSD: 13.309392

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



9) Curva de calibración del 1-Butanol

RT: 11.114

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 1684.52 \cdot x - 10218.0$

Rr1=0.9998092 Rr2=0.9996184 RSS=1.263854e+007

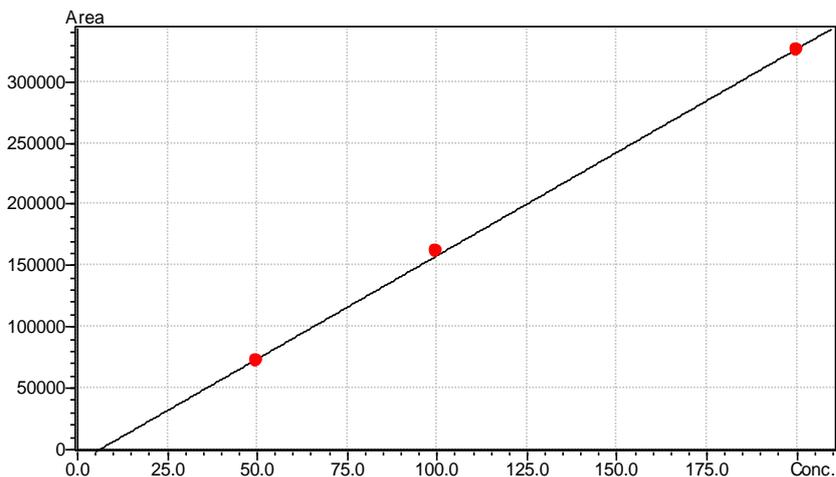
MeanRF: 1.560565e+003 RFSD: 1.029282e+002 RFRSD: 6.595571

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



10) Curva de calibración del 3-methyl-1-butanol

RT: 13.598

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 1368.94 * x - 3647.47$

Rr1=0.9999137 Rr2=0.9998275 RSS=2.475543e+006

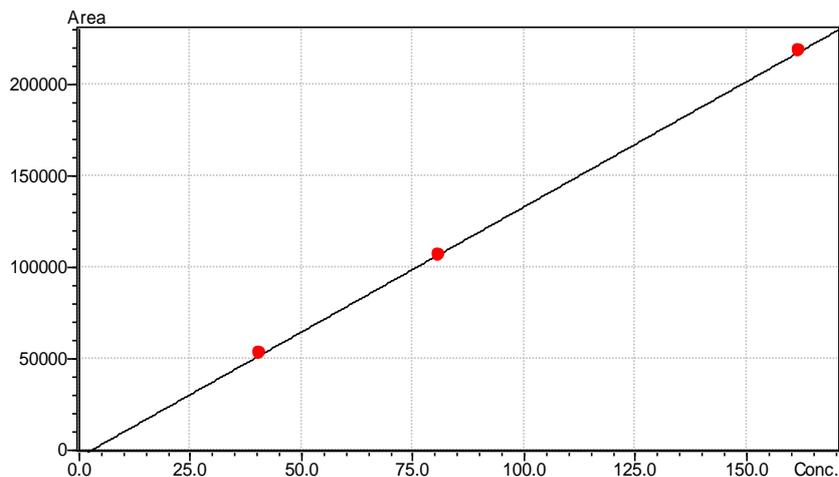
MeanRF: 1.318997e+003 RFSD: 2.635900e+001 RFRSD: 1.998413

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



11) Curva de calibración del Ethyl Hexanoato

RT: 14.152

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 1231.61 * x - 10571.7$

Rr1=0.9999060 Rr2=0.9998121 RSS=2.517841e+006

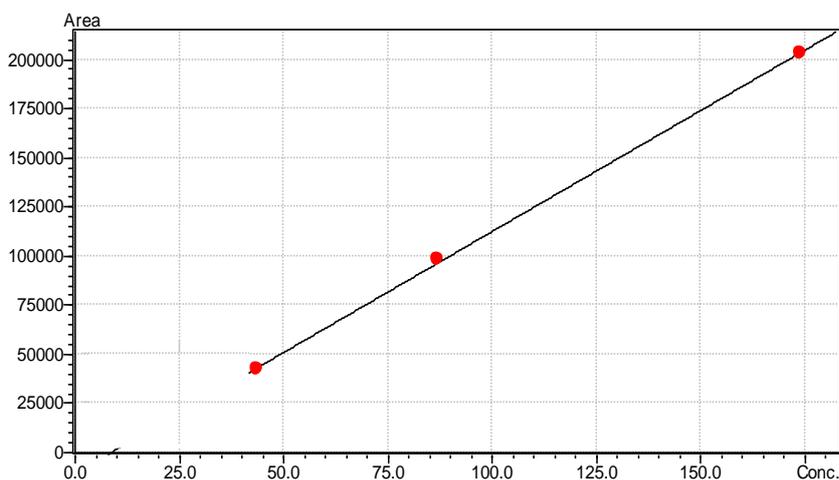
MeanRF: 1.087403e+003 RFSD: 1.047733e+002 RFRSD: 9.635186

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



12) Curva de calibración del Hexil Acetato

RT: 15.816

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 335.243 \cdot x - 8296.31$

Rr1=0.9996477 Rr2=0.9992955 RSS=5.021273e+006

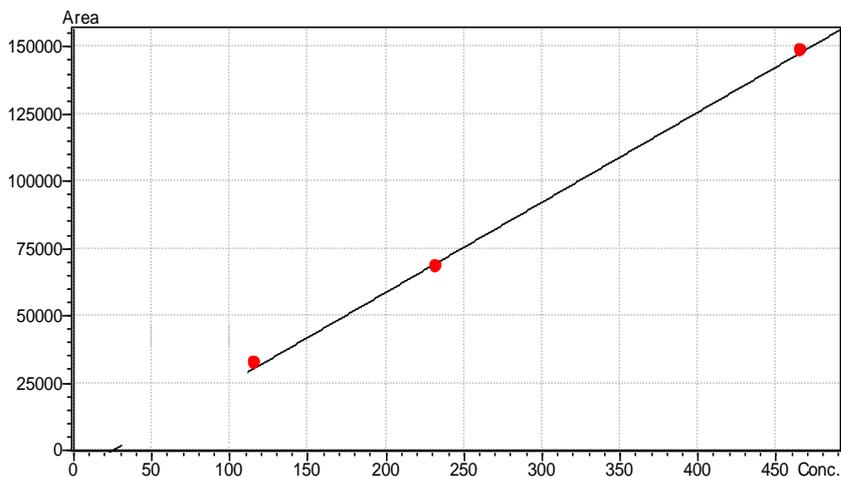
MeanRF: 2.949988e+002 RFSD: 2.235901e+001 RFRSD: 7.579358

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



13) Curva de calibración del Ethyl L-Lactato

RT: 19.055

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 819.279 \cdot x - 26179.2$

Rr1=0.9996987 Rr2=0.9993975 RSS=2.194036e+008

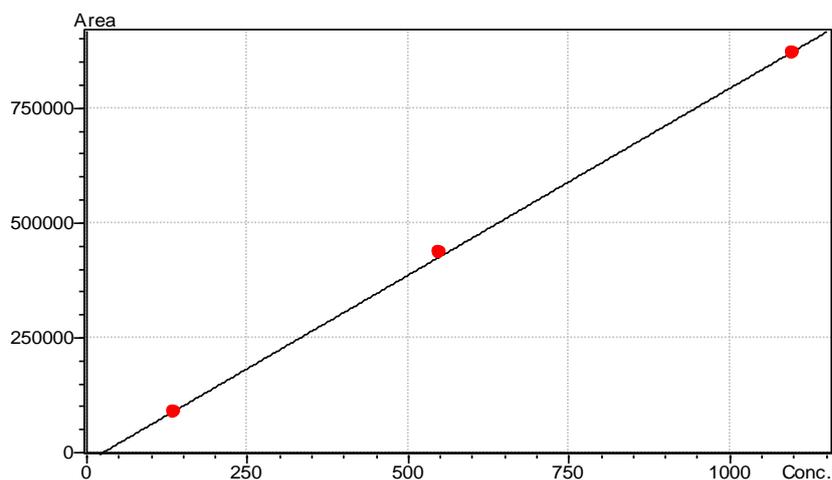
MeanRF: 7.276283e+002 RFSD: 7.895197e+001 RFRSD: 10.850591

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



14) Curva de calibración del 1-Hexanol

RT: 19.738

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 894.008 * x - 29995.9$

Rr1=0.9999995 Rr2=0.9999990 RSS=1.782822e+005

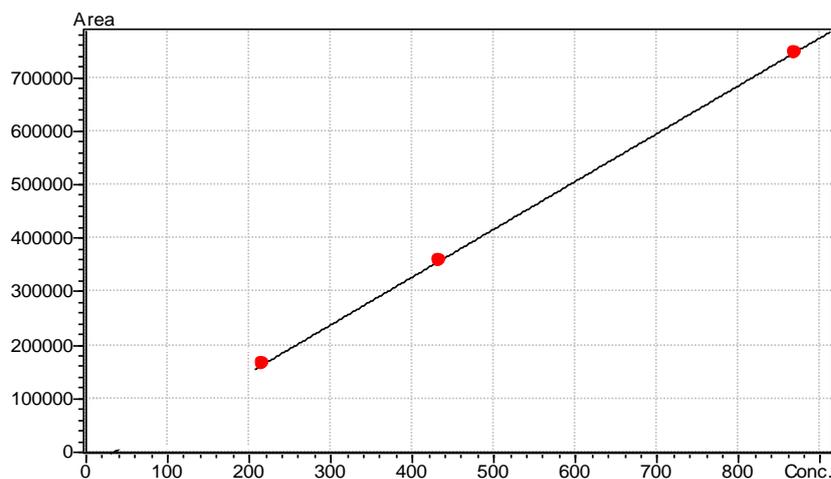
MeanRF: 8.132696e+002 RFSD: 5.337015e+001 RFRSD: 6.562418

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



15) Curva de calibración del Trans-3-hexen-1-ol

RT: 19.969

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 702.660 * x - 30654.2$

Rr1=0.9995000 Rr2=0.9990002 RSS=1.102607e+008

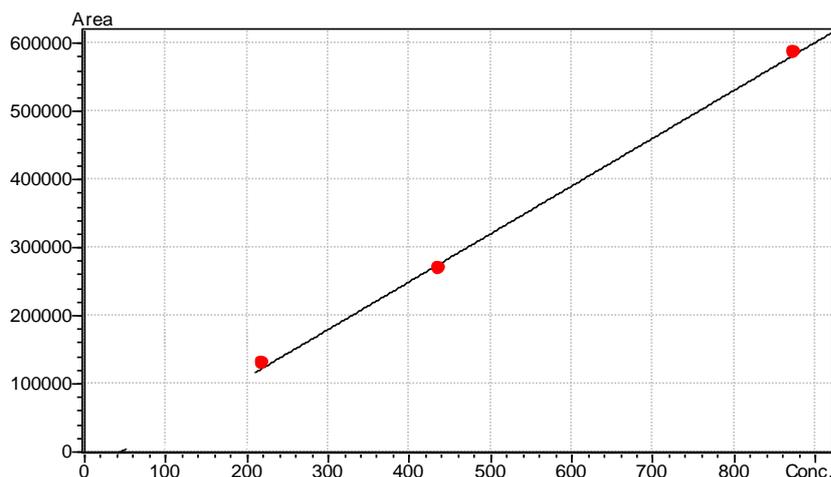
MeanRF: 6.240932e+002 RFSD: 4.238006e+001 RFRSD: 6.790662

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



16) Curva de calibración del Cis-3-hexen-1-ol

RT: 20.590

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 715.530 * x - 27954.1$

Rr1=0.9998708 Rr2=0.9997415 RSS=4.823617e+007

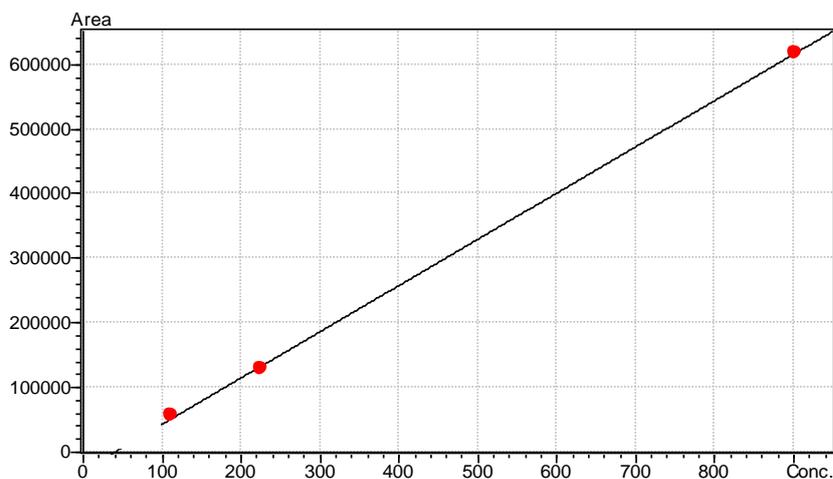
MeanRF: 5.870463e+002 RFSD: 9.042415e+001 RFRSD: 15.403240

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



17) Curva de calibración del Etil octanoato

RT: 21.760

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 2048.94 * x - 31470.6$

Rr1=0.9996527 Rr2=0.9993056 RSS=2.576209e+007

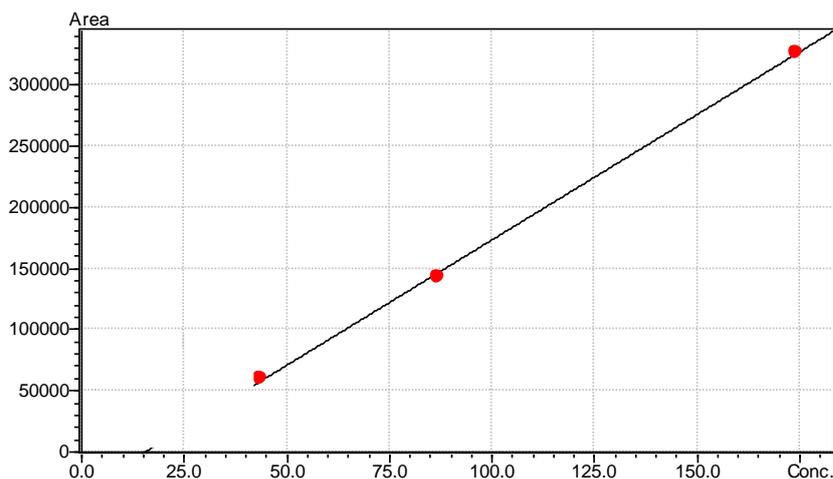
MeanRF: 1.634715e+003 RFSD: 2.440622e+002 RFRSD: 14.929955

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



18) Curva de calibración del Benzaldehido

RT: 23.731

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 3388.10 \cdot x - 1802.47$

Rr1=0.9998921 Rr2=0.9997842 RSS=7.817557e+006

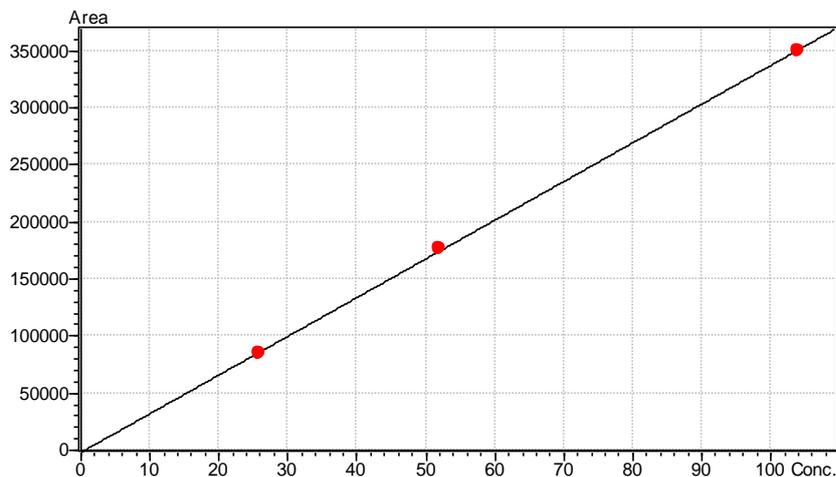
MeanRF: 3.340472e+003 RFSD: 7.052672e+001 RFRSD: 2.111280

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



19) Curva de calibración del Ethyl Decanoato

RT: 26.021

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 2276.00 \cdot x - 11612.9$

Rr1=0.9986014 Rr2=0.9972047 RSS=1.258781e+008

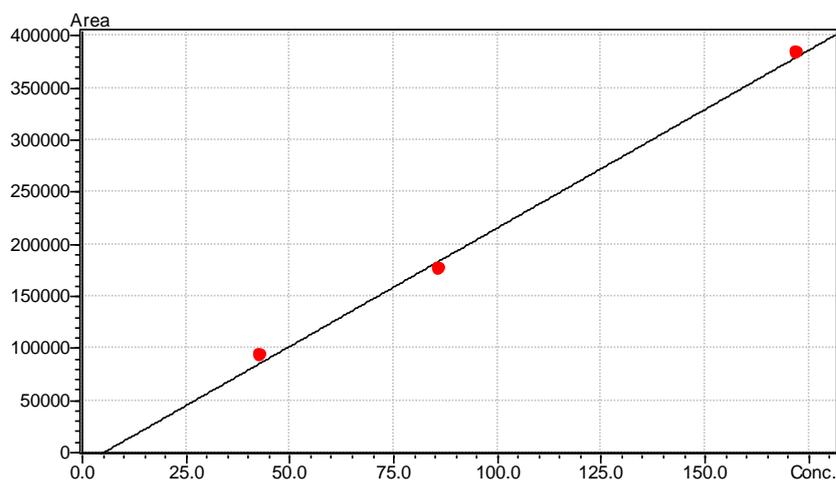
MeanRF: 2.136217e+003 RFSD: 9.491162e+001 RFRSD: 4.442976

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



20) Curva de calibración del Diethyl Succinato

RT: 26.717

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 2776.75 * x - 18728.1$

Rr1=0.9988921 Rr2=0.9977854 RSS=5.398702e+007

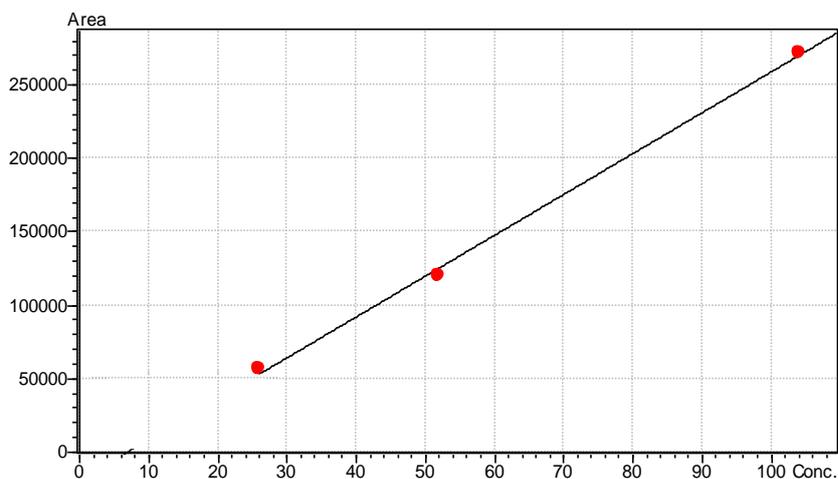
MeanRF: 2.375450e+003 RFSD: 2.133823e+002 RFRSD: 8.982816

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



21) Curva de calibración del Ethyl Laurato

RT: 29.094

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 5338.47 * x - 23114.2$

Rr1=0.9996394 Rr2=0.9992788 RSS=4.436728e+007

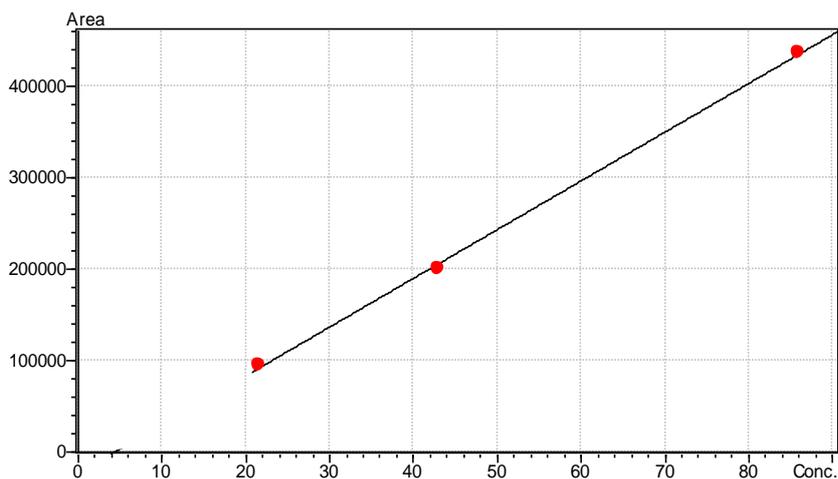
MeanRF: 4.732036e+003 RFSD: 3.341559e+002 RFRSD: 7.061567

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



22) Curva de calibración del 2-Feniletanol

RT: 30.324

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 3984.29 \cdot x - 37267.4$

Rr1=0.9994154 Rr2=0.9988311 RSS=5.637135e+007

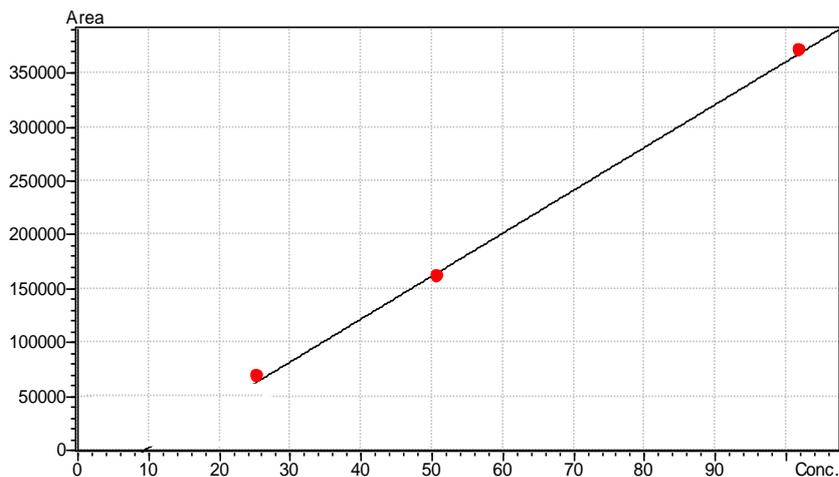
MeanRF: 3.151445e+003 RFSD: 4.793930e+002 RFRSD: 15.211847

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1



23) Curva de calibración del Ethyl miristato

RT: 31.749

Quantitative Method: Standard Addition

Function: $f(x) = 6099.40 \cdot x - 37101.5$

Rr1=0.9999675 Rr2=0.9999351 RSS=5.211560e+006

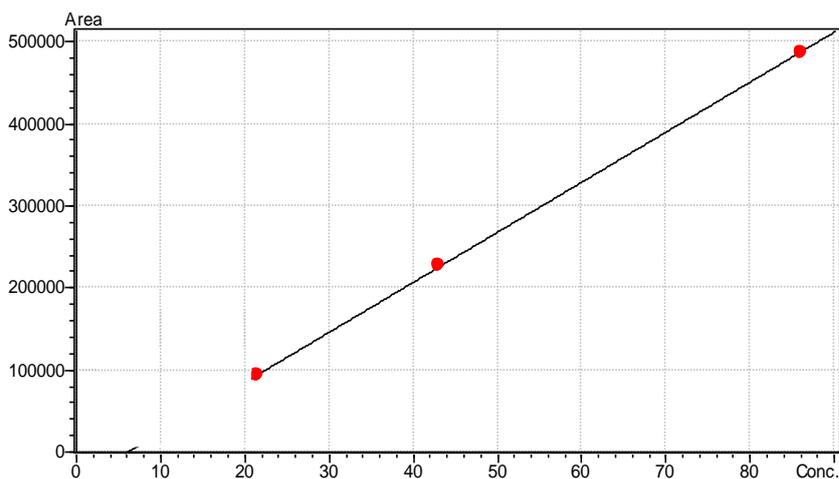
MeanRF: 5.085678e+003 RFSD: 6.925240e+002 RFRSD: 13.617144

FitType: Linear

ZeroThrough: Not Through

Weighted Regression: None

Detector Name: FID1

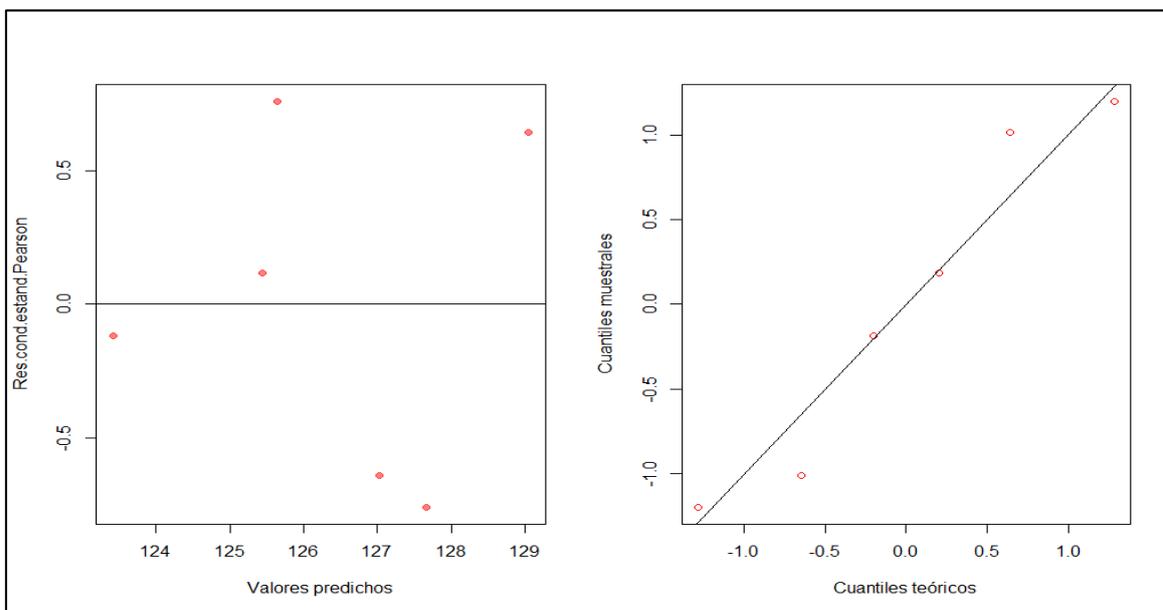


Anexo 14: Análisis estadístico del aguardiente de borra

Metanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Metanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	26.47	19.94	-8.24	7.99	0.13	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1500.86	0.0007
EQUIPO	1	0.10	0.7859
BLOQUE	2	0.10	0.9057

No hay diferencias entre los equipos.

Metanol - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TAC	127.38	4.61	A
TCU	125.36	4.61	A

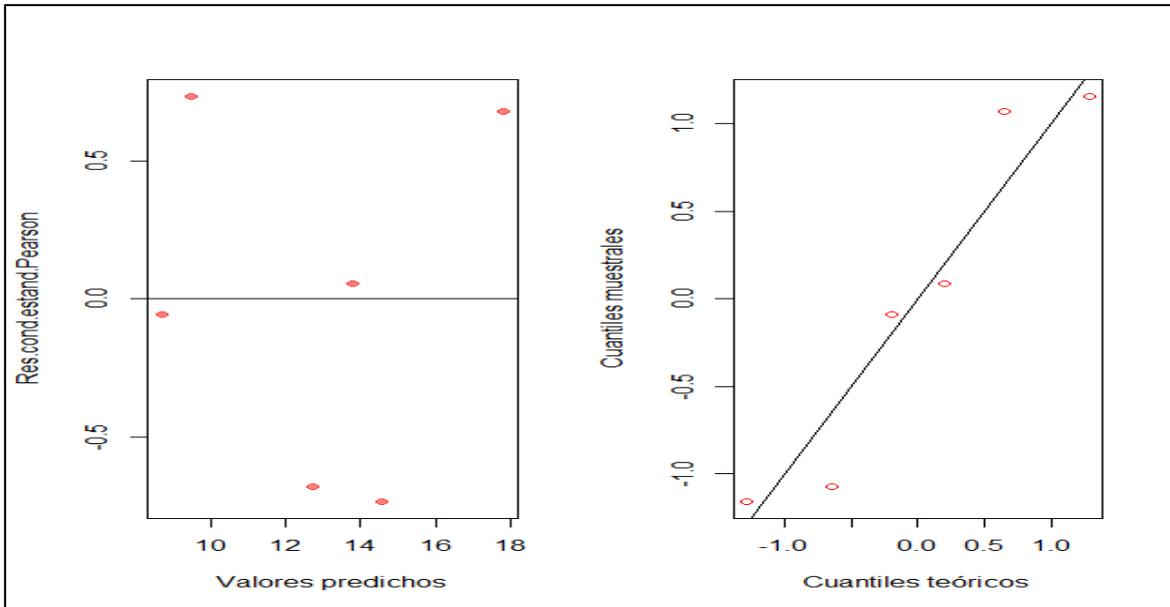
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

1-Propanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 1-Propanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	23.01	16.48	-6.51	3.36	0.72	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	87.62	0.0112
EQUIPO	1	3.44	0.2048
BLOQUE	2	0.81	0.5539

1-Propanol - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

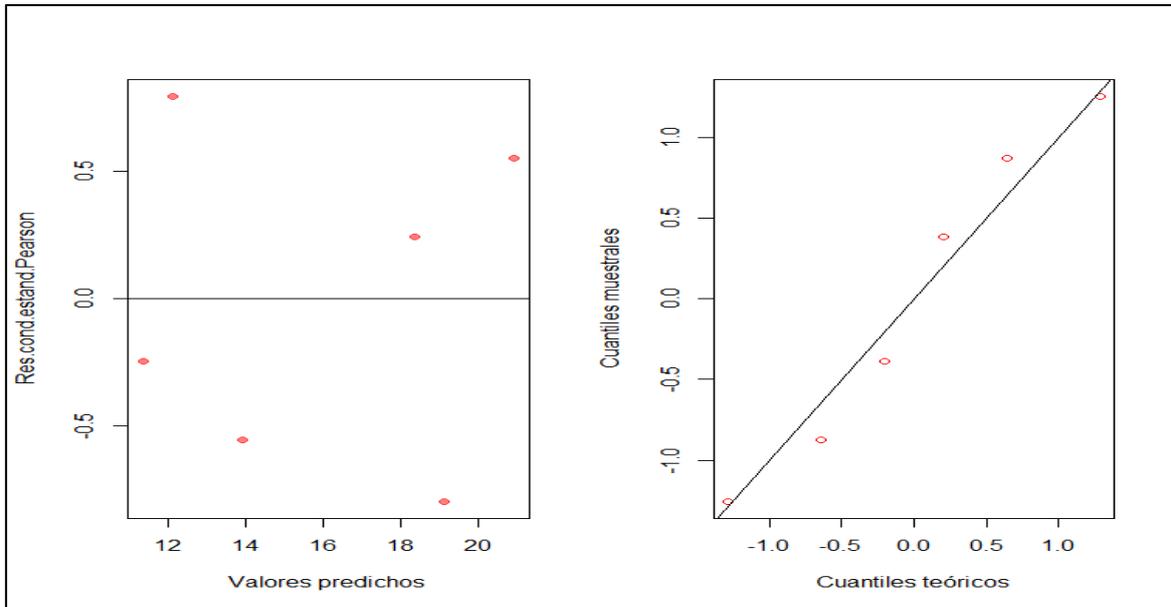
EQUIPO	Medias	E.E.	
TCU	15.39	1.94	A
TAC	10.30	1.94	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

2-methyl-1-propanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 2-methyl-1-propanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	26.21	19.68	-8.11	7.48	0.42	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	27.32	0.0347
EQUIPO	1	1.32	0.3690
BLOQUE	2	0.06	0.9416

2-methyl-1-propanol - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TCU	19.48	4.32	A
TAC	12.45	4.32	A

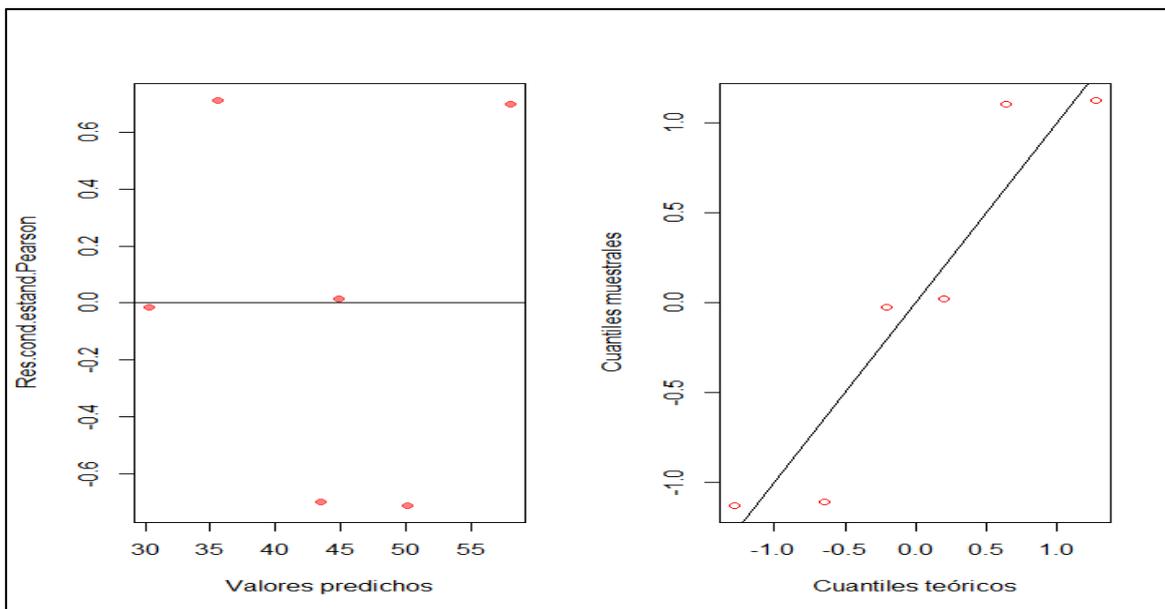
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

3-methyl-1-butanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 3-methyl-1-butanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	22.45	15.92	-6.22	2.92	0.97	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1343.21	0.0007
EQUIPO	1	37.07	0.0259
BLOQUE	2	10.29	0.0886

3-methyl-1-butanol - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TAC	50.98	1.69	A
TCU	36.45	1.69	B

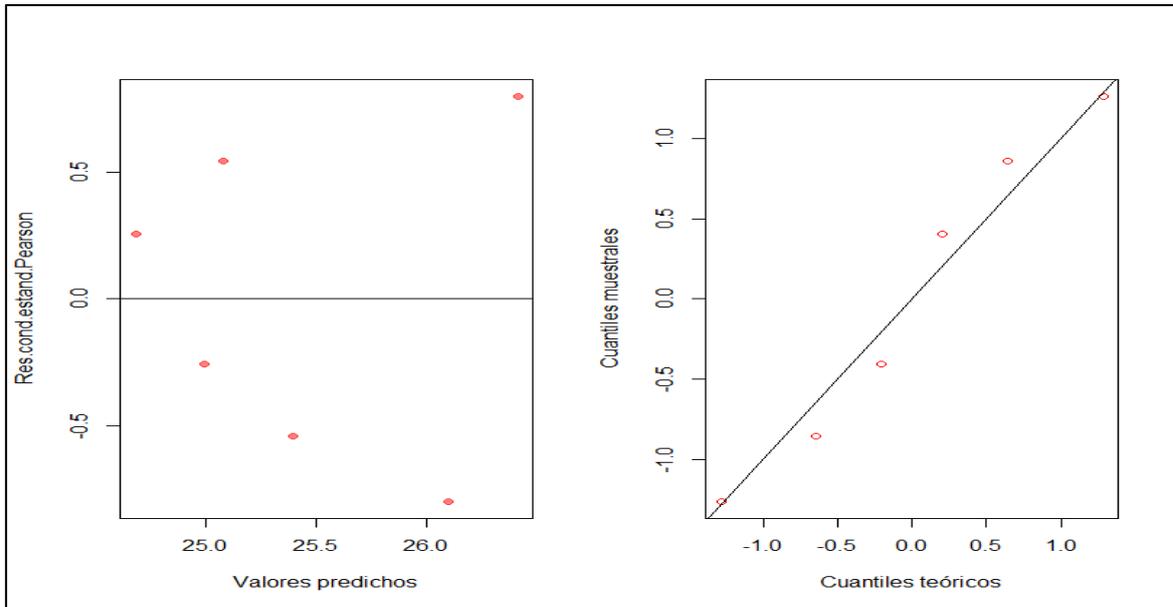
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Hay diferencia entre ambos equipos.

Hexil Acetato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Hexil Acetato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	17.05	10.52	-3.53	0.76	0.67	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6763.31	0.0001
EQUIPO	1	0.26	0.6635
BLOQUE	2	1.87	0.3487

Hexil Acetato - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TAC	25.60	0.44	A
TCU	25.29	0.44	A

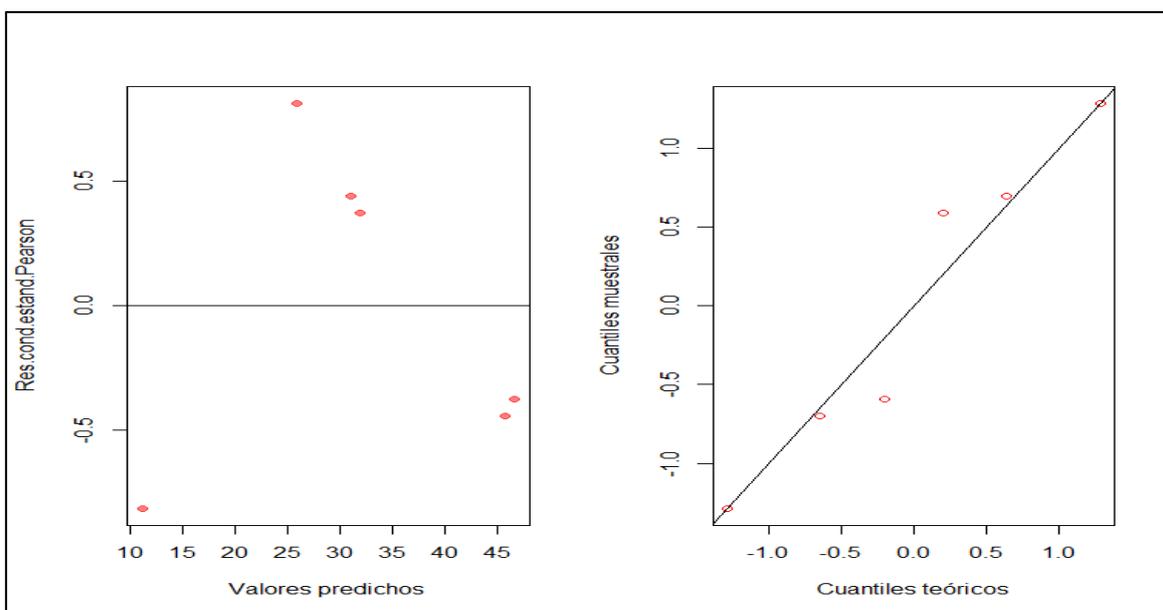
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencias entre los equipos.

Cis-3-hexen-1-ol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Cis-3-hexen-1-ol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	28.60	22.07	-9.30	13.61	0.70	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	33.27	0.0288
EQUIPO	1	1.76	0.3157
BLOQUE	2	1.49	0.4010

Cis-3-hexen-1-ol - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TAC	39.42	7.86	A
TCU	24.67	7.86	A

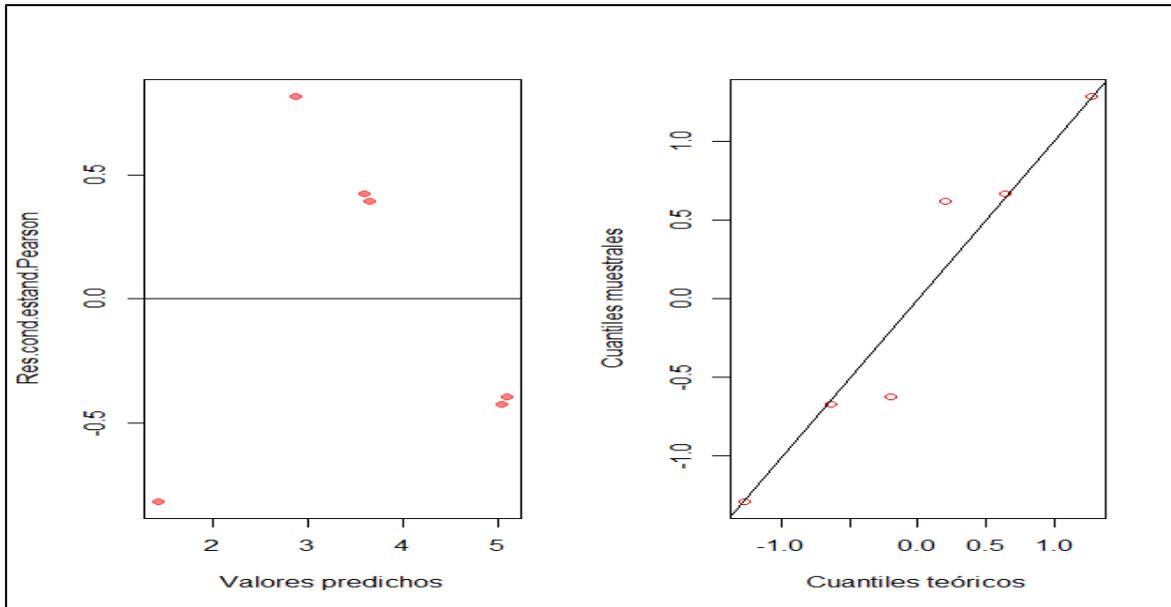
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

Ethyl Decanoato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	20.40	13.86	-5.20	1.75	0.61	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	25.57	0.0370
EQUIPO	1	1.03	0.4168
BLOQUE	2	1.04	0.4896

Ethyl Decanoato - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TAC	4.34	1.01	A
TCU	2.89	1.01	A

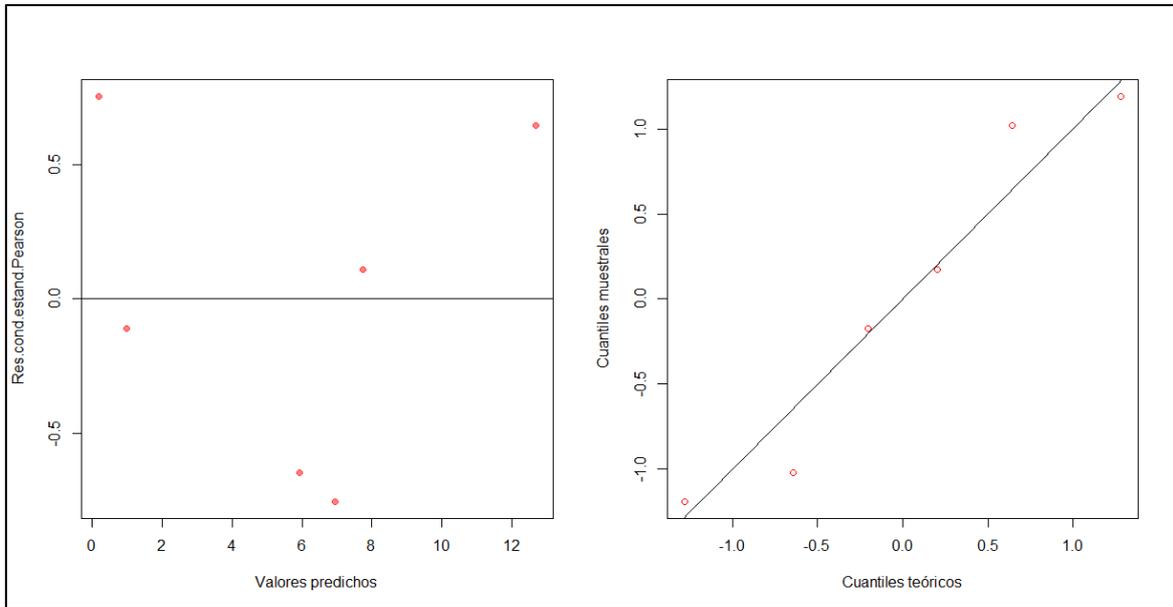
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia significativa.

Diethyl Succinato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Diethyl Succinato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	27.03	20.49	-8.51	9.18	0.39	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2.35	0.2651
EQUIPO	1	0.81	0.4637
BLOQUE	2	0.23	0.8135

Diethyl Succinato - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TAC	9.11	5.30	A
TCU	2.38	5.30	A

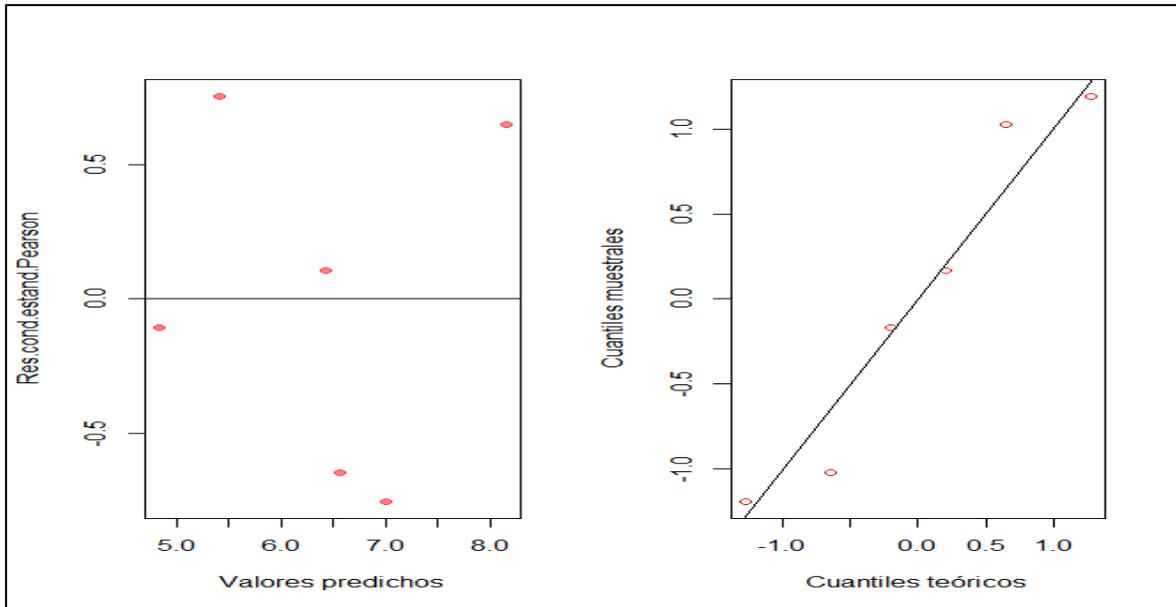
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

Ethyl Laurato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Ethyl Laurato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	23.24	16.70	-6.62	3.56	0.21	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	19.42	0.0478
EQUIPO	1	0.30	0.6403
BLOQUE	2	0.12	0.8906

Ethyl Laurato - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TAC	7.19	2.05	A
TCU	5.61	2.05	A

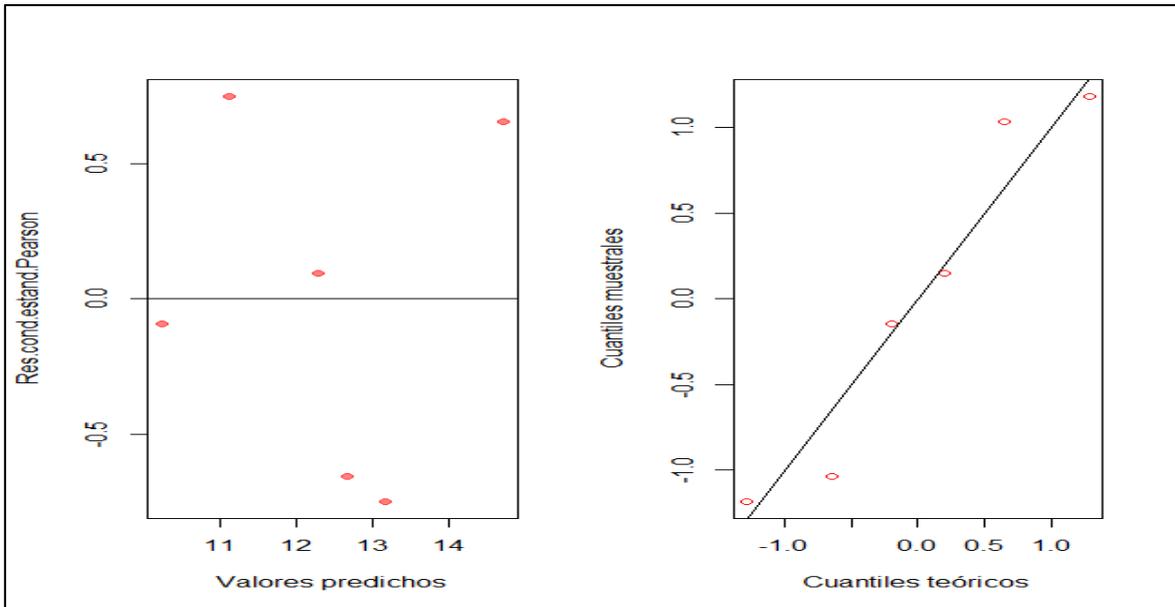
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

2-Feniletanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 2-Feniletanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	24.41	17.87	-7.20	4.77	0.21	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	40.33	0.0239
EQUIPO	1	0.28	0.6494
BLOQUE	2	0.13	0.8828

2-Feniletanol - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TAC	13.39	2.75	A
TCU	11.33	2.75	A

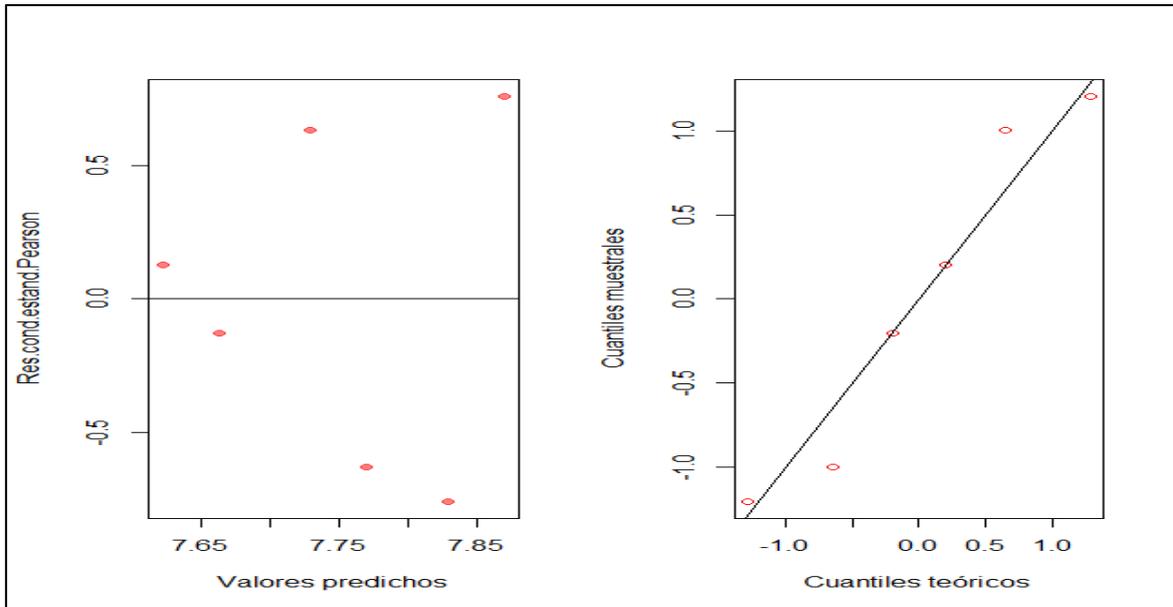
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencias significativas.

Ethyl miristato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Ethyl miristato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	12.49	5.95	-1.24	0.24	0.28	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6145.54	0.0002
EQUIPO	1	0.04	0.8560
BLOQUE	2	0.37	0.7303

Ethyl miristato - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TCU	7.77	0.14	A
TAC	7.73	0.14	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

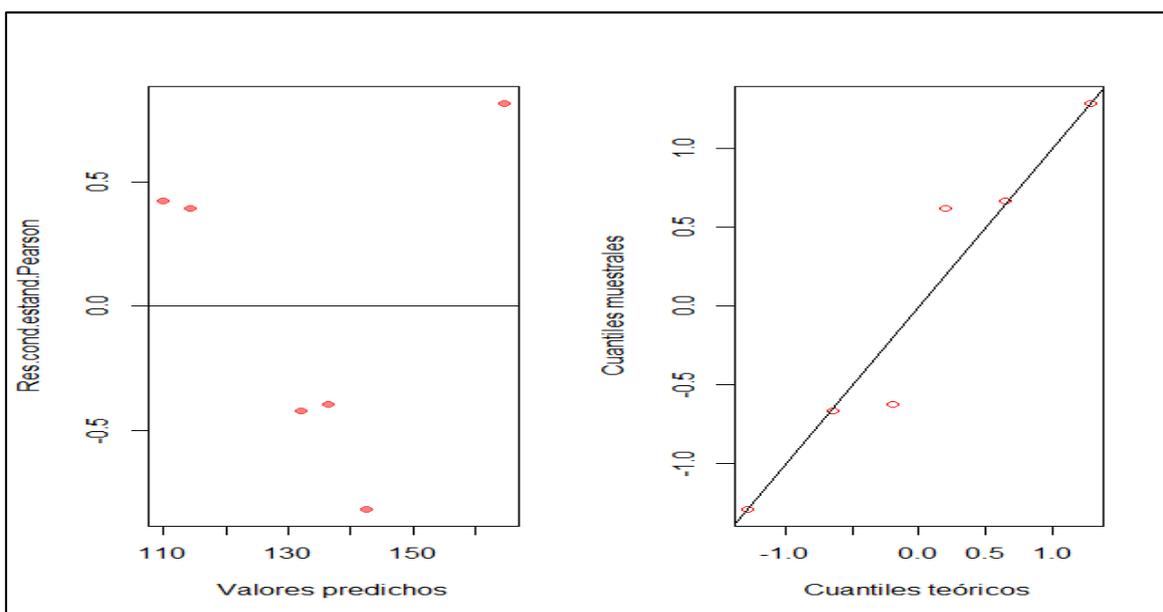
No hay diferencia entre los equipos.

Anexo 15: Análisis estadístico del aguardiente de cabeza

Metanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Metanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	31.00	24.47	-10.50	24.78	0.62	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	173.50	0.0057
EQUIPO	1	1.20	0.3878
BLOQUE	2	1.02	0.4948

Metanol - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.
TAC	144.34	14.31 A
TCU	122.19	14.31 A

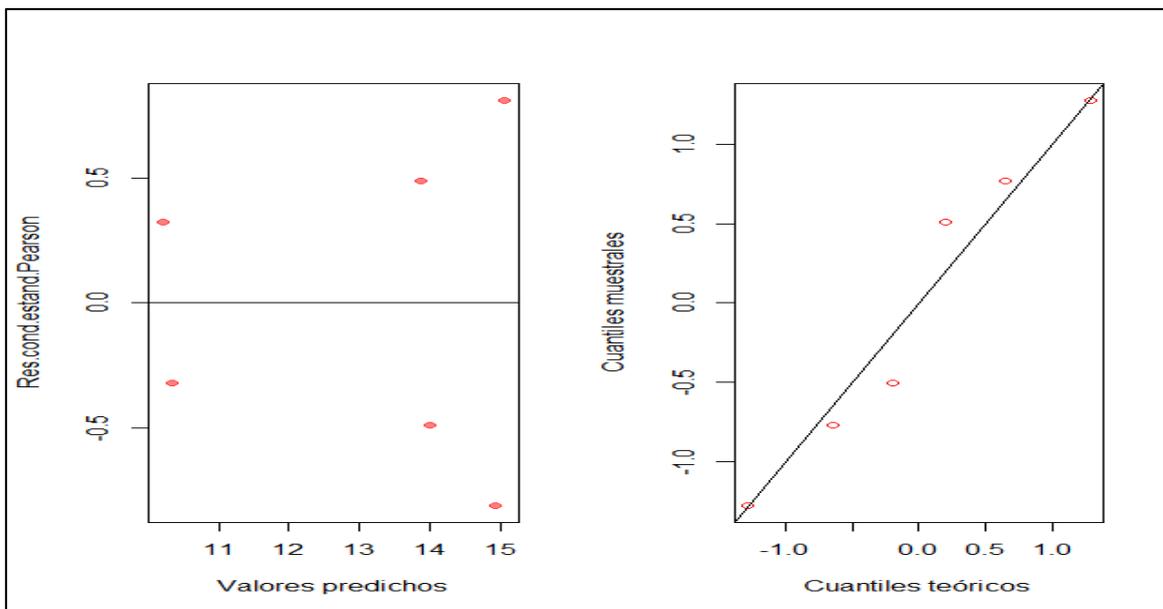
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

1-Propanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 1-Propanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	23.93	17.40	-6.96	4.23	0.41	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	57.23	0.0170
EQUIPO	1	1.8E-03	0.9704
BLOQUE	2	0.68	0.5946

1-Propanol - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TAC	13.14	2.44	A
TCU	12.99	2.44	A

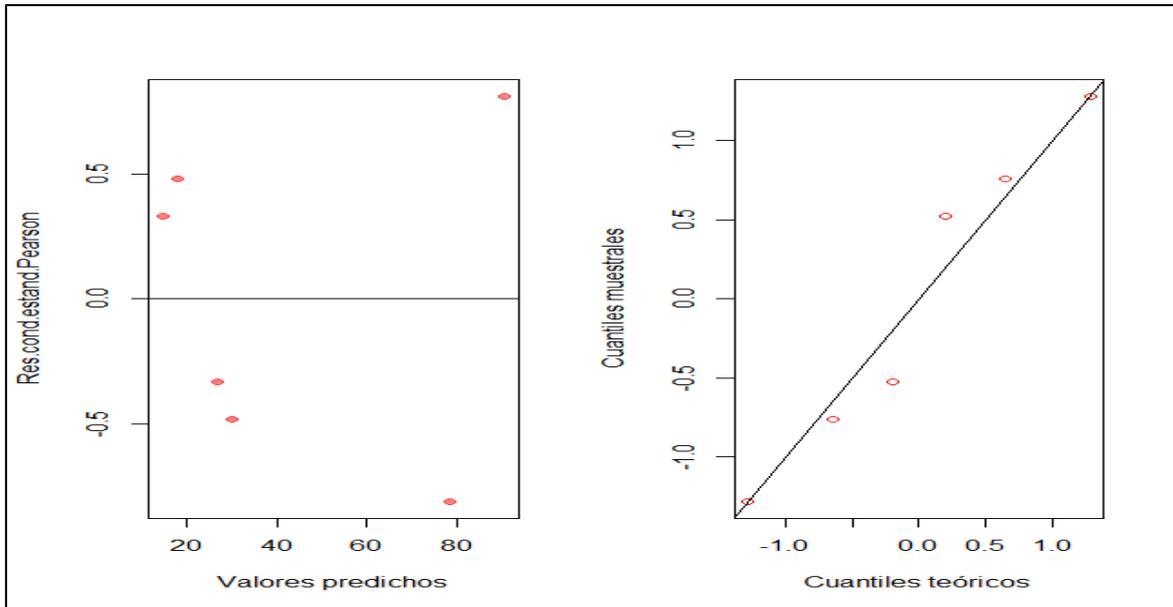
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

2-methyl-1-propanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 2-methyl-1-propanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	33.17	26.64	-11.59	42.63	0.59	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6.13	0.1316
EQUIPO	1	0.12	0.7579
BLOQUE	2	1.40	0.4162

2-methyl-1-propanol - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.
TAC	49.25	24.61 A
TCU	36.96	24.61 A

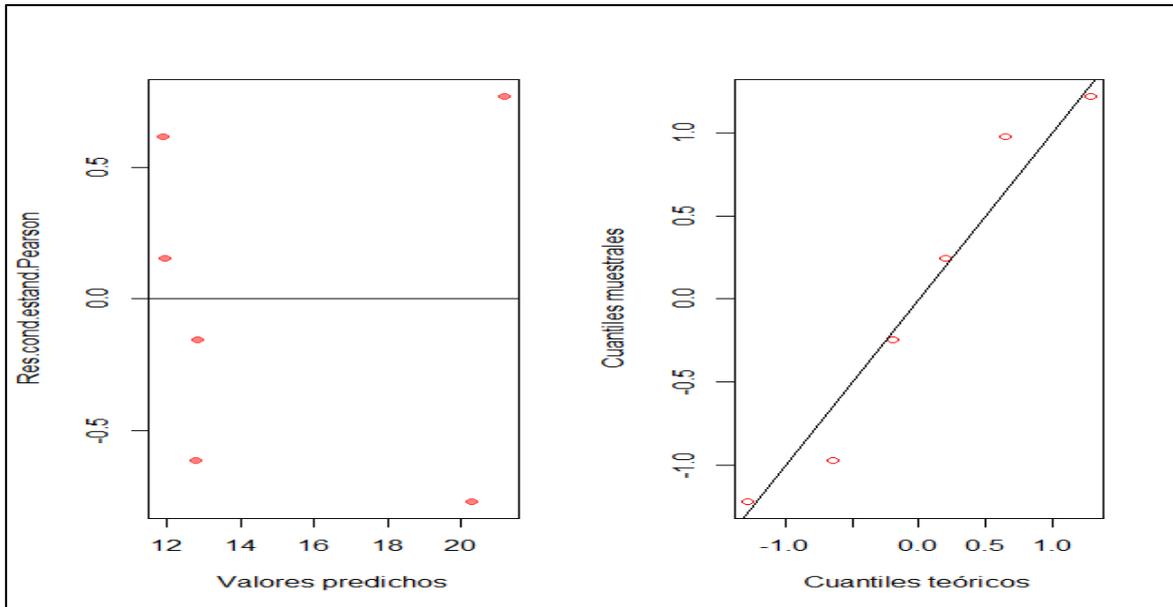
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

Acetato de Isoamilo

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Acetato de Isoamilo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	22.81	16.27	-6.40	3.19	0.82	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	134.95	0.0073
EQUIPO	1	0.12	0.7665
BLOQUE	2	4.59	0.1790

Acetato de Isoamilo - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TCU	15.59	1.84	A
TAC	14.70	1.84	A

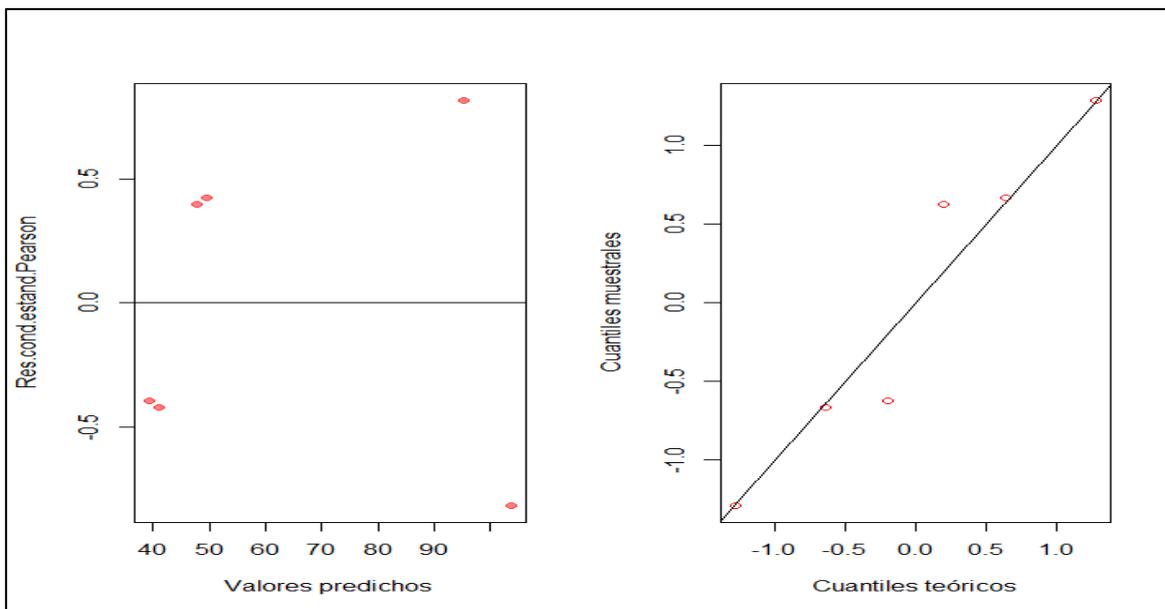
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

3-methyl-1-butanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 3-methyl-1-butanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	35.31	28.78	-12.66	72.78	0.28	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	4.46	0.1690
EQUIPO	1	0.02	0.9018
BLOQUE	2	0.38	0.7232

3-methyl-1-butanol - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.
TCU	66.92	42.02 A
TAC	58.63	42.02 A

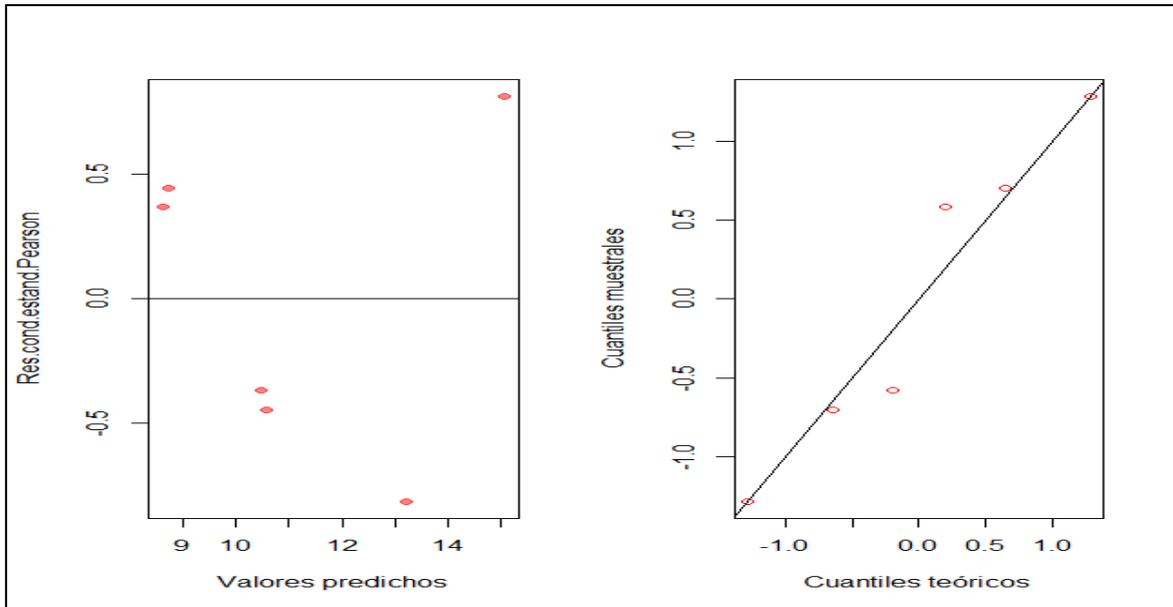
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

Ethyl Hexanoato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Ethyl Hexanoato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	20.93	14.39	-5.46	2.00	0.80	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	185.99	0.0053
EQUIPO	1	1.28	0.3757
BLOQUE	2	3.44	0.2254

Ethyl Hexanoato - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TAC	12.04	1.15	A
TCU	10.19	1.15	A

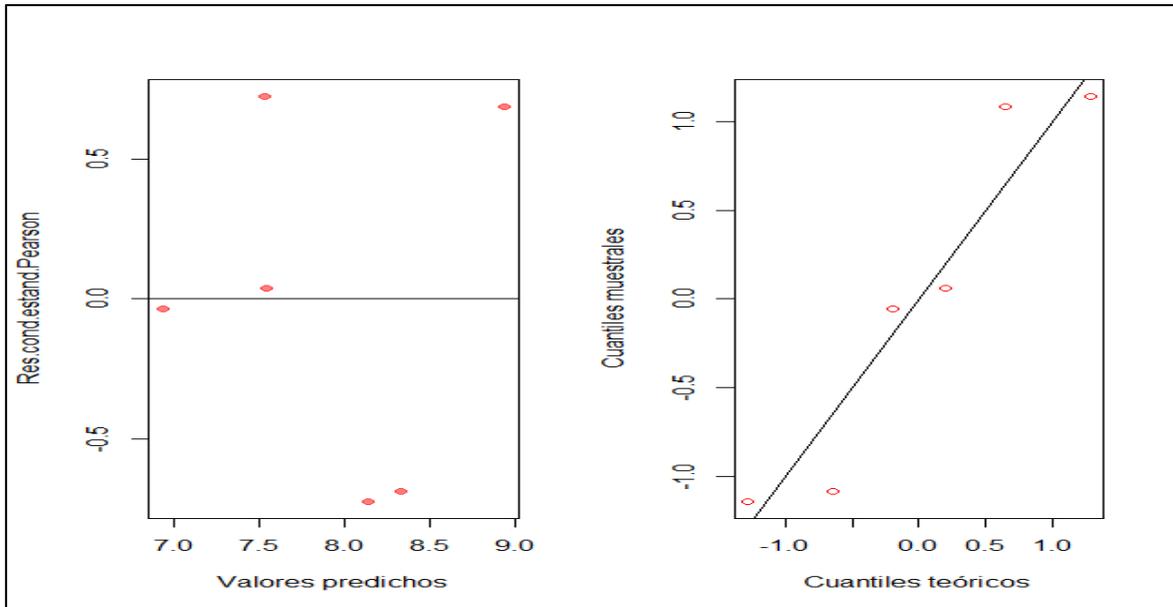
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los equipos.

Ethyl miristato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Ethyl miristato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	15.65	9.11	-2.82	0.53	0.81	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1315.14	0.0008
EQUIPO	1	1.93	0.2991
BLOQUE	2	3.44	0.2253

Ethyl miristato - Medias ajustadas y errores estándares para EQUIPO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

EQUIPO	Medias	E.E.	
TCU	8.20	0.31	A
TAC	7.60	0.31	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

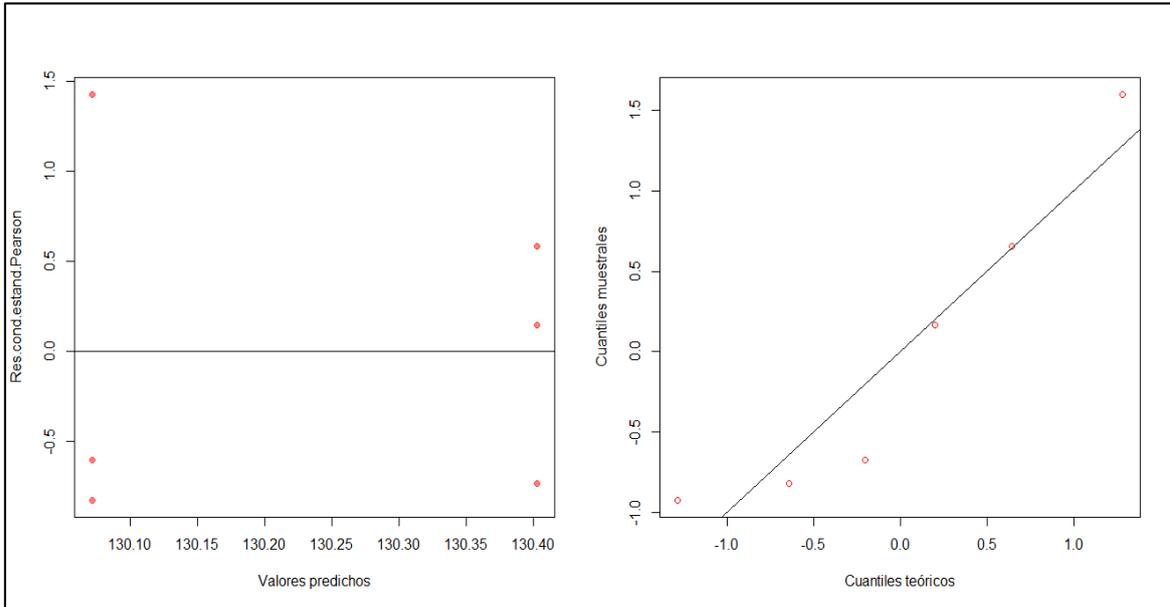
No hay diferencia entre los equipos.

Anexo 16: Análisis estadístico del aguardiente de cola

Metanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Metanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	33.18	31.34	-13.59	5.49	1.4E-03	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3370.90	<0.0001
TRATAMIENTO	1	0.01	0.9447

Metanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
0	130.40	3.17	A
100	130.07	3.17	A

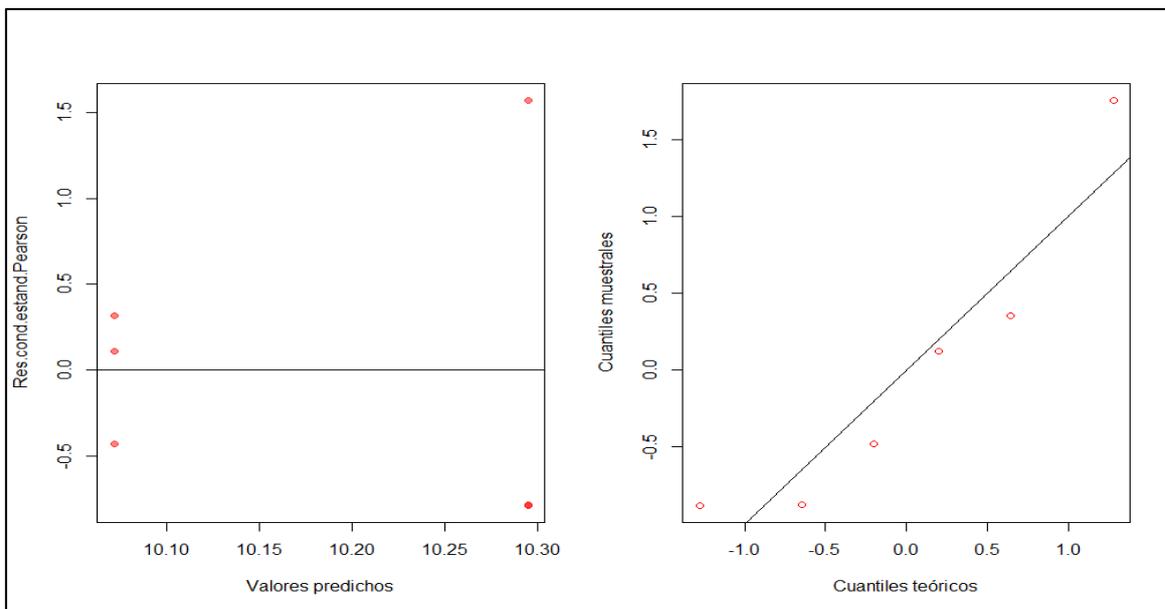
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

1-Propanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 1-Propanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	25.74	23.90	-9.87	2.17	4.0E-03	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	132.39	0.0003
TRATAMIENTO	1	0.02	0.9057

1-Propanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
100	10.29	1.25	A
0	10.07	1.25	A

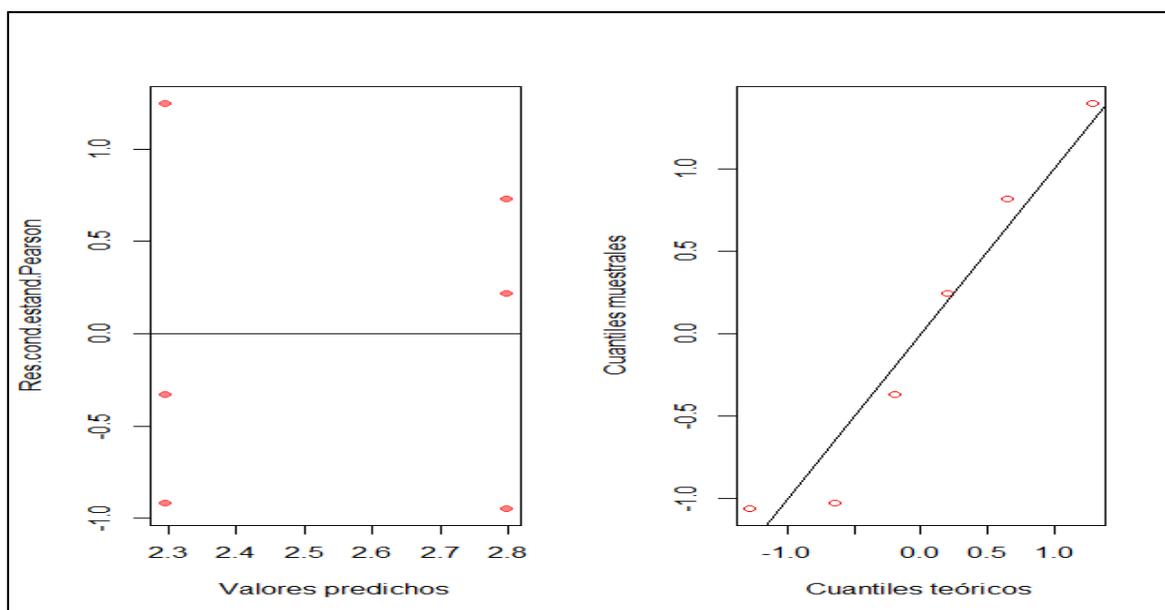
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

2-methyl-1-propanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 2-methyl-1-propanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	26.61	24.77	-10.30	2.42	0.02	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6.66	0.0613
TRATAMIENTO	1	0.06	0.8118

2-methyl-1-propanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
0	2.80	1.40	A
100	2.30	1.40	A

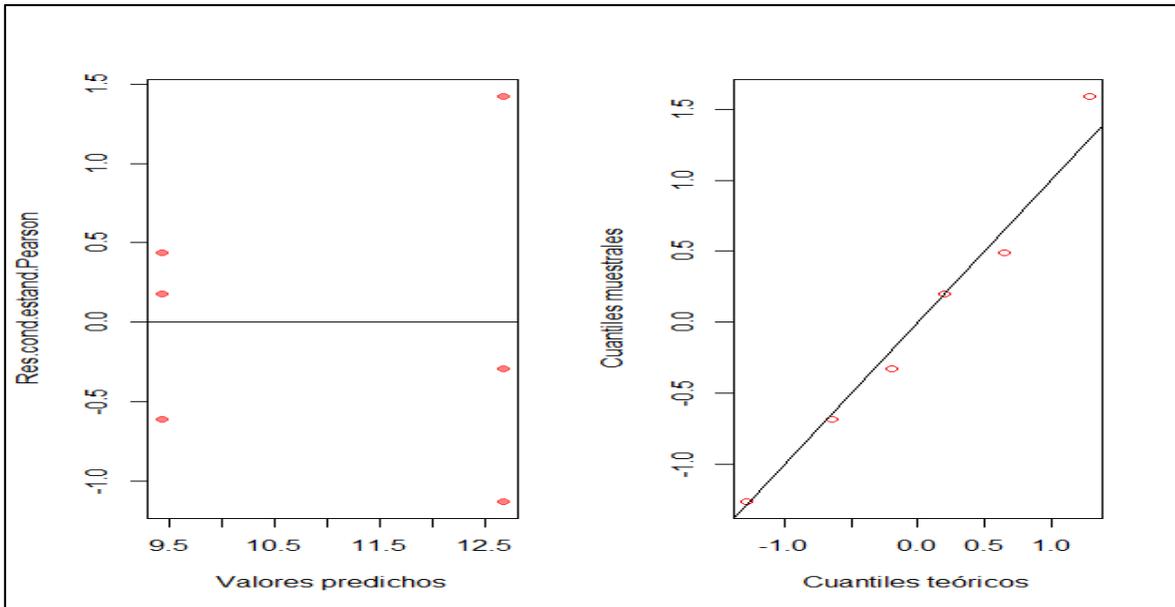
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

3-methyl-1-butanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 3-methyl-1-butanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	32.59	30.74	-13.29	5.10	0.13	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	28.12	0.0061
TRATAMIENTO	1	0.61	0.4789

3-methyl-1-butanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

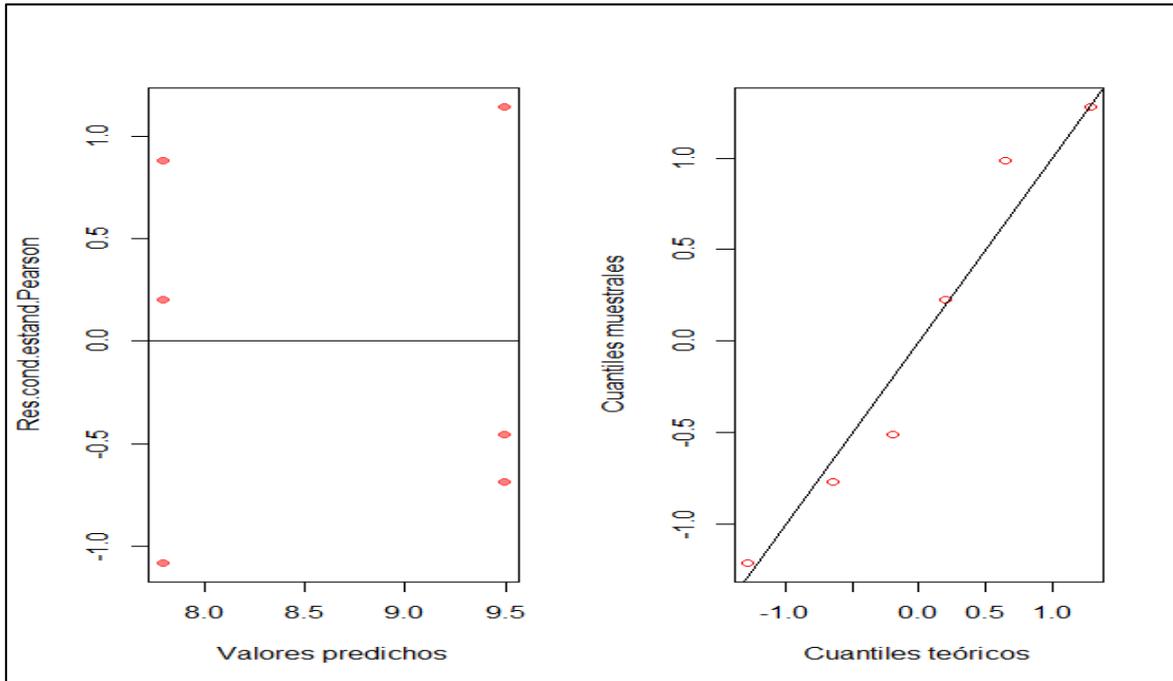
TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
100	12.67	2.95	A
0	9.42	2.95	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

Ethyl miristato

No hay homogeneidad de varianzas



Variable dependiente: Ethyl miristato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	21.60	19.15	-6.80	0.34	0.20	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	102.08	0.0005
TRATAMIENTO	1	0.99	0.3759

Ethyl miristato - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
100	9.49	1.70	A
0	7.79	0.20	A

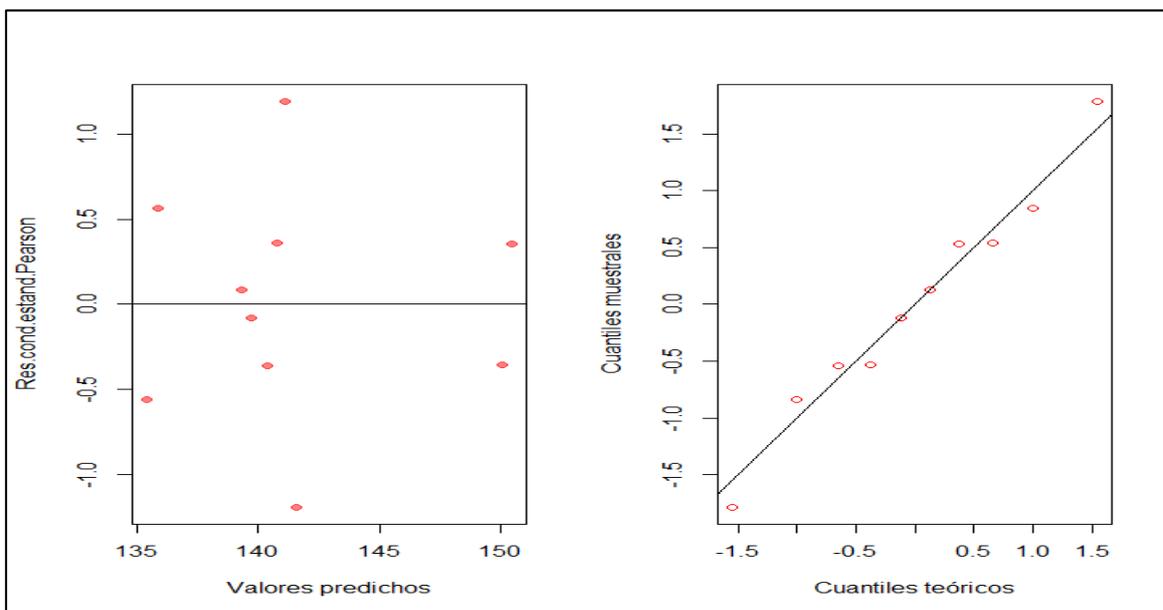
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 17: Análisis estadístico del aguardiente de orujo + vinaza + cabeza

Metanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Metanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	53.15	48.86	-19.58	18.68	0.14	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	573.71	<0.0001
TRATAMIENTO	4	0.17	0.9447
BLOQUE	1	1.3E-03	0.9732

Metanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.
0	150.27	13.21 A
100	141.35	13.21 A
400	140.56	13.21 A
300	139.53	13.21 A
200	135.63	13.21 A

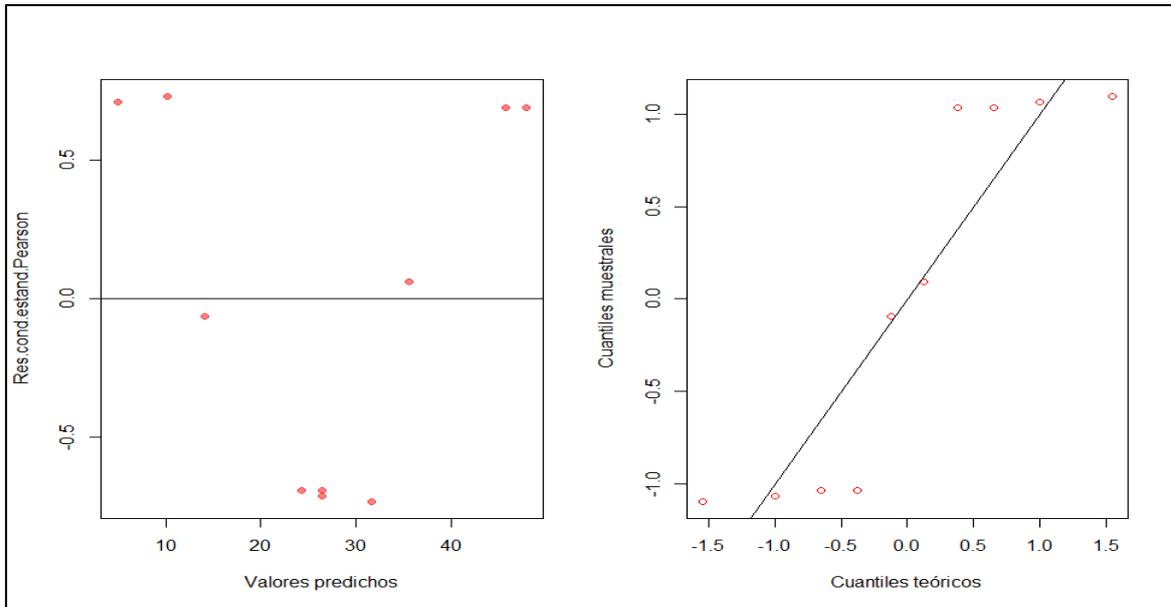
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencias entre los tratamientos.

1-Propanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 1-Propanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	52.44	48.15	-19.22	17.10	0.61	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	24.40	0.0078
TRATAMIENTO	4	0.58	0.6957
BLOQUE	1	3.93	0.1186

1-Propanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.
100	37.15	12.09 A
0	35.02	12.09 A
400	24.87	12.09 A
200	20.84	12.09 A
300	15.66	12.09 A

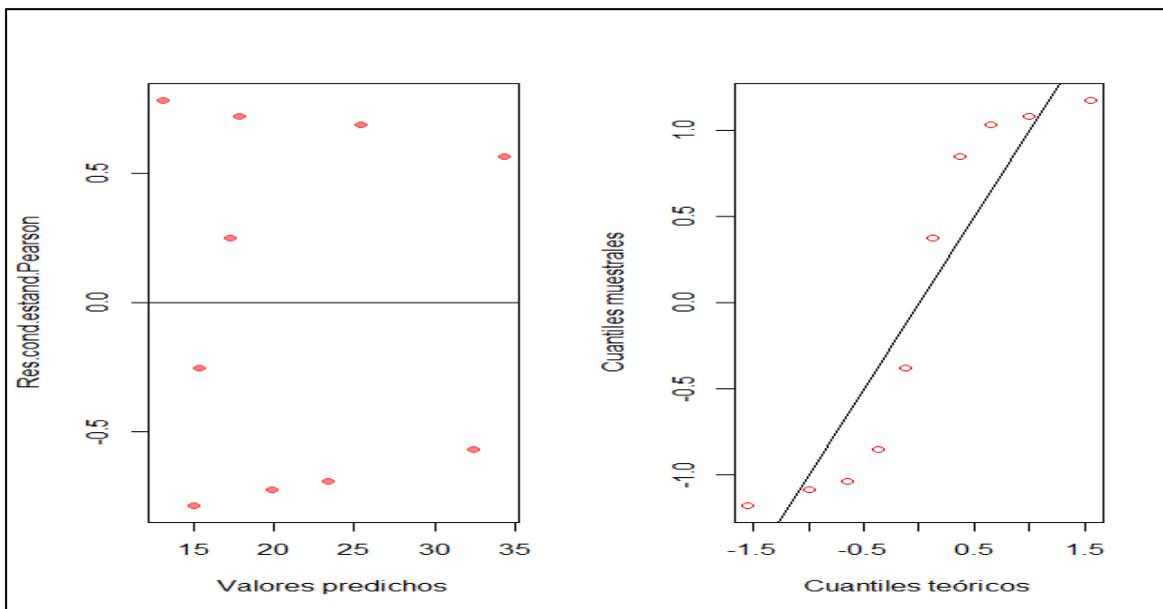
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencias entre los tratamientos.

2-methyl-1-propanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 2-methyl-1-propanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	46.80	42.51	-16.40	8.45	0.63	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	64.16	0.0013
TRATAMIENTO	4	1.67	0.3148
BLOQUE	1	0.14	0.7309

2-methyl-1-propanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

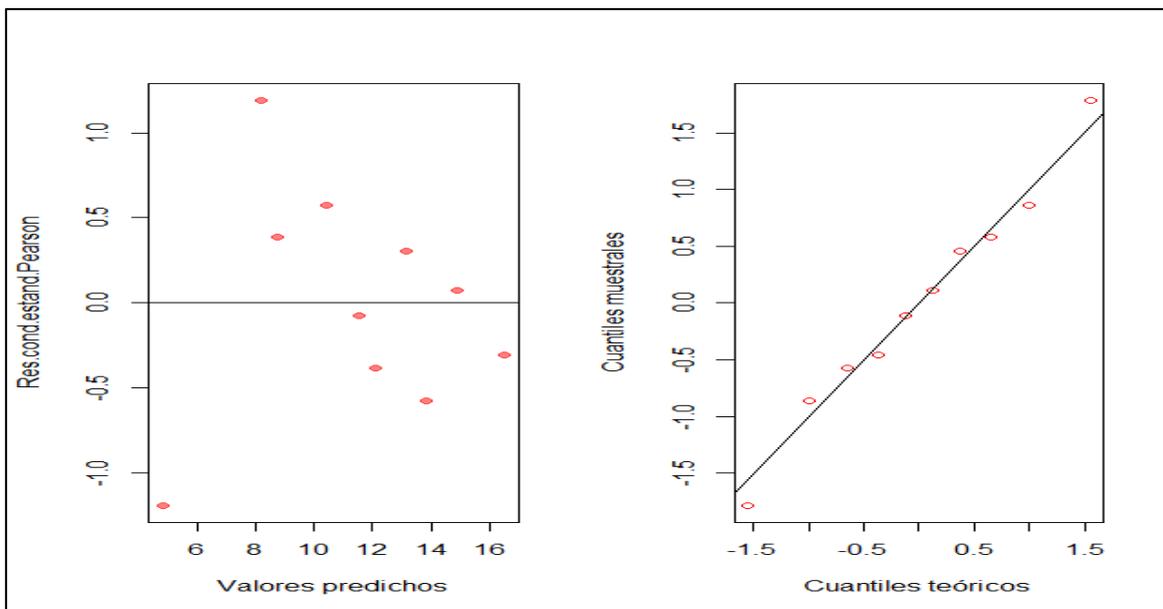
TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
200	33.37	5.97	A
300	24.40	5.97	A
400	18.86	5.97	A
100	16.29	5.97	A
0	14.05	5.97	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Acetato de Isoamilo

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Acetato de Isoamilo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2
10	40.88	36.58	-13.44	4.03	0.63

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	80.37	0.0009
TRATAMIENTO	4	1.25	0.4160
BLOQUE	1	1.75	0.2564

Acetato de Isoamilo - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

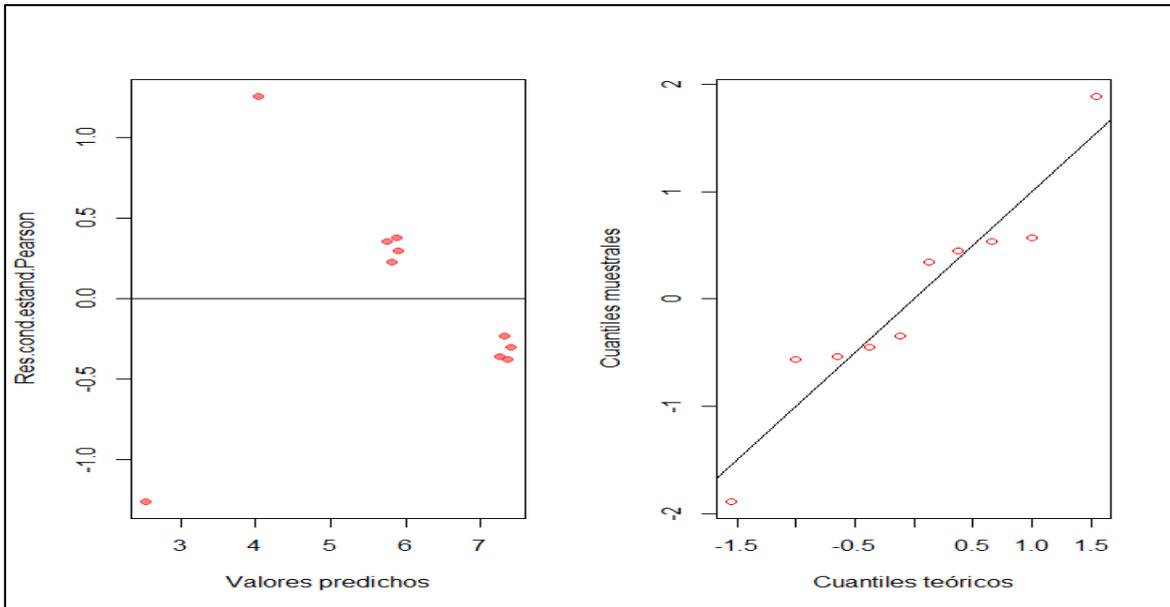
TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
0	14.84	2.85	A
100	13.21	2.85	A
300	12.13	2.85	A
400	10.43	2.85	A
200	6.49	2.85	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

1-Butanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 1-Butanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	35.33	31.04	-10.67	2.01	0.59	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	86.59	0.0007
TRATAMIENTO	4	1.07	0.4735
BLOQUE	1	1.39	0.3041

1-Butanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

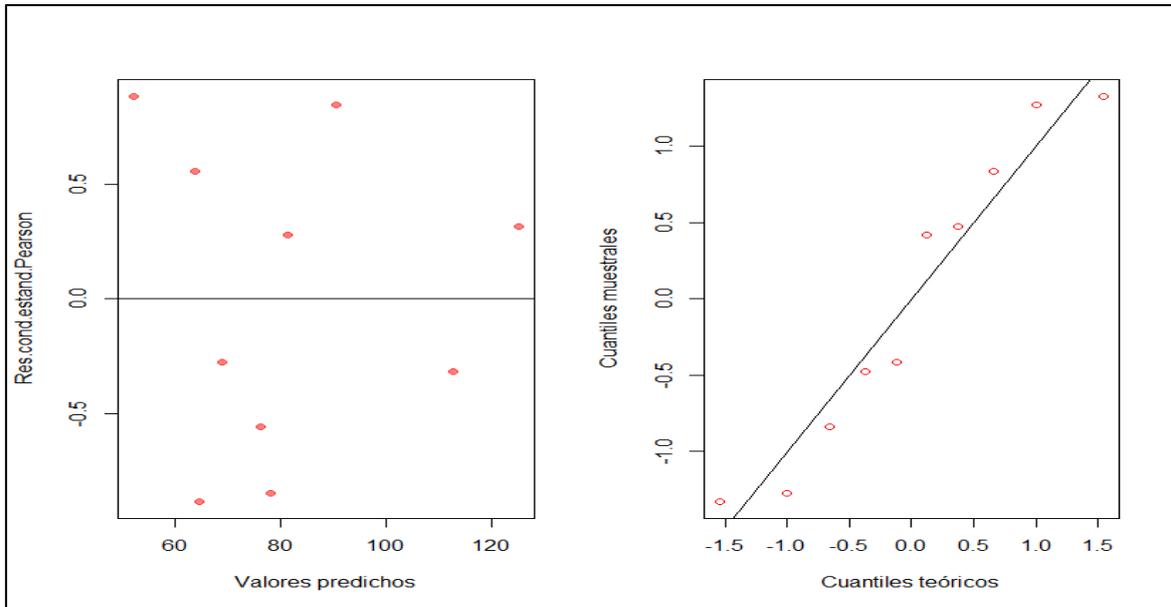
TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
200	6.65	1.42	A
100	6.62	1.42	A
400	6.56	1.42	A
300	6.50	1.42	A
0	3.29	1.42	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3-methyl-1-butanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 3-methyl-1-butanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	58.24	53.95	-22.12	35.29	0.48	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	53.16	0.0019
TRATAMIENTO	4	0.84	0.5634
BLOQUE	1	0.30	0.6108

3-methyl-1-butanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

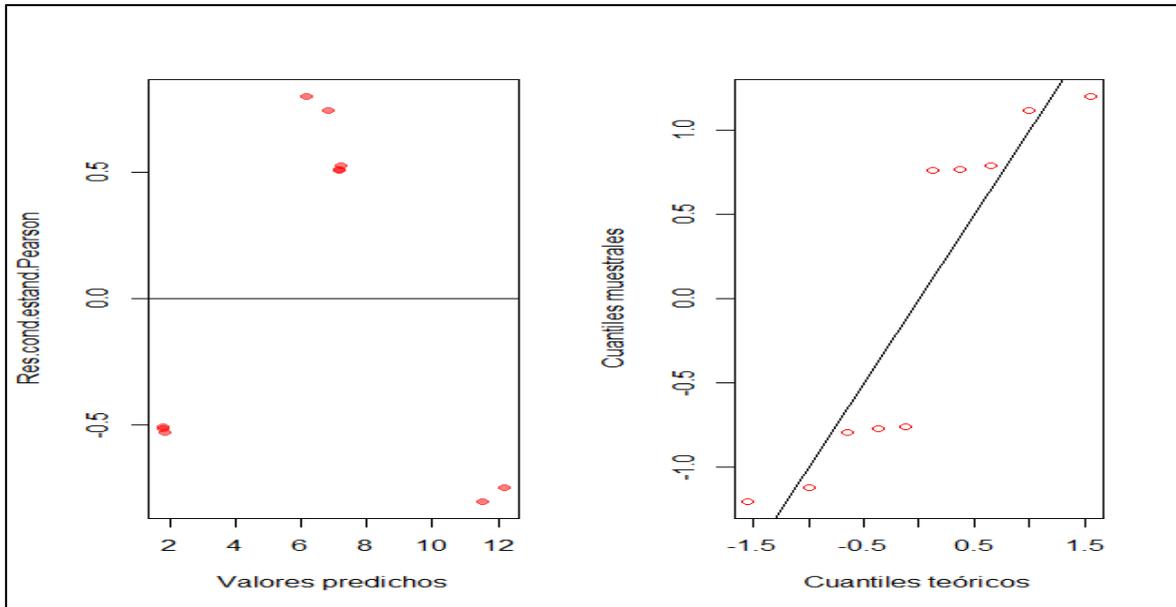
TRATAMIENTO	Medias	E.E.
200	118.80	24.95 A
300	84.32	24.95 A
100	75.21	24.95 A
400	70.10	24.95 A
0	58.42	24.95 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ethyl Hexanoato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Ethyl Hexanoato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	39.78	35.49	-12.89	3.51	0.72	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	32.85	0.0046
TRATAMIENTO	4	1.07	0.4733
BLOQUE	1	5.83	0.0732

Ethyl Hexanoato - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

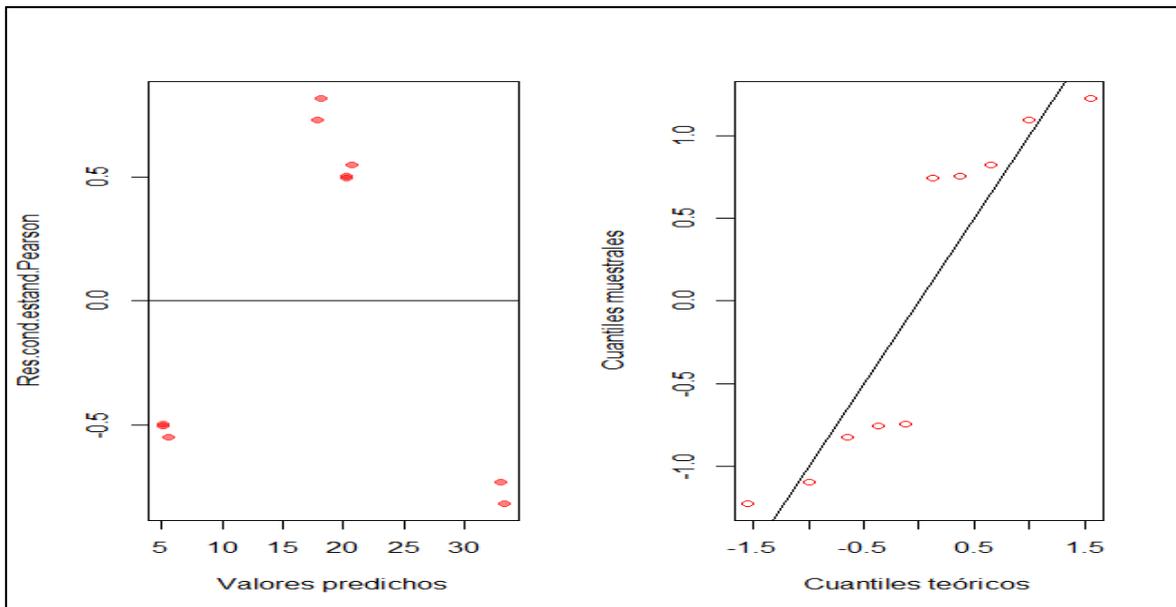
TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
300	9.51	2.48	A
100	8.84	2.48	A
0	4.53	2.48	A
200	4.49	2.48	A
400	4.46	2.48	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Hexil Acetato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Hexil Acetato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	48.29	43.99	-17.14	10.17	0.70	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	31.05	0.0051
TRATAMIENTO	4	0.94	0.5223
BLOQUE	1	5.56	0.0779

Hexil Acetato - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
300	25.72	7.19	A
200	25.39	7.19	A
0	13.15	7.19	A
100	12.69	7.19	A
400	12.63	7.19	A

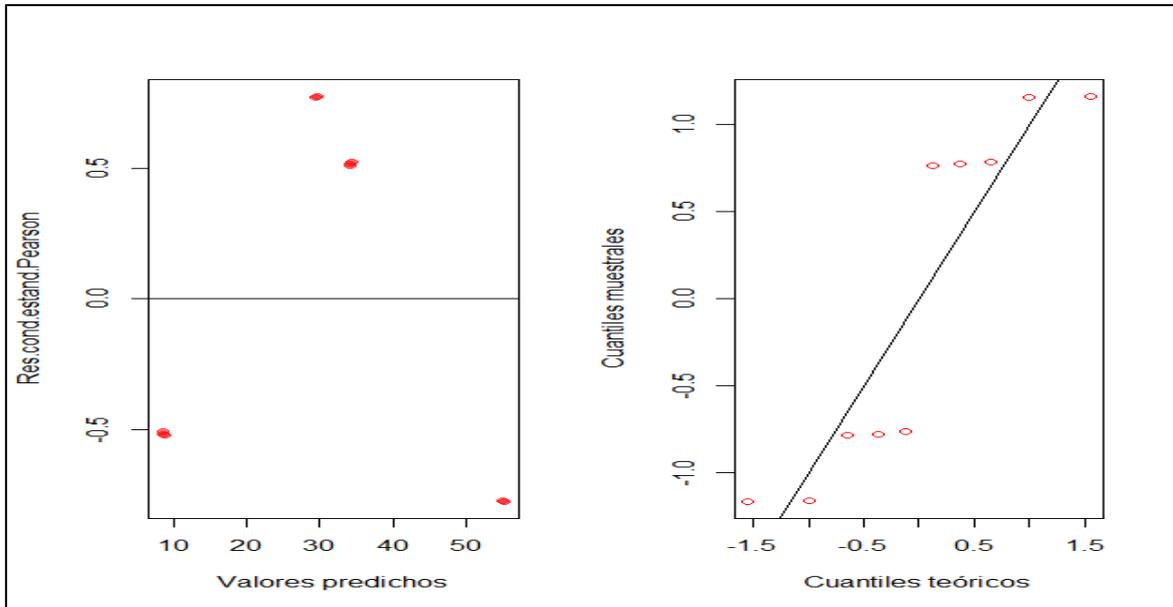
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

Ethyl L-Lactato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Ethyl L-Lactato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	52.21	47.92	-19.11	16.61	0.71	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	32.16	0.0048
TRATAMIENTO	4	0.96	0.5161
BLOQUE	1	5.95	0.0712

Ethyl L-Lactato - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.
400	42.47	11.74 A
300	42.28	11.74 A
200	21.50	11.74 A
100	21.40	11.74 A
0	21.27	11.74 A

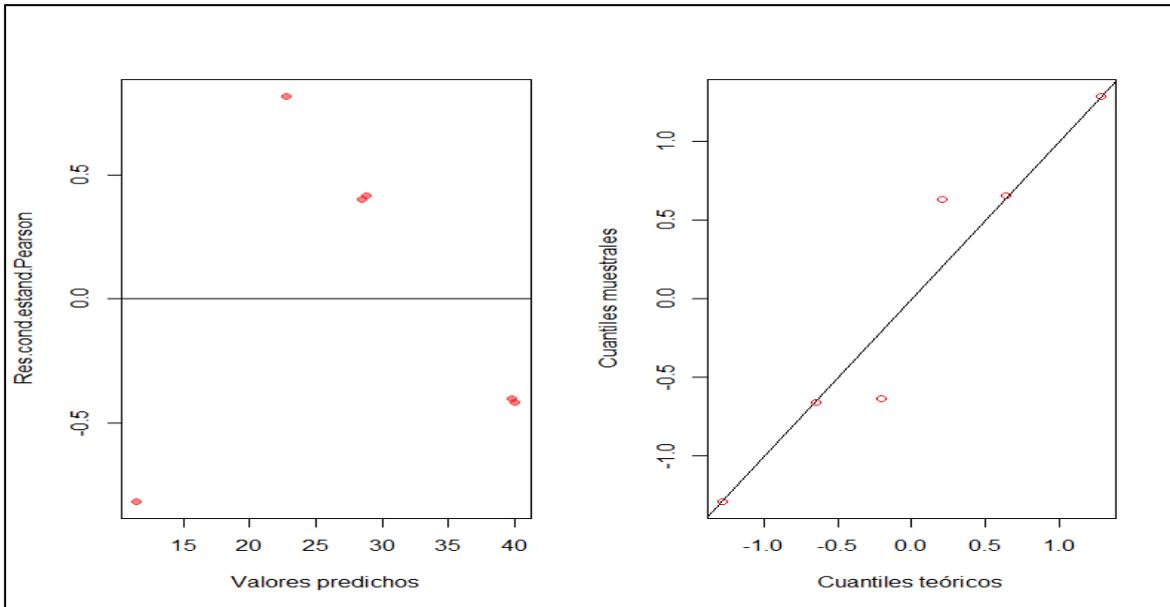
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

1-Hexanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Se eliminaron 100 y 400 por ser 0

Variable dependiente: 1-Hexanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
6	28.74	22.20	-9.37	14.08	0.60	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	24.73	0.0381
TRATAMIENTO	2	0.99	0.5022
BLOQUE	1	0.96	0.4297

1-Hexanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
0	34.44	9.95	A
300	34.15	9.95	A
200	17.13	9.95	A

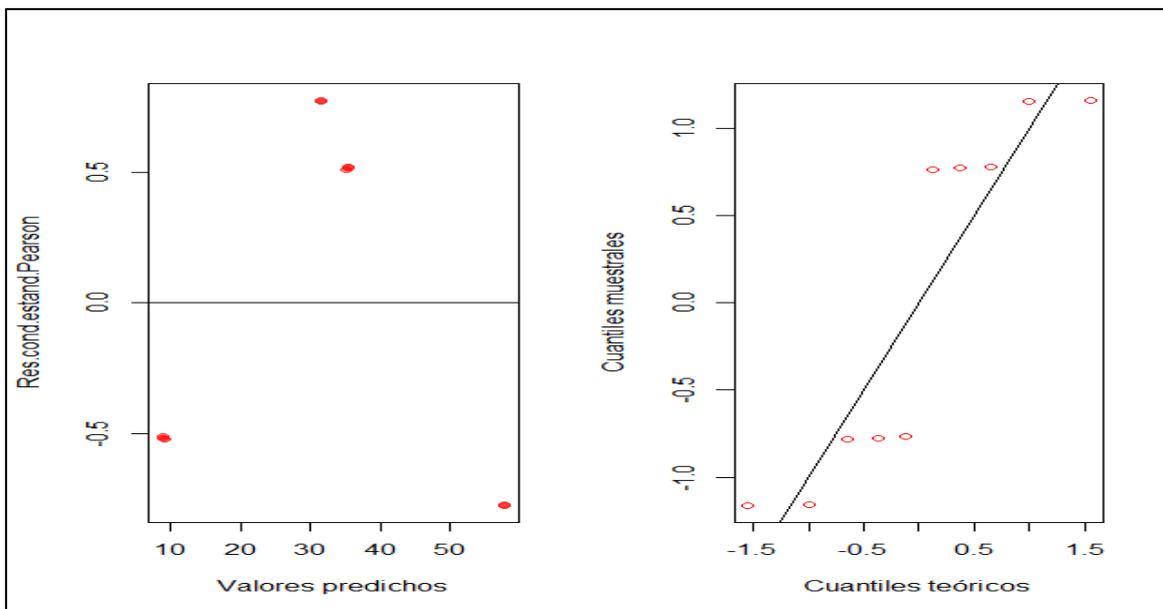
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

Trans-3-hexen-1-ol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Trans-3-hexen-1-ol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	52.63	48.34	-19.32	17.50	0.70	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	31.60	0.0049
TRATAMIENTO	4	0.98	0.5072
BLOQUE	1	5.62	0.0767

Trans-3-hexen-1-ol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E. E.
400	44.57	12.38 A
100	44.52	12.38 A
0	22.27	12.38 A
200	22.18	12.38 A
300	22.04	12.38 A

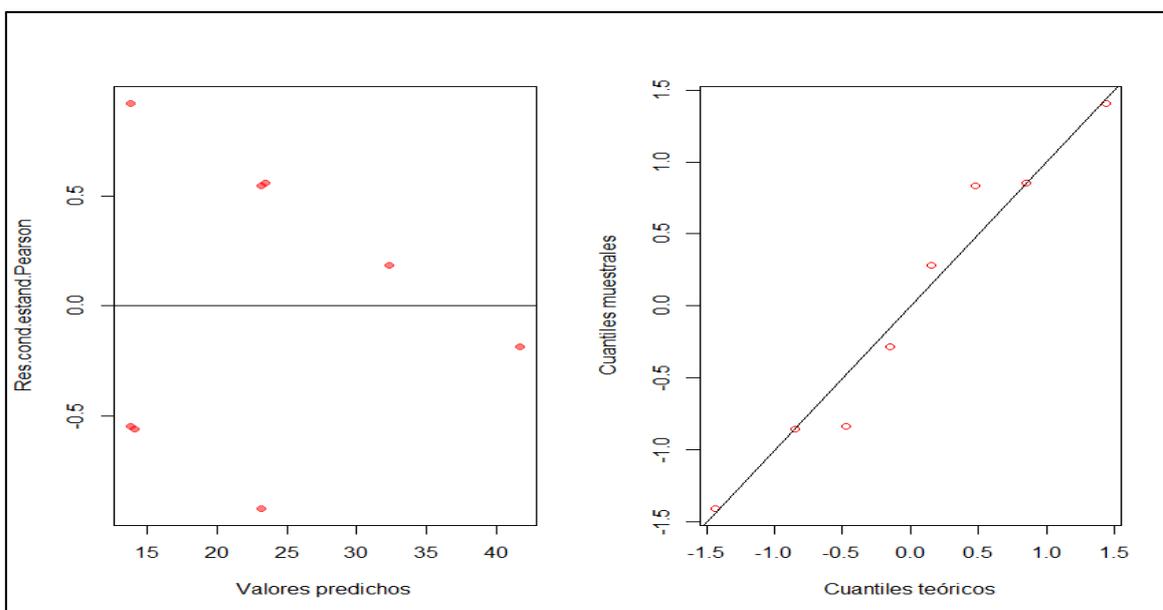
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

Cis-3-hexen-1-ol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Se eliminó el tratamiento 100 por tener los datos igual a 0

Variable dependiente: Cis-3-hexen-1-ol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
8	43.33	37.92	-15.66	25.14	0.27	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6.81	0.0797
TRATAMIENTO	3	0.27	0.8450
BLOQUE	1	0.28	0.6339

Cis-3-hexen-1-ol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.
0	37.04	17.78 A
400	18.80	17.78 A
300	18.49	17.78 A
200	18.46	17.78 A

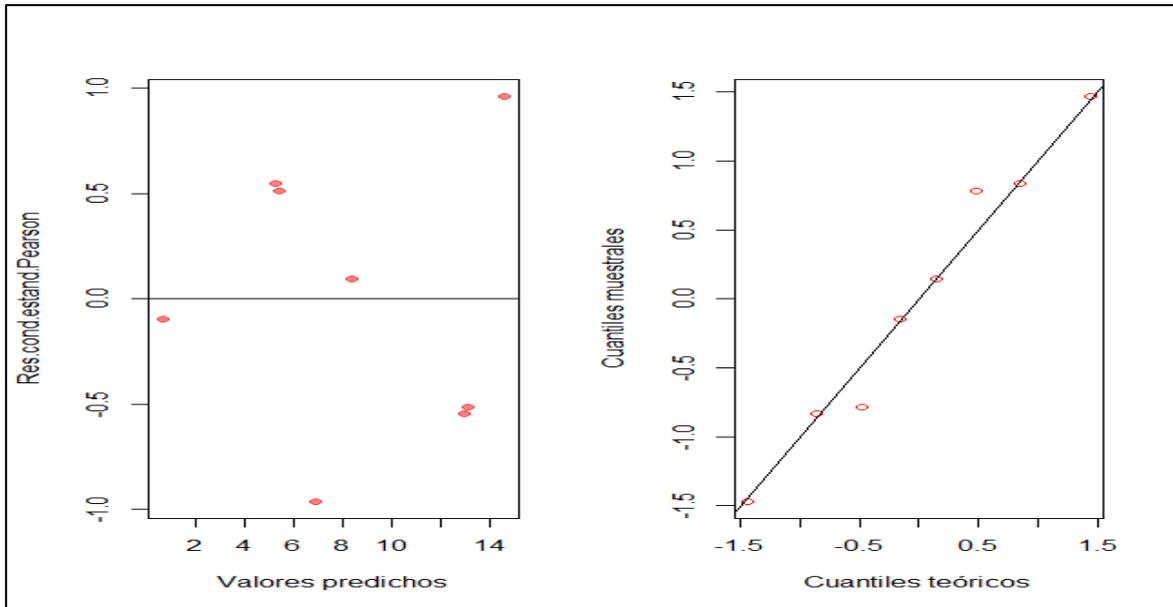
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

Etil Octanoato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Se eliminó el tratamiento 300

Variable dependiente: Etil Octanoato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
8	35.78	30.37	-11.89	7.15	0.51	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	11.08	0.0448
TRATAMIENTO	3	0.28	0.8366
BLOQUE	1	2.32	0.2254

Etil Octanoato - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
200	10.74	5.06	A
400	9.28	5.06	A
0	9.11	5.06	A
100	4.54	5.06	A

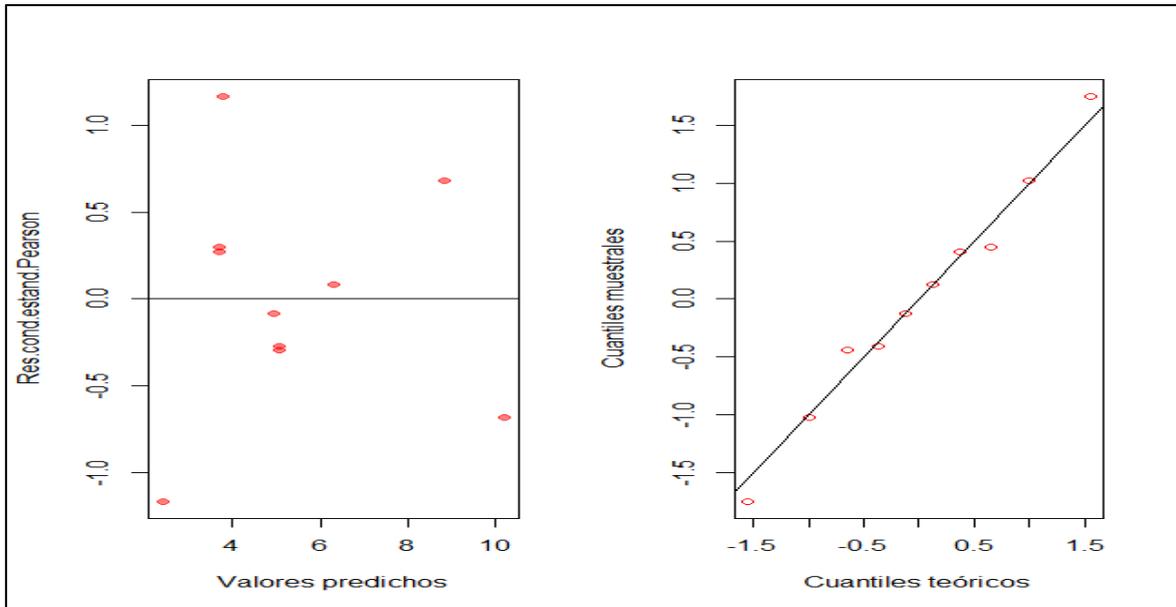
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

Ethyl Decanoato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	35.55	31.26	-10.78	2.07	0.76	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	68.19	0.0012
TRATAMIENTO	4	2.84	0.1684
BLOQUE	1	1.08	0.3569

Ethyl Decanoato - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

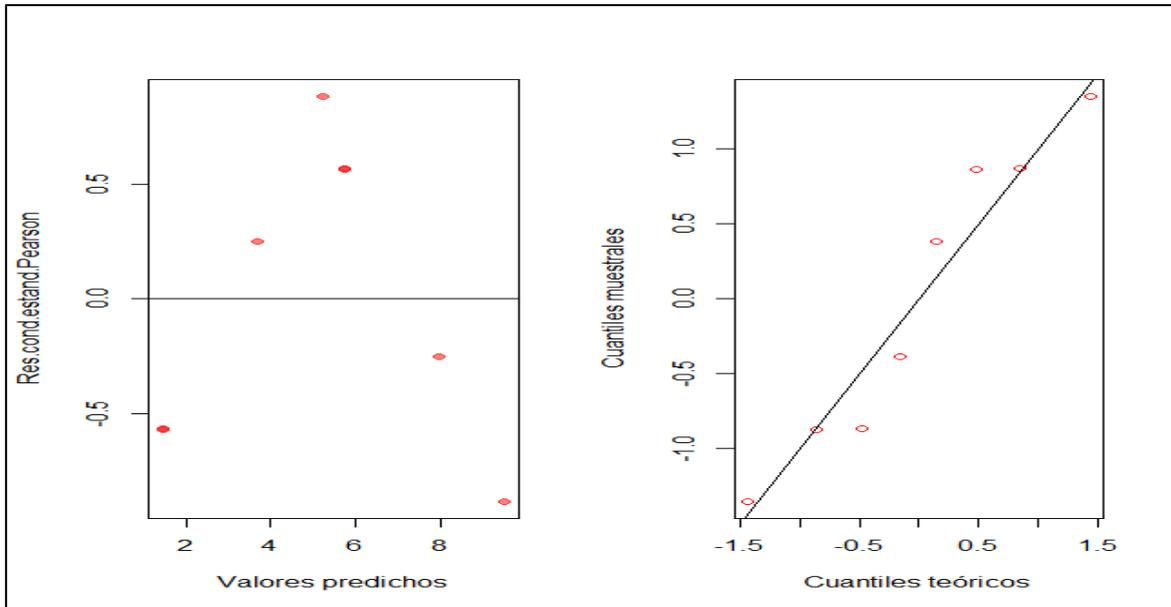
TRATAMIENTO	Medias	E.E.		
200	9.51	1.46	A	
100	5.64	1.46	A	B
300	4.39	1.46	A	B
400	4.38	1.46	A	B
0	3.10	1.46		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Diethyl Succinato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Se eliminó el tratamiento 0

Variable dependiente: Diethyl Succinato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
8	29.61	24.20	-8.80	2.55	0.74	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	31.80	0.0110
TRATAMIENTO	3	1.04	0.4874
BLOQUE	1	5.59	0.0989

Diethyl Succinato - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

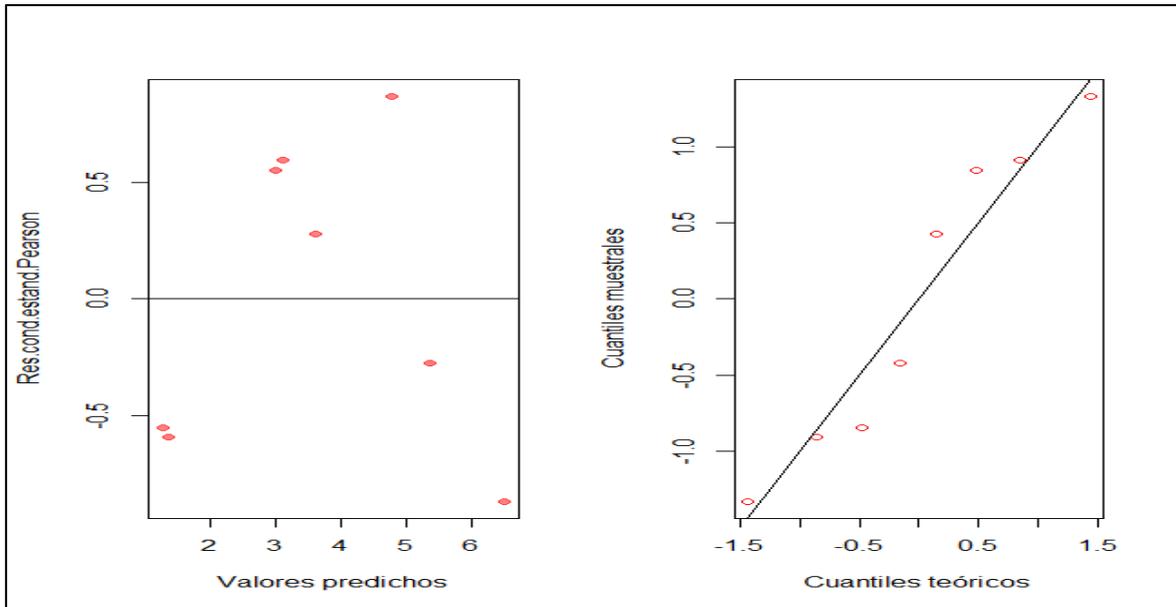
TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
400	7.36	1.81	A
200	5.83	1.81	A
100	3.60	1.81	A
300	3.59	1.81	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ethyl Laurato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Se eliminó el tratamiento 200 por ser 0

Variable dependiente: Ethyl Laurato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
8	29.01	23.60	-8.51	2.31	0.60	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	19.62	0.0214
TRATAMIENTO	3	1.10	0.4687
BLOQUE	1	1.11	0.3695

Ethyl Laurato - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

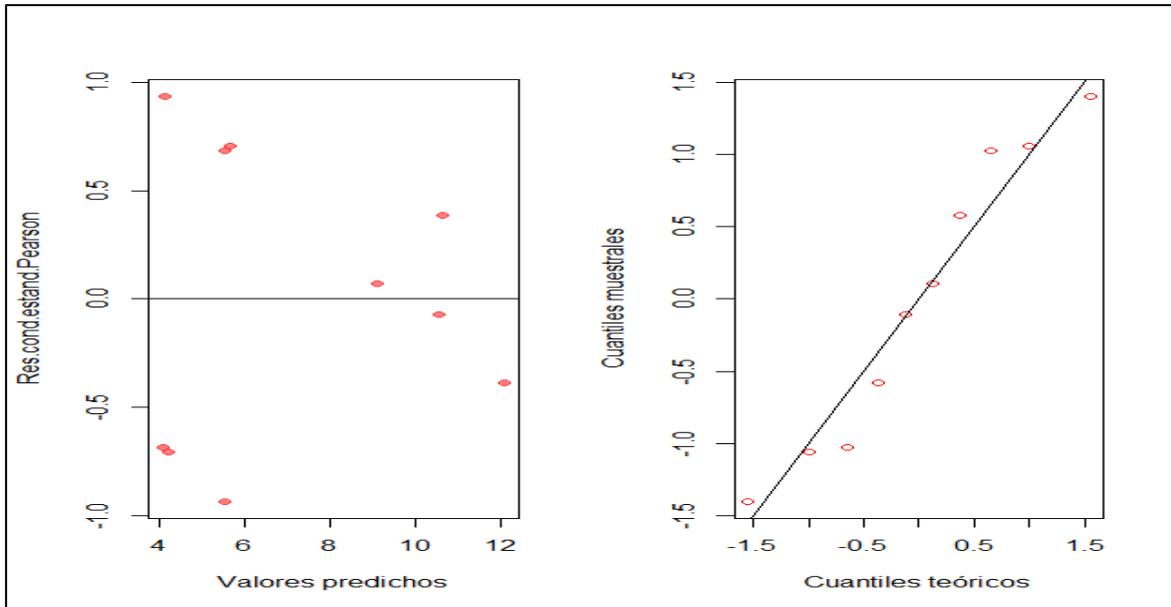
TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
100	5.63	1.64	A
400	4.48	1.64	A
300	2.24	1.64	A
0	2.14	1.64	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

2-Feniletanol

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: 2-Feniletanol

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	43.95	39.66	-14.98	5.92	0.38	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	14.55	0.0189
TRATAMIENTO	4	0.59	0.6916
BLOQUE	1	0.15	0.7187

2-Feniletanol - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
100	11.36	4.18	A
400	9.82	4.18	A
300	4.91	4.18	A
200	4.81	4.18	A
0	4.78	4.18	A

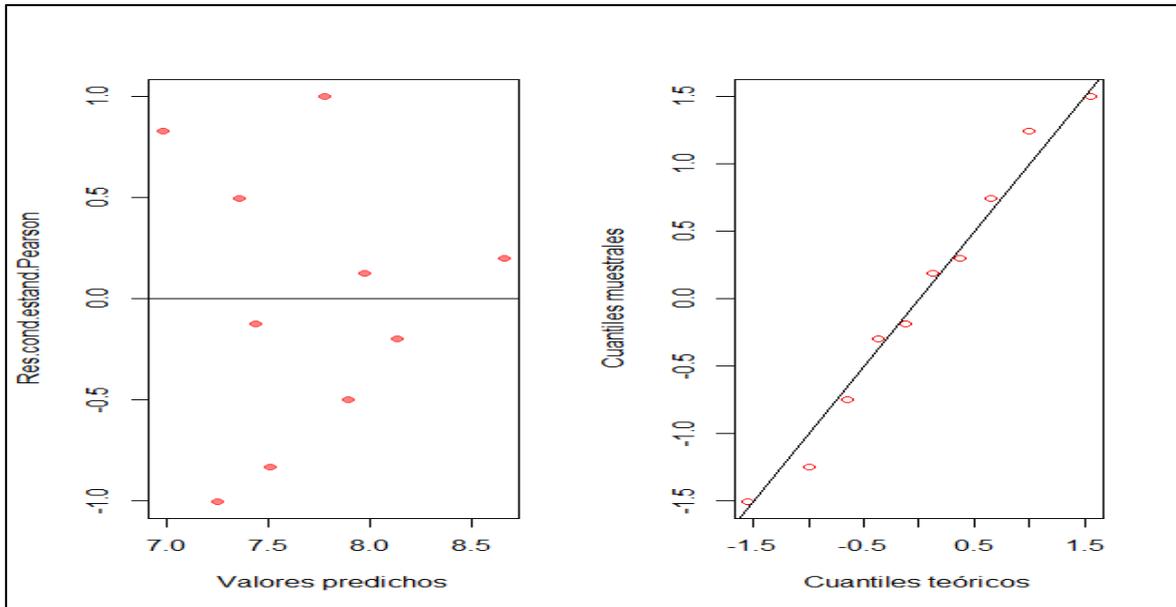
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

No hay diferencia entre los tratamientos.

Ethyl miristato

Supuestos

Se cumplen ambos supuestos



Variable dependiente: Ethyl miristato

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
10	14.10	9.80	-0.05	0.14	0.96	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	29501.75	<0.0001
TRATAMIENTO	4	18.30	0.0078
BLOQUE	1	35.46	0.0040

Ethyl miristato - Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.		
400	8.40	0.10	A	
300	7.70	0.10	B	
100	7.62	0.10	B	C
0	7.51	0.10	B	C
200	7.24	0.10		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 18: MAPA DE LAS ZONAS PISQUERAS



LEYENDA

- ZONAS PISQUERAS
- LIMA
- ICA
- AREQUIPA
- MOQUEGUA
- TACNA

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

EPG ESCUELA DE POSGRADO
Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

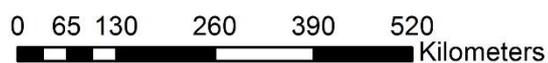
MAPA DE LAS ZONAS PISQUERAS

Datum: WGS 84 Zona: 18 S Escala: 1:10,000,000

Elaborado por: Ing. Jhony FLORES MENDOZA

Fecha de elaboración: 20 de Febrero del 2019. Lima, Perú.

1:10,000,000



Anexo 19: MAPA DE LAS INDUSTRIAS PISQUERAS SELECCIONADAS

