UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CÁSCARA DE LIMA DE OLOR (*Citrus limetta*)

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. LIDIA YESENIA MALDONADO MAMANI

ASESOR:

Dr. ELÍAS ESCOBEDO PACHECO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

MOQUEGUA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

REGISTRO N°.....12.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los miembros del jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentada por: LIDIA YESENIA MALDONADO MAMANI

denominada: EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CÁSCARA DE LIMA DE OLOR (Citrus limetta) para cumplir con uno de los requisitos para optar el título profesional de INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante, se declara la tesis como:

APROBADO

Con la nota de : 13

Calificativo de : TRECE

En consecuencia, de todos los actuados el Tesista queda APTA para poder recibir el título profesional de INGENIERO AGROINDUSTRIAL, de conformidad con lo establecido en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional de Moquegua.

Moquegua, 27 de NOVIEMBRE del 2020

Jhony Mayta Hancco
DNI 01325181
PRESIDENTE DE JURADO

PRIMER MIEMBRO DE JURADO

SEGUNDO MIEMBRO DE JURADO

DEDICATORIA

A mi padre Rene, por su apoyo ilimitado y permanente en el proceso de ejecución de este trabajo. A mi madre Toribia, por formarme en valores, principios y vocación al servicio, apoyándome en todas mis decisiones. A mis hermanos y familia que son reflejo constante de la perseverancia y amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, que me ha dado fortaleza en momentos difíciles y me ha permitido llegar a conseguir este paso en mi vida profesional, en base al esfuerzo, dedicación y perseverancia.

A mis padres, quienes me apoyaron durante toda mi vida universitaria y me dieron ánimos y fuerzas para poder culminar con este trabajo.

Universidad Nacional de Moquegua por el apoyo financiero para la realización de este estudio.

A mi asesor Dr. Elías Escobedo, por el apoyado incondicionalmente, compartir valiosos conocimientos, por su paciencia y dedicación en cada etapa de esta investigación. Muchas gracias por la confianza puesta en mí.

A los miembros del jurado Dr. Jhony Mayta, MSc. James Villar y MSc. Romualdo Vilca.

A mis amigos, por su apoyo en diferentes momentos del desarrollo este trabajo de investigación, por brindarme su cariño y por compartir conmigo esta etapa de mi vida.

RESUMEN

La lima de olor (*Citrus limetta*) es un cítrico típico que se cultiva en la región Moquegua, Perú. Su consumo genera residuos orgánicos, existiendo así la necesidad de otorgar valor agregado mediante la extracción de aceite esencial para uso en la industria alimentaria, farmacéutica y/o cosmética, por sus propiedades antibacteriales, antioxidantes y aromáticas. El objetivo fue determinar el efecto de los estados de madurez y de humedad de la lima de olor sobre el rendimiento y las propiedades físicas y químicas del aceite esencial (AE). La metodología ha consistido en determinar el color de la cáscara mediante tabla de colores de la Norma Técnica Peruana para cítricos, clasificar las muestras en: verde fresco (VF), verde seco (VS), verde amarillo fresco (VAF), verde amarillo seco (VAS), amarillo fresco (AF) y amarillo seco (AS); determinar el índice de madurez del fruto; extraer el AE por arrastre con vapor de agua; evaluar el rendimiento, propiedades físicas y químicas, estabilidad a la oxidación y el perfil de compuestos volátiles. El AE de cáscara AF con índice de madurez de 95.83, ha tenido el mayor rendimiento, 0.59%; densidad de 0.94 g/mL; índice de refracción de 1.47; índice de acidez de 0.46 mg KOH/g; índice peróxido de 0.90 meq 0_2/kg y presentando el D-limoneno (56.57%) y β-pineno (15.14%) como compuestos volátiles mayoritarios. La conclusión es que el estado de madurez y el estado de humedad influyen en la composición química del AE, sus propiedades físicas y químicas y su estabilidad a la oxidación.

Palabras claves: Lima de olor, *citrus limetta*, aceite esencial, compuestos volátiles, terpenos.

ABSTRACT

The scent lime (*Citrus limetta*) is a typical citrus that is grown in the Moquegua region, Peru. Its consumption generates organic waste, thus existing the need to provide added value by extracting essential oil for use in the food, pharmaceutical and / or cosmetic industry, due to its antibacterial, antioxidant and aromatic properties. The objective was to determine the effect of the stages of maturity and moisture of the scent lime on the yield and the physical and chemical properties of the essential oil (AE). The methodology consisted in determining the color of the peel by means of a color table of the Peruvian Technical Standard for citrus fruits, classifying the samples in: fresh green (VF), dry green (VS), fresh yellow green (VAF), dry yellow green (VAS), fresh yellow (AF) and dry yellow (AS); determine the maturity index of the fruit; remove the AE by steam stripping; evaluate performance, physical and chemical properties, oxidation stability, and volatile compound profile. The AE of peel AF with a maturity index of 95.83, has had the highest yield, 0.59%; density 0.94 g/mL; refractive index of 1.47; acid number 0.46 mg KOH/g; Peroxide index of 0.90 meq 0_2/kg and presenting D-limonene (56.57%) and β-pinene (15.14%) as the majority volatile compounds. The conclusion is that the stage of maturity and the stage of humidity influence the chemical composition of the AE, its physical and chemical properties and its stability to oxidation.

Keywords: scent lime, *citrus limetta*, essential oil, volatile compounds, terpenes.

CONTENIDO

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTO III
RESUMEN IV
ABSTRACT V
CONTENIDO VI
ÍNDICE DE TABLAS VIII
ÍNDICE DE FIGURAS X
ABREVIATURAS XI
I. INTRODUCCIÓN 12
1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 12
1.1.1. Formulación del problema 13
1.2. ANTECEDENTES 13
1.3. OBJETIVOS 15
1.3.1. Objetivo General 15
1.3.2. Objetivos Específicos 15
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 15
1.5. HIPÓTESIS 16
1.5.1. Hipótesis General 16
1.5.2. Hipótesis Específicos 16
1.5.3. Variables 17
II. MARCO TEÓRICO 18
2.1. BASES TEÓRICAS 18
2.1.1. Lima de olor (Citrus limetta) 18
2.1.1.1. Origen 18
2.1.1.2. Clasificación Botánica 18
2.1.1.3. Estructura Anatómica 18
2.1.2. Características físicas de los cítricos 19
2.1.3. Propiedades químicas de frutas cítricas 19
2.1.3.1. Acidez 19
2.1.3.2. Concentración de sólidos solubles 19
2.1.3.3. Índice de madurez 20
2.1.4. Aspectos fisiológicos de los cítricos 20
2.1.5. Aceites esenciales 21
2.1.6. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) 26

2.1.7. Estabilidad Oxidativa 27
III. MATERIALES Y MÉTODOS 28
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN 28
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 28
3.3.1. Población 28
3.3.2. Muestra 28
3.3. MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS 28
3.4. PROCEDIMIENTOS 30
3.4.1. Para la cáscara 30
3.4.2. Para la fruta 30
3.4.3. Para el aceite esencial 31
3.5. PROCESO EXPERIMENTAL DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL 34
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL 36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES 38
4.1. ÍNDICE DE MADUREZ (IM) DE LA LIMA DE OLOR 38
4.2. RENDIMIENTO 39
4.3. DENSIDAD 41
4.4. ÍNDICE DE REFRACCIÓN (IR) 42
4.5. ÍNDICE DE ACIDEZ 43
4.6. ÍNDICE DE PERÓXIDOS 44
4.7. COMPUESTOS VOLÁTILES (CVS) 46
4.8. ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL 53
V. CONCLUSIONES 56
VI. RECOMENDACIONES 57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58
VIII. ANEXOS 67
ANEXO 1: MEDICIÓN DEL % DE ACIDEZ E ÍNDICE DE MADUREZ NTP 011.023:2014 67
ANEXO 2: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS RESULTADOS 68
ANEXO 3: ANÁLISIS DE PCA DE COMPUESTOS VOLÁTILES 70
ANEXO 4: ANÁLISIS DE COMPUESTOS VOLÁTILES 72
ANEXO 5: PROCEDIMIENTOS DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS 74
ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN 78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operación de variables 17

Tabla 2. Estructura anatómica del fruto cítrico 19

Tabla 3. Estados de maduración de los cítricos 20

Tabla 4. Clasificación de aceites esenciales 22

Tabla 5. Algunos componentes volátiles de acuerdo al grupo funcional 23

Tabla 6. Composición de compuestos volátiles de cítricos 24

Tabla 7. Industrias usuarias de productos aromáticos y aceites esenciales 25

Tabla 8. Propiedades de control de calidad de los aceites esenciales 25

Tabla 9. Métodos de extracción de aceites esenciales 26

Tabla 10. Esquema codificado del diseño experimental 37

Tabla 11. pH, sólidos solubles, °Brix e índice de madurez 38

Tabla 12. Efecto de estados de madurez en rendimiento 39

Tabla 13. Efecto de estados de humedad en rendimiento 40

Tabla 14. Interacción de estados de madurez y humedad en rendimiento 40

Tabla 15. Efecto de estados de madurez en la densidad 41

Tabla 16. Efecto de estados de humedad en la densidad 41

Tabla 17. Interacción de Estados de Madurez y Humedad en Densidad 42

Tabla 18. Efecto de estados de madurez en índice de refracción 42

Tabla 19. Efecto de estados de humedad en índice de refracción 43

Tabla 20. Interacción de estados de madurez y humedad en índice de refracción 43

Tabla 21. Efecto de estados de madurez en el índice de acidez 43

Tabla 22. Efecto de estados de humedad en el índice de acidez 44

Tabla 23. Interacción de estados de madurez y humedad en índice de acidez . 44

Tabla 24. Efecto de estados de madurez en índice de peróxidos..... 45

Tabla 25. Efecto de estados de humedad en índice de peróxidos..... 45

Tabla 26. Interacción de estados de madurez y humedad en índice de peróxidos 45

Tabla 27. Compuestos Volátiles (%) de aceites esenciales de cáscara de lima de olor..... 49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de operaciones, para la extracción de aceite esencial (usando cáscara fresca y seca) 34

Figura 2. Biplot de ACP de los CVs mayoritarios del aceite esencial de cáscara de lima de olor 52

Figura 3. Índice de acidez en función del tiempo de almacenamiento 53

Figura 4. Índice de peróxidos en función del tiempo de almacenamiento 54

Figura 5. Tabla de colores 67

ABREVIATURAS

ANOVA	: análisis de varianza
CG/EM	: cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas
g	: gramos
gl	: grados de libertad
IR	: índice de refracción
kg	: kilogramos
KOH	: hidróxido de potasio
mL	: mililitros
*µ*L	: microlitro
VF	: verde fresco
VS	: verde seco
VAF	: verde amarillo fresco
VAS	: verde amarillo seco
AF	: amarillo fresco
AS	: amarillo seco
EM	: estado de madurez
IM	: índice de madurez
CVs	: compuestos volátiles
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
NMX	: Norma Mexicana
NTP	: Norma Técnica Peruana
GRA	: Gerencia Regional de Agraria
CITE	: Centro de Innovación Tecnologia Agroindustrial

I. INTRODUCCIÓN

La lima de olor (*Citrus limetta*), es un cultivo cítrico importante en el Distrito de Omate, en términos de cultivo, producción y consumo (Luna, 2008). Su popularidad y aprecio a esta especie es debido a sus cualidades nutricionales, sabor distintivo y beneficioso para la salud (CITE Agroindustrial Ica, 2017).

Durante el consumo de esta fruta se generan residuos orgánicos (cáscaras), que comúnmente se desechan y no son aprovechados íntegramente. Las cáscaras de los cítricos contienen glándulas sebáceas (aceite esencial), que generalmente aumentan con la madurez del fruto (Colecio et al., 2012).

El aceite esencial se obtiene mediante diferentes métodos: prensado en frío, arrastre de vapor, extracción por solventes, etc. Este sub producto es abundante en monoterpenos, sesquiterpenos, compuestos oxigenados y también pequeñas cantidades de aldehídos, ésteres, éteres y óxidos (Stashenko et al., 2007).

La información acerca de las propiedades físicas y químicas del aceite esencial de cáscara de la lima de olor aun es limitado, debido a esto existía la necesidad de identificar la composición fisicoquímica del aceite esencial de cáscara de lima de olor y en base a esto valorar su importancia para aplicaciones en el área de la industria alimentaria, farmacéutica y otras.

El presente trabajo ha cumplido con evaluar el rendimiento de extracción de aceite esencial por el método de arrastre de vapor, identificar las características físicas, químicas, componentes volátiles y estabilidad oxidativa; en tres diferentes estados de madurez y dos estados de humedad.

1.1. Descripción y formulación del problema

La lima de olor carece de estudio sobre sus usos y aplicaciones a pesar que es uno de los frutos que se producen en mayor proporción en la provincia General Sánchez Cerro, con una producción de 807.4 toneladas anuales. La producción de lima de olor, solo se da en los distritos de Omate, Matalaque, Quinistaquillas, Puquina, Coalaque y La Capilla; que corresponden a la provincia General Sánchez Cerro, Región Moquegua. El 55% de la superficie plantada de este fruto se encuentra en el valle de Omate y el 45% se distribuye en los valles de los otros distritos antes mencionados (GRA, 2008).

El consumo de lima de olor inevitablemente trae como consecuencia el desecho de la cáscara, que causa contaminación medio ambiental (Díaz et al., 2005) y aun no se le da el valor agregado, no obstante su contenido de aceite esencial y componentes volátiles son abundantes.

Considerando los estudios realizados en obtención de aceite esencial a partir de cáscara de cítricos, se ha demostrado que diferentes estados de madurez y humedad, tienen marcada influencia sobre los componentes volátiles y el rendimiento de extracción (Colecio et al., 2012; Díaz et al., 2005)

Según lo mencionado, para lograr un mayor aprovechamiento de la lima de olor, ha sido necesario identificar el efecto del estado de madurez y humedad sobre el rendimiento, propiedades físicas y químicas del aceite esencial extraído de su cáscara.

1.1.1. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del estado de madurez de lima de olor (*Citrus limetta*) y estado de humedad de la cáscara sobre el rendimiento, propiedades físicas y químicas del aceite esencial obtenido a partir de su cáscara?

1.2. Antecedentes

Colecio y otros (2012) realizaron la caracterización de compuestos volátiles en aceite esencial de la cáscara de lima dulce (*Citrus limetta* Risso). El aceite esencial se obtuvo de cuatro etapas de maduración diferentes (Etapa I: Intenso color verde, Etapa II: Verde, Etapa III: Verde-Amarillo, Etapa IV: amarillo intenso). Se utilizó dos métodos de extracción (destilación por arrastre de vapor y con hexano). La mayor cantidad de compuestos volátiles se encuentra en la etapa de madurez I en la que se mostró la presencia de α-terpineol, un monoterpeno que retarda la peroxidación de ácido linoleico. El mejor método de extracción fue la destilación al vapor porque ofrece una esencia de mayor pureza.

Díaz, Arrázola, Ortega, y Gaviria (2005) desarrollaron la caracterización del aceite esencial en la corteza del limón *Swinglea* (*Swinglea glutinosa*) por CG/EM. Para la extracción y análisis del aceite esencial se escogieron tres estados de madurez (E1: Verde, E2: Verde-Amarillo y E3: amarillo intenso). El mayor rendimiento se dio en el estado de madurez E1. Los constituyentes volátiles se analizaron mediante Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de

Masas (CG-EM). Los componentes mayoritarios del aceite esencial de corteza se encuentran en el estado de madurez E3. Se identificaron 14 componentes dentro de los cuales se destacaron el β-cubebeno (28.74%), β-pineno (28.83%), elixeno (10.13%), α-pineno (6.67%) y D-limoneno (5.38%).

Bourgou, Zohra, Ourghemmi, y Saïdani (2012) investigaron el efecto del estado de maduración en la composición química del aceite esencial extraído de la cáscara de cuatro cítricos: naranja amarga (*Citrus aurantium*), limón (*Citrus limon*), maltaise naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulate*) y en su actividad antibacteriana. Los rendimientos de los aceites esenciales variaron durante la maduración de 0.46 a 2.70%. Los resultados mostraron que la etapa de maduración influyó significativamente en la actividad antibacteriana de los aceites contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Durán y Villa (2014) desarrollaron la extracción asistida por microondas de aceite esencial y pectinas de cáscaras de naranja a diferentes estados de madurez. Se estudió el efecto del solvente (agua), potencia, tiempo de exposición a la radiación del microondas y estado de madurez de la fruta, en el rendimiento de extracción y características químicas. El rendimiento de extracción fue ligeramente superior, bajo las mejores condiciones de extracción (600 W, 10 min). El rendimiento decreció con el estado de madurez de la naranja (0.14 a 0.08%). El contenido de limoneno no tuvo diferencias significativas entre los estados de madurez de la fruta. El β-mirceno, sabineno, felandreno y careno disminuyó con el grado de madurez, lo contrario sucedió con el α-pineno.

Lossi (2012) estudió el aceite esencial de cáscara del naranjo dulce (*Citrus sinensis L*.) variedad blanca, tipo valencia. La extracción se realizó por el método de destilación por arrastre de vapor a nivel laboratorio y como variables se estudiaron el tipo de corte de la cáscara (con cuchillo, con rayador de frutas, a mano y con máquina cortadora de frutos cítricos) y el estado de humedad de la cáscara fresca (humedad mayor al 60% y humedad menor al 12%). Se determinó un rendimiento de 1.82% a partir de cáscara fresca rallada y 0.39% a partir de cáscara deshidratada cortada con máquina. Se determinaron los compuestos químicos por cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), donde el limoneno, con 92%, fue el compuesto mayoritario.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del estado de madurez de lima de olor (*Citrus limetta*) y estado de humedad sobre el rendimiento y las propiedades físicas y químicas del aceite esencial obtenido a partir de su cáscara.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el índice de madurez de la lima de olor (*Citrus limetta*), en tres diferentes estados de madurez.
- Evaluar el rendimiento del aceite esencial de la cáscara de lima de olor de acuerdo a su estado de madurez y de humedad.
- Determinar las propiedades físicas y químicas (densidad, índice de refracción, índice de peróxidos e índice de acidez), del aceite esencial de la cáscara de lima de olor de acuerdo a su estado de madurez y de humedad.
- Identificar los compuestos volátiles del aceite esencial de la cáscara de lima de olor de acuerdo su estado de madurez y de humedad.
- Evaluar la oxidación del aceite esencial de la cáscara de lima de olor de acuerdo su estado de madurez y de humedad).

1.4. Justificación e importancia

En el área andina de la región de Moquegua se cultivan diversas frutas y hortalizas, entre las que se encuentra la lima de olor, usualmente esta fruta se consume en forma natural y sin mayor procesamiento (Luna, 2008; MINCETUR, 2014).

Teniendo en cuenta que la cáscara de la lima de olor se desecha, es posible viabilizar este residuo de manera comercial, mediante la extracción del aceite esencial, que en general, tiene una amplia gama de aplicaciones en medicina, perfumería, cosmética y se han agregado a alimentos como parte de especias o hierbas por sus propiedades antibacterianas, antiparasitarias, insecticidas, antivirales, antifúngicas, antioxidantes, entre otros. (Alfonso y Villada, 2018; Baydar et al., 2004; Díaz et al., 2005; Lahlou, 2004). Estas propiedades se deben a la abundancia de terpenos, aldehídos, alcoholes, ésteres, fenoles, éteres y cetonas (Stashenko et al., 2007).

Es necesario evidenciar las propiedades físicas y químicas del aceite esencial contenido en la cáscara de lima de olor como complemento a la información existente de aceites esenciales de cáscaras de otras variedades de lima. Esto servirá como referencia adicional para otorgar valor agregado en la producción de lima de olor y que contribuirá al desarrollo económico de los productores de lima de olor.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El rendimiento y las propiedades físicas y químicas del aceite esencial obtenido de la cáscara de la lima de olor (*Citrus limetta*), puede ser influenciados por el estado de madurez de la fruta y el estado de humedad de la cáscara.

1.5.2. Hipótesis Específicos

- El índice de madurez varia con el estado de madurez de la lima de olor.
- Los estados de madurez de la lima de olor y de humedad de su cáscara tienen efecto en el rendimiento del aceite esencial obtenido a partir de su cáscara.
- Los estados de madurez de la lima de olor y de humedad de su cáscara tienen efecto en las propiedades físicas y químicas (densidad, índice de refracción, índice de acidez e índice de peróxidos) del aceite esencial obtenido a partir de su cáscara.
- Los estados de madurez de la lima de olor y de humedad de su cáscara tienen efecto en el contenido de compuestos volátiles (CVs) del aceite esencial obtenido a partir de su cáscara.
- Los estados de madurez de la lima de olor y de humedad de su cáscara tienen efecto en la oxidación del aceite esencial obtenido a partir de su cáscara.

1.5.3. Variables

Tabla 1. Operación de variables

Variables independientes		Variables dependientes	
Factor de estudio	**Indicador Categórico**	**Análisis Físicos - químicos**	**Unidades**
A. Estado de madurez de la cáscara		Rendimiento	mL
A_1: Verde	Visual	Densidad	g/mL
A_2: Verde-amarrillo		Índice de refracción	
A_3: Amarillo			
B. Estado de Humedad de la cáscara		Índice de peróxidos	meq O_2/kg
B_1: Fresco	Mayor a 65%	Índice de acidez	mg KOH/g
B_2: Seco	Menor a 12%	Compuestos Volátiles	

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Lima de olor (*Citrus limetta*)

2.1.1.1. Origen

La lima de olor o lima aromática, es un cítrico que se cultiva en el valle de Omate, Provincia de Sánchez Cerro; fue introducida por los españoles desde Europa y sus viajes desde la misma Asia, hace más de 500 años (MINCETUR, 2014). Pertenece a la familia de las *Rutáceas* y a la especie *Citrus limetta* (Khan et al., 2016).

Este cultivo fue transmitido por prácticas culturales desde que el producto fue introducido en nuestro país con la llegada de los primeros españoles en tiempos de la Colonia y a medida que ha ido transcurriendo el tiempo se han ido logrando mejorar las técnicas y métodos para determinar la calidad de sus particularidades (CITE Agroindustrial Ica, 2017; MINCETUR, 2014).

2.1.1.2. Clasificación Botánica

Según GRA (2008); Khan et al. (2016); Luna (2008); MINCETUR (2014), la clasificación botánica es:

Nombre común: Lima de olor

Reino: Vegetal

Orden: Rutales

Familia: Rutáceas

Sub-familia: Aurantioideas

Género: *Citrus, Poncirus, Fortunella*

Especie: *Citrus limetta*

2.1.1.3. Estructura Anatómica

Según Luna (2008) y Quiroz (2009) las especies cítricas, como la lima de olor, tienen aspecto y estructura anatómica muy similar, las cuales son:

Tabla 2. Estructura anatómica del fruto cítrico

Estructura del fruto cítrico	Descripción
Epicarpio	Flavedo o cáscara, es decir, una capa rica en cloroplastos y que contiene numerosos sacos de aceite esencial
Mesocarpio	La siguiente capa es de color blanco y esponjoso, que se conoce generalmente como albedo. En la maduración del fruto, las células del albedo se vuelven más alargadas y divididas
Endocarpio	Debajo de las capas que constituyen el flavedo y el albedo, se encuentra la porción comestible, consistente en segmentos (carpelos, gajos)

Fuente: Luna (2008) y Quiroz (2009)

2.1.2. Características físicas de los cítricos

"Las Características físicas promedio para la fruta de la lima de olor es: 5 cm de diámetro, 60 g de peso y de forma redondeada, globosa u oval" (GRA, 2008).

2.1.3. Propiedades químicas de frutas cítricas

2.1.3.1. Acidez

Referido a la acidez titulable, es el contenido de ácidos orgánicos presentes en el zumo, expresados como porcentaje de ácido cítrico (INDECOPI, 2014; Orduz-Rodríguez et al., 2009).

2.1.3.2. Concentración de sólidos solubles

La concentración de sólidos solubles del zumo se expresa en grados °Brix, un grado °Brix es la densidad que tiene a 20 °C una solución de sacarosa al 1% y esta densidad corresponde a un determinado índice de refracción (I.R.) (Colecio-Juárez et al., 2012).

Colecio-Juárez (2012) señala que la cantidad de zumo y concentracion de sólidos solubles de los citricos aumenta paralelamente con la etapa de maduración, probablemente debido al procesamiento de biosíntesis o sometidos

a hidrólisis de polisacáridos que se producen cuando desarrollan su tamaño y peso.

2.1.3.3. Índice de madurez

El índice de madurez es la relación o cociente entre el contenido de solidos solubles y la acidez del zumo, NTP 011.023:2014 (INDECOPI, 2014).

2.1.4. Aspectos fisiológicos de los cítricos

La Comisión Nacional Fruticultura (CONAFRUT, 1996), indica que todas las variedades de cítricos son especies de muy larga vida, por lo general tienen en el año dos ciclos de crecimiento. El primer ciclo es el de primavera es una combinación de crecimiento vegetativo con la diferenciación floral. El segundo ciclo es el de verano, es básicamente crecimiento vegetativo. Sin embargo bajo ciertas condiciones los citricos presentan varios ciclos tanto vegetativos, como de diferenciación floral. Existen notables diferencias entre especies y variedades en el contenido de acidez, azúcares, vitaminas y otros componentes.

Tabla 3. Estados de maduración de los cítricos

Estados de maduración	Descripción
Estado I	El fruto presenta un crecimiento exponencial, incremento el espesor del epicarpio produce la formación de vesículas de aceites esenciales y se zumo
Estado II	Esta etapa dura varios meses, según la especie o variedad; presenta un crecimiento lineal en el tiempo. Durante esta etapa el fruto absorbe una gran cantidad de agua y alcanza su tamaño definitivo
Estado III	En esta etapa en la cual se observa en el fruto una reducida tasa de crecimiento. El contenido de solidos solubles, sobre todo de azucares y sus componentes nitrogenados aumenta, en cambio la acidez disminuye progresivamente

Fuente: (CONAFRUT, 1996)

El tiempo para que el fruto alcance su madurez varía con la especie y la variedad, así como de la localidad; algunos maduran en 8 a 10 meses, mientras otros pueden requerir de 12 a 15 meses para alcanzar el punto máximo de calidad (CONAFRUT, 1996).

El crecimiento de fruta sigue una curva sigmoidal, caracterizada por tres estados o índice bien diferenciados.

“el mayor rendimiento y compuestos de volátiles la extracción aceite esencial se obtiene de frutas en estado III” (Díaz et al., 2005), lo cual demuestra que la madurez tiene una marcada influencia.

2.1.5. Aceites esenciales

Los aceites esenciales, son líquidos aromáticos obtenidos de diferentes partes de la planta y utilizados ampliamente en la industria alimentaria (como condimentos y saborizantes) y en las industrias farmacéutica (como perfumes y esencias) y cosmética(Alfonso y Villada, 2018; SENA, 2004; Stashenko et al., 2007).

Los aceites esenciales juegan un papel fundamental en el crecimiento y colonización de plantas, dando color y olor a los órganos reproductivos, atrayendo polinizadores, favoreciendo dispersión de semillas y la defensa de la planta contra abióticos (luz, temperatura, etc.) y bióticos (herbívoros, insectos dañinos y microbios patógenos) estresantes (Sharifi-Rad et al., 2017).

Los aceites esenciales están contenidos en glándulas o vesículas secretoras inmersas en los tejidos de las hojas, flores, corteza y semillas de los frutos de muchas especies (Gurrea-Martínez, 2014). A partir de las mismas se obtienen utilizando el método de prensado en frio, destilación en corriente de vapor, etc. (Stashenko et al., 2007). Son mezclas complejas de hasta 100 componentes, entre ellos: compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, y ésteres), monoterpenos, sesquiterpenos, y fenilpropanos que determinan el aroma característico de la planta (Colecio-Juárez et al., 2012; Rowshan y Najafian, 2015; Voo et al., 2012).

Por otra parte, en la industria alimentaria tanto el limoneno como los demás compuestos activos de los aceites esenciales del limón y la lima han demostrado tener una amplia gama de aplicaciones, como aditivo en la conservación de

alimentos susceptibles a daños por microorganismos patógenos, tales como los productos cárnicos y marinos, donde la carga microbiana de bacterias Gram positivas y Gram negativas es alta (Del Ángel et al., 2019).

2.1.5.1. Clasificación de aceites esenciales

Los aceites esenciales se pueden clasificar según diferentes criterios como viscosidad, origen, y naturaleza química de los compuestos mayoritarios (Revilla-Fuentes y Rivera-Guillén, 2014; SENA, 2004; Stashenko et al., 2007).

Tabla 4. Clasificación de aceites esenciales

Criterios de clasificación de aceites esenciales	
Viscosidad	Fluidas
	Bálsamos
	Oleorresinas
Origen	Naturales
	Artificiales
	Sintéticos
Naturaleza (compuestos mayoritarios)	Monoterpenos
	Sesquiterpenos
	Compuesto oxigenados

Fuente: Revilla-Fuentes y Rivera-Guillén (2014); SENA (2004) y Stashenko et al. (2007).

2.1.5.2. Características físicas de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son volátiles y líquidos a temperatura ambiente, son incoloros o ligeramente amarillos posterior a su destilación. Presentan una densidad inferior a la del agua. Son solubles en alcoholes y en solventes orgánicos como cloroformo, éter, etc. Varios factores influyen en la composición de un aceite, entre ellos están el origen de la planta, la especie, condiciones climáticas y de crecimiento. También influyen la destilación, y la forma de conservar el aceite, puesto que al ser sustancias volátiles deben almacenarse adecuadamente para proteger su integridad. (Stashenko et al., 2007).

2.1.5.3. Componentes químicos de los aceites esenciales

Toda la planta contiene aceite esencial y principios amargos (flavonoides), las hojas maduras (alcaloides, taninos y monoterpenos), las flores (glucósidos y cumarinas) y la cáscara del fruto (α-pineno, β-pineno, mirceno, limoneno, p-

cimeno, γ-terpineno, linanol, acetato de linalilo, α-terpineol, citronelol, acetato de geranilo, N-metil antranilato de metilo, entre otros). (Stashenko et al., 2007).

En la tabla 5 se observa componentes de los aceites esenciales que son muy conocidos por tener una composición química muy amplia, sin embargo, para mejor compresión se clasifican en grupos funcionales.

Tabla 5. Algunos componentes volátiles de acuerdo al grupo funcional

Grupo químico o Funcional	Componentes
Fenoles	Carvacrol, Eugenol, Timol
Aldehídos	Citral, Citronela, Benzaldehído, Cinamaldehído
Alcoholes	Cedrol, Borneol, Mentol, Geraniol, Linalol, Feniletanol
Alcoholes Sesquiterpenos	Farnecol, Cenol
Cetonas	Alcanfor, Carvona, α-tujona
Hidrocarburos	Careno, β-cariofileno, α-pineno, Limoneno

Fuente: Gurrea-Martínez (2014) y Stashenko et al. (2007).

En la tabla 6 se muestra algunos compuestos volátiles de los aceites esenciales contenidos en la cáscara de algunos cítricos.

2.1.5.4. Aplicaciones de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son ampliamente utilizados en la industria cosmética, alimenticia, bebidas, textil, etc. En la industria farmacéutica son usados como aisladores con su esencia en los medicamentos. Es por eso que el tipo de aceite esencial y su calidad determinan su presencia en el producto final (Biocomercio, 2003). La Tabla 7 proporciona una visión general del uso.

2.1.5.5. Características de los aceites esenciales

Dentro de la cadena productiva del aceite esencial se realizan controles como la caracterización organoléptica (para saber si el aceite esencial presenta adulteración) y análisis químico (para saber la proporción en la cual se encuentran sus componentes principales) (Stashenko et al., 2007). En la tabla 8 se observa algunas propiedades de control de calidad del aceite esencial.

Tabla 6. Composición de compuestos volátiles de cítricos

Componentes	**Lime comercial (MCI)**	***Citrus aurantifolia* (Chrism.) Swingle**	***Citrus ácida***	***Citrus aurantifolia* (Chrism.) Swingle**	***Citrus limetta* Risso**
D-Limoneno	49.9	75.5		63.44	71.70
β-Pineno	4.2	32.1		13.09	8.96
Berganol			2.37		12.30
(Z) Hidrato de sabineo					0.01
Garanial		4.1		2.05	0.18
Cis-geraniol				0.07	0.18
α-Pineno	1.4	6.8		1.94	0.89
Citronellal				0.05	0.13
Nonano					0.10
Linalol		1.3		0.36	3.61
α- terpineno - 4 - ol		6.8			0.09
β - Santalene		0.2			0.01
α - Bisabolol		0.2			0.03
β-Bisabolol		0.4			0.60
β - Bisaboleno			5.07	0.81	0.60
Trans – α - bergamoteno		4.7		0.54	0.37
α - Terpineol	6.2	13.3		0.37	0.33
Trans - nerolidol		14.3			0.01
β - Mirceno	1.3			1.46	1.31
Neral		1.8		1.55	0.20

Nota: a: Lime comercial (MCI), (Steuer et al., 2001), b: *Citrus aurantifolia* (Chrism.) Swingle, (Ramesh Yadav et al., 2004), c: *Citrus ácida*, (Mahmud et al., 2009), d: *Citrus aurantifolia* (Chrism.) Swingle, (Bousbia et al., 2009), e: *Citrus limetta* Risso, (Colecio-Juárez et al., 2012).

Tabla 7. Industrias usuarias de productos aromáticos y aceites esenciales

Industrias	Aplicaciones
Alimenticia	Salsas, condimentos, bebidas refrescantes, alimentos procesados y enlatados
Licorera	Aperitivos y saborizantes
Cosmética	Perfumes, dentífricos, cremas, lociones
Farmacéutica	Veterinaria, antisépticos, analgésicos, aromaterapia y homeopatía
Uso domestico	Desodorantes, desinfectantes del ambiente y jabones
Agroquímica	Bioinsecticidas y aleloquímicos
Química Fina	Precursores químicos, por ejemplo, citral, safrol, trementina

Fuente: (Stashenko et al., 2007).

Tabla 8. Propiedades de control de calidad de los aceites esenciales

Propiedades de calidad	
Características organolépticas	Olor, Color
Determinaciones físicas	Densidad, Miscibilidad en etanol, Índice de refracción, Poder rotatorio
Índices químicos	Índice de acidez, Índice de fenoles, Índice de éster, determinación de aldehídos y cetonas
Características Cromatografías	Análisis por cromatografía de gases (GC-MS, GC), cuantificación de los componentes principales
Características espectroscópicas	Ultravioleta, Infrarrojo, RMN

Fuente: (Stashenko et al., 2007).

2.1.5.6. Métodos de extracción de Aceites

Existen varios métodos y tecnologías. El método de extracción depende de la cantidad, parte de la planta, características del aceite resultante (Revilla Fuentes & Rivera Guillén, 2014; Stashenko et al., 2007)

Tabla 9. Métodos de extracción de aceites esenciales

Método	Procedimiento
Directos	Extrusion (comprension o raspado de cáscaras)
	Exhudacion (Lesiones mecanicos en la corteza)
Destilacion	Directa
	Arrastre con vapor de agua (directo, indirecto, a presión, al vacio)
	Destilacion-maceración (liberación enzimatica de agliconas en agua caliente)
Extraccion con solventes	Solventes volatiles
	Solventes fijos (grasas y aceites)
Técnicas de vanguardia	Utilización de Ultrasonidos en el proceso extractivo de Hidrodestilación
	Extracción por microondas
	Extraccion con fluidos supercriticos

Fuente: Stashenko et al., (2007) y SENA (2004)

2.1.6. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS)

En la actualidad se hace uso de varias herramientas para análisis de compuestos volátiles una de ellas es el uso de técnicas cromatográficas haciendo uso de equipos con elevada resolución, que permite clasificar aún más detalladamente y diferenciar componentes (Colecio-Juárez et al., 2012).

La cromatografía de gases es una técnica separativa que tiene la cualidad de conseguir la separación de mezclas muy complejas, detectar, cuantificar todos los componentes individuales de una muestra problema e identificar cada uno de ellos con el tiempo de retención de los correspondientes picos cromatográficos (Gutiérrez y Droguet, 2002; Revilla-Fuentes y Rivera-Guillén, 2014).

La espectrometría de masa puede identificar de manera casi inequívoca cualquier sustancia pura, pero normalmente no es capaz de identificar los componentes individuales en una mezcla sin separar previamente sus componentes, debido a la extrema complejidad del espectro obtenido por superposición de los espectros particulares de cada componte (Gutiérrez y Droguet, 2002; Revilla-Fuentes y Rivera-Guillén, 2014).

Por lo tanto, la asociación de las dos técnicas GC (Gas Chromatography) y MS (Mass Spectrometry) da lugar a una técnica combinada GC – MS que permite la separación e identificación de mezclas complejas. El proceso de esta técnica combinada empieza cuando una mezcla de compuestos inyectada en el cromatógrafo de gases se separa en la columna cromatografía obteniendo la ebullición sucesiva de los componentes individuales aislados que pasan inmediatamente al espectrómetro de masas, cada uno de estos componentes se registra en forma de pico cromatográfico y se identifica mediante su respectivo espectro de masas (Gutiérrez y Droguet, 2002).

2.1.7. Estabilidad Oxidativa

Se define la estabilidad oxidativa como la resistencia de una matriz lipídica a la oxidación por efecto de la temperatura, luz, oxigeno, presencia de metales u otros, que generan el deterioro de un aceite o grasa en un periodo de tiempo. (Frankel, 1980).

El estado oxidativo del producto, indica su situación oxidativa actual y que depende de las condiciones de manejo, almacenamiento y procesamiento de las materias primas y productos finales, más no proporciona ninguna información acerca de su posible estabilidad. Cuando se trata de estabilidad, en realidad estamos queriendo estimar su comportamiento futuro, donde no solamente la historia del producto está implicada, sino también su composición química, factores de vital importancia en la estabilidad de un aceite o grasa. (Barrera-Arellano et al., 1997)

El índice de estabilidad de los aceites u oxidación inducida, permite determinar la estabilidad oxidativa automáticamente bajo condiciones de temperatura y tiempo estandarizado. (Frankel, 1980)

2.1.7.1. Métodos para determinar la oxidación de aceites esenciales

Índice de Peróxido (meq O_2/kg): Es el método químico para evaluar el deterioro oxidativo de los aceites esenciales (Ardiles y Mozo, 2017)

Índice de acidez (% ácidos libres): Permite evaluar el deterioro oxidativo del aceite esencial, midiendo el cambio del contenido de ácidos libres contenidos en 1 g de aceite esencial (Ardiles y Mozo, 2017). El procedimiento analítico es de acuerdo a la NTP 319.085 2014, revisada el 2016.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y nivel de investigación

Por su tipo y nivel de profundidad: Es un problema de tipo básico–explicativo, porque se busca establecer si existe algún cambio en las propiedades físicas y químicas entre la variable estado de madurez y estado de humedad.

Por su diseño: Es una investigación experimental, porque las variables que se estudia están sometidas a manipulación.

Por su carácter: Cuantitativa, porque los datos son susceptibles de ser cuantificados.

3.2. Población y muestra

3.3.1. Población

Se emplearon cáscaras de 65 kg de lima de olor, proveniente de la fruta recolectada en los anexos de Quinistacas del distrito de Omate, de la región de Moquegua.

3.3.2. Muestra

Se emplearon cáscaras de 65 kg de lima de olor, proveniente de la fruta recolectada en los anexos de Quinistacas del distrito de Omate, de la región Moquegua.

Las muestras se clasificaron por la coloración externa de las cáscaras: verde fresco (VF), verde seco (VS), verde amarillo fresco (VAF), verde amarillo seco (VAS), amarillo fresco (AF) y amarillo seco (AS), de cada una de las cuales se obtuvo aceite esencial.

3.3. Materiales, equipos e instrumentos

Equipos

- Dos Kits de Destilación por arrastre de vapor para aceites esenciales, de capacidad 1 kg, de vidrio de borosilicato 3.3, clase A-Labbox (Alemania).
- Picnómetro 10 mL, clase A-Isolab (Alemania).
- Balanza Analítica (Sartorius-Entris 224-1s. Cap máx 220 g, lectura Min 0.0001 g, Alemania).
- Balanza (Electronic Scale, cap máx 1200 g; sensibilidad 0.01 g, China).

- Refractómetro ABBE (AR12 Schmidt &Haensch, China).
- Balanza (Electronic-Adesa. Cap máx 200 kg, Perú).
- Balanza de Humedad MX-50 (cap. máx. 51 g, marca AND, USA).
- Refrigerador LG268.
- Cromátografo (Agilent 6890N, USA).
- Detector de masas (Agilent 5975B, USA)

Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 50 mL, de vidrio Pirex.
- Fiolas 100 y 250 mL, de vidrio Pirex.
- Vasos de precipitación 100, 250 y 1000 L, de vidrio Pirex.
- Pipeta de 10 mL y 25 mL, de vidrio Pirex.
- Frascos Ámbar de 50 mL, de vidrio.
- Tubos de ensayo de 10 mL, de vidrio Pirex.
- Varillas de vidrio, de vidrio Pirex.
- Buretas de 25, 50 mL de vidrio Pirex.
- Manta calefactora, Isolab.
- Cocinilla a eléctrica
- Dos metros de manguera látex 1/16 in x 3/16 in, Dunlap.
- Pisetas para agua destilada de 500 mL, Isolab.
- Micropipetas de 0.5-10 μL, Advance.
- Gradillas de polipropileno (48 microtubos o crioviales de 1.5/2.0 mL) y aluminio (de 24 tubos de 10 mL)
- Espátula de acero inoxidable.
- Papel filtro de celulosa (filtración rápida), poro de 20-25 µm

Reactivos

- Agua destilada.
- Alcohol etílico al 96% (V/V), para análisis, J. T. Baker.
- Sulfato de magnesio anhidro, para análisis, J. T. Baker.
- Solución tiosulfato de sodio 0.01 N, para análisis, J. T. Baker.
- Solución de ácido acético glacial, para análisis, J. T. Baker.
- Cloroformo para análisis, para análisis, J. T. Baker.
- Ioduro de potasio 15%, para análisis, Merck.
- Solución indicadora de almidón al 1%, para análisis, J. T. Baker.

- Solución de hidróxido de sodio 0.01 N, para análisis, J. T. Baker.
- Solución de hidróxido de potasio 0.01 N, para análisis, J. T. Baker.
- Solución indicadora de fenolftaleína al 1%, para análisis, J. T. Baker.

3.4. Procedimientos

3.4.1. Para la cáscara

3.4.1.1. Categorización de color

Para definir y seleccionar las cáscaras por su color, se ha realizado comparando visualmente los colores de las cáscaras de los frutos del árbol con la tabla de colores (Anexo 1), recomendado por la NTP 011.023:2014 (INDECOPI, 2014).

3.4.2. Para la fruta

3.4.2.1. Índice de madurez:

Se determinó de acuerdo al método descrito en la NTP 011.023:2014, en el que se muestra que el índice de madurez (IM) es el cociente entre el % de sólidos solubles (expresado como ºBrix) y la acidez total titulable (ATT), también en % (expresada en gramos de ácido cítrico por cada 100 mL de jugo); el cual se observa en la ecuación 1:

$$IM = \frac{\text{°Brix}}{\text{\% Acidez}} \qquad \text{Ec. (1)}$$

3.4.2.2. Concentración de sólidos solubles:

La concentración de sólidos solubles (°Brix) se determinó por lectura directa con un refractómetro ABBE. Se colocó 2 o 3 gotas de muestra en el prisma inferior, se tapa con el prisma superior. Se ajusta la luz para obtener una lectura clara y se procede a registrar la lectura en la escala.

3.4.2.3. Acidez titulable:

La acidez titulable es expresada en porcentaje de acidez. Según la NTP 011.023:2014, el método consiste en colocar 5 mL de zumo de lima de olor en un Erlenmeyer, se añade 5 gotas de fenolftaleína y 70 mL de agua destilada. A esta mezcla se titula con NaOH 0.1 N; hasta obtener el cambio de color de la solución a un rojo grosella. Se registra el gasto del hidróxido de sodio, se calcula

expresando la acidez como porcentaje de ácido cítrico y se calcula con la ecuación 2:

$$\%\ Acidez = V \times (0.1) \times 1.28 \times Fc \qquad (2)$$

Donde:

V = Gasto de NaOH en la titulación, en mL.

1.28 = Constante (para el Ácido cítrico).

Fc = Factor de corrección para estandarización del NaOH

3.4.3. Para el aceite esencial

3.4.3.1. Rendimiento de aceite esencial

Se pesó la cáscara que se utilizó para cada extracción, se pesó el vial vacío y luego se pesó el vial más el aceite esencial obtenido de la extracción (Lossi Nisthal, 2012). El rendimiento se determinó con la ecuación 3:

$$\text{Rendimiento}\ (\%) = \frac{W_F\ (\text{g}) - W_0\ (\text{g})}{W_m(\text{g})} \times 100 \qquad \text{Ec. (3)}$$

Dónde:

W_F: Peso final del aceite esencial en el vial (g).

W_0: Peso del vial vacío (g).

W_m: Masa inicial de la cáscara utilizada para extracción (g).

3.4.3.2. Densidad

La densidad se determinó de acuerdo método NTP 319.075:1974. Utilizando una balanza analítica, se procedió a pesar y registrar el peso del picnómetro de 10 mL vacío (P). Luego fue pesado el picnómetro conteniendo agua destilada a 20 °C (P_1). Finalmente, se pesó el picnómetro lleno con aceite esencial a 20 °C (P_2); con los datos obtenidos se calcula la densidad, con la ecuación 4:

$$d = \frac{P_2 - P}{P_1 - P} \qquad (4)$$

Dónde:

d: Densidad

P: Masa en gramos del picnómetro vacío a 20 °C.

P_1: Masa en gramos del picnómetro más agua a 20 °C.

P_2: Masa en gramos del picnómetro lleno con la esencia a 20 °C

3.4.3.3. Índice de Refracción (IR)

El índice de refracción se determinó de acuerdo al método NTP 319.084:1984. Se realizó un ajuste y limpieza al refractómetro ABBE, luego se colocó 1 o 2 gotas de muestra de aceite esencial sobre el prisma de medición, y se cierra el prisma superior. Se ajustaron los prismas y también la luz para obtener una lectura clara. Se ubicó líneas divisorias en el centro del cruce del cuadrante que se observa a través de la mirilla del instrumento; luego se lee el IR en la escala que se ubica debajo del cuadrante.

3.4.3.4. Índice de Acidez

El índice de acidez se determinó de acuerdo método NTP 319.085 1974 (revisada el 2016). Se pesó 1 g de aceite en un matraz Erlenmeyer al cual se añadió 5 mL de alcohol etílico neutralizado y dos gotas de indicador de fenolftaleína. Posteriormente, se tituló con una solución de hidróxido de potasio (KOH) 0.01 N hasta que la mezcla se tornó de un ligero color rosa. Finalmente, el índice de acidez se ha calculado con la ecuación 5:

$$\text{Indice de acidez} = \frac{56.1 * \text{V}}{\text{P}} \qquad (5)$$

Dónde:

V: Volumen en mL de KOH gastados en titulación.

P: Peso de la muestra ensayada en gramos.

56.1= Peso equivalente del hidróxido de potasio.

3.4.3.5. Índice de Peróxidos

El índice de peróxidos se determinó utilizando la metodología recomendada por la A.O.A.C 965.33. 2012. Se pesó 5 g de aceite esencial en un matraz Erlenmeyer, al cual se agregó 30 mL de disolución de ácido acético/cloroformo y 0.5 mL de la disolución saturada de yoduro de potasio. Se tapó y se agitó durante un minuto. Se tituló hasta la casi desaparición del color amarillo. Después se añadieron 0.5 mL de disolución al 1% de almidón soluble y se tituló con tiosulfato 0.1 N hasta la desaparición del color azul. Posteriormente se realizó el cálculo con la siguiente formula:

$$I.P. = \frac{(S-B) \times N \times 1000}{g} \qquad (6)$$

Dónde:

I.P. : Índice de peróxido, expresado en miliequivalentes/kg.

S : Gasto en mililitros de tiosulfato de sodio 0.1N.

B : Gasto para el testigo en mililitros de tiosulfato de sodio 0.1N

N : Normalidad de la disolución de tiosulfato de sodio.

g : masa de la muestra, en gramos.

3.4.3.6. Análisis cromatográfico de gases

La identificación de los componentes químicos del aceite esencial de cáscara de lima de olor se determinó en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 6890N, acoplado a un detector de masas Agilent Technologies 5975B (se obtuvieron espectros de masas por ionización de electrones (EI) a 70 eV con un rango de espectros de 40 a 400 m/z), equipado con un puerto de inyección a 200 °C, relación del divisor split 50:1 y un inyector automático Agilent 7683B, volumen de inyección 0.1 µL de solución de aceite esencial. La separación de los componentes de los aceites esenciales se realizó en la columna Agilent HP-5MS 5% Fenil Metil Siloxano de 30 m de longitud x 0.25 mm de diámetro y la fase estacionaria de 0.5 µm espesor), el gas de arrastre utilizado fue helio (Helio 5.0 99.99%, Praxair), con flujo de 1 mL/min, la temperatura del horno (Dimensiones: 28 × 31 × 16 cm) fue programada inicialmente a 60 °C hasta una temperatura final de 240 °C a razón de 5 ºC/min, con un tiempo de análisis 36 min. La identificación de los compuestos se realizó con el software de control Chem Station B.02, el cual se basó en la comparación de los espectros de masas del aceite esencial con los espectros compilados en la librería de espectros de masas Wiley NIST v11. Este análisis se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

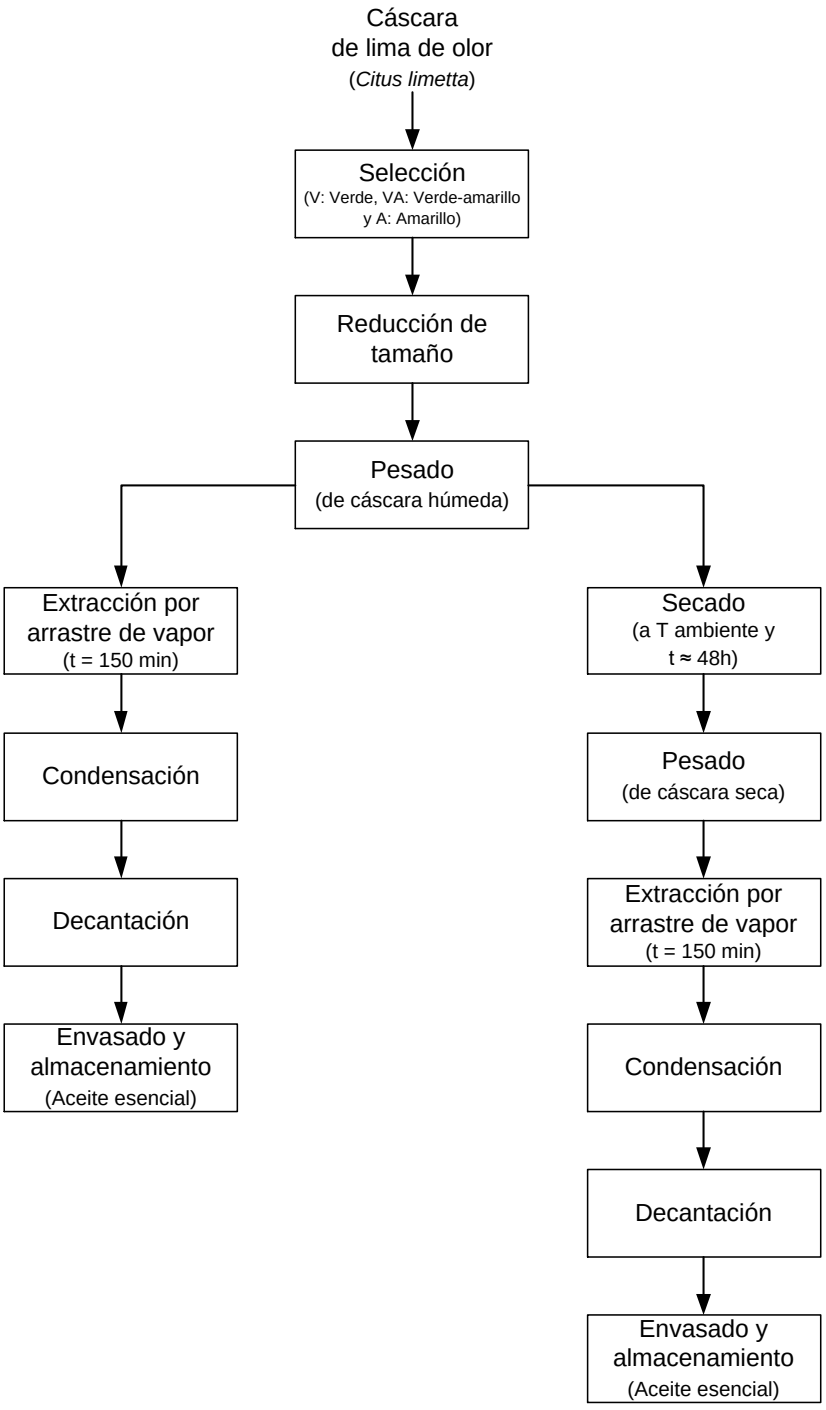
3.4.3.7. Evaluación de la estabilidad oxidativa

La estabilidad oxidativa, se evaluó midiendo el índice de acidez y el índice de peróxido del aceite esencial, el cual fue almacenado a la temperatura de 5 ºC, las mediciones se efectuaron durante 49 días tomando los datos cada 7 días, mediante el método AOAC 965.33 y NTP 319.085 1974 (revisada el 2016), los cuales han sido descritos anteriormente.

3.5. Proceso experimental de la extracción del aceite esencial

La extracción de aceite esencial fue a partir de cáscara fresca y seca de lima de olor, se ha realizado siguiendo el procedimiento que se muestra en la Figura 1

Figura 1. Flujograma de operaciones, para la extracción de aceite esencial (usando cáscara fresca y seca)



El detalle de los procedimientos en cada etapa del proceso de extracción se detalla continuación:

a) Selección de la Materia prima y acondicionamiento

La selección del material vegetal se realizó visualmente, el primer paso fue retirar las cáscaras que presenten pardeamiento, partículas extrañas, insectos y/o plantas de naturaleza ajenas y el segundo paso fue seleccionar las cáscaras según el color usando la tabla de colores (ver Anexo 1), donde se clasificó en tres colores (A_1: verde, A_2: verde-amarillo y A_3: amarillo).

b) Reducción de tamaño

La cáscara fue cortada en forma manual con un cuchillo de acero inoxidable en trocitos (aproximado de 0,5 a 2 cm x 2 cm), evitando tocar desmedidamente la materia prima, puesto que disminuye aceite esencial presente en la cáscara.

c) Pesado (de cáscara húmeda)

El pesado fue en forma directa y utilizando una balanza, en esta etapa las cáscaras se colocaron en bolsas de polietileno para su posterior pesado y evitando exponer a alguna acción que pueda generar su deterioro.

d) Secado

Esta etapa solo fue necesaria para extraer el aceite esencial a partir de cáscara seca, el secado se realizó a temperatura ambiente (23 a 26 ºC) por 48 horas bajo sombra y con una buena ventilación, para que la pérdida de agua sea natural, con la finalidad de reducir el estado de humedad hasta un 12% aproximadamente.

e) Pesado (de cáscara seca)

En este proceso se tomó la cáscara seca y se colocó en bolsas de polietileno para su posterior pesado en una balanza, la finalidad de esta operación es para determinar el rendimiento de aceite esencial.

f) Extracción del aceite esencial por arrastre de vapor

Para la extracción del aceite esencial, se utilizó el método denominado destilación por arrastre de vapor, para lo cual se utilizó un Kit de destilación de

vidrio borosilicato de capacidad de 1 kg. La cáscara de lima de olor se colocó en el balón de biomasa, enseguida se agregó agua al balón generador de vapor, este proceso ha durado aproximadamente 150 min.

g) Condensación y Decantación

Luego que el agua alcanzó su punto de ebullición, el vapor de agua pasa por la biomasa capturando el aceite esencial de las cáscaras, este vapor fue condensado en el refrigerante; para recepcionar este condensado se utiliza una pera de decantación, en donde por diferencia de densidad el aceite se movió en la parte superior y el agua hacia la parte inferior. Se dejó por una hora en reposo para facilitar la mayor separación posible y por decantación se separó el aceite esencial.

h) Envasado y almacenado

Al aceite esencial obtenido se agregó Na_2SO_4 anhidro activo para atrapar las posibles moléculas de agua contenidas en el aceite esencial y luego se filtró. Se envasó en frascos de vidrio ámbar de 20 mL y tubos de ensayo de 10 mL (forrados con papel aluminio), los cuales fueron llenados hasta el máximo posible y cerrados, luego fue almacenado a una temperatura de refrigeración de ≈ 5 ºC.

3.6. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño factorial de 3 x 2 con 3 repeticiones, siendo el primer factor el estado de madurez de lima de olor (V: verde, VA: verde-amarillo y A: amarillo) y el segundo factor el estado de humedad de la cáscara de lima de olor (F: fresco, S: seco).

El modelo del diseño experimental se basa en el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{\ ij} \qquad \text{Ec. (2)}$$

Dónde:

Y : Es el valor o rendimiento observado con el í-ésimo nivel del factor A, j-ésimo nivel del factor B.

μ : Efecto de la media general.

α_i : Efecto del i- ésimo estado de madurez la fruta.

β_j : Efecto del j- ésimo estado de humedad de la cáscara de lima.

$\alpha\ \beta_{ij}$: Efecto de la interacción del estado de madurez de la fruta – y estado de humedad de la cáscara de lima.

e_{ij} : Efecto del error experimental.

Tabla 10. Esquema codificado del diseño experimental

Estado de Madurez (color de cáscara)	Estado de Humedad	Rendimiento (%)	Propiedades físicas y químicas
V	F		
V	S		
VA	F		
VA	S		
A	F		
A	S		

Donde:

V, VA y A: color de cáscara Verde, Verde-Amarillo y Amarillo, respectivamente.

F y S: humedad de cáscara en Fresco y Seco, respectivamente.

Para realizar el análisis estadístico los resultados se procesaron utilizando el software estadístico InfoStat 2018e, el análisis de varianza (ANOVA) se verificó si hubo alguna diferencia estadística entre los factores de estudio. Las diferencias significativas se realizaron con la prueba de significación de Tukey. El nivel de confianza que se utilizó para todos los ensayos fue de $p \leq 0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Índice de madurez (IM) de la lima de olor

En la Tabla 11, se muestra el resumen de los resultados de pH, sólidos solubles, acidez e índice de madurez de la lima de olor, que se ha utilizado para extraer el aceite esencial.

Tabla 11. pH, sólidos solubles, °Brix e índice de madurez

Estado de Madurez	pH	Sólidos solubles (°Brix)	% Acidez	Índice de Madurez
Verde	$5.53^{A} \pm 0.15$	$7.47^{A} \pm 0.27$	$0.10^{A} \pm 0.01$	$72.54^{A} \pm 8.59$
Verde-amarillo	$5.67^{B} \pm 0.15$	$8.61^{B} \pm 0.51$	$0.12^{B} \pm 0.02$	$76.65^{A} \pm 12.08$
Amarillo	$5.82^{C} \pm 0.15$	$9.56^{C} \pm 0.42$	$0.10^{A} \pm 0.02$	$95.83^{B} \pm 17.39$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en las mismas columnas (A, B, C) indican diferencias significativas entre estados de madurez. El contenido en sólidos solubles (ºBrix), la acidez (en g de ácido cítrico/100 g de zumo) y el índice de madurez (IM) (en ºBrix/% de Ac. cítrico).

En la segunda columna de la Tabla 11 se muestra la variación del pH, por efecto del estado de madurez de la lima de olor. El pH del fruto verde presenta un pH = 5.53 y se incrementa hasta un pH = 5.82 para el fruto amarillo. Estos resultados confirman la diferencia de sentir un sabor menos ácido y más dulce, cuando se consume la lima de olor en su etapa final de madurez.

En la tercera columna de la Tabla 11 se observa que la concentración de sólidos solubles (ºBrix) se incrementa significativamente, desde 7.47 hasta 9.56 °Brix, conforme avanza el estado de madurez; este incremento se debe a la síntesis de la sacarosa de la fruta, como se reportó para la lima dulce (Colecio-Juárez et al., 2012); limón Swinglea (Díaz et al., 2005) y naranja (Ricardo Durán Barón et al., 2012).

En la cuarta columna de la Tabla 11 se muestra que el menor %acidez (0.103 %) ocurre cuando el estado de madurez corresponde al fruto con cáscara de color amarillo. Existen estudios que reportaron similares resultados para la lima dulce (Colecio-Juárez et al., 2012), limón Swinglea (Díaz et al., 2005) y naranja (Ricardo Durán Barón et al., 2012). Según (Pinzón et al., 2007) la mayor reduccion de contenido de acidez se encuentra en los estados pintón y maduro el cual refleja que existió una alta tasa metabólica en esta fase. También (Kays y Paull, 2004)

señala que los ácidos orgánicos son consumidos en la respiración del fruto en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos.

En la quinta columna de la Tabla 11 se muestra que el estado de madurez, en su etapa final de maduración, tiene efecto significativo en el Índice de madurez del fruto, esto como consecuencia de la variación en la relación entre la concentración de sólidos solubles y el %acidez. El índice de madurez se ha incrementado desde 72.54 hasta 95.83, conforme ha avanzado el estado de madurez de la lima de olor.

4.2. Rendimiento

En la Tabla 12 se muestra el efecto de los diferentes estados de madurez en el rendimiento de extracción de aceite esencial, a partir de la cáscara de lima de olor. Se muestra que los estados de madurez tienen diferencia significativa en el rendimiento de extracción de aceite esencial de la lima de olor; obteniéndose, en promedio, hasta 0.51% de aceite esencial cuando el estado de madurez corresponde a la cáscara de color amarillo, es decir, al mayor estado de madurez de la lima de olor.

Tabla 12. Efecto de estados de madurez en rendimiento

Estado de Madurez	Rendimiento (%)
Amarillo	$0.51^{A} \pm 0.11$
Verde-amarillo	$0.40^{B} \pm 0.10$
Verde	$0.29^{C} \pm 0.09$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas entre estados de madurez.

En la Tabla 13 se muestra que el rendimiento promedio de cáscara fresca fue 0.43% y el de cáscara seca fue 0.37% siendo este menor. (Cerpa-Chávez, 2007) menciona que el secado de la materia prima permite la eliminación de moléculas de agua por efectos de capilaridad y pérdida de aceite esencial, porque las vesículas contienen aceites esenciales, los cuales son volátiles y con el incremento de temperatura, durante el período de secado genera una pérdida del contenido de aceite esencial dando resultados menores en su contenido.

Tabla 13. Efecto de estados de humedad en rendimiento

Estado de Humedad	Rendimiento (%)
Fresco	$0.43^{A} \pm 0.17$
Seco	$0.37^{B} \pm 0.08$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas entre estados de humedad.

En la Tabla 14 se observa que el menor rendimiento ocurre cuando el estado de madurez y de humedad corresponde al estado verde-fresco, este comportamiento se debería a que cuando el fruto está completamente verde existe un mayor número de glándulas de aceite, que son usadas por la planta como defensa contra depredadores y disminuye en los últimos estados de maduración debido a que ya se ha desarrollado lo suficiente como para comenzar a propagarse (Colecio-Juárez et al., 2012).

Tabla 14. Interacción de estados de madurez y humedad en rendimiento

Estado de Madurez	Estado de Humedad	Rendimiento (%)
Amarillo	Fresco	$0.59^{A} \pm 0.05$
Verde-amarillo	Fresco	$0.49^{AB} \pm 0.05$
Amarillo	Seco	$0.44^{ABC} \pm 0.11$
Verde	Seco	$0.36^{BCD} \pm 0.01$
Verde-amarillo	Seco	$0.31^{CD} \pm 0.01$
Verde	Fresco	$0.22^{D} \pm 0.07$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas entre interacciones de estados de madurez y de humedad.

La Tabla 14 muestra que, en general, el rendimiento de aceite esencial extraído se incrementa conforme avanza el estado de madurez. (Díaz et al., 2005) reportaron resultados similares para el aceite esencial de cáscara limón Swinglea y de igual manera (Voo et al., 2012) para el pomelo. Este incremento de aceite esencial se debe a la especie de cítrico, el tiempo de cosecha, las características morfológicas y capacidad biosintética de las glándulas de aceite (es decir que las glándulas de aceite se forman en los estados tempranos del crecimiento del fruto, mientras que la expansión y la mayor acumulación de las glándulas se da en el

estado ya maduro) (Bourgou et al., 2012; CONAFRUT, 1996; Hosni et al., 2010; Voo et al., 2012).

4.3. Densidad

En la Tabla 15, los resultados muestran que el estado de madurez del fruto, tiene efecto significativo en la densidad del aceite esencial obtenido.

Tabla 15. Efecto de estados de madurez en la densidad

Estado de Madurez	Densidad (g/mL)
Verde	$0.81^{A} \pm 0.04$
Verde-amarillo	$0.82^{A} \pm 0.04$
Amarillo	$0.89^{B} \pm 0.07$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas entre estados de madurez.

En la Tabla 16, los resultados muestran que el estado de humedad de la cáscara, tiene efecto significativo en la densidad del aceite esencial obtenido.

Tabla 16. Efecto de estados de humedad en la densidad

Estado de Humedad	Densidad (g/mL)
Fresco	$0.88^{A} \pm 0.06$
Seco	$0.81^{B} \pm 0.04$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas entre estados de humedad.

Los valores de densidad promedio se encuentran en el rango de 0.81 g/mL a 0.89 g/mL, es decir, son menos densos que el agua y su variación se debería a que las glándulas donde se almacena el aceite en la cáscara, tienen diferente comportamiento cuando han sido sometidos a tratamiento de secado respecto a la cáscara fresca y también a la diferente composición de componentes volátiles en los aceites obtenidos, según el estado de madurez en el que se encontraba el fruto antes de la extracción de su aceite esencial.

Los reportes de (Kamal et al., 2011) cuyos valores de densidad oscilan entre 0.815 hasta 0.836 g/mL o la normativa mexicana NMX-F-063-1978 (0.855 – 0.863 g/mL); muestran cierta similitud en los valores inferiores, sin embargo, existen diferencias en los valores superiores.

En la Tabla 17 se muestra que la diferencia más importante ocurre en la combinación Amarillo - Fresco respecto a las demás combinaciones que no tienen diferencia significativa entre sí.

Tabla 17. Interacción de Estados de Madurez y Humedad en Densidad

Estado de Madurez	Estado de Humedad	Densidad (g/mL)
Amarillo	Fresco	$0.94^{A} \pm 0.06$
Verde-amarillo	Fresco	$0.86^{AB} \pm 0.01$
Amarillo	Seco	$0.85^{AB} \pm 0.04$
Verde	Seco	$0.79^{B} \pm 0.05$
Verde-amarillo	Seco	$0.79^{B} \pm 0.01$
Verde	Fresco	$0.84^{B} \pm 0.01$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas.

4.4. Índice de Refracción (IR)

En la Tabla 18 y en la Tabla 19 se observa que el estado de madurez y estado de humedad no influyeron significativamente en el índice de refracción de los aceites esenciales obtenidos. Los valores obtenidos (1.4678 hasta 1.4703) son relativamente similares con los reportes de (Kamal et al., 2011; Lossi-Nisthal, 2012; Muhammad-Mushtaq et al., 2006)

Tabla 18. Efecto de estados de madurez en índice de refracción

Estado de Madurez	Índice de Refracción
Amarillo	$1.47^{A} \pm 0.002$
Verde	$1.47^{A} \pm 0.001$
Verde-amarillo	$1.47^{A} \pm 0.001$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas.

Tabla 19. Efecto de estados de humedad en índice de refracción

Estado de Humedad	Índice de Refracción
Fresco	$1.47^{A} \pm 0.001$
Seco	$1.47^{A} \pm 0.001$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas.

Tabla 20. Interacción de estados de madurez y humedad en índice de refracción

Estado de Madurez	Estado de Humedad	Índice de Refracción
Amarillo	Fresco	$1.4694^{A} \pm 0.0006$
Verde-amarillo	Fresco	$1.4703^{A} \pm 0.0006$
Amarillo	Seco	$1.4697^{A} \pm 0.0006$
Verde	Seco	$1.4678^{A} \pm 0.0006$
Verde-amarillo	Seco	$1.4687^{A} \pm 0.0006$
Verde	Fresco	$1.4703^{A} \pm 0.0006$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas.

4.5. Índice de Acidez

En la Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23 se muestra que el estado de madurez y el estado de humedad tienen efecto significativo en el índice de acidez del aceite esencial obtenido.

Tabla 21. Efecto de estados de madurez en el índice de acidez

Estado de Madurez	Índice de Acidez (mg KOH/g)
Verde	$0.41^{A} \pm 0.13$
Verde-amarillo	$0.49^{B} \pm 0.09$
Amarillo	$0.54^{B} \pm 0.09$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas.

Tabla 22. Efecto de estados de humedad en el índice de acidez

Estado de Humedad	Índice de Acidez (mg KOH/g)
Fresco	$0.39^{A} \pm 0.08$
Seco	$0.57^{B} \pm 0.05$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas.

Tabla 23. Interacción de estados de madurez y humedad en índice de acidez

Estado de Madurez	Estado de Humedad	Índice de Acidez (mg KOH/g)
Verde	Fresco	$0.298^{A} \pm 0.064$
Verde-amarillo	Fresco	$0.411^{B} \pm 0.032$
Amarillo	Fresco	$0.459^{BC} \pm 0.003$
Verde	Seco	$0.524^{CD} \pm 0.032$
Amarillo	Seco	$0.620^{D} \pm 0.046$
Verde-amarillo	Seco	$0.566^{D} \pm 0.007$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas.

El índice de acidez varía debido a la presencia de compuestos como el γ-terpineno y α-terpineno, que brindan la actividad antioxidante a los aceites esenciales de cítricos (Foti & Ingold, 2003). Estos monoterpenos se caracterizan por ceder hidrógeno a partir de los grupos fenólicos, interrumpiendo así la propagación de la oxidación a través de la cadena de radicales libres. De esta manera se forman compuestos estables que retardan el inicio o la propagación de la oxidación lipídica (Nolazco-Cama et al., 2015).

4.6. Índice de Peróxidos

En la Tabla 24 y Tabla 25 se muestra que el estado de madurez y el estado de humedad influyen en el índice de peróxido del aceite esencial de cáscara de lima de olor. Esto sucede porque durante el crecimiento del fruto, la planta utiliza una gran cantidad de glándulas de aceite (como el α-terpineno que disminuye durante el período de maduración) que sirven como defensa contra depredadores y disminuye en los últimos estados de maduración debido a que ya se ha desarrollado lo suficiente (Smith et al., 2001).

Tabla 24. Efecto de estados de madurez en índice de peróxidos

Estado de Madurez	Índice de Peróxidos (meq O_2/kg)
Amarillo	$0.89^{A} \pm 0.02$
Verde-amarillo	$0.92^{A} \pm 0.01$
Verde	$1.01^{B} \pm 0.08$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas.

Tabla 25. Efecto de estados de humedad en índice de peróxidos

Estado de Humedad	Índice de Peróxidos (meq O_2/kg)
Seco	$0.92^{A} \pm 0.03$
Fresco	$0.97^{B} \pm 0.09$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas.

En la Tabla 26 se muestra el efecto simultáneo del estado de madurez y el estado de humedad en el índice de peróxidos del aceite esencial. Se resalta que el aceite esencial obtenido del fruto que se encuentra en su etapa inicial de maduración y su cáscara en estado fresco, tiene mayores valores que en las etapas posteriores de maduración; esto confirma el hecho de que, en estado de mayor maduración es cuando el fruto y por lo tanto su cáscara presenta propiedades con bajo índice de peróxidos, es decir, el aceite esencial contiene compuestos que lo protegen de su deterioro.

Tabla 26. Interacción de estados de madurez y humedad en índice de peróxidos

Estado de Madurez	Estado de Humedad	Índice de Peróxidos (meq O_2/kg)
Amarillo	Seco	$0.877^{A} \pm 0.006$
Amarillo	Fresco	$0.901^{A} \pm 0.019$
Verde-amarillo	Seco	$0.919^{A} \pm 0.020$
Verde-amarillo	Fresco	$0.928^{A} \pm 0.003$
Verde	Seco	$0.952^{A} \pm 0.003$
Verde	Fresco	$1.069^{B} \pm 0.078$

Nota: Los datos representan promedios ± desviación estándar. Distintos superíndices en la misma columna (A, B, C) indican diferencias significativas

Los resultados de índice de peróxido del aceite esencial obtenido, tienen valores muy por debajo de 10 meq O_2/kg, valor máximo que establece el Codex alimentario; lo que significa que el aceite esencial obtenido, está en buenas condiciones para su uso.

4.7. Compuestos volátiles (CVs)

Mediante Cromatografía de Gases – Espectrómetría de Masa (CG-MS) se identificaron más de 50 CVs diferentes contenidos en el aceite esencial de cáscara de lima de olor, de ellos por lo menos, en promedio, 35 son comunes a todas las muestras. En la Tabla 27 se muestra la composición de CVs en el aceite esencial obtenido a partir de la cáscara de lima de olor en tres estados de madurez y dos estados de humedad, destacando por su mayor abundancia los monoterpenos, D-limoneno (37.34% al 59.44%) y β–pineno (15.14% al 24.45%).

La composición de D-limoneno se incrementó ligeramente a medida que aumentó el estado de madurez, teniendo concordancia con el estudio de (Colecio-Juárez et al., 2012) que reportó incrementos, de este compuesto, de 66.8% hasta 77.7% para la lima Dulce. Este comportamiento confirma que cuando el fruto está en un estado de madurez inicial las glándulas de aceite contienen D-limoneno en menor cantidad y su mayor acumulación se da en el estado maduro.

Otro compuesto volátil más abundante es el β-pineno, notándose que existe una ligera disminución de su contenido a medida que avanza el estado de madurez de la lima de olor. Sin embargo, estadísticamente las diferencias en el porcentaje de contenido de este componente no fueron significativas.

Investigaciones realizadas en aceites esenciales de especies vegetales del género *Citrus* en estado maduro mencionan a monoterpenos hidrocarbonados como componente mayoritario, como ocurre con los aceites de naranja amarga (94.61%), limón (90.43%), naranja maltaise (90.15%), mandarina (89.57%) y monoterpenos oxigenados que tuvieron mayor abundancia en el estado de madurez verde amarillento (Bourgou et al., 2012).

Otros estudios señalan que los CVs generan propiedades antimicrobianas y antioxidantes que tienen los aceites esenciales, esto se debe en gran medida a la presencia en primer lugar a terpenos y terpenoides; en segundo lugar al grupo de alcoholes y por último al grupo aldehídos (Baydar et al., 2004; Bourgou et al., 2012; Colecio-Juárez et al., 2012; Nolazco-Cama et al., 2015).

En la Figura 2 se muestra el biplot del análisis de componentes principales (ACP) representándose en dos componentes principales hasta un 72.1% a todas las variables que son los componentes volátiles del aceite esencial de lima de olor, que se han detectado. En el biplot se ha destacado a los 10 compuestos volátiles más abundantes detectados en el aceite esencial de lima de olor.

El D-limoneno, el alfa-pineno y el beta-mirceno están muy correlacionadas positivamente y tienen mayor relación con el estado amarillo fresco y también con el verde-amarillo fresco; esto debido a la biosíntesis de estos CVs a medida que avanza la maduración del fruto (Colecio-Juárez et al., 2012). Similarmente, (Rowshan y Najafian, 2015) reportaron que los compuestos volátiles de aceites de cáscara de naranja (*Citrus aurantium*) cambiaron durante la maduración, manifestando niveles máximos en estado maduro.

El alfa-terpineol y el nerol tienen correlación positiva y están relacionados mayormente con el estado verde fresco, es decir, cuando el fruto aun esta inmaduro. Esto coincide con los reportes de (Rowshan & Najafian, 2015), que mencionan que en el estado inmaduro fue mejor para el linalol, mirceno y α-terpineol.

El beta-pineno, citral, beta-cariofileno y ocimeno están fuertemente correlacionados positivamente y su relación se da en mayor proporción con el estado verde seco y verde amarillo seco.

El biplot muestra también las correlaciones negativas, resaltando la correlación entre el D-limoneno y el beta-pineno, que son los principales CVs hallados en el aceite esencial extraído de la cáscara de lima de olor. Esto confirmaría el incremento o disminución de contenido de CVs, debido a que a medida que avanza la maduración del fruto, la biosíntesis de algunos CVs se da a partir de otros o siendo precursores de otros. (Babazadeh-Darjazi, 2017).

El alto contenido de D-limoneno es característico de cáscaras de cítricos, destacándose su presencia por la importancia de sus diferentes aplicaciones en formulaciones que permitan un uso más eficaz de sus notables propiedades químicas y biológicas, por ejemplo, en nuevos productos para el hogar y el cuidado personal, nutracéuticos, pesticidas, formulaciones de limpieza y disolventes orgánicos para extracción de productos naturales. (Ciriminna et al., 2014)

El contenido de beta-pineno en el aceite esencial de cáscara de lima de olor, le da una característica especial entre los cítricos; debido a su concentración elevada (15.14% al 24.45%) respecto a otros similares como reporta (Babazadeh-Darjazi, 2017) para piel de mandarina (0.03%); (Bourgou et al., 2012) naranja amarga (0.38%), limón (31.49%), naranja maltesa (1.80%), mandarina (1.59%); (Bousbia et al., 2009) Eureka (15.35%), Villa França (7.08%), lima (13.09%), Tangelo Seminole (0.38%); (Colecio-Juárez et al., 2012) lima dulce (8.96%), entre otros. También porque se ha demostrado que el beta-pineno tiene importante actividad antimicrobiana, anticancerígena, antiinflamatoria y antialérgica (Salehi et al., 2019; Silva et al., 2012).

La variación de CVs del aceite esencial de cáscaras de frutas se pueden atribuir al tipo de suelo, clima y prácticas culturales (Lota et al., 2002). En tal razón, se explica las características propias en su contenido de CVs en la lima de olor (*Citrus limetta*), que se cultiva en la región Moquegua.

Tabla 27. Compuestos Volátiles (%) de aceites esenciales de cáscara de lima de olor

N°	Compuesto Volátil	AF	AS	VAF	VAS	VF	VS
	Monoterpenos						
1	D-Limonene	56.57 ± 3.55	59.44 ± 0.99	55.74 ± 1.72	37.34 ± 27.8	48.82 ± 3.59	49.28 ± 0.86
2	Beta-Pinene	15.14 ± 5.29	19.45 ± 0.85	21.07 ± 1.13	20.95 ± 0.14	20.49 ± 6.57	24.45 ± 0.28
3	Linalol	6.6 ± 2.25	3.93 ± 0.72	5.9 ± 1.81	4.55 ± 4.69	8.23 ± 1.54	6.98 ± 0.27
4	Nerol, cis-geraniol	2.94 ± 1.17	1.65 ± 1.03	2.91 ± 1.41	2.37 ± 1.09	4.3 ± 0.61	2.64 ± 1.3
5	Sabinene	1.93 ± 0.35	2.03 ± 0.16	1.53 ± 1.38	2.19 ± 0.29	2.32 ± 0.26	1.86 ± 0.13
6	Citral	1.81 ± 0.6	3 ± 0.24	2.48 ± 0.28	3.63 ± 0.8	3.05 ± 0.62	3.05 ± 0.34
7	Beta-Myrcene	1.43 ± 0.19	1.53 ± 0.01	1.48 ± 0.03	1.32 ± 0.17	1.25 ± 0.1	1.22 ± 0.04
8	Geraniol	1.44 ± 1.34	1.36 ± 0.96	1.23 ± 1.11	1.29 ± 1.52	0.39 ± 0.39	1.34 ± 1.24
9	Alpha-terpinene	Nd	0.16 ± 0.17	Nd	0.09 ± 0.02	Nd	0.57 ± 0.02
10	p-Cymene	0.12 ± 0.07	0.03 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.09 ± 0.03	0.03 ± 0.05
11	Gamma-Terpinene	0.01 ± 0.02	0.14 ± 0.05	0.04 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.1 ± 0.15	0.32 ± 0.13
12	Alpha-Pinene	0.95 ± 0.15	0.94 ± 0.13	1.09 ± 0.2	0.99 ± 0.21	0.93 ± 0.16	0.79 ± 0.06
13	Alpha-Terpineol	1.09 ± 0.32	0.42 ± 0.06	0.8 ± 0.17	0.58 ± 0.18	1.03 ± 0.28	0.55 ± 0.08
14	Citronellol	0.92 ± 0.68	0.1 ± 0.02	0.13 ± 0.07	0.27 ± 0.15	0.12 ± 0.05	0.24 ± 0.02
15	Citronellal	Nd	0.16 ± 0.01	0.02 ± 0.04	0.23 ± 0.06	0.07 ± 0.06	0.18 ± 0.01
16	Safranal	Nd	0.5 ± 0.05	Nd	0.49 ± 0.24	Nd	0.5 ± 0.01
17	Terpinen-4-ol	0.34 ± 0.11	0.25 ± 0.03	0.29 ± 0.05	0.46 ± 0.15	0.33 ± 0.07	0.33 ± 0.04
18	Octyl acetate	0.41 ± 0.03	0.42 ± 0.05	0.31 ± 0.05	0.29 ± 0	0.27 ± 0.02	0.29 ± 0.01
19	Alpha-phellandrene	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.06 ± 0
20	Ocimene	0.54 ± 0.01	0.67 ± 0.1	0.53 ± 0.03	0.57 ± 0.49	0.56 ± 0.06	0.85 ± 0.03
21	Terpinolene	0.31 ± 0.01	0.12 ± 0.16	0.41 ± 0.02	0.42 ± 0.06	0.53 ± 0.07	0.11 ± 0.02

Tabla 27. Continuación

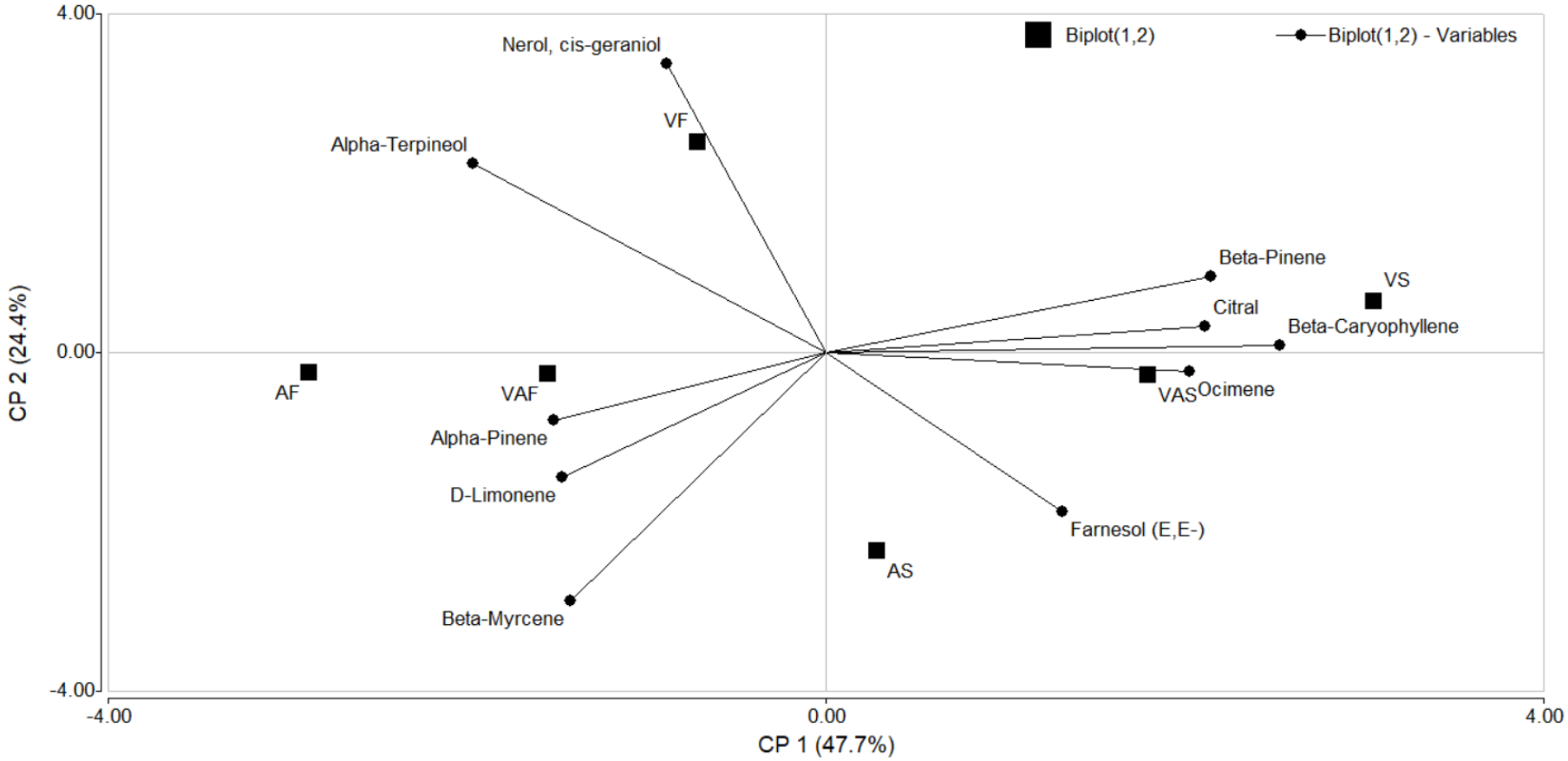
N°	Compuesto Volátil	AF	AS	VAF	VAS	VF	VS
	Monoterpenos						
22	Camphene	0.1 ± 0.02	0.1 ± 0.06	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.03	0.08 ± 0.03	0.06 ± 0.03
23	Delta-3-carene	0.07 ± 0.02	0.08 ± 0.07	0.15 ± 0.05	0.13 ± 0	0.03 ± 0.06	0.21 ± 0.01
24	Linalyl butyrate	3 ± 5.2	0.03 ± 0.02	Nd	0.04 ± 0.04	3.41 ± 5.79	Nd
25	Linalyl formate	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.04	0.06 ± 0.06	0.04 ± 0.02	0.1 ± 0.07	0.06 ± 0.07
26	Carvone	0.2 ± 0.12	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.03 ± 0
	Sesquiterpenos						
27	Farnesol (E, E-)	1.06 ± 0.22	1.14 ± 0.19	0.63 ± 0.48	1.49 ± 0.54	0.56 ± 0.7	1.09 ± 0.83
28	Beta-Caryophyllene	0.22 ± 0.03	0.37 ± 0.07	0.34 ± 0.04	0.43 ± 0.11	0.34 ± 0.02	0.49 ± 0.02
29	Bisabolene	0.02 ± 0.04	0.09 ± 0.02	0.06 ± 0.01	0.08 ± 0.08	0.05 ± 0.04	0.11 ± 0.1
30	Farnesol (Z,E-)	0.32 ± 0.28	0.1 ± 0.09	0.19 ± 0.05	0.03 ± 0.06	0.57 ± 0.79	0.04 ± 0.07
31	Nerolidol, (Z-); nerolidol.	0.02 ± 0.04	0.08 ± 0.05	0.02 ± 0.03	0.03 ± 0.03	0.09 ± 0.04	0.6 ± 0.88
32	Nerolidol, (E-); nerolidol.	Nd	0.01 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.08 ± 0.11	0.02 ± 0.02	0.08 ± 0.04
	Aldehídos y alcoholes alifáticos						
33	Octanal	0.22 ± 0.06	0.38 ± 0.06	0.15 ± 0.01	0.42 ± 0.1	0.15 ± 0.04	0.28 ± 0.02
34	Nonanol	0.24 ± 0.04	0.09 ± 0.02	0.17 ± 0.03	0.11 ± 0.12	0.14 ± 0.04	0.11 ± 0.01
35	Decanal	0.19 ± 0.02	Nd	0.11 ± 0.01	Nd	0.1 ± 0.01	Nd
36	Nonanal	0.09 ± 0.01	0.24 ± 0.04	0.07 ± 0.01	0.23 ± 0.05	0.06 ± 0.01	0.17 ± 0.01
37	Lauric aldehyde	0.03 ± 0.02	0.09 ± 0.09	0.02 ± 0.02	17.59 ± 30.33	0.04 ± 0	0.11 ± 0.07
38	Undecanal	0.01 ± 0.02	0.04 ± 0.07	0.01 ± 0.01	0.07 ± 0.12	0.01 ± 0.01	0.06 ± 0.09
	Otros compuestos oxigenados						
39	Decyl acetate	0.12 ± 0	0.11 ± 0.02	0.09 ± 0	0.09 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.1 ± 0.01

Tabla 27. Continuación

N°	Compuesto Volátil	AF	AS	VAF	VAS	VF	VS
	Otros compuestos oxigenados						
40	Citronellyl butyrate	0.14 ± 0.03	0.08 ± 0.03	Nd	0.1 ± 0.02	Nd	0.11 ± 0.01
41	Benzyl alcohol	0.11 ± 0.05	0.05 ± 0.03	0.05 ± 0.04	0.01 ± 0.01	0.06 ± 0.05	Nd
42	2-Methylpyrazine	0.07 ± 0.1	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.07 ± 0.03
43	Hexyl acetate	0.05 ± 0.01	0.09 ± 0.03	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.02	Nd	Nd
44	Isoborneol (Isomer 1)	0.04 ± 0.05	Nd	0.05 ± 0.04	0.05 ± 0.05	0.06 ± 0.05	0.03 ± 0.05
45	Isoborneol (isomer 2)	0.04 ± 0.03	0.05 ± 0.01	0.02 ± 0.04	0.02 ± 0.03	0.07 ± 0.06	0.05 ± 0.05
46	3-phenylpropanal	0.02 ± 0.02	0.05 ± 0	0.03 ± 0.04	0.01 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0.02
47	Carvyl acetate	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0
48	D-Piperitone	0.01 ± 0.02	Nd	Nd	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0
49	Nonyl acetate	0.01 ± 0.02	0.04 ± 0	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.03 ± 0.03	0.06 ± 0
50	Heptyl acetate	Nd	0.02 ± 0	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.04	0.01 ± 0.01	Nd
	TOTAL	**99.02**	**99.80**	**98.50**	**99.57**	**99.09**	**99.64**

Nota. Los datos corresponden a la media de 3 grupos ± Desviación Estándar (DE), AF: amarillo fresco, AS: amarillo seco, VAF: verde amarillo fresco, VAS: verde amarillo seco, VF: verde fresco, VS: verde seco, y. Nd: No detectado. La composición del aceite esencial fue determinada por comparación de los espectros de masas de cada componente con las bases de datos, Nist v11.

Figura 2. Biplot de ACP de los CVs mayoritarios del aceite esencial de cáscara de lima de olor



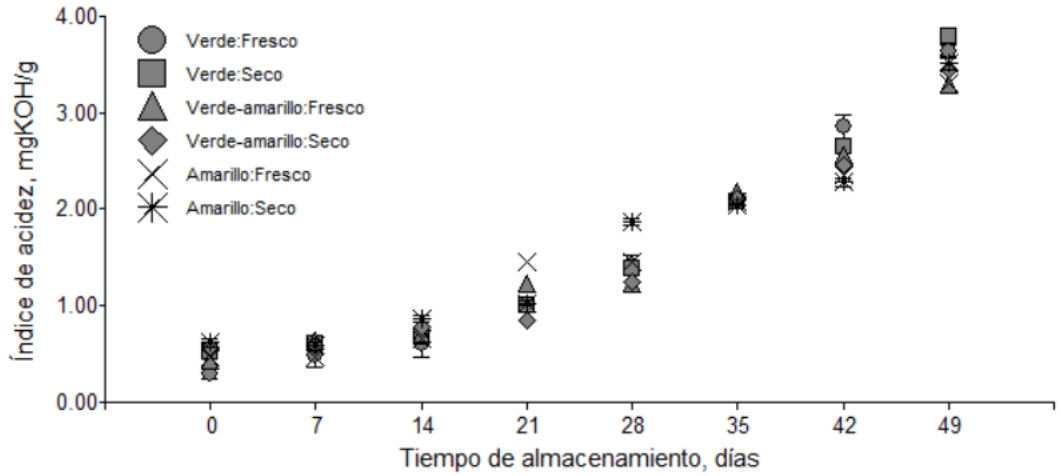
Nota: VF: verde fresco, VS: verde seco, VAF: verde amarillo fresco, VAS: verde amarillo seco, AF: amarillo fresco y AS: amarillo seco. Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado con el programa InfoStat.

4.8. Estabilidad a la oxidación del aceite esencial

En la Figura 3 se muestra que el índice de acidez ha aumentado con el transcurso del tiempo de almacenamiento, en todas las muestras. Este crecimiento se da por la variación en el porcentaje de ácidos libres, debido a terpenos como el limoneno; que tienen propiedades antioxidantes y se caracterizan por ceder hidrógeno a partir de los grupos fenólicos, interrumpiendo así la propagación de la oxidación a través de la cadena de radicales libres. De esta manera se forman compuestos estables y retardan el inicio o la propagación de la oxidación lipídica (Nolazco-Cama et al., 2015).

Según (Nolazco-Cama et al., 2015) menciona que este comportamiento es debido a la presencia de compuestos volátiles que tienen aceites esenciales que generan capacidad antioxidante.

Figura 3. Índice de acidez en función del tiempo de almacenamiento



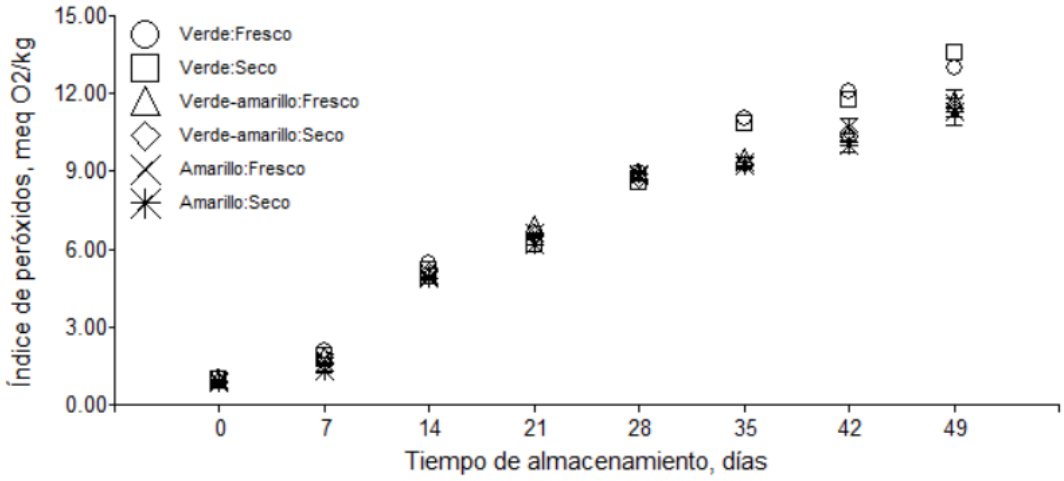
Nota: Análisis estadístico realizado con el programa InfoStat.

Según el Codex Alimentario, el límite máximo de índice de acidez (IA) para los aceites refinados es de 4 mg de KOH/g de aceite, por lo tanto, todas las muestras que se han almacenado hasta 49 días, están dentro de los rangos aceptables.

Otro estudio realizado al aceite esencial de *Thymus fontanesii* sobre índice de acidez menciona que se degradan fácilmente cuando se almacenan en temperatura ambiente y en menor grado a los que se mantienen en la oscuridad

con una temperatura de 4 °C, porque la oscuridad protege de la oxidación y polimerización causadas por la luz. (Haddouchi et al., 2011)

Figura 4. Índice de peróxidos en función del tiempo de almacenamiento



Nota: Análisis estadístico realizado con el programa InfoStat.

En la Figura 4 se muestra el incremento del índice de peróxido del aceite esencial a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento. Según el reporte de (Hamed y Abo-Elwafa, 2012) esto se genera porque hay una formación continua de hidroperóxidos, como productos de oxidación primaria que pueden degradarse por una variedad de productos secundarios no volátiles y volátiles (la degradación del γ-terpineno, terpinoleno y geranial junto con un aumento en el p-cimeno). Por lo tanto, el índice de peróxido (IP) es un indicador muy importante de la estabilidad en las primeras etapas de la oxidación.

Los reportes obtenidos sobre estabilidad oxidativa del aceite esencial de cáscara limón muestran una disminución de α-terpineno, limoneno, β-felandreno, β-cariofileno y citral con un aumento de p-cimeno, óxido de limoneno, α-terpineol y el ácido geránico (Nguyen et al., 2009).

Según el Codex Alimentario, el límite máximo de índice de peróxido (IP) para los aceites refinados es de 10 meq O_2/kg de aceite. A los 35 días solo cuatro muestras llegaron a ser aceptables porque están dentro del límite, las otras dos muestras solo hasta los 28 días y después sus valores IP son superiores a 10 meq O_2/kg de aceite.

Otro estudio realizado al aceite esencial de *Thymus fontanesii*, sobre índice de peróxido, menciona que se degradan fácilmente cuando se almacenan en temperatura ambiente y en menor grado cuando se mantienen en la oscuridad con una temperatura de 4 °C, protegiendo así de la oxidación y polimerización causadas por la luz y el aire. (Haddouchi et al., 2011)

V. CONCLUSIONES

El estado de madurez tiene efecto significativo en las propiedades fisicoquímicas de la lima de olor; siendo la variación del pH desde 5.53 en el fruto verde hasta 5.82 en el fruto amarillo; sólidos solubles desde 7.47 hasta 9.56 °Brix; acidez desde 0.115 hasta 0.103% y el índice de madurez desde 72.54 hasta 95.83.

El estado de madurez y humedad de la cáscara de lima de olor influyen significativamente en el rendimiento del aceite esencial obtenido, siendo la cáscara amarillo fresco la de mayor rendimiento, con un total de 0.59% en base seca.

El estado de madurez y humedad de la cáscara de lima de olor tienen efecto significativo en la densidad (0.79 hasta 0.94 g/mL), índice de acidez (0.29 hasta 0.61 mg KOH/g) e índice peróxido (0.88 hasta 1.07 meq O_2/kg). El índice de refracción se mantuvo constante (1.47).

El estado de madurez y humedad, de la cáscara de lima de olor, tiene efecto en la composición del aceite esencial. Se encontraron que los CVs mayoritarios son el D-limoneno (56.57 ± 3.55) y el beta-pineno (15.14 ± 5.29), que corresponde al estado amarillo fresco, con el que se tuvo el más alto rendimiento de aceite esencial.

El aceite esencial tiende a oxidarse con el paso del tiempo, poniendo a prueba su estabilidad mediante los compuestos volátiles presentes y que tienen propiedades antioxidantes. El índice de acidez y el índice de peróxido se han mantenido dentro los rangos de calidad aceptables hasta el día 28.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio de compuestos volatiles por zonas de producción de lima de olor para identificar las bondades y el rendimiento de aceite esencial.

Realizar una evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial de lima de olor, para mejorar la valoración del aceite esencial.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfonso, L., & Villada, G. (2018). Aceites Esenciales: Un mercado potencial para el aprovechamiento de la Biodiversidad Colombiana. *Ingeniería & Sociedad*.

Ardiles, N., & Mozo, V. (2017). *Determinación Del Tiempo De Vida Útil Del Aceite Crudo De Pescado Usando Antioxidantes Sintéticos Y Naturales Mediante Uso Del Rancimat*. 169. http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2795

Babazadeh-Darjazi, B. (2017). Study on peel components and juice quality of three mandarin hybrids (Citrus reticulata) on sour orange rootstock cultivated in Ramsar, Iran. *Boletin Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, *16*(2), 110–120.

Barrera-Arellano, D., Márquez-Ruiz, G., & Dobarganes, M. O. (1997). A simple procedure to evaluate the performance of fats and oils at frying temperatures. *Grasas y Aceites*, *48*(4), 231–235. https://doi.org/10.3989/gya.1997.v48.i4.794

Baydar, H., Sağdiç, O., Özkan, G., & Karadoğan, T. (2004). Antibacterial activity and composition of essential oils from Origanum, Thymbra and Satureja species with commercial importance in Turkey. *Food Control*, *15*(3), 169–172. https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00028-8

Bourgou, S., Rahali, F. Z., Ourghemmi, I., & Saïdani Tounsi, M. (2012). Changes of Peel Essential Oil Composition of Four Tunisian Citrus during Fruit Maturation. *The Scientific World Journal*, *2012*, 1–10.

https://doi.org/10.1100/2012/528593

Bousbia, N., Vian, M. A., Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2009). A new process for extraction of essential oil from Citrus peels: Microwave hydrodiffusion and gravity. *Journal of Food Engineering*, *90*(3), 409–413. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.06.034

Cerpa Chávez, M. G. (2007). Hidrodestilación de aceites esenciales. Modelado y caracterización. In *AIChE Journal*. Universidad de Valladolid.

Ciriminna, R., Lomeli-Rodriguez, M., Demma Carà, P., Lopez-Sanchez, J. A., & Pagliaro, M. (2014). Limonene: a versatile chemical of the bioeconomy. *Chem. Commun.*, *50*(97), 15288–15296. https://doi.org/10.1039/C4CC06147K

CITE Agroindustrial Ica. (2017). *Situación actual de la lima - lima aromática de Omate*. https://issuu.com/citeagroindustrial/docs/bolet__n_informativo_-_lima_arom__t

Colecio-Juárez, M. C., Rubio-Núnez, R. E., Botello-Álvarez, J. E., Martinez-González, G. M., Navarrete-Bolanos, J. L., & Jiménez-Islas, H. (2012). Characterization of Volatile Compounds in the Essential Oil of Sweet Lime (Citrus limetta Risso). *Chilean Journal of Agricultural Research*, *72*(2), 276–280. https://doi.org/10.4067/S0718-58392012000200017

Colecio, M., Rubio, R., Botello, J., Martínez, G., Navarrete, J., & Jiménez, H. (2012). Characterization of volatile compounds in the essential oil of sweet lime (Citrus limetta Risso). *CHILEAN JOURNAL OF AGRICULTURAL*, *Junio*, 275–280. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-

58392012000200017.

CONAFRUT. (1996). *Cultivo de los cítricos: aspectos de la producción, manejo en postcosecha y comercialización*.

Del Ángel, O., Martínez, A., Colorado, L., & González, V. (2019). Actividad biológica de los aceites esenciales de lima (Citrus limon) y limón Mexicano (Citrus aurantifolia). *Revista de Innovación Científica y Tecnológica*, 1–14. https://www.revicyt.org/view_documentohtm.aspx?xvlb=tJg1jQ2OgFBRFD1nUjpD44SHv/tIdd4F3qI33RXunI3r49yVIVZBqOnO6v/T8nDC8vuIShBeRxSGzR/cZNXyPZn+nLZvIXKnYtW+LbxtAlDWPLRBkoezFSLkYstRabiNBEWlA4QQmbYsVt9klH/8Ag==&xidc=10&xa=9&xt=a&xpd=tJg1jQ2OgFBRFD1nUjpD44SHv/tI

Díaz, C., Arrázola Paternina, G. S., Ortega, F., & Gaviria, J. (2005). Caracterización del aceite esencial en la corteza del limón Swinglea (Swinglea glutinosa) por CG/EM. *Temas Agrarios*, *10*(1), 22–28. https://doi.org/10.21897/rta.v10i1.628

Durán Barón, R, & Villa, A. L. (2014). Microwave assisted extraction of essential oil and pectin from orange peel in different stages of maturity Extracción asistida por microondas de aceite esencial y pectinas de cáscaras de naranja a diferentes estados de madurez. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, *31*(April 2014), 145–158.

Durán Barón, Ricardo, Villa, A. L., Montes de C., C., & Peláez J, C. M. (2012). Aceite esencial obtenido de cáscaras de naranja en diferentes estados de madurez de dos cultivos en el municipio de Chimichagua, Colombia.

Alimentos Hoy, *21*(26), 60–70.

Foti, M. C., & Ingold, K. U. (2003). Mechanism of Inhibition of Lipid Peroxidation by γ-Terpinene, an Unusual and Potentially Useful Hydrocarbon Antioxidant. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(9), 2758–2765. https://doi.org/10.1021/jf020993f

Frankel, E. N. (1980). Lipid oxidation. *Progress in Lipid Research*, *19*(1–2), 1–22. https://doi.org/10.1016/0163-7827(80)90006-5

GRA. (2008). *Fichas Comerciales*.

Gurrea Martínez, A. (2014). *Aproximaciones fisiológicas y moleculares a la biosíntesis de compuestos volátiles en frutos cítricos*. Universidad de Valencia.

Gutiérrez, M. C., & Droguet, M. (2002). La cromatografía de gases y la espectrometría de masas: Identificación de compuestos causantes de mal olor. *Boletin Intexter Del Instituto de Investigacion Textil y de Cooperacion Industrial*, *122*, 35–41.

Haddouchi, F., Chaouche, T., Abderrahmane Lazouni, H., & Benmansour, A. (2011). Physicochemical study essential oils of Thymus fontanesii according to its conservation. *Scholars Research Library*, *3*(2), 404–410. www.derpharmachemica.com

Hamed, S. F., & Abo-Elwafa, G. A. (2012). Enhancement of oxidation stability of flax seed oil by blending with stable vegetable oils. *Journal of Applied Sciences Research*, *8*(10), 5039–5048.

Hosni, K., Zahed, N., Chrif, R., Abid, I., Medfei, W., Kallel, M., Brahim, N. Ben, & Sebei, H. (2010). Composition of peel essential oils from four selected Tunisian Citrus species: Evidence for the genotypic influence. *Food Chemistry*, *123*(4), 1098–1104. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.068

INDECOPI. (2014). *NTP 011.023 2014 Cítricos. Mandarinas, tangelos, naranjas y toronjas*.

Kamal, G. M., Anwar, F., Hussain, A. I., Sarri, N., & Ashraf, M. Y. (2011). Yield and chemical composition of Citrus essential oils as affected by drying pretreatment of peels. *International Food Research Journal*, *18*(4), 1275–1282.

Kays, S. J., & Paull, R. E. (2004). *Postharvest biology*. Athens, Ga. Exon Press.

Khan, A. A., Mahmood, T., Siddiqui, H. H., & Akhtar, J. (2016). Phytochemical and pharmacological properties on Citrus limetta (Mosambi). *Available Online Www.Jocpr.Com Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, *8*(3), 555–563. www.jocpr.com

Lahlou, M. (2004). Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research*, *18*(6), 435–448. https://doi.org/10.1002/ptr.1465

Lossi Nisthal, E. (2012). *Obtención de aceite esencial del flavelo del fruto del naranjo dulce (citrus sinensis L.) tipo blanca, variedad valencia, empleando el método de destilación por arrastre de vapor a nivel laboratorio, en función de diferentes tipos de corte y contenido de* [San Carlos de Guatemala].

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1233_Q.pdf

Lota, M.-L., de Rocca Serra, D., Tomi, F., Jacquemond, C., & Casanova, J. (2002). Volatile Components of Peel and Leaf Oils of Lemon and Lime Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(4), 796–805. https://doi.org/10.1021/jf010924l

Luna Choque, R. (2008). *Manual de manejo del cultivo de lima de olor*. https://ceder.org.pe/biblioteca/biblioteca-fisica/

Mahmud, S., Saleem, M., Siddique, S., Ahmed, R., Khanum, R., & Perveen, Z. (2009). Volatile components, antioxidant and antimicrobial activity of Citrus acida var. sour lime peel oil. *Journal of Saudi Chemical Society*, *13*(2), 195–198. https://doi.org/10.1016/j.jscs.2009.03.001

MINCETUR. (2014). *Catálogo de Oferta Exportable de la Región Moquegua*.

Muhammad Mushtaq, A., Salim-ur, R., Faqir, muhammad A., & Ehsan Elahi, B. (2006). Comparative Physical Examination of Various Citrus Peel Essential Oils. *International Journal of Agriculture and Biology*, *15000*, 186–190.

Nguyen, H., Campi, E. M., Roy Jackson, W., & Patti, A. F. (2009). Effect of oxidative deterioration on flavour and aroma components of lemon oil. *Food Chemistry*, *112*(2), 388–393. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.090

Nolazco-Cama, D., Téllez-Monzón, L., & Ccapa-Ramírez, K. (2015). Influencia de la concentración de aceite esencial de orégano (Origanum vulgare L.) en el tiempo de vida en anaquel del aceite de oliva (Olea europea) extravirgen. *Ingeniería Industrial*, *0*(033), 251.

https://doi.org/10.26439/ing.ind2015.n033.544

Orduz-Rodríguez, J. O., Monroy, H., Fischer, G., & Herrera A., A. (2009). Crecimiento y desarrollo del fruto de mandarina (Citrus reticulata) 'Arrayana' en condiciones del piedemonte del Meta, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *3*(2), 149–160.

Pinzón, I. M. del P., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (Passiflora edulis Sims.). *Agronomia Colombiana*, *25*(1), 83–95.

Quiroz Valle, A. E. (2009). *Utilizacion de residuos de cascara de naranja para la preparacion de un desengrasante domestico e industrial* [Universidad Internacional SEK]. ???

Ramesh Yadav, A., Chauhan, A. S., Rekha, M. N., Rao, L. J. M., & Ramteke, R. S. (2004). Flavour quality of dehydrated lime [Citrus aurantifolia (Christm.) Swingle]. *Food Chemistry*, *85*(1), 59–62. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.06.002

Revilla Fuentes, J. P., & Rivera Guillén, L. E. (2014). *Evaluacion de la extracion por arrastre con vapor del aceite esencial de la cascara de naanja tipo valencia del sur del Perú*. Universidad Nacional de San Agustin.

Rowshan, V., & Najafian, S. (2015). Changes of Peel Essential Oil Composition of Citrus aurantium L. During Fruit Maturation in Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *18*(4), 1006–1012. https://doi.org/10.1080/0972060X.2014.977564

Salehi, B., Upadhyay, S., Erdogan Orhan, I., Kumar Jugran, A., L.D. Jayaweera, S., A. Dias, D., Sharopov, F., Taheri, Y., Martins, N., Baghalpour, N., C. Cho, W., & Sharifi-Rad, J. (2019). Therapeutic Potential of α- and β-Pinene: A Miracle Gift of Nature. *Biomolecules*, *9*(11), 738. https://doi.org/10.3390/biom9110738

SENA. (2004). *Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales extraídos de Plantas Medicinales y Aromáticas*.

Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G., Daglia, M., Sharifi-Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi-Rad, M., Loizzo, M., Ademiluyi, A., Sharifi-Rad, R., Ayatollahi, S., & Iriti, M. (2017). Biological Activities of Essential Oils: From Plant Chemoecology to Traditional Healing Systems. *Molecules*, *22*(1), 70. https://doi.org/10.3390/molecules22010070

Silva, A. C. R. da, Lopes, P. M., Azevedo, M. M. B. de, Costa, D. C. M., Alviano, C. S., & Alviano, D. S. (2012). Biological Activities of a-Pinene and β-Pinene Enantiomers. *Molecules*, *17*(6), 6305–6316. https://doi.org/10.3390/molecules17066305

Smith, D. C., Forland, S., Bachanos, E., Matejka, M., & Barrett, V. (2001). Qualitative Analysis of Citrus Fruit Extracts by GC/MS: An Undergraduate Experiment. *The Chemical Educator*, *6*(1), 28–31. https://doi.org/10.1007/s00897000450a

Stashenko, E., Martínez, J., Durán G., D., & Díaz, O. (2007). Estudio comparativo de la composición química de los aceites esenciales de aloysia triphylla l´her britton cultivada en diferentes regiones de colombia. *Scientia Et Technica*,

13(33), 351–353. https://doi.org/10.22517/23447214.6119

Steuer, B., Schulz, H., & Läger, E. (2001). Classification and analysis of citrus oils by NIR spectroscopy. *Food Chemistry*, *72*(1), 113–117. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00209-0

Voo, S. S., Grimes, H. D., & Lange, B. M. (2012). Assessing the Biosynthetic Capabilities of Secretory Glands in Citrus Peel. *Plant Physiology*, *159*(1), 81–94. https://doi.org/10.1104/pp.112.194233

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: MEDICIÓN DEL % DE ACIDEZ E ÍNDICE DE MADUREZ NTP 011.023:2014

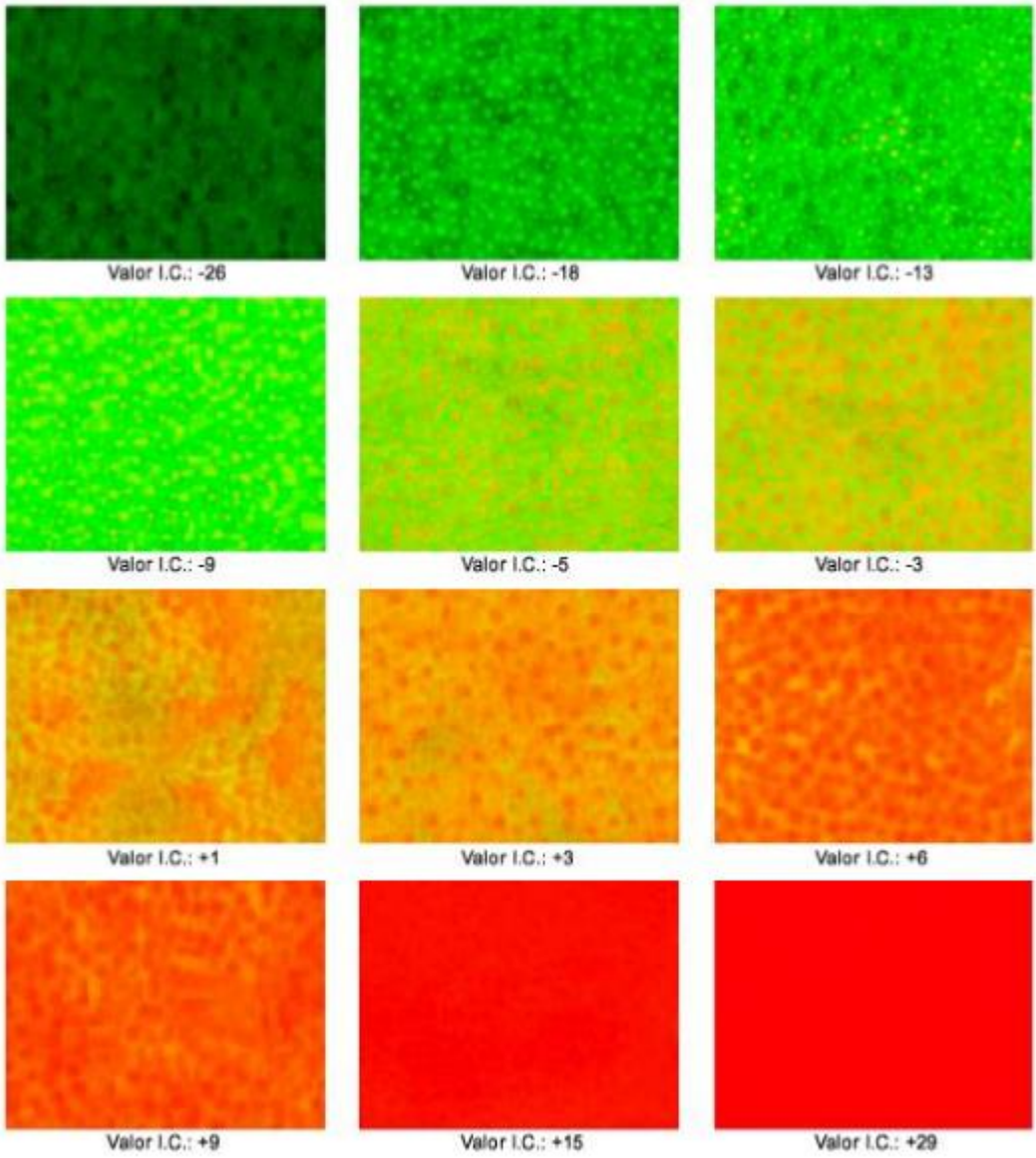


Figura 5. Tabla de colores

ANEXO 2: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS RESULTADOS

Análisis de la varianza %RENDIMIENTO

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
%RENDIMIENTO	18	0.99	0.98	7.3

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.88	5	0.78	189.35	<0.0001
COLOR	0.32	2	0.16	38.83	<0.0001
HUMEDAD	3.55	1	3.55	867.23	<0.0001
COLOR*HUMEDAD	0.01	2	3.80E-03	0.94	0.4194
Error	0.05	12	4.10E-03		
Total	3.93	17			

Análisis de la varianza DENSIDAD

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
DENSIDAD	18	0.77	0.67	4.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	5	0.01	8.05	0.0015
COLOR	0.02	2	0.01	9.66	0.0032
HUMEDAD	0.02	1	0.02	19.69	0.0008
COLOR*HUMEDAD	1.60E-03	2	7.80E-04	0.62	0.5561
Error	0.02	12	1.30E-03		
Total	0.07	17			

Análisis de la varianza INDICE DE REFRACCION

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
INDICE DE REFRACCION	18	0.48	0.26	0.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.20E-05	5	2.50E-06	2.22	0.1197
COLOR	6.90E-06	2	3.50E-06	3.08	0.083
HUMEDAD	2.50E-06	1	2.50E-06	2.21	0.1625
COLOR*HUMEDAD	3.10E-06	2	1.50E-06	1.36	0.2944
Error	1.40E-05	12	1.10E-06		
Total	2.60E-05	17			

Análisis de la varianza INDICE DE ACIDEZ

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
INDICE DE ACIDEZ	18	0.92	0.89	7.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.2	5	0.04	28.87	<0.0001
COLOR	0.05	2	0.03	18.09	0.0002
HUMEDAD	0.15	1	0.15	104.81	<0.0001
COLOR*HUMEDAD	4.70E-03	2	2.30E-03	1.67	0.2289
Error	0.02	12	1.40E-03		
Total	0.22	17			

Análisis de la varianza INDICE DE PEROXIDO

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
INDICE DE PEROXIDO	18	0.83	0.76	3.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.07	5	0.01	12.03	0.0002
COLOR	0.05	2	0.02	20.63	0.0001
HUMEDAD	0.01	1	0.01	9.98	0.0082
COLOR*HUMEDAD	0.01	2	0.01	4.45	0.0358
Error	0.01	12	1.10E-03		
Total	0.08	17			

ANEXO 3: ANÁLISIS DE PCA DE COMPUESTOS VOLÁTILES

Matriz de correlación/Coeficientes

Compuestos volátiles	X1	X6	X8	X10	X13	X16	X19	X20	X29
X1	1								
X6	0.37	1							
X8	0.99	0.39	1						
X10	-0.55	0.54	-0.51	1					
X13	-0.11	0.68	-0.11	0.73	1				
X16	-0.81	-0.13	-0.76	0.49	-0.05	1			
X19	-0.82	-0.39	-0.82	0.3	-0.32	0.89	1		
X20	-0.74	-0.85	-0.73	-0.04	-0.34	0.43	0.57	1	
X29	-0.1	0.73	-0.09	0.75	1	-0.02	-0.29	-0.39	1

Correlaciones con las variables originales

Variables	CP 1	CP 2
X1	0.93	-0.35
X6	0.61	0.71
X8	0.92	-0.33
X10	-0.25	0.93
X13	0.26	0.91
X16	-0.82	0.3
X19	-0.91	0.04
X20	-0.84	-0.27
X29	0.27	0.93

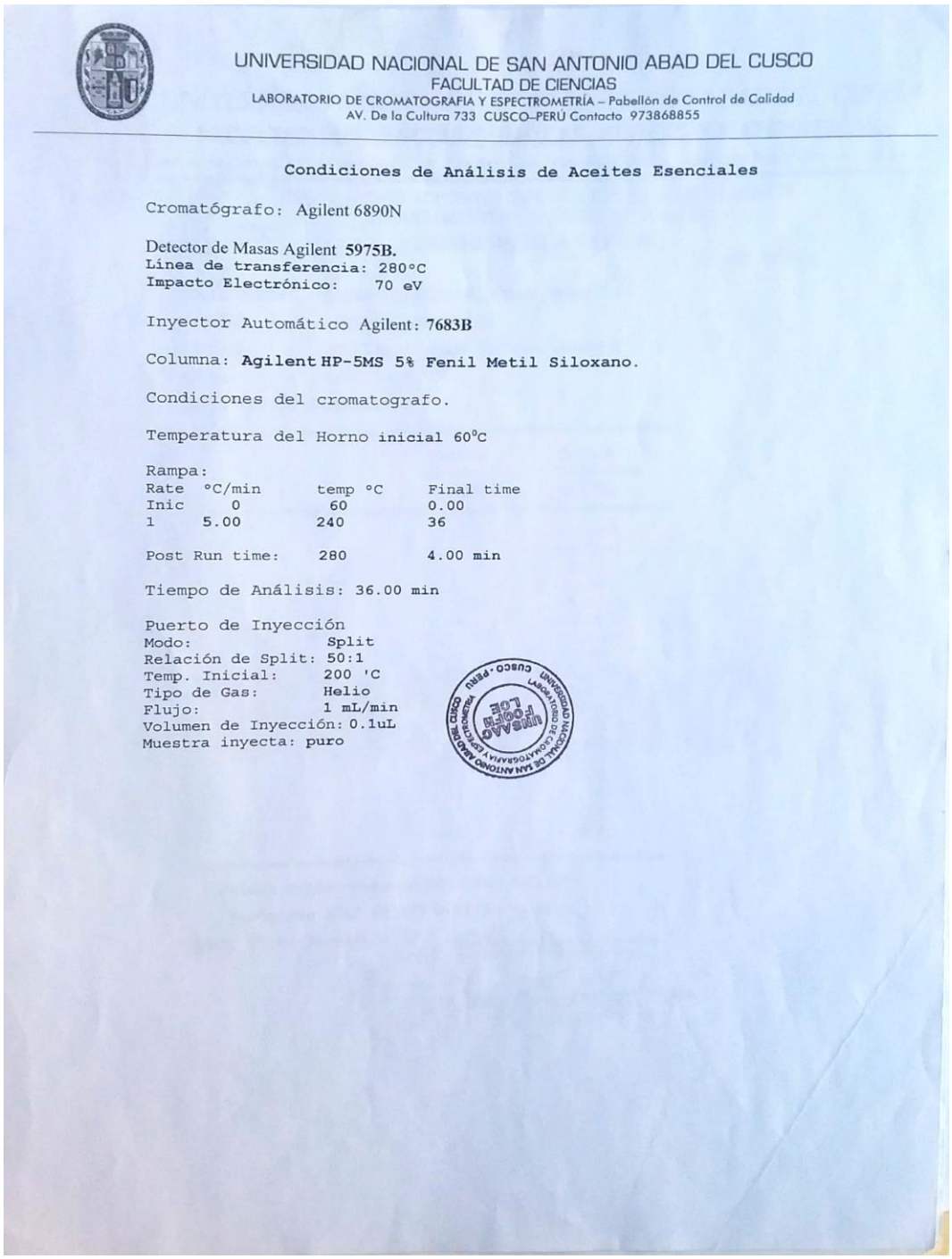
Correlación cofenética= 0.979

Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	4.49	0.5	0.5
2	3.44	0.38	0.88
3	0.84	0.09	0.97
4	0.12	0.01	0.99
5	0.11	0.01	1
6	0	0	1
7	0	0	1
8	0	0	1
9	0	0	1

ANEXO 4: ANÁLISIS DE COMPUESTOS VOLÁTILES

Condiciones de análisis de compuestos volátiles por cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733 CUSCO–PERÚ Contacto 973868855

Condiciones de Análisis de Aceites Esenciales

Cromatógrafo: Agilent 6890N

Detector de Masas Agilent **5975B.**
Línea de transferencia: 280°C
Impacto Electrónico: 70 eV

Inyector Automático Agilent: **7683B**

Columna: **Agilent HP-5MS 5% Fenil Metil Siloxano.**

Condiciones del cromatografo.

Temperatura del Horno inicial 60°C

Rampa:

Rate	°C/min	temp °C	Final time
Inic	0	60	0.00
1	5.00	240	36

Post Run time: 280 4.00 min

Tiempo de Análisis: 36.00 min

Puerto de Inyección
Modo: Split
Relación de Split: 50:1
Temp. Inicial: 200 'C
Tipo de Gas: Helio
Flujo: 1 mL/min
Volumen de Inyección: 0.1uL
Muestra inyecta: puro

Constancia del análisis del perfil de compuestos volátiles por cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

CONSTANCIA DE ANÁLISIS

El Laboratorio de Cromatografía de la Facultad De Ciencias de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, deja Constancia.

Que, bachiller Lidia Yesenia Maldonado Mamani de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua, ha presentado al Laboratorio 18 muestra de aceite esencial, para la caracterización e identificación de sus componentes volátiles como parte de su proyecto de investigación titulado. "**EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CÁSCARA DE LIMA DE OLOR (*Citrus Limetta*)**" los aceites esenciales ha sido caracterizado utilizando el Cromatógrafo de Gases Agilent 6890N, acoplado a un Espectrómetro de Masas. La identificación se basó en la comparación de las señales del espectro de masas de cada componente con los datos compilados en la librería NIST v11 (Wiley) y Flavor v2

Se expide la siguiente constancia a solicitud del interesado para los fines que vieran por conveniente.

Cusco de 07 Diciembre del 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO · LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRIA · CUSCO - PERU · UNSAAC FCCN LCE

Quim. Jorge Choquenaira Parí
Analista del Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría – UNSAAC.
CQP - 914

ANEXO 5: PROCEDIMIENTOS DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

I. PARA LA FRUTA

Medición del % de acidez e índice de madurez NTP 011.023:2014

- Tomar una muestra (12 frutos) respectiva del lote. Esta deberá tener características respectivas, como tamaño y color.
- Utilizar el exprimidor para obtener todo el jugo de la fruta.
- Agitar el zumo para homogenizar
- Tomar 5 mL del zumo y colocar en el Erlenmeyer.
- Luego añadir 5 gotas de fenolftaleína y 70 mL de agua destilada.
- Titular el zumo con NaOH 0.1 N, hasta obtener el cambio de color la solución de un rojo grosella. Anotar el gasto del hidróxido de sodio
- Se calcula el % de acidez de acuerdo a:

%Acidez = Gasto NaOH x (0.1) x 1.28 x Fc

Donde:

Gasto NaOH = mL de soda gastada en la titulación.

1.28 = Constante (para el Ácido cítrico).

Fc= =Factor de corrección de la soda (1 para NaOH estandarizado)

Se calculó el Índice de Madurez (IM) de acuerdo a:

$$IM = \frac{Brix}{\text{Acidez}}$$

II. PARA EL ACEITE ESENCIAL RESULTANTE

A. Método de la preparación de la muestra para el análisis (INDECOPI P 319. 077)

Consiste en agregarle a la muestra sulfato de magnesio anhidro en una proporción del 10% en peso del aceite esencial por espacio de 2 horas, a fin de que absorba la humedad residual que contiene para luego filtrarse y esté apta para el análisis.

B. Densidad y densidad relativa (INDECOPI P 319. 081)

Se define como la relación entre la densidad del aceite a 20 °C y la de H_2O destilada a 20 °C ó 4 °C es d_{20}^{20} ó d^{20} símbolos sin unidades. Y el procedimiento es el siguiente:

1 La preparación de la muestra para el análisis se efectuara según la NTP319.077

2 Se lava cuidadosamente el picnómetro, se escurre, se enjuaga sucesivamente con etanol y se seca el interior por medio de una corriente de aire seco.

2.1 Se seca la parte externa del picnómetro con una tela seca o un papel de filtro y se inserta el tapón

2.2 Se coloca el picnómetro en la balanza y se deja durante 30 minutos, luego se pesa.

3 Se llena el picnómetro con agua destilada o aproximadamente 20 °C y recientemente hervida, teniendo cuidado de evitar la presencia de burbujas de aire.

3.1 Se coloca el picnómetro en un baño de agua a 20 °C ± 0.2 °C durante 30 minutos. Se comprueba la temperatura del baño de agua por medio del termómetro normalizado y se enrasa con agua destilada hasta la marca.

3.2 Se inserta el tapón al picnómetro y se seca la parte externa con una tela seca o un papel filtro

3.3 Se coloca el picnómetro en la balanza, y se deja durante 30 minutos, luego se pesa con el contenido (P_1).

4 Se vacía el picnómetro, se lava con etanol y después con éter dietílico y se seca por medio de una corriente de aire seco

5 Se llena el picnómetro con el aceite esencial, que debe estar a aproximadamente 20 °C, evitando la presencia de burbujas de aire.

5.1 Se vuelve a colocar el picnómetro en el baño de agua a 20 °C ± 0.2 °C y se deja durante 30 minutos. Se enrasa con aceite esencial hasta la marca y se procede como en el punto 3.2 y 3.3 obteniéndose un peso (P_2)

La densidad es la relación entre el peso de un volumen dado de aceite esencial y su volumen a 20 °C en g/mL, la densidad relativa se calcula:

$$d = \frac{P_2 - P}{P_1 - P}$$

Dónde:

d= Densidad relativa

P= Peso en gramos del picnómetro vacío a 20 °C.

P_1= Peso en gramos del picnómetro más agua a 20 °C.

P_2= Peso en gramos del picnómetro lleno con la esencia a 20 °C

C. Índice de refracción (INDECOPI P 319. 075)

Es la relación del seno del ángulo de incidencias, al seno del ángulo de refracción de un rayo luminoso de longitud de onda determinada, que pasa del aire al aceite manteniendo su temperatura constante, se procede midiendo el ángulo de refracción del aceite esencial manteniendo en condiciones de transparencia isiotropismo, la longitud de onda de la luz útil es de 589,3 nm que corresponde a la línea de sodio (Na) a una temperatura de 20 °C o en su defecto luz difusa del día, si el equipo está provisto de un dispositivo compensador.

La ecuación a utilizarse para ajustar las lecturas a la temperatura estándar (20ºC) fue:

$$IR = IR' + 0.000385 \times (T - T')$$

Dónde:

T: temperatura de referencia (20ºC)

T´: temperatura a la que se realiza la lectura (°C)

IR´: lectura del índice de refracción realizada a la temperatura T´

IR: índice de refracción corregido

D. Método para determinar la rancidez: índice de peróxidos (Método recomendado por la A.O.A.C. 2012).

Procedimiento:

1. En un matraz Erlenmeyer de 250 ml., con tapón esmerilado, se pesaron 5 gramos de muestra. En estas condiciones se agregaron 30 ml de disolución de ácido acético/cloroformo y 0.5 ml de la disolución saturada de yoduro de potasio. Se tapó y se agitó durante un minuto.

2. Se tituló hasta la casi desaparición del color amarillo. Después se añadieron 0.5 ml. de disolución al 1% de almidón soluble y se continuó valorando hasta la desaparición del color azul.
3. Se hizo una prueba testigo. Se anotaron en cada caso los mililitros de disolución de tiosulfato 0.1 N gastados en las titulaciones. El volumen usado en el testigo, no debió exceder de 0.1 ml de tiosulfato 0.1 N.

$$I.P. = \frac{(S - B) * N * 1000}{g}$$

Dónde:

I.P. = Índice de peróxido expresado en Miliequivalentes / kg. de muestra.

S = Cantidad de mililitros de tiosulfato de sodio 0.1 N. usada en titular la muestra.

B = Cantidad de mililitros de tiosulfato de sodio 0.1 N. usada en titular el testigo.

N = Normalidad de la disolución de tiosulfato de sodio 0.1 N utilizada.

g = Gramos de la muestra.

E. Método para determinar índice acidez NTP 319.085 1974 (revisada el 2016)

Procedimiento:

- Se toma 1 ml. de muestra.
- Se agrega a 5ml. con etanol y 5 gotas fenolftaleína como indicador.
- Se titula con una solución de NaOH o KOH 0.01 N, hasta que vire a rosa tenue.
- El índice de acidez t se calcula utilizando la siguiente formula:

$$Indice\ de\ acidez = \frac{56{,}1 * V}{P}$$

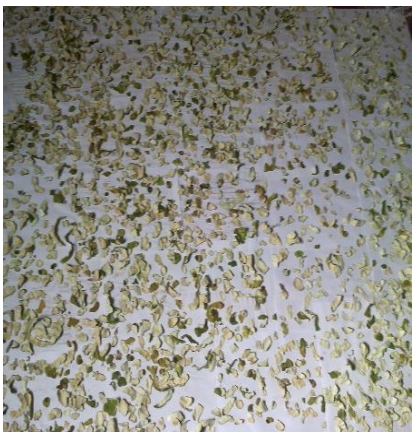
Dónde:

V: ml. de NaOH o KOH gastados en titulación

P: Gramos o ml. de muestra.

ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN

			
FOTO Nº 01	lima de olor en color verde	FOTO Nº 02	lima de olor en color verde amarillento
			
FOTO Nº 03	lima de Olor de color amarillo	FOTO Nº 04	lavado de la lima de olor
			
FOTO Nº 05	Embolsado de lima de Olor	FOTO Nº 06	Pesado de lima de olor

			
FOTO Nº 07	Jugo filtrado de la lima de olor	FOTO Nº 08	Evaluación del % de ácido cítrico de la lima de olor
			
FOTO Nº 09	Cáscara de la lima de olor	FOTO Nº 10	Cáscara de la lima de olor
			
FOTO Nº 11	Pesado de la cáscara de la lima de olor	FOTO Nº 12	Secado bajo sombra de la cáscara de la lima de olor

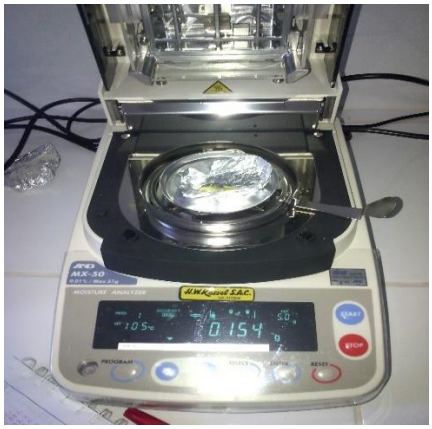
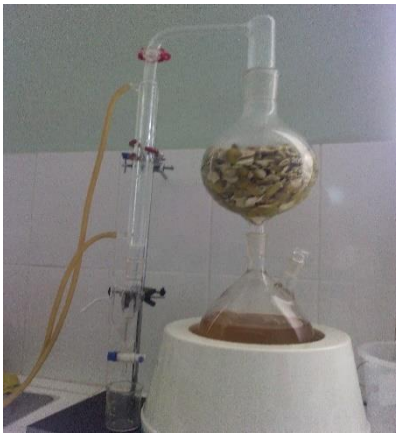
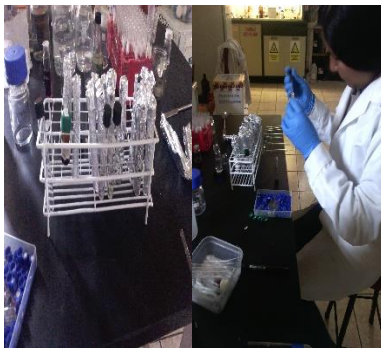
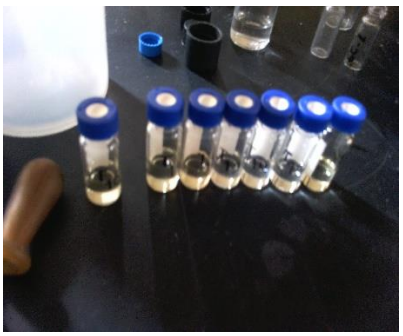
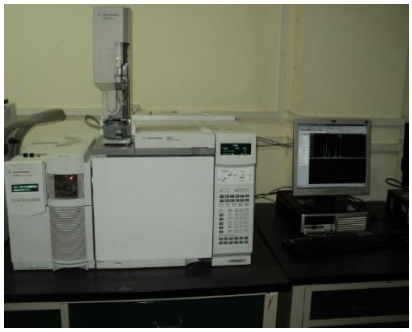
			
FOTO Nº 13	Evaluación del estado de humedad de la cáscara de lima de olor	FOTO Nº 14	Destilación de cáscara de la lima de olor para obtener aceite esencial.
			
FOTO Nº 15	Aceite esencial de la cáscara de la lima de olor	FOTO Nº 16	Aceite esencial de la cáscara de la lima de olor
			
FOTO Nº 17	Aceite esencial de la cáscara de la lima de olor	FOTO Nº 18	Determinación de la densidad Aceite esencial de la cáscara de la lima de olor

			
FOTO Nº 19	Determinación del índice de acidez del aceite esencial de la cáscara de la lima de olor	FOTO Nº 20	Determinación de índice de peróxido del aceite esencial de la cáscara de la lima de olor
			
FOTO Nº 21	Muestras aceite esencial de la cáscara de la lima de olor	FOTO Nº 22	Preparación de la muestra aceite esencial de la cáscara de la lima de olor
			
FOTO Nº 23	Muestras aceite esencial de la cáscara de la lima de olor en la columna cromatografía	FOTO Nº 24	Identificación de los compuestos volátiles en la CG/MS de aceite esencial de la cáscara de la lima de olor

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : LIDIA YESENIA MALDONADO MAMANI
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 70503872
Correo electrónico : galeen124@gmail.com
Teléfono/Celular : 953980496

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis **(X)**
b) Trabajo de Investigación **( )**
c) Trabajo de suficiencia profesional **( )**
d) Trabajo académico **( )**

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título: EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CÁSCARA DE LIMA DE OLOR (*Citrus limetta*)

b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra: https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.11.01
c) Fecha de publicación: .....

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos: ESCOBEDO PACHECO ELÍAS
b) DNI/Pasaporte/Cédula: 01325087
c) ORCID: 0000-0002-8256-2546

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 70503872
NOMBRES Y APELLIDOS : LIDIA YESENIA MALDONADO MAMANI

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X)

(X) SI autorizo que se deposite inmediatamente

FIRMA : .....



DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 70503872

NOMBRES Y APELLIDOS : LIDIA YESENIA MALDONADO MAMANI

FECHA : MOQUEGUA, 11 DE DICIEMBRE DEL 2023

ANEXO VIII

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, LIDIA YESENIA MALDONADO MAMANI,
bachiller de la Escuela Profesional de:
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI N°. 70503872, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional denominado:
EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CÁSCARA DE LIMA DE OLOR (Citrus limetta)

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 11 DE DICIEMBRE DEL 2023



Huella digital

Nombres y Apellidos: LIDIA YESENIA MALDONADO MAMANI
DNI: 70503872

32.

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Informe Final de Proyecto de Investigación de Tesis - Lidia Yesenia Maldonado Maman i.pdf (D132105292)
Submitted	2022-03-31T03:44:00.0000000
Submitted by	Elias
Submitter email	eescobedop@unam.edu.pe
Similarity	2%
Analysis address	eescobedop.unampe@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**8303-Diaz Ruiz, Adan.pdf** Document 8303-Diaz Ruiz, Adan.pdf (D34960396)	1
SA	**tesis.docx** Document tesis.docx (D35375542)	2
SA	**tesiis NEVAREZ CARPIO BELEN 20Feb2014.pdf** Document tesiis NEVAREZ CARPIO BELEN 20Feb2014.pdf (D10094615)	2
SA	**Redacción_1.docx** Document Redacción_1.docx (D47625558)	2
SA	**MarianaOrtiz.docx** Document MarianaOrtiz.docx (D47742659)	1
SA	**TESIS_P.coruscans.docx** Document TESIS_P.coruscans.docx (D49690048)	2
SA	**TESIS_P.coruscans.docx** Document TESIS_P.coruscans.docx (D50558877)	1
SA	**Tesis Final Sully Coello Salazar.docx** Document Tesis Final Sully Coello Salazar.docx (D13541555)	1
SA	**1A_Lopez_Ordoñez_Wivick_Xaulo_Título_Profesional_2017.pdf** Document 1A_Lopez_Ordoñez_Wivick_Xaulo_Título_Profesional_2017.pdf (D30162131)	1
SA	**TESIS FINAL CARLOMAGNO (4).docx** Document TESIS FINAL CARLOMAGNO (4).docx (D111048666)	1
SA	**SANCHEZ, ALVAREZ Y NINAHUANCA.docx** Document SANCHEZ, ALVAREZ Y NINAHUANCA.docx (D34751732)	1

DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES
"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA Nº 273-2024-UNAM/CO

Moquegua, 22 de abril de 2024

LA COMISIÓN ORGANIZADORA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

VISTOS:

El Acuerdo de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de fecha 17 de abril de 2024; PROVEÍDO N° 9030-2024 de fecha 17 de abril de 2024 emitido por la Presidencia de la Comisión Organizadora; INFORME N° 273-2024-UNAM-CO-P/SG de fecha 17 de abril de 2024 emitido por la Secretaría General; CARTAS Nº 022 y 027-2024-GYT/UNAM-PCAS emitidos por el Especialista de Grados y Títulos; Sobre el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial y demás documentos que escoltan el expediente administrativo, y;

CONSIDERANDO:

Que, la Constitución Política del Perú en su artículo 18º prevé que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico, y el artículo 8º de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica las organizaciones de su sistema académico, económico y administrativo, así como la administración de sus bienes y rentas, elaborar su presupuesto y aplicar sus fondos con la responsabilidad que impone la Ley;

Que, de conformidad con la Ley N° 28520 de fecha 23/05/2005, se creó la Universidad Nacional de Moquegua, cuyo artículo 1º dispone: "créase la Universidad Nacional de Moquegua como persona jurídica de derecho público interno, con sede en la ciudad de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua";

Que, el artículo 29° de la Ley Universitaria, Ley N° 30220, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación (MINEDU), constituye una Comisión Organizadora integrada por tres (3) académicos de reconocido prestigio, que cumplan los mismos requisitos para ser Rector (…). Esta Comisión tiene a su cargo la aprobación del estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica y administrativa de la universidad, formulados en los instrumentos de planeamiento, así como su conducción y dirección hasta que se constituyan los órganos de gobierno que, de acuerdo a la presente Ley, le correspondan";

Que, mediante Resolución Viceministerial Nº 011-2024-MINEDU de fecha 31/01/2024, se reconformó la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Moquegua, integrada por los académicos: Dr. Jorge Lázaro Franco Medina, como Presidente; Dr. Edwin Molina Porcel, como Vicepresidente Académico y Dr. Avid Roman Gonzalez, como Vicepresidente de Investigación;

Que, el artículo 58° de la Ley Universitaria, Ley Nº 30220, concordado con el artículo 14º del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado con Resolución de Comisión Organizadora Nº 578-2021-UNAM, establecen que el **Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la universidad.** En el caso de la Universidad Nacional de Moquegua, dada su condición y naturaleza, corresponde ejercer dicha atribución a la Comisión Organizadora quien hace las veces de Consejo Universitario, disposición relacionada con la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y sus modificatorias;

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

Que, el artículo 44° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...);

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa **los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis** o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora Nº 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022 y N° 880-2023-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, mediante las Cartas N° 022 y 027-2024-GYT/UNAM-PCAS, el Especialista del Área de Grados y Títulos, remite a Secretaria General, la relación de cinco (5) bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quienes se encuentran aptos para la expedición del Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios[1], exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial,, razón por la cual la Secretaría General incluye el expediente como punto de agenda para ser tratado en Sesión de Comisión Organizadora de fecha 17 de abril de 2024;

Que, se ha establecido como atribución de la Comision Organizadora de la UNAM, la facultad de conferir los grados académicos y los títulos profesionales (...), por lo que en mérito al pedido del Secretario General y debatido el caso en Sesión Ordinaria de fecha 17 de abril de 2024, se acordó por unanimidad **conferir a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, por la**

---

[1] Artículo 122°. - Requisitos para la obtención del Título Profesional
Para obtener el Título Profesional el interesado deberá presentar ante su Escuela Profesional un expediente con la siguiente documentación:

a. Solicitud dirigida al Director de la Escuela Profesional o quien haga sus veces, indicando la fecha y numero de comprobante de pago.
b. Dos (2) fotografías de frente, tamaño pasaporte a color con fondo blanco (con traje formal); para garantizar la seguridad ciudadana.
c. Dos ejemplares de la Tesis, del Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe del Examen Profesional en físico, uno para la Biblioteca y otro para la Escuela Profesional, y un CD con la versión digital.
d. Formulario de autorización del graduado para la publicación de la Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe de Examen Profesional en el repositorio.
e. Declaración Jurada de originalidad de la Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe de Examen Profesional.

La Escuela Profesional es responsable de completar el expediente del bachiller en un plazo máximo de 3 días hábiles y derivar a la Oficina de Secretaría General, adjuntando los siguientes documentos:

a. Copia del acta de sustentación indicando la modalidad de obtención del título profesional.
b. Constancia de "no adeudo" de Bienes a la Universidad, bienes a los Laboratorios Básicos y de Especialidad, material bibliográfico; dichos documentos deberán ser refrendados por los responsables a cargo.

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES
"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

modalidad de la Sustentación de Tesis, a cinco (5) Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Moquegua;

Estando en uso de las facultades y atribuciones conferidas en el artículo 18° de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 30220, Ley Universitaria; el Documento Normativo denominado: "Disposiciones para la Constitución y Funcionamiento de las Comisiones Organizadoras de las Universidades Públicas en proceso de Constitución", aprobado mediante la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y sus modificatorias, y en la Resolución Viceministerial Nº 011-2024-MINEDU, así como en el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua y demás normas concordantes;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: CONFERIR, a nombre de la Nación el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL,** por la modalidad de la Sustentación de Tesis, a los Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua, que se consigna en el listado siguiente:

1. **FROILAN ROQUE CACERES**

   TESIS : "TIPIFICACIÓN FLORAL DE MIELES DE *Apis Mellifera* EN EL VALLE INTERANDINO DEL TICSANI, REGIÓN DE MOQUEGUA"

2. **LIDIA YESENIA MALDONADO MAMANI**

   TESIS : "EFECTO DEL ESTADO DE MADUREZ SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CÁSCARA DE LIMA DE OLOR (*Citrus Limetta*)"

3. **KARLA SYNDEL DIAZ HUAMANI**

   TESIS : "ESTUDIO DE UN PROCESO INTEGRADO SOSTENIBLE PARA LA EXTRACCIÓN DE POLIFENOLES A PARTIR DE HOJAS DE OLIVO".

4. **YOLANDA CRISTINA PALOMINO VILLEGAS**

   TESIS : "ESTUDIO DE UN PROCESO INTEGRADO SOSTENIBLE PARA LA EXTRACCIÓN DE POLIFENOLES A PARTIR DE HOJAS DE OLIVO".

5. **FRANK JORGE HERVAS NINA**

   TESIS : "ESTUDIO DEL USO DE LÍQUIDOS PRESURIZADOS PARA LA EXTRACCIÓN DE POLIFENOLES PRESENTES EN ALGA MARINAS ROJAS".

ARTÍCULO SEGUNDO: AUTORIZAR, a la Secretaría General de la Universidad Nacional de Moquegua, expedir y registrar los Diplomas correspondientes para su otorgamiento.

ARTÍCULO TERCERO: ENCARGAR al Área de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, para que realice las acciones pertinentes conducentes, relacionadas con la inscripción de los grados y títulos en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

///... **Resolución de Comision Organizadora Nº 273-2024-UNAM/CO**

ARTÍCULO CUARTO: NOTIFICAR, la presente Resolución a todas las instancias y dependencias administrativas y académicas de la Universidad Nacional de Moquegua, para su conocimiento, cumplimiento y demás fines pertinentes.

ARTÍCULO QUINTO: ENCARGAR, a la Oficina de Tecnología de la Información, la publicación de la presente Resolución en el portal de transparencia de la Universidad Nacional de Moquegua.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, CUMPLASE Y ARCHÍVESE.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA · PRESIDENTE

DR. JORGE LAZARO FRANCO MEDINA
Presidente de la Comisión Organizadora
Universidad Nacional de Moquegua

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA · SECRETARIA GENERAL

ABOG. KEVIN YUVER CHIHUAN QUISPE
Secretario General
Universidad Nacional de Moquegua

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe