



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **[Reconocimiento-CompartirIguual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**  
**EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD**

**CONSTANCIA**

El que subscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS DEL SOLVENTE EN LA EFICIENCIA DE RECUPERACION DEL BETACAROTENO A PARTIR DE LA ALFALFA (MEDICAGO SATIVA L.)**

Presentado por:

**GIRALDO ANCHANTE JERSON BRIAN**

Autor de la tesis del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de **INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA**. El Resultado obtenido es 01% (PORCENTAJE DE SIMILITUD) por lo cual se otorga el calificativo de:

**APROBADO**, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

El porcentaje de similitud es menor del 20%, establecido como máximo por Reglamento de Evaluación de originalidad.

Ica, 04 de julio del 2022

**SANTOS HUMBERTO OLIVERA MACHADO**  
**DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA**

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUÍS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE QUÍMICA



Tesis:

**Influencia de las características del solvente en la eficiencia de recuperación del betacaroteno a partir de la alfalfa (*Medicago sativa L.*)**

**Línea de investigación:** Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles.

**AUTOR:**

Giraldo Anchante Jerson Brian

**ASESOR:**

Dr. Rosalío Cusi Palomino

ICA – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo  
investigativo va dedicado  
principalmente a Dios, por ser  
el inspirador y darme la fuerza  
para continuar en este proceso  
de obtener uno de mis anhelos  
más deseados.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por la vida, por guiarme a lo largo de mí existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres (abuelos), por su amor, enseñanzas, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Tengo el orgullo y el privilegio de ser originario de ustedes, son los mejores padres.

A mis hermanos por estar siempre presentes, ser él digno ejemplo para ellos, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas por el apoyo incondicional que han hecho que este trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que con su granito de arena hicieron que este sueño se llegue a realizar y compartieron sus conocimientos.

Dr. Felipe Surco Laos, Dr. Manuel Valle Campos, Ing. Pedro Pasache Cordero, Ing. Jorge Espinoza La Rosa,

## Índice de contenido

<b>CAPÍTULO I</b> .....	2
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	2
1.1 Antecedentes .....	2
1.2. Bases teóricas.....	5
1.3. Marco conceptual.....	9
<b>CAPÍTULO II</b> .....	22
<b>PROBLEMA, OBJETIVO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	22
2.1. Situación problemática. ....	22
2.2. Delimitación del problema.....	22
2.3. Formulación del problema.....	22
2.4. Objetivos .....	23
2.5. Hipótesis general. ....	23
<b>CAPÍTULO III</b> .....	25
<b>METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION</b> .....	25
3.1. Tipo y nivel de la investigación.....	25
3.2. Población y muestra de la investigación. ....	25
3.3. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	26
3.4 Técnicas de procesamiento y análisis de resultados.....	26
<b>CAPITULO IV:</b> .....	27
<b>MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS</b> .....	27
4.1. Materiales, equipos e instrumentos empleados. ....	27
4.2. Preparación de la muestra. ....	28
<b>CAPITULO V:</b> .....	36
<b>RESULTADOS, ANÁLISIS, DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS</b> .....	36
5.1. Del análisis del material biológico.....	36
<b>DISCUSIÓN</b> .....	54
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	56
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	57
<b>VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN</b> . ....	58
<b>ANEXOS</b> .....	60
<b>ANEXO 1</b> .....	60
<b>ANEXO II REGISTRO FOTOGRÁFICO</b> .....	61
<b>ANEXO III</b> .....	65

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Variables e indicadores .....	24
Tabla 3.1 Técnicas de recolección de información.....	26
Tabla 3.2. Instrumentos de recolección de información .....	26
Tabla 5.1 Tamizado en mallas.....	36
Tabla 5.2 Análisis proximal de la alfalfa Variedad San Pedro (Medicago sativa L.).....	42
Tabla 5.3 Análisis proximal de la alfalfa Variedad Monsefú (Medicago sativa L.).....	42
Tabla 5.4.1 Determinación de cenizas.....	43
Tabla 5.5.1 Descripción de variedades de alfalfa cultivadas en Perú últimos 30 años .....	44
Tabla 5.6. Extracto etéreo variedad San Pedro.....	45
Tabla 5.7 Extracto hexánico variedad San Pedro .....	45
Tabla 5.8 Extracto acetónico variedad San Pedro .....	46
Tabla 5.9 Extracto etanólico variedad San Pedro .....	46
Tabla 5.10 Extracto etéreo variedad Monsefú .....	47
Tabla 5.11 Extracto hexánico variedad Monsefú .....	47
Tabla 5.12 Extracto acetónico variedad Monsefú.....	48
Tabla 5.13 Extracto etanólico variedad Monsefú .....	48
Tabla 5.14 Extracción de betacaroteno en las variedades San Pedro y .....	49
Monsefú adultas	
Tabla 5.14 Contrastración de betacaroteno en las variedades San Pedro y.....	52
Monsefú adultas.	
Tabla 5.15 Polaridad de los solventes .....	52
Tabla 5.15 Polaridad de los solventes. ....	54
Tabla A.1 Serie eluotrópica de disolventes ordenados de acuerdo a su polaridad .....	60
relativa creciente1	

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig.1.1: Disolución de una sustancia iónica en el agua .....	6
Fig.1.2: Unión de las moléculas polares del agua.....	6
Fig. 1.3: Puente de hidrogeno generado entre las moléculas del agua. ....	7
Fig. 1.4: Partes de la planta de alfalfa (Medicago sativa L.).....	11
Fig. 1.5: Plantación de alfalfa variedades de Monsefú, San Pedro y Californiana.....	11
Fig. 1.6: Estructura de la molécula de betacaroteno .....	14
Fig.1.7: Formula estructural del pentano .....	15
Fig. 1.8: Componentes del éter de petróleo .....	15
Fig. 1.9: Estructura del etanol .....	21
Fig. 4.1: Esquema del equipo de destilación azeotrópica. ....	29
Fig.4.2: Espectrofotómetro Uv visible T-9200.....	34
Fig.4.3 Identificación de muestras por placa fisher .....	35
Fig.4.4 Principales vías oxidativas en el metabolismo del B-caroteno, división central.....	35
y excéntrica	
Gráfico 5.1 Gráfico milimetrado de Acumulado retenido versus Diámetro medio.....	36
Gráfico 5.2 Gráfico milimetrado de Acumulado pasante versus Diámetro medio.....	37
Figura 5.1: Etapas del Tamizado .....	37
Figura 5.2: Eficiencia del Tamizado .....	38
Figura 5.3: Eficiencia del Tamizado .....	40
Fig.5.4 Determinación del triturado y tamizado .....	41
Fig.5.6 Determinación de peso .....	50
Fig.5.7 Filtrado del extracto .....	50
Fig.5.8 Muestras en la pera de bromo .....	51
Fig.5.9 Lectura de absorbancia por espectrofotometría .....	51
Fig.5.10 Extracción del betacaroteno .....	55
Foto 1. Recolección de la alfalfa Monsefú y San Pedro .....	61
Foto 2. Muestras de alfalfa empleada en las pruebas experimentales .....	61
Foto 3. Estufa para el Secado de la muestra .....	62
Foto 4. Extracción del betacaroteno por maceración .....	62
Foto 5. Equipo Soxlhet para la extracción de grasas .....	63
Foto 6. Extracción del beta caroteno por percolación.....	63
Foto 7. Extracción del betacaroteno .....	64
Foto 8. Entrega de muestra a laboratorios externos .....	64
Foto 9. Bioseguridad de los reactivos.....	65

Foto 10: Constancia de laboratorio.....	66
Foto 11: Constancia de laboratorio.....	67
Foto 12. Análisis fisicoquímico y microbiológico.....	68
Foto 13. Análisis fisicoquímico .....	69

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Influencia de las características del solvente en la eficiencia de recuperación del beta caroteno a partir de la alfalfa (*Medicago sativa L.*)”, es una investigación de tipo aplicada, por su nivel explicativo y por su diseño experimental, cuyo objetivo es determinar la influencia del solvente en la extracción del betacaroteno, que contiene la *Medicago sativa L.*, planta empleada como forraje pero aplicación en la medicina natural por sus propiedades nutritivas y por contener metabolitos secundarios de acción fisiológica como el betacaroteno y las saponinas. El desarrollo de la tesis incluye una parte teórica sobre el estudio de las propiedades de los solventes y de la materia prima y una parte experimental en la que se llevaron a cabo ensayos con cuatro solventes: éter de petróleo, hexano, etanol y acetona, de diferente índice de polaridad, con lo que se demuestra que las características del solvente influyen directamente en la extracción de las sustancias como el betacaroteno que es un hidrocarburo apolar, capaz de disolverse en todas las proporciones en sustancias totalmente apolares como el éter de petróleo y el hexano. De esta manera se logró extraer con estos solventes un promedio total para ambas variedades 20.1665 ug/g de betacaroteno a partir de la alfalfa seca por el método modificado de maceración y percolación en frío, método que además impide la degradación del producto por efecto del calor y del oxígeno.

**PALABRAS CLAVES:** Betacaroteno, solventes apolares, éter de petróleo.

## ABSTRACT

The present investigation entitled "Influence of solvent characteristics on the recovery efficiency of beta carotene from alfalfa (*Medicago sativa* L.)", is an applied type investigation, due to its explanatory level and its experimental design, whose The objective is to determine the influence of the solvent on the extraction of beta-carotene, which contains *Medicago sativa* L, a plant used as forage but used in natural medicine due to its nutritional properties and because it contains secondary metabolites of physiological action such as beta-carotene and saponins. The development of the thesis includes a theoretical part on the study of the properties of solvents and raw materials and an experimental part in which tests were carried out with four solvents: petroleum ether, hexane, ethanol and acetone, from different polarity index, with which it is shown that the characteristics of the solvent directly influence the extraction of substances such as beta-carotene, which is an apolar hydrocarbon, capable of dissolving in all proportions in totally nonpolar substances such as petroleum ether and hexane. In this way, a total average of 20.1665 ug/g of beta-carotene will be extracted with these solvents for both varieties from dry alfalfa by the modified method of cold maceration and percolation, a method that also prevents product degradation due to the effect of heat and of oxygen.

KEY WORDS: Beta-carotene, apolar solvents, petroleum ether.

## **INTRODUCCIÓN**

En el campo de la extracción de los principios activos de las plantas, con fines industriales, como es el caso del beta caroteno que es un colorante permitido para uso alimentario y que tiene una amplia aplicación; juega un papel importante el solvente empleado en el proceso de extracción, este debe de reunir ciertas características que le permitan ser para el caso en cuestión, un solvente selectivo y de gran eficiencia. Por tanto, su selección no solo se basa en cuestiones teóricas sino también experimentales ya que se requiere mediante ensayos establecer los parámetros adecuados que permitan una extracción eficiente. Desde esa óptica en la presente investigación se propone el estudio de varios solventes aplicados a la extracción del beta caroteno, con el fin de seleccionar el que mejores posibilidades de una extracción máxima permita y que el producto final obtenido de la alfalfa, sea de buena calidad.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes

Para el desarrollo de la parte teórica y experimental de la tesis fue necesario revisar antecedentes internacionales y nacionales de estudios desarrollados sobre el tema que en esta tesis se aborda, siendo estos los que a continuación en forma resumida transcribimos:

#### 1.1.1. A nivel internacional

- En el año 2000 **Duran y Moreno [1]**, presentaron su tesis titulada “Evaluación de algunas mezclas de solventes en la extracción de carotenoides del pericarpio de tamarillo: (*Cyphomandra betacea* sendt), a la Universidad Nacional de Venezuela, en la que se evaluó la extracción de carotenoides totales (CT) a partir del pericarpio de tamarillo (*Cyphomandra betacea* Sendt). Con el fin de proteger al beta caroteno de la luz, los ensayos se llevaron a cabo en la oscuridad, empleando como solventes: n-hexano, éter de petróleo y mezclas de ellos en las siguientes proporciones: 75:25, 50:50 y 25:75 (v/v). Para medir la absorbancia en el espectrofotómetro se seleccionó una longitud de onda de 440 nm. Lo reportes indicaron diferencias en cada uno de las extracciones, siendo las más adecuadas aquellas que emplearon las mezclas 50:50 (0,507g CT/g de pericarpio) En estos ensayos también se evaluó el tiempo haciendo pruebas de extracción en tiempos que van desde una hora hasta 48 horas, estadísticamente se concluyó que el tiempo más adecuado fue el de 48 horas. Finalmente, los autores concluyen que la extracción idónea de beta caroteno se hizo empleando como mezcla de solvente 50% n-hexano: 50% éter de petróleo y 48 h. de remoción sin agitación, obteniéndose 0,051 g CT/g de pericarpio.
- En el año 2017, **Rubio** y colaboradores [2], presentaron su investigación titulada *Aspectos teóricos de la extracción de carotenoides a partir de microalgas*, a la Fundación Universidad de América. Bogotá Colombia, investigación experimental en la que se estudiaron tres fases del proceso de extracción de carotenoides a partir de microalgas: selección de la microalga, cultivo de la cepa en diferentes condiciones para inducir la generación del compuesto y separación del metabolito. En el estudio se llegaron a las siguientes conclusiones: La acumulación de carotenoides en las microalgas, así como el uso de solventes adecuados es un problema no resuelto en este estudio ya se consideran factores muy críticos. Además, los solventes ensayados para la extracción resultaron ser muy contaminantes.

- En el año 2014, **Quiñones [3]**, presentó su tesis titulada Extracción de colorante de chile jalapeño (*capsicum annum l.*) a nivel laboratorio con tres solventes, a la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, cuyo objetivo principal fue la extracción, a nivel laboratorio, de los pigmentos colorantes del tipo carotenoides contenidos en los frutos maduros de chile jalapeño (*Capsicum annum L.*) provenientes del departamento de Santa Rosa. El autor trabajó con muestras de chile de 50 g empleando como solventes: acetona, etanol (grado industrial) y metanol, por separado. El extractor fue de cuchillas y se realizaron 5 ensayos con cada solvente. Los extractos se concentraron en rotavapor a temperaturas inferiores a 70°C. Mediante procedimientos adecuados se secaron los extractos y por cromatografía y espectrofotometría se cuantificó el caroteno. El autor concluye que la acetona es el solvente adecuado con el cual se pudo extraer 0.6016% de caroteno en relación al peso de la muestra.
- En el año 2016 **Catalán [4]**. Presentó su tesis titulada Extracción y caracterización de  $\beta$ -caroteno obtenido de la cáscara de banano (*musa paradisiaca l.*) evaluando el rendimiento de tres diferentes solventes de distinta polaridad para su utilización como colorante natural, a escala laboratorio, a la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad San Carlos de Guatemala, en la cual, se evaluó el rendimiento de tres solventes de distinta polaridad, en extracciones sólido líquido empleando el equipo Soxhlet. Los estudios experimentales realizados indicaron que el mejor solvente empleado fue el etanol, con el cual se obtuvo un total de 0,9124 ppm, de  $\beta$ -caroteno de la cáscara de banano.
- En el año 2015, **Román** y colaboradores [5], presentaron su trabajo de investigación titulado Implementación de la extracción y análisis de  $\beta$ -caroteno en zanahoria (*Daucus carota l.*) por fluidos supercríticos (FSC) y UPHLC-DAD, al SENNOVA (Sistema de Investigación Desarrollo Tecnológico e Innovación), el objetivo de este trabajo fue cuantificar el beta caroteno de la zanahoria por UHPLC-DAD, utilizando la extracción con fluidos supercríticos (FSC). Los parámetros adecuados para este método de extracción fueron: temperatura 80 °C y presión 450 bar, con los cuales se obtuvo entre 8,5 y 19,5 mg de  $\beta$ -caroteno por cada 100 g de zanahoria. Según el autor con el aumento de la temperatura se logró un mayor rendimiento de  $\beta$ -carotenos de hasta 45,8%. Para la extracción se empleó el dióxido de carbono como fluido supercrítico.

### 1.1.2. A nivel nacional:

- En el año 2017, **Nayhua [6]**, presentó su tesis titulada Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (*opuntia ficus-indica*) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del distrito de San Cristóbal-Moquegua. A la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano. El estudio se diseñó para extraer betalainas a partir de la cáscara de tuna, la cual constituye el 46,82% del peso total del fruto, el extracto de la cáscara presenta un pH igual a 5,39, sólidos solubles 5,02 °Brix y humedad de 85,17%. La extracción fue sólido -líquidos utilizando etanol en diferentes concentraciones (30 - 90%) y en tiempos que van desde 30 hasta 120 min, empleando cantidades de cáscara entre 5 y 15 g. La cantidad máxima de betalainas que se obtuvo fue de 0,173 mg, su reconocimiento se hizo por espectrofotometría UV-Visible.
- En el año 2012, **Roque [7]**, presentó su tesis titulada Extracción por acción biocatalítica y cuantificación de  $\beta$ -caroteno y licopeno de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* de *Solanum betaceum*) del distrito de Pariahuanca, a la Universidad del Centro del Perú. En la parte experimental de la tesis se trabajó con tomates maduros (índice de madurez de 4,71), que se llevaron a secado en horno a 40 °C por 96 horas. Luego se molió y tamizó a malla 425. Posteriormente este material se hidrolizó para extraer  $\beta$ -caroteno y licopeno, utilizando un complejo enzimático celulósico, sintetizado de hongo *Aspergillus niger* ATCC 10864. La relación enzima: sustrato fue 1:16 y 1:23, la temperatura 30 y 40 °C y el tiempo 2 y 4 horas. Los solventes empleados fueron mezclas de hexano, etanol, acetona y tolueno en relación 10:6:7:7 en volumen, se trabajó a 35°C durante 3 horas para todos los ensayos. La oleoresina obtenida se saponificó y se cuantificó por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC).
- En el año 2010, **Lujan [8]**, presentó su tesis titulada *Evaluar la estabilidad de la pro vitamina A en la pulpa liofilizada de tres morfotipos de aguaje (Mauritia flexuosa L.f)*, a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, cuyo objetivo fue determinar la estabilidad de la pro vitamina A de tres morfotipos de aguaje: Amarillo, Color, Shambo. La pulpa del fruto se liofilizó a -50 °C. se colocó en capsulas de gelatina y se llevó a secado a temperaturas menores a 30°C para luego evaluar el beta caroteno por espectrofotometría. Finalmente se estudió la actividad antioxidante de cada morfotipo, con concentraciones de dilución de 10000  $\mu\text{g/mL}$ , 3000  $\mu\text{g/mL}$ , 1000  $\mu\text{g/mL}$  y 300  $\mu\text{g/mL}$  en metanol, antes de que las muestras fueran encapsuladas.

- En el año 2017, **Juscamaita [9]**, presentó su tesis titulada evaluación de la estabilidad de carotenoides y actividad antioxidante de la flor de mastuerzo (*tropaeolum majus* l.) en la microencapsulación por spray-drying, a la Universidad del Centro del Perú, *el* carotenoide extraído de la flor de mastuerzo (*Tropaeolum majus* L.) con hexano, cloroformo y éter de petróleo a 12, 24 y 48 horas; el cloroformo en 24 horas permitió un mejor resultado. Después de purificar se guardó en aceite de oliva. Luego se microencapsuló con maltodextrina y goma arábica. La dispersión se llevó a un Mini Spray Dried B-290 a temperaturas de secado de 130 °C, 150 °C y 170 °C; en el microencapsulado se evaluó el % de recuperación de carotenoides totales encontrándose diferencia en la actividad antioxidante que van desde 393,00 hasta 470,97  $\mu\text{mol-TE/g}$ . de muestra.

### **1.1.3. A nivel nacional:**

- Hasta la fecha no se registra en ninguna base de datos locales información referente a Influencia de las características del solvente en la eficiencia de recuperación del betacaroteno a partir de la alfalfa (*Medicago sativa* L.)

## **1.2. Bases teóricas.**

### **1.2.1. Solventes: definición y características.**

#### **Definición.**

Solvente se define como la sustancia en la cual se difunde el soluto (sólido, líquido o gas con propiedades diferente), dando lugar a una solución en la que el solvente es el componente de mayor proporción. Cuando el solvente interactúa con el soluto rodeándolo, se denomina solvatación.

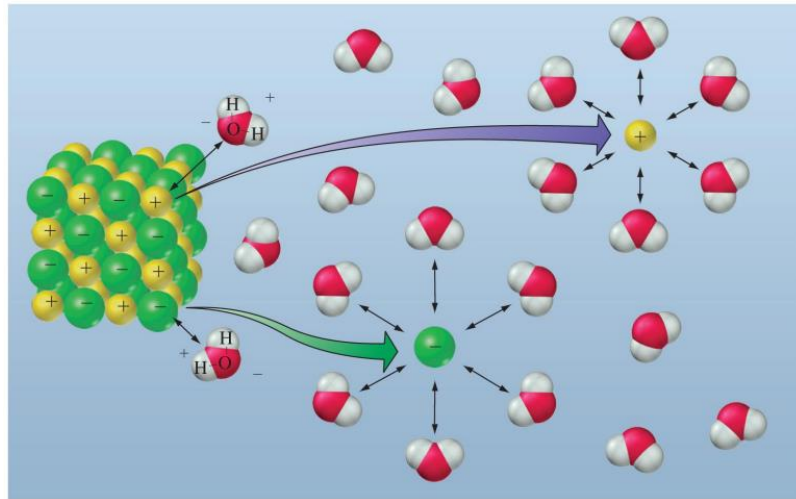
#### **Clasificación de los solventes.**

Desde el punto de vista de la polaridad, los solventes se clasifican en:

- **Solventes polares:**

Este tipo de solventes está conformado por sustancias cuyas moléculas poseen una distribución electrónica asimétrica, que dan origen a polos positivo y negativo a cierta distancia uno del otro. En este caso decimos que existe un dipolo y la sustancia que contiene este tipo de moléculas es una sustancia polar. Las sustancias polares líquidas pueden disolver sustancias que tengan las mismas características moleculares y por tanto reciben el nombre de solventes polares. A este grupo de solventes pertenece el agua, considerado un solvente universal, ya que en ella se disuelven diversas sustancias, sobre todo sales de muchos elementos de la tabla periódica.

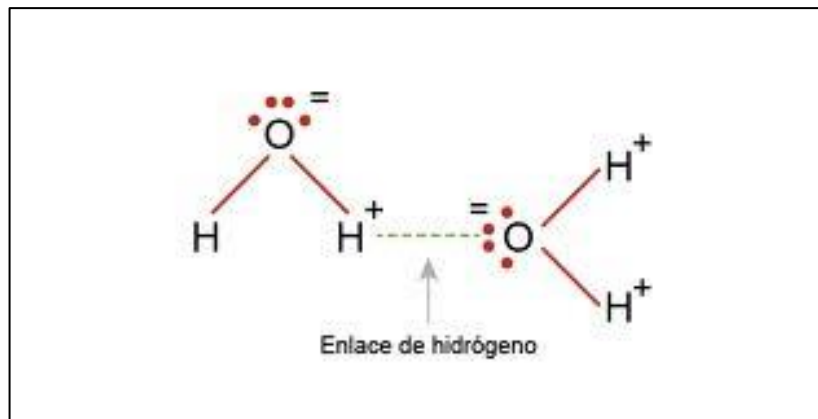
Fig.1.1: Disolución de una sustancia iónica en el agua



Fuente: Pearson Prentice Hall, Inc. 2017.

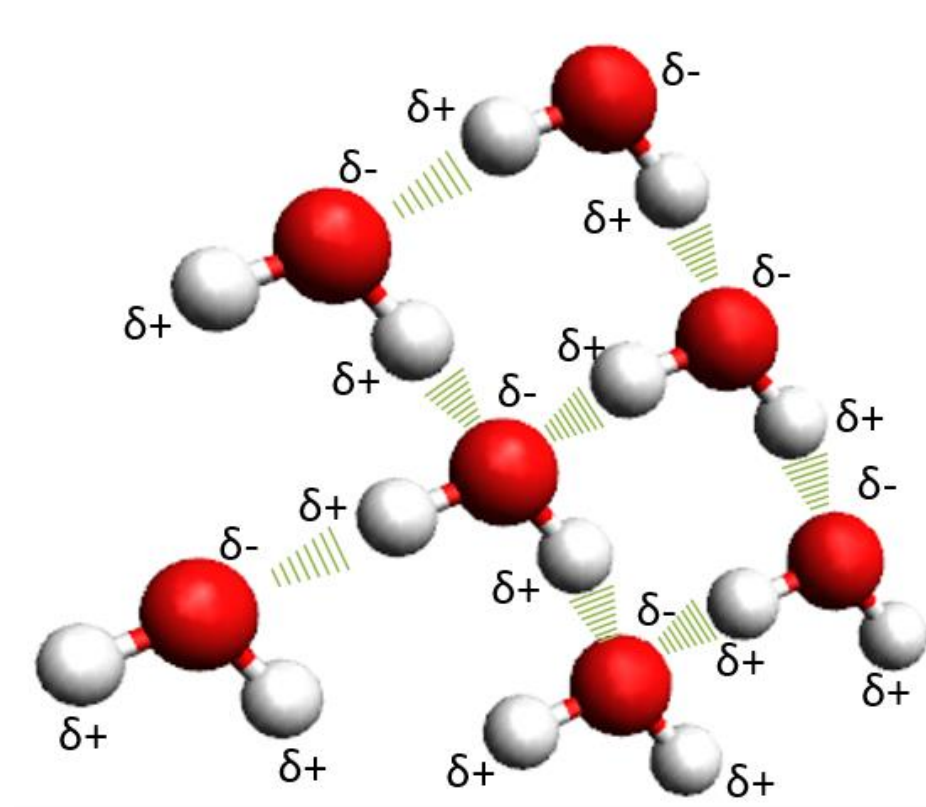
La particularidad de los solventes polares, se evidencia con mayor sencillez al estudiar la molécula del agua en la cual un átomo de oxígeno se une a dos átomos de hidrógeno compartiendo enlaces covalentes, pero de distribución no igual, pues el átomo de oxígeno atrae con mayor fuerza los electrones que los átomos de hidrógeno. La división desigual de electrones le brinda a la molécula de agua una carga levemente negativa cerca de su átomo de oxígeno y una carga ligeramente positiva cerca de sus átomos de hidrógeno. Esta característica de la molécula del agua le proporciona la particularidad de tener un polo negativo y un polo positivo, es decir, una molécula polar. Cuando el agua está en un recipiente sus moléculas se atraen mutuamente de acuerdo a la polaridad formando los llamados puentes de hidrógeno.

Fig.1.2: Unión de las moléculas polares del agua.



Fuente: Timberlake. Timberlake – Química – 2017.

Fig. 1.3: Puente de hidrogeno generado entre las moléculas del agua.



Fuente: Burns. Fundamentos de química. 2018.

Los Puentes de Hidrógeno son un tipo de enlaces de Van Der Waals, mediante el cual se unen los hidrógenos de una molécula con los dipolos negativos de otra molécula cercana, los cuales están representados por los átomos de oxígeno, de esta manera las moléculas del agua se encuentran unidas entre sí en un recipiente que contiene este líquido.

Como se ha descrito arriba, los átomos que conforman las moléculas polares poseen acentuadas diferencias de electronegatividad, lo que hace que la densidad electrónica se concentre en determinadas regiones de la molécula, esto hace que se formen los dipolos con un polo positivo y un polo negativo, esto es fundamental durante la disolución de sustancias iónicas o polares, tal como sucede cuando se disuelve el cloruro de sodio o cualquier otra sal en el agua o cualquier otro solvente iónico.

En estas moléculas, el átomo de H (polo positivo) se une con los polos negativos de las moléculas cercanas creando el enlace de Puente de Hidrógeno.

El llamado puente de hidrógeno se forma gracias a la alta electronegatividad del oxígeno, que constituye el polo negativo de la molécula, mientras que el hidrógeno es polo positivo, esto da origen a sustancias polares de alta cohesión,

debido a ello los alcoholes de bajo peso molecular (de cadena corta) se solubilizan en el agua y también se comportan como ella, solubilizando sustancias polares. Como en el agua los polos positivos y negativos se atraen, dando lugar a compuestos polares con una alta cohesión. Esto hace que los alcoholes de cadenas cortas sean solubles en agua. La polaridad de los enlaces **C-O-H** se da debido a que se generan cargas parciales positivas sobre el carbono y el hidrógeno, y una carga negativa sobre el oxígeno. Los puentes de hidrógeno crean moléculas asociadas que poseen puntos de ebullición y fusión mayores a los alcanos respectivos y mayor solubilidad en el agua.

Los Solventes polares se clasifican en:

1. **Solventes polares próticos:** aquellos que tienen un enlace del tipo O-H o del N-H. A este tipo de solventes pertenecen el agua (H-O-H), el alcohol etílico (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH) y el ácido acético (CH<sub>3</sub>-C(=O) OH).
2. **Solventes polares apróticos:** este tipo de solventes no poseen enlaces O-H o N-H, como los del caso anterior. Ellos no dan ni aceptan protones. Pertenecen a este grupo la acetona (CH<sub>3</sub>-C(=O)-CH<sub>3</sub>), el acetonitrilo, la dimetilformamida o el THF (tetrahidrofurano), entre otros.

- **Solventes apolares:**

Este tipo de solventes son sustancias orgánicas con una nube electrónica de valencia simétrica lo que le permite lo que les confiere la propiedad de no tener polos positivo y negativo (apolares). No poseen dipolos permanentes, aunque esto no implica que ciertos enlaces sean polares, ya que esto está en función a la geometría de la molécula. Cuando los momentos dipolares individuales de sus enlaces se encuentran compensados, toda la molécula será apolar. Algunos solventes de este tipo son: Entre los solventes apolares más empleados en la industria y en los laboratorios están: el éter etílico, los hidrocarburos aromáticos, cetonas, hexano, ciclohexano, tetracloruro de carbono. Otras sustancias, como el cloroformo, que posee un momento dipolar muy acentuado debido a los tres cloros que tiene en su molécula de carácter electronegativa, permite que el carbono adquiera una carga parcial positiva y el Hidrógeno una carga parcial negativa, lo que le da cierta polaridad. En este caso se habla de solventes semipolares.

La mayoría de los solventes apolares son sustancias orgánicas que actúan sobre el soluto disolviéndolo, lo que implica que las fuerzas intermoleculares que unen las moléculas del soluto se rompen gracias a la fuerza de las fuerzas

intermoleculares del soluto, pero sin propiciar una reacción. Las fuerzas de solvatación entre solvente y soluto, dependen de la naturaleza de cada una de las sustancias que interactúan y pueden ser: puentes de hidrógeno, interacciones polares y fuerzas de London.

Estos solventes son de una amplia aplicación en diversos procesos y operaciones industriales y experimentales, debido a sus características de volatilidad, densidad y selectividad en la disolución de solutos. Además, porque pueden mezclarse con otras sustancias similares sin reaccionar con ellas y por tanto permanecen como tales, lo que permite emplearlos con mayor eficiencia en procesos de disolución.

Estos solventes tienen una amplia aplicación no solo para disolver solutos, sino además como limpiadores, para la extracción de principios activos, aceites, grasas, etc. Se emplean también para dispersar sustancias, para disminuir la viscosidad de ciertos productos, para la limpieza de superficies o como agentes tensoactivos.

El empleo de los solventes orgánicos debe de hacerse con mucho cuidado y respetando las normas de seguridad establecidas ya que sus vapores causan daño al organismo humano y al medio ambiente, especialmente aquellos que están considerados dentro de los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), algunos de cuyos componentes son cancerígenos y mutagénicos. Entre los solventes orgánicos de mayor uso podemos citar al metanol, etanol, acetona, cloroformo, tolueno o el xileno, etc.

El empleo de los solventes orgánicos, constituye un peligro, debido a su volatilidad, ya que en concentraciones significativas pueden ser incluso explosivos en espacios cerrados. Además, estas sustancias pueden ingresar al organismo por absorción cutánea, y por inhalación, causando serios daños. Al caer sobre la piel se absorbe y pasa a la sangre, causando efectos inmediatos y a más largo plazo.

### **1.3. Marco conceptual.**

#### **Polaridad**

Para establecer la polaridad de los solventes, existen ciertas escalas las cuales tratan de dar una explicación al comportamiento del solvente de acuerdo a las características eléctricas de la molécula. Estas escalas son las siguientes:

La escala de polaridad de Snyder, que se considera la de mayor aceptación, esta se basa en el Índice de polaridad (Pp) que mide la atracción intermolecular entre el soluto y el

solvente, en función a la solubilidad de la sustancia en tres solventes: etanol (propiedades aceptoras de protones), dioxano (propiedades donador de protones) y nitrometano (propiedades dipolares del solvente), por lo que se considera como una cuantificación numérica de la polaridad de dichos solventes.

Otra escala de vital importancia es la serie eluotrópica, usada en cromatografía de capa fina, mide la resistencia de un solvente por la capacidad de retención del soluto, dando resultados diferentes para cada solvente, de esta manera se establece un tiempo medio de retención para cada solvente.

### **Miscibilidad**

Este es otro parámetro de vital importancia, ya que los solventes deben ser miscibles con otros para conformar mezclas estables que no se separen en todas las proporciones. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en cantidades pequeñas un solvente de baja densidad puede solubilizarse en el agua hasta cierta proporción. Esto sucede con el agua y el alcohol, el agua y ciertos hidrocarburos livianos, el agua y la gasolina, etc.

La miscibilidad del solvente también debe de estar en función con el soluto que está en contacto con él, la compatibilidad entre ambos debe ser máxima para lograr soluciones homogéneas donde no exista separación de fases.

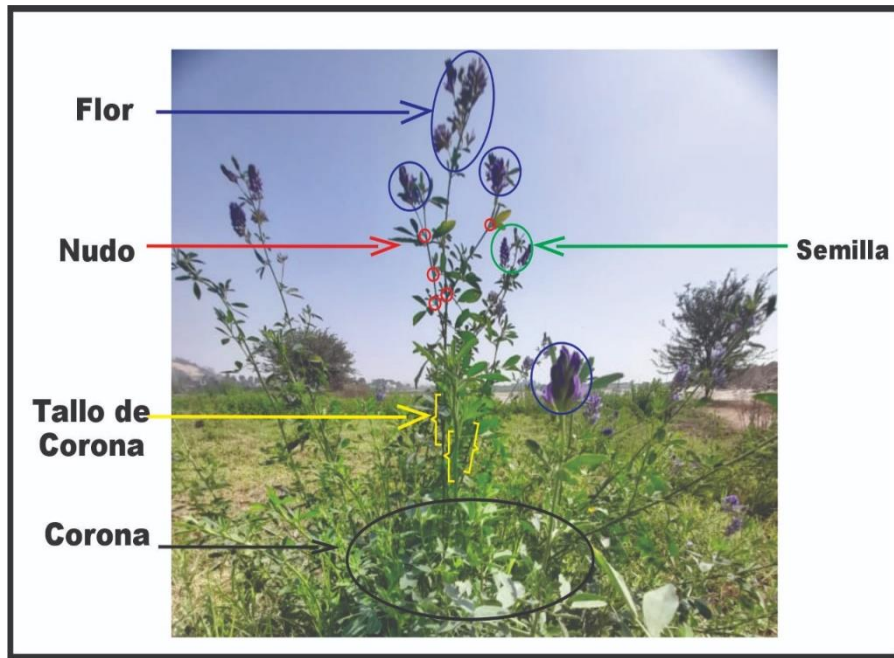
### **1.3.3. Medicago sativa L (alfalfa)**

#### **Descripción Botánica.**

La alfalfa es una leguminosa herbácea, perenne, muy erguida. Planta forrajera que dura varios años y renace después de cortada. Sus principales características morfológicas son:

**Raíz:** Sistema radicular con raíz principal gruesa bien definida, puede penetrar hasta una profundidad de 7,5 a 9 m.

Fig. 1.4: Partes de la planta de alfalfa (*Medicago sativa* L.)



Fuente: Elaboración propia

Fig. 1.5: Plantación de alfalfa variedades de Monsefú, San Pedro y Californiana



Fuente: Elaboración propia

**Tallos:** Ligeramente pubescente, cuadrangular, ramificado, los tallos erectos alcanzan una altura de 60 a 100 cm, puede haber de 5 a 25 o más tallos por planta que nace de una corona leñosa, de la que brotan nuevos tallos cuando los viejos maduran o se cortan.

**Hojas:** Están dispuesta alternativamente sobre el tallo, son compuestas, pinnadas y trifoliadas, con foliolos de tamaño variable, siendo la del centro más grandes que las laterales, generalmente aserradas en su mitad apical.

**Flores:** Pequeñas de color púrpura y nacen en racimos axilares de 7 a 10 flores.  
Inflorescencia: Racimosa, terminal o axilar.

**Fruto:** Es una pequeña legumbre, es retorcida en forma de espiral. La semilla es reniforme de color amarillo pajizo.

#### **Clasificación Taxonómica.**

La clasificación taxonómica de la alfalfa según el sistema de clasificación de A. Cronquist (1988), es como sigue:

División : MAGNOLIOPHYTA

Clase : MAGNOLIOPSIDA

Subclase : ROSIDAE

Orden : FBALES

Familia : FABACEAE

Género : Medicago

Especie : Medicago sativa L.

Nombre vulgar: Alfalfa

Sinonimia : Luzerne, erba médica.

#### **Composición química.**

Según el Instituto Nacional de Nutrición la composición química de la alfalfa, considerando 100 g. de muestra húmeda, es la siguiente:

Agua	82,7 g
Fibra	3,1 g
Proteínas	6,0 g
Cenizas	1,4 g
Grasa	0,4 g
Carbohidratos	9,5 g
Calcio	12,0 mg
Fósforo	51,0 mg
Hierro	5,4 mg
Retinol	1125 µg
Tiamina	0,13 mg

Riboflavina	0,14 mg
Niacina	0,50 mg
Acido Ascórbico	162 mg

#### **Variedades que se cultivan en Ica.**

En Ica se cultivan básicamente tres variedades de alfalfa, las cuales son: La Monsefú, San Pedro y Californiana. Ambas son ecotipos nacionales y pertenecen al grupo de verano o costa. La variedad monsefú se caracteriza por ser una planta de tallo vigoroso, erecto, de sección transversal vacía y de crecimiento uniforme. Debido a la pubescencia, sus hojas son de color plateado, mientras que sus flores son de color azul-violáceo. Esta variedad posee la particularidad de recuperarse rápidamente después del corte, rebrotando en corto tiempo.

La variedad San Pedro, se reconoce por sus características de crecimiento y disposición de la planta, que posee un tallo vigoroso y erecto, de sección transversal vacía y de crecimiento no uniforme. Esta variedad presenta hojas de color verde grandes y jugosas, sus flores son de color verde violáceo, de corona ligeramente superficial y de una recuperación rápida después del corte.

#### **1.3.4. Betacaroteno.**

El  $\beta$ -caroteno o provitamina A es un pigmento orgánico de color rojo anaranjado intenso que se encuentra principalmente en las partes de las plantas, como frutas, hojas, flores, raíces. El beta caroteno pertenece a un grupo de compuestos químicos orgánicos llamados carotenoides, los mismos que son terpenoides (isoprenoides), obtenidos por síntesis bioquímica a partir de ocho unidades de isopreno, lo que indica que el beta caroteno tiene una cadena con 40 carbonos.

El  $\beta$ -caroteno posee anillos beta en ambos extremos de la molécula. El  $\beta$ -caroteno se biosintetiza a partir del piranofosfato de geranilgeranilo. Se considera la forma más común de los carotenoides presente en las plantas. Cuando se usa como colorante alimentario, tiene el número E160a. La estructura fue deducida por Karrer. en 1930. En la naturaleza, el  $\beta$ -caroteno es un precursor (forma inactiva) de la vitamina A, de aquí su denominación como Pro vitamina A, por actividad del betacaroteno 15,15-monooxigenasa.

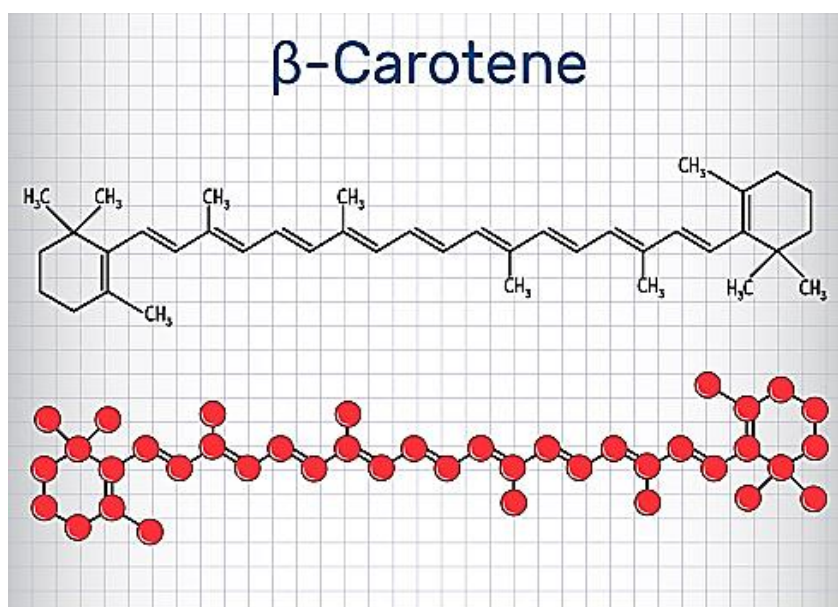
El aislamiento de  $\beta$ -caroteno a partir de frutas abundantes en carotenoides se realiza en laboratorio generalmente por cromatografía en columna. La separación del  $\beta$ -caroteno de la mezcla de otros carotenoides se basa en la polaridad de un compuesto. El  $\beta$ -caroteno es un compuesto no polar, por lo que se separa con un solvente no polar como el éter de petróleo. Al estar altamente conjugado, tiene un color intenso y, como hidrocarburo que carece de grupos funcionales, es una sustancia muy soluble en grasa o aceites por lo se le considera liposoluble.

La fórmula química del beta caroteno es  $C_{40}H_{56}$  y su nombre según la IUPAC es  $\beta$ ,  $\beta$ -caroteno, posee una masa molecular de 536, 888 gramos/mol, físicamente se presenta como cristales de color anaranjado oscuro. Su densidad es 1,00 g/mL se funde a los  $183^{\circ}\text{C}$  descomponiéndose a esa temperatura, hierve a  $654,7^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica normal (760 mm Hg) Es soluble en solventes orgánicos semi polares (parcialmente) y en solventes apolares (totalmente). Es insoluble en el agua y en glicerina, presenta solubilidad en ciertos compuestos como el disulfuro de carbono, benceno, acetona y etanol. El índice de refracción del betacaroteno es de 1,565 a temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ .

Debido a su estructura isoprenoide posee un número variable de dobles enlaces conjugados, que le confieren la propiedad de absorber la luz visible en diferentes longitudes de onda, desde 380 hasta 500 nm, lo que les confiere colores que van desde al amarillo al rojo y son ampliamente empleados como colorantes.

El betacaroteno es una sustancia que posee gran reactividad debido a sus enlaces no saturados, por lo que tiende a oxidarse rápidamente frente a la luz, el oxígeno, y se descomponen por acción del calor. Esta condición de inestabilidad hace que la extracción del betacaroteno, sea muy difícil y deba de realizarse con extremado cuidado.

Fig. 1.6: Estructura de la molécula de betacaroteno.



Fuente: Noller- Química de los Compuestos orgánicos-2018

### 1.3.5. Solventes empleados en las extracciones del betacaroteno.

#### Éter de petróleo

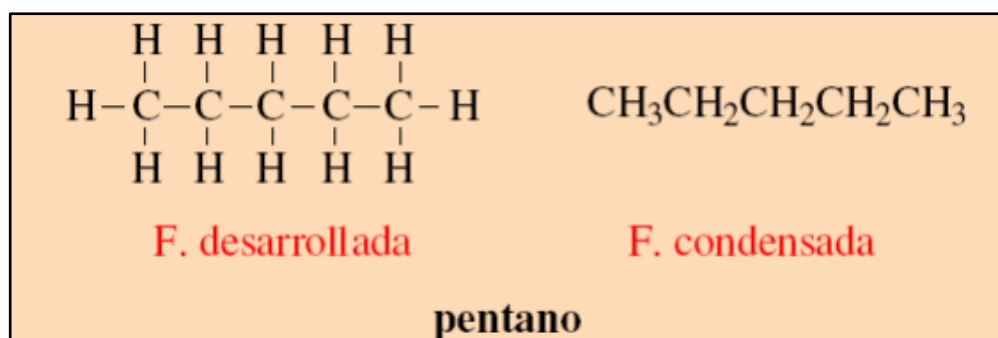
Este solvente es un líquido conformado por hidrocarburos líquidos de menor peso molecular que hierben entre los  $36$  y  $50^{\circ}\text{C}$ . Corresponde a la primera fracción de la destilación fraccionada del petróleo. Está compuesto principalmente por pentano y

hexano, con un mínimo porcentaje de butano, en su composición solo hay hidrocarburos parafínicos. Es un solvente no polar, con un índice de polaridad de 0,01, muy volátil y de baja densidad (0,63 -0,70 g/mL) es un solvente que disuelve sustancias grasas, aceites vegetales y animales y se utiliza como componente de solventes y pinturas.

#### Fórmula y estructura

El éter de petróleo no es un solo compuesto químico, todo lo contrario, en tanto es una fracción de la destilación del petróleo, está constituido por un conjunto de hidrocarburos y sus homólogos, todas esas sustancias que lo componen hierben desde los 36°C hasta los 50°C. Los hidrocarburos que lo conforman poseen entre 1 y 6 carbonos, los cuales, están saturados con átomos de hidrógeno, por lo que reciben el nombre de hidrocarburos saturados o parafinas. En la figura siguiente se muestra la estructura del pentano:

Fig.1.7: Formula estructural del pentano.



(Fuente: DEVORE Y MUÑOZ- 2015)

Fig. 1.8: Componentes del éter de petróleo.

NOMBRE	Nº de C	FÓRMULA
Metano	1	$\text{CH}_4$
Etano	2	$\text{CH}_3\text{CH}_3$
Propano	3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
Butano	4	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$
Pentano	5	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$
Hexano	6	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$

(Fuente: DEVORE Y MUÑOZ – 2015)

Como se puede observar en las fórmulas los componentes del éter de petróleo no contienen en su fórmula oxígeno, como en el caso del éter etílico, que tiene un punto de ebullición similar. El éter de petróleo es un líquido muy móvil debido a su baja

densidad y muy volátil debido al bajo peso molecular de sus componentes. Su carácter apolar por ausencia del oxígeno o de algún otro heteroátomo o grupo funcional lo vuelve un buen disolvente de grasas. El éter de petróleo es insoluble en agua y en general en sustancias iónicas, debido a que todos sus componentes son apolares e hidrofóbicos. Su presión de vapor es igual al tercio de la presión atmosférica. Como tal, el éter de petróleo es una sustancia menos volátil comparada con el butano o diclorometano.

Entre sus propiedades físicas más importante citaremos las siguientes:

Líquido incoloro o ligeramente amarillento, translúcido y volátil.

Peso molecular: 82,2 g/mol

Densidad: 0,653 g/mL

Punto de fusión: -73 °C

Punto de ebullición: 36 – 50 °C

Solubilidad: insoluble en agua, soluble en hidrocarburos

Presión de vapor: 256 mmHg (37,7 °C).

Densidad del vapor 3 veces la del aire

Índice de refracción (nD): 1,370

Punto de ignición: < 0 °C

Temperatura de autoignición: 246,11 °C

Entre los usos que se le da al éter de petróleo, están los siguientes:

Como Solvente:

El éter de petróleo debido a sus características como sustancia apolar (no polar) se emplea para disolver manchas de grasa, aceite y cera, como detergente, combustible e insecticida, así como en la elaboración industrial de pinturas y barnices. Se emplea en la limpieza de alfombras y tapices. Sirve también para retirar la grasa y aceites minerales de las máquinas y mecanismos de vehículos e industriales. Por otro lado, este solvente también sirve para remover la goma de los sellos autoadhesivos (etiquetas).

Cromatografía

El éter de petróleo se usa conjuntamente con la acetona en la extracción y análisis de algunos pigmentos vegetales. La acetona cumple la función de extracción. Mientras, el éter de petróleo tiene una alta afinidad por los pigmentos, por lo que cumple la función de separador en la cromatografía de ellos.

Industria farmacéutica

El éter de petróleo se usa en la extracción en farmacia para la extracción de algunos principios activos de las plantas, que tienen características propias de las grasas y aceites (oleosolubles) tales como aceites esenciales y pigmentos como los carotenoides.

### Ventajas

En muchos casos, el éter de petróleo es usado en los procesos de extracción de productos naturales de las plantas como solvente único. Esto reduce el tiempo de la extracción y los costos del proceso, ya que la producción del éter de petróleo es de menor costo que el éter etílico. Es un solvente apolar no miscible con el agua, por lo que puede ser utilizado para la extracción de productos naturales en tejidos vegetales y animales con alto contenido de agua.

El éter de petróleo es de menor volatilidad e inflamabilidad que el éter etílico, el principal solvente utilizado en la extracción de productos naturales. Esto determina que sea menos riesgoso su uso en los procesos de extracción.

### Riesgos

#### Inflamabilidad

Los vapores del éter de petróleo, son muy inflamables, por lo que existe el riesgo de la generación de explosiones e incendios durante su manipulación.

#### Efectos en el organismo

El éter de petróleo, cuando es inhalado en demasía o penetra al organismo por absorción cutánea afecta el sistema nervioso central, produce dolor de cabeza, irritación de las vías respiratorias, afecta los pulmones, el hígado, el corazón y los oídos.

### **Hexano**

El hexano es un líquido incoloro, volátil, inflamable, con olor característico similar al de la gasolina, de la cual forma parte. Es insoluble en agua y menos denso que esta. Soluble en muchos de los solventes orgánicos como éter y cloroformo. Es un solvente nato de ceras, grasas y resinas. Al igual que el éter de petróleo por ser una parafina posee homólogos y comercialmente se distribuye como una mezcla de n-hexano y otros hidrocarburos tales como metilpentano, metil ciclopentano, ciclopentano, metil hexano, etc. Los vapores del hexano son más pesados que el aire, y no se visualizan y se distribuye a nivel del suelo, por lo que puede inflamarse a distancia.

#### Propiedades físicas del hexano:

Peso molecular: 86,17

Punto de ebullición: 68,7 °C

Punto de Fusión: - 95 °C

Punto de inflamación - 21 °C

Temperatura de Autoignición: 261 ° C

Densidad Relativa (agua=1): 0,66

Densidad de Vapor (aire=1): 3

Solubilidad en agua: Ninguna

### Características Químicas

El hexano es un producto estable, en condiciones normales de empleo. El calor puede ser causa de inestabilidad química favoreciendo su descomposición, en la que se desprenden gases y vapores tóxicos como es el monóxido de carbono. Puede reaccionar vivamente con agentes oxidantes fuertes, descomponiéndose y siendo causa de incendio y explosión. No ataca a los metales y sí lo hace con los plásticos, goma y algunos revestimientos.

### Efectos en el organismo

#### Inhalación:

Los vapores del hexano en cantidades grandes pueden actuar en el organismo como un narcótico, produciendo en él: vértigos, dolores de cabeza, respiración entrecortada y somnolencia. Su alta concentración en lugares confinados produce asfixia por deficiencia de oxígeno en el aire. En pequeñas cantidades los vapores, irritan las vías respiratorias superiores, afecta el sistema nervioso periférico dando lugar a polineuritis más o menos graves según la duración de la exposición. Los síntomas se presentan como disfunciones motoras y parestesia en las piernas. Debe tenerse en cuenta el contenido en benceno, en caso de tratarse de hexano comercial, para los efectos tóxicos que pueda producir el benceno.

#### Piel:

El hexano líquido en contacto con la piel la desengrasa, produciendo dermatitis si el contacto es prolongado.

#### Ojos:

Irrita las mucosas oculares, a altas concentraciones, causando dolor y enrojecimiento.”

#### Ingestión:

Cuando se ingiere produce dolores abdominales y náuseas y si llega a los pulmones produce neumonía química.

### Riesgo de explosión

El hexano es volátil e inflamable, que en altas concentraciones forma mezclas explosivas con el aire, sobre todo en recipientes cerrados que contengan residuos del producto. El calor produce un aumento de presión, con riesgo de inflamación y explosión. Por ello no debe exponerse a llamas abiertas o chispas. Durante el manejo del producto se prohibirá fumar. Debido a su baja conductividad eléctrica, se pueden generar cargas electrostáticas durante operaciones de carga, descarga, trasvase, agitación, etc. No deberá emplearse en dichas operaciones ni oxígeno ni aire comprimido. Se utilizarán sistemas estancos en los procesos en que sea posible, con ventilación adecuada de los locales, y el equipo eléctrico y las instalaciones de

iluminación estarán conectados a tierra y serán antideflagrantes. Se utilizarán herramientas manuales anti chispas.

### **Acetona**

La Acetona es un solvente orgánico que se presenta físicamente como un líquido incoloro con un olor dulce similar al de las frutas y un sabor característico. Se evapora fácilmente, es inflamable y muy soluble tanto en agua como en solventes orgánicos tales como el éter, metanol, y etanol. La Acetona se usa en la fabricación de plásticos, fibras, drogas y otros químicos. También se usa como solvente.

Las principales propiedades físicas de la acetona son las siguientes:

Peso Molecular (g/mol) 58,08

Punto de Ebullición (°C) 56,2 , (760 mmHg)

Punto de Fusión (°C) -94,6

Presión de Vapor (mmHg) 181,72; 20 °C 231,06; 25°C

Gravedad Específica (Agua = 1) 0,78998; 20 °C 0,78440; 25 °C 0,78033; 30 °C

Densidad del Vapor (Aire = 1) 2,0

Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1) No Reportado

pH = 2,5

Solubilidad en Agua Miscible; 20°C Log Kow -0,24 Log Koc 0,73

Límites de Inflamabilidad (% vol) 2,15 – 13; 25 °C

Temperatura de Auto ignición (°C) 465

Punto de Inflamación (°C) -9; copa abierto -18; copa cerrado.

### Propiedades químicas de la acetona.

La Acetona pura es inerte frente al oxígeno del aire bajo a condiciones normales. En presencia del agua esta estabilidad disminuye y puede reaccionar violentamente, en espacios confinados. La Acetona presenta las reacciones típicas de las cetonas saturadas. Estas reacciones incluyen adición, óxido – reducción y condensación, generando alcoholes, ácidos y aminas.

La acetona puede formar peróxidos explosivos en contacto con oxidantes fuertes como ácido acético, ácido nítrico y peróxido de hidrógeno. Reacciona violentamente (explosivamente) con el cloroformo y bromoformo. Las mezclas de Acetona con Cloroformo pueden reaccionar violentamente en presencia de álcali.

### Usos

La acetona se emplea como disolvente y como compuesto intermedio en la producción de sustancias químicas. Sus principales aplicaciones como solvente para retirar resinas, tintes, barnices, lacas, adhesivos y en acetato de celulosa. La Acetona también se emplea para extraer aceites y grasas de vegetales, lo cuales se emplean en la elaboración de aceites comestibles.

Fases de Riesgo

R11: Fácilmente inflamable

R36: Irrita los ojos

R66: La exposición repetida puede causar sequedad y grietas en la piel

R67: La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo

La Acetona tiene una toxicidad baja para el organismo humano, pero cuando esta expuesto produce irritación en las mucosas, afecta al sistema nervioso central, el corazón y puede producir la muerte si la exposición es frente a grandes cantidades y durante mucho tiempo.

La intoxicación por acetona produce dolor de cabeza, embotamiento, confusión y mareo y en concentraciones muy elevadas, puede provocar inconciencia. La corriente sanguínea absorbe rápidamente la acetona presente en los pulmones y en el estómago y la distribuye a todos los órganos del cuerpo, aunque no permanece allí por mucho tiempo. Si la exposición se lleva a cabo con una baja concentración de acetona, el hígado facilita su degradación en compuestos que normalmente son inofensivos para la salud y los usa como fuente de energía para las funciones corporales, como glucosa (azúcar) y grasas; este proceso libera Dióxido de Carbono, que posteriormente se elimina en la respiración. No toda la Acetona que entra al cuerpo proveniente de fuentes externas se degrada, la cantidad que no se descompone se libera en la respiración o por la orina.

### **Etanol.**

El etanol, conocido también como alcohol etílico, físicamente se presenta como un líquido móvil, de olor característico, agradable. En estado puro su densidad es de 0,806 a 0°C, su temperatura de ebullición es de 78,30°C, su temperatura de fusión de -114°C. El alcohol es miscible con el agua en todas las proporciones con una ligera contracción y ligero desprendimiento de calor.

El alcohol etílico es un alcohol primario que se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78,30°C. Su fórmula química es CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH, principal producto de las bebidas alcohólicas. Se trata del segundo alcohol primario más simple de todos después del metanol. Es muy soluble en agua y en muchos solventes orgánicos, lo cual ha permitido el desarrollo de muchas de sus aplicaciones.

### Propiedades físicas.

- Estado de agregación: Líquido
- Apariencia: incoloro
- Densidad: 810 kg/m<sup>3</sup>; (0,810 g/mL)
- Peso molecular: 46,07 uma
- Punto de fusión: 158,9 K (-114,1 °C)

- Punto de ebullición: 351,6 K (78,30 °C)
- Temperatura crítica: 514 K (241 °C)
- Presión crítica: 63 atm.
- Solubilidad en agua: miscible

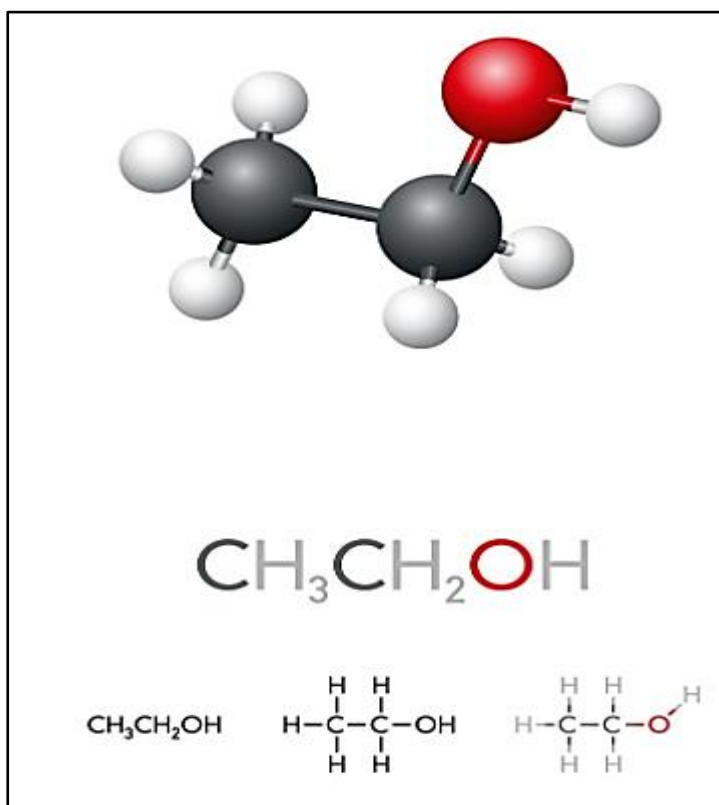
Estructura del alcohol etílico.

En la imagen siguiente se muestra la estructura molecular del alcohol etílico, cuya fórmula es  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ , representada por un modelo de espacio lleno. Es una molecular bastante polar, pues el grupo OH atrae densidad electrónica hacia sí del esqueleto carbonado al cual está enlazado.

Como resultado, las moléculas del alcohol etílico interaccionan mediante fuerzas dipolo-dipolo, sobresaliendo las de tipo puentes de hidrógeno,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}\text{---}\text{OHCH}_2\text{CH}_3$ . Es por eso que este alcohol presenta un alto punto de ebullición en comparación a otros solventes o líquidos orgánicos.

El etanol es miscible con el ácido acético, la acetona, el benceno, el tetracloruro de carbono, el cloroformo, el éter dietílico, el etilenglicol, el glicerol, la piridina y el tolueno. También es miscible con hidrocarburos alifáticos ligeros, tales como el pentano y hexano.

Fig. 1.9: Estructura del etanol



(Fuente: Devore-Muñoz – 2015)

## CAPÍTULO II.

### PROBLEMA, OBJETIVO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. Situación problemática.

El beta caroteno es una sustancia liposoluble y como tal es soluble en una gran cantidad de solventes orgánicos de diferentes polaridades, sin embargo, no todos ellos se pueden extraer eficientemente, porque solubilidad en muchos de ellos no es total. Además, en esto solventes muchos de la gran variedad de carotenoide presentes en los vegetales también son disueltos en mayor o menor porcentaje, lo que conlleva a la equivocación de que es beta caroteno puro lo que es extraído o que esta sustancia ha sido recuperada en su totalidad de la muestra tratada. La finalidad de esta investigación es dilucidar que solventes es el más compatible con el beta caroteno, considerando la cantidad extraída y la calidad de este, realizando las pruebas experimentales correspondientes.

#### 2.2. Delimitación del problema.

Delimitación temática.

La investigación comprende el estudio de las propiedades fisicoquímicas de los solventes, de la química del beta caroteno y los métodos de extracción de sustancias; así como la cuantificación y análisis de ella.

Delimitación geográfica.

El estudio se desarrollará en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad San Luis Gonzaga localizada en el Distrito de Ica, Provincia de Ica, Región Ica.

Delimitación Temporal

El estudio se desarrollará en el transcurso de tres años a partir del mes de mayo 2019 hasta junio del 2022.

#### 2.3. Formulación del problema.

Problema principal.

¿Cómo influye las características del solvente en la eficiencia de recuperación del beta caroteno a partir de la alfalfa (*Medicago sativa* L.)?

Problemas específicos.

¿Qué características del solvente deberían ser compatibles con el beta caroteno?

¿Qué concentración de beta caroteno contiene la alfalfa (Medicago sativa L.)?

Limitación de la Investigación

La principal limitación para el desarrollo de la tesis es la falta de un equipo de un rotavapor que permitiría la recuperación del solvente y la separación del beta caroteno a temperatura controlada y así evitar su degradación por efecto del calor.

## **2.4. Objetivos**

### 2.4.1. Objetivo general.

Determinar la influencia de las características del solvente en la eficiencia de recuperación del beta caroteno a partir de la alfalfa (Medicago sativa L.)

### 2.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características del solvente que deberían ser compatibles con el beta caroteno.
- Determinar la concentración de beta caroteno que contiene la alfalfa (Medicago sativa L.)

## **2.5. Hipótesis general.**

Las características del solvente influyen directa y significativamente en la eficiencia de la recuperación del beta caroteno a partir de la alfalfa (Medicago sativa L.)

### 2.5.1. Hipótesis específicas.

- Las características del solvente que deberían ser compatibles con el beta caroteno son la polaridad y la miscibilidad.
- La concentración de beta caroteno que contiene la alfalfa (Medicago sativa L.)

### 2.5.2 Variables e Indicadores

- Variable Independiente.

Características del solvente.

Indicadores:

1. Polaridad
2. Solubilidad
3. Densidad

- Variable dependiente.

Eficiencia de recuperación del beta caroteno.

- Indicadores:

1. Temperatura de extracción

2. Tiempo de residencia
3. Relación líquido – sólido.

Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables del estudio se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Variables e indicadores

<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>Variable independiente</b>	
Características del solvente.	Polaridad
	Solubilidad
	Densidad
<b>Variable dependiente</b>	
Eficiencia de recuperación del beta caroteno.	Temperatura de extracción
	Tiempo de residencia
	Relación Líquido - Sólido

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.

#### 3.1. Tipo y nivel de la investigación.

- Tipo de investigación

En esta investigación se plantea en desarrollar un nuevo solvente alternativo, con el fin de tener una nueva extracción sólido – líquido para la obtención del betacaroteno a partir de la alfalfa, es por ello que se trata de una investigación aplicada.

- Nivel de investigación

Debido a que el objetivo general de la investigación radica en Determinar la influencia de las características del solvente en la eficiencia de recuperación del beta caroteno a partir de la alfalfa (*Medicago sativa L.*), entonces la investigación es de nivel tecnológica operativa.

#### 3.2. Población y muestra de la investigación.

En este estudio de la tesis la constituirá las plantaciones de alfalfa que se cosechan en los distritos de Guadalupe, Ica y San Juan Bautista.

La muestra de estudio está compuesta por la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z \cdot p \cdot q}{E^2}$$

Donde:

- N: Tamaño de muestra
- Z: Valor de Z crítico, llamado también nivel de confianza (evaluado en tablas)
- P: Proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia, mayormente conocido como “éxito”
- Q: Proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 - p), mayormente conocido como “fracaso”
- E: nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio (evaluado en tablas).

Referido al Nivel de confianza al 95%, tenemos:

$$n = \frac{1.96 \times 0.8 \times 0.2}{0.075^2}$$

$$n = 55.75111$$

Resultando 55.75111 lb, por lo que se tomará 26 Kg de alfalfa recolectada de los puntos de cultivo de los Distritos de Guadalupe, Ica y San Juan Bautista.

### 3.3. Técnicas e instrumentos de la investigación.

Las técnicas e instrumentos de la investigación se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3.1 Técnicas de recolección de información

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<b>Analíticas</b> Técnicas analíticas de la A.O.A.C. Para productos vegetales.	<b>Ensayos químicos</b> Ensayos experimentales Propuestos en las normas.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4 Técnicas de procesamiento y análisis de resultados

Las técnicas de procesamiento y análisis de resultados se representan en la siguiente tabla

Tabla 3.2. Instrumentos de recolección de información

TÉCNICAS	OBJETIVOS
Selección de datos	Clasificar los datos de acuerdo a cada parámetro investigado.
Tabulación de datos	Crear las tablas respectivas para ordenar los datos obtenidos en los ensayos.
Interpretación de resultados	Interpretar los datos obtenidos de acuerdo a sus magnitudes.
Discusión de resultados	Comparar los datos obtenidos con los resultados de otros autores.

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO IV:

### MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

#### 4.1. Materiales, equipos e instrumentos empleados.

- **Materiales:**
  - Material biológico: alfalfa.
- **Equipos:**
  - Vasos de precipitados.
  - Tubos de ensayo
  - Gradillas porta tubos.
  - Probetas graduadas
  - Equipo Soxhlet
  - Equipo Kjeldahl
  - Bureta
  - Pipeta
  - Embudos
  - Erlenmeyer
  - Soporte universal
  - Pinzas extensibles
  - Crisol de porcelana
  - Cápsula de evaporación
  - Equipo de destilación
  - Mangueras de látex
  - Placa Fisher
  - Trípode
- **Instrumentos:**
  - Balanza analítica
  - Sonificador.
  - Cocinilla eléctrica con termostato regulable
  - Molino analítico
  - Horno de mufla
- **Reactivos:**
  - Éter de petróleo
  - Hexano
  - Acetona.
  - Etanol

- Cloruro de antimonio
- Cloroformo
- Tetracloruro de carbono
- Sulfato de sodio.

#### **4.2. Preparación de la muestra.**

La planta de la alfalfa se recolectó en los campos de cultivo de la zona de San Juan Bautista, Guadalupe e Ica, cortando la parte aérea con ayuda de una hoz, para luego extenderla sobre una superficie limpia y dejarla secar bajo el sol. Consiguiendo de esta manera un material de color amarillento. Después de que la alfalfa ha eliminado un gran porcentaje de agua, bajo el sol se lleva a la estufa a una temperatura moderada de 60°C, por 12 horas para eliminar el agua residual.

El material seco obtenido se pica con ayuda de un machete en pequeños pedazos para luego someterlo a pulverización en un molino analítico. El material molido se tamiza a fin de clasificar las partículas obtenidas y poder emplearlas en los respectivos análisis y extracciones. Las muestras obtenidas se envasaron en bolsas de papel.

##### **4.2.1 Análisis fisicoquímico de la muestra.**

Con el fin de caracterizar la planta de alfalfa que se utilizó en las extracciones se procedió primeramente a determinar su composición química proximal, determinándose fibras, grasas, humedad, cenizas, proteínas y carbohidratos, de acuerdo a los métodos propuestos por la AOAC 1995, utilizando muestras pulverizadas.

##### **Determinación de cenizas totales.**

2 g de muestra seca y desengrasada colocada en un crisol con tapa, se calcinó en mechero y se llevó a la mufla a 600°C durante 6 horas. Se enfrió en desecador y pesó hasta peso constante.” El porcentaje de cenizas se calculó con la fórmula:

$$\%C = (\text{Peso de la ceniza} / \text{Peso de la muestra}) \times 100$$

##### **Determinación de Humedad: método de destilación con Tolueno.**

Se pesó 10 g. de muestra colocándola luego en un matraz de destilación de 250 mL, al cual se agregó 100 mL de tolueno, se armó el equipo y se dejó hervir por media hora a temperatura moderada. Se mide el volumen de agua colectada en la trampa del equipo, se determina la temperatura del agua corriente y se hace la corrección respectiva de densidad para determinar el peso del agua colectada. El porcentaje de humedad se calculó con la siguiente fórmula:

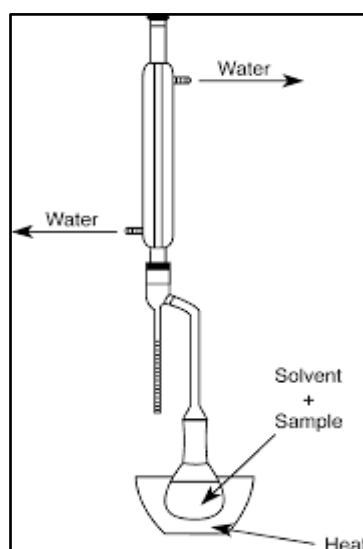
$$\%H = (\text{Peso de agua colectada} / \text{Peso de la muestra}) \times 100$$

### Determinación de Grasas.

10 g. de muestra seca se envolvió en un cartucho que se colocó en la cámara de extracción del aparato Soxhlet; se agregó el éter de petróleo dejando macerar por 12 horas, después se reflujo hasta que el solvente en la cámara quede totalmente transparente. Luego se destila para recuperar el solvente y separar las grasas que quedan en el fondo del matraz y se coloca a la estufa a 110°C por una hora. Se deja enfriar en un desecador y se pesa.” El porcentaje de grasa se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$\%G = (\text{Peso de la grasa} / \text{Peso de la muestra}) \times 100$$

Fig. 4.1: Esquema del equipo de destilación azeotrópica.



Fuente: USP Farmacopea (2010)

### Determinación de Proteínas.

Se pesa 1 g de muestra desengrasada y se coloca en un matraz Kjeldahl. Luego se agrega 30 gramos de catalizador de oxidación (mezcla de  $K_2SO_4$  y  $CuSO_4$ ) y 40 mL de  $H_2SO_4$  concentrado, se coloca el balón en la cocina de digestión. La digestión termina cuando la solución queda cristalina.

Se destila la muestra digerida se disuelve con 20 mL de agua y 40 mL de NaOH al 40%. Se conecta el refrigerante y se recibe el destilado en un Erlenmeyer en una solución conteniendo 50 mL de ácido clorhídrico 0,1N. La destilación termina cuando ya no pasa más amoníaco. Luego se procede a la titulación con NaOH, con fenolftaleína o una mezcla de anaranjado de metilo, se anota el gasto y el porcentaje de proteínas se calcula con la siguiente fórmula:

$$\%P = [(\text{Gasto} \times N \times \text{Meq. } N_2 \times 6,25) / \text{Peso de la muestra}] \times 100$$

### **Determinación en Fibra bruta.**

1 g de muestra sin grasa, se coloca en un balón de 400 mL y se agrega ácido sulfúrico al 1,25% y se hace hervir 30 min, renovando el agua que se evapora, luego se filtra y se lava el residuo hasta que el pH sea neutro.

El residuo se trata con solución de soda al 1,25% y se procede a hervir como en el caso anterior, filtrar en un papel de filtro tarado y lavar hasta neutralización. Se seca en estufa a 105°C, se enfría en el desecador y finalmente se pesa (P<sub>1</sub>). Luego se incinera en mufla a 500°C, se enfría y pesa (P<sub>2</sub>).” El porcentaje de fibra se calcula con la siguiente fórmula:

$$\%F = [(P_1 - P_2) / \text{Peso de la muestra}] \times 100$$

### **Determinación de Carbohidratos.**

Los carbohidratos se determinan por diferencia, sumando las determinaciones anteriores y restándolas de 100.

$$\% \text{Carb.} = 100 - (\%C + \%P + \%F + \%H + \%G)$$

#### **4.2.2. Obtención de los Extractos para la extracción del beta caroteno.**

Para la extracción del beta caroteno a partir de la alfalfa, se ha tomado en consideración, las propiedades de esta sustancia la cual es muy inestable debido a su estructura con enlaces libres, lo que lo hace susceptible a la oxidación en presencia de oxígeno y la luz, es afectada también por el calor, el cual la degrada drásticamente si se supera los 50 °C. Por estas razones se ha convenido en utilizar para su extracción el método de percolación a temperatura ambiente y la recuperación del solvente a temperatura controlada, sin llegar a los 100°C.

### **Preparación de la muestra.**

La alfalfa seca primero al sol, con ayuda de un machete limpio se procede a trozarla en pequeños trozos tanto el tallo como las hojas y luego se muelen en el molino de analítico, en donde se obtiene un material de diferente granulometría. Durante la molienda se tiene el cuidado para evitar que el polvo que se genera en la operación se esparza por el ambiente del laboratorio. Este material también se utilizó en la extracción de beta caroteno.

El material molido se tamizó con mallas #4, #7 y #10, con las cuales se hicieron pruebas preliminares para determinar con cuál de ellas se puede obtener un mayor rendimiento de beta caroteno.

### **Pruebas preliminares.**

Las pruebas se hicieron mediante el método Soxhlet, para lo cual se pesaron 10 gramos de muestra de cada una de las granulometrías, colocándolas en un papel filtro que luego se enrolla de tal forma que quede como un cartucho el cual se coloca en la cámara de extracción del equipo y se agrega el solvente hasta que tape el cartucho y se deja en reposo durante 12 horas para que la extracción se realice por maceración. Las muestras se pusieron en tres equipos Soxhlet y se trataron con un mismo solvente, en este caso se empleó éter de petróleo. Durante la maceración, en la parte superior del refrigerante de reflujo se coloca un tapón a fin de que no se evapore el solvente.

Después de las 12 horas, se retira el tapón y se agrega por esa entrada un poco de solvente, el cual va a permitir que el nivel de este, supere el nivel del tubo sifón y todo el macerado pase al balón del equipo. Hecho esto se agrega más solvente hasta tapan el cartucho y se abre la llave del agua para que esta circule por el tubo refrigerante, luego se conecta y prende la cocinilla de termostato regulable, la temperatura se gradúa a 5°C mayor a la de la temperatura de ebullición del solvente; en este caso es de 55°C.

Se deja recircular el solvente varias veces hasta que este sea totalmente incoloro, entonces se desconecta la cocinilla y se retira, dejando que el agua siga circulando por el refrigerante hasta que esté frío el equipo, que luego se desmonta y se retira el cartucho con la muestra. El solvente conteniendo el extracto de beta caroteno se pasa a un equipo de destilación para recuperar el solvente y el extracto resultante se pone en una placa Petrí en un lugar oscuro para que se evapore totalmente el solvente y se pueda pesar y analizar el beta caroteno.

Las pruebas realizadas permitieron determinar que la muestra pulverizada hasta malla - 10 (es decir el material molido que pasa la malla número 10), cuyo máximo diámetro es 2 mm, es la que da un mayor rendimiento en beta caroteno. Es decir que cuanto más pequeña es la partícula la extracción del beta caroteno es mayor. En función a estas pruebas preliminares se desarrolló la extracción del beta caroteno en las muestras de alfalfa.

### **Análisis de los extractos.**

- a. Análisis organoléptico.  
Se determinó el olor, color y consistencia.
- b. Densidad.  
La densidad se determinó por el método del picnómetro.
- c. Índice de refracción.  
La determinación del índice de refracción se hizo con el refractómetro ABBE.
- d. Sólidos totales.

25 mL de extracto se coloca en una cápsula de porcelana previamente tarada, luego se evapora hasta que seque en baño maría y luego en estufa a 130°C, luego se enfría en desecador y se pesa. La cantidad de sólidos totales se determina por diferencia de pesos.

e. pH.

El pH de los extractos se determinó diluyendo una fracción de estos en agua destilada (solución al 5%) se calentó a 60°C por 10 minutos, se deja enfriar y con papel pH con precisión de 0,5 se determina el pH.

### **Extracción del beta caroteno.**

En base a los resultados de las pruebas preliminares, se tomó la decisión de realizar las extracciones del beta caroteno con la muestra pulverizada a malla -10 (- #10), ya que con ella se obtiene mejor resultado. Las muestras de granulometría más grande, demoran más tiempo y la extracción no es total, con muestras de menor diámetro de partícula, la extracción por percolación es difícil pues el polvo se compacta en el fondo del recipiente y la extracción se dificulta e incluso se detiene debido a la nula permeabilidad, lo que anula el flujo de solvente.

Para la extracción del beta caroteno a partir de la alfalfa, se ha empleado la combinación de dos métodos, estipulados como válidos y necesarios en la U.S. Pharmacopeia, para la extracción de metabolitos secundarios de los vegetales, como son la maceración y la percolación.

La maceración es el método de extracción en el cual la muestra vegetal está en contacto prolongado con el solvente, mezclados ambos homogéneamente, debido a esto, el solvente actúa simultáneamente con todas las porciones y direcciones de la muestra en todo el tiempo en que permanecen en contacto. Durante este tiempo el solvente está en continuo movimiento a través de todo el contenido del recipiente en el que se realiza la maceración, hasta alcanzar un equilibrio de las sustancias dentro de las células vegetales y el líquido, es decir en ambas fases están en equilibrio. Durante la maceración se debe de proteger contenido de los recipientes en los que se está llevando a cabo el procedimiento para evitar la oxidación por efecto de la luz y el flujo de aire que aporta oxígeno. También es necesario agitar el recipiente dos o tres veces al día para mantener una mezcla homogénea del contenido.

En cuanto al tiempo de maceración este puede variar de 12 horas hasta 10 días, en dependencia del tipo de solvente que se está empleando, y la muestra que se está tratando. En las farmacopeas de distintos países no hay un criterio uniforme sobre el particular, por lo que el tiempo de acuerdo con las condiciones específicas de cada caso,

los investigadores lo establecen. En nuestro caso el tiempo de maceración es de 20 minutos, llevando la muestra a un equipo sonificador de ultra sonido.

En lo que se refiere a las cantidades de solventes y de muestra, es recomendable emplear una relación sólida: líquido, de 2:10, tal es el caso de esta investigación en la que se ha tomado 20 gramos de muestra y 100 mL de solvente.

Este método de extracción no extrae totalmente los principios activos, ya que, al descargar el menstuo, queda un cierto porcentaje de extracto y de metabolito secundario en el material sólido. Por este motivo se optó por combinar este método con la percolación; con esto, se logra reducir el tiempo de percolación y el gasto de solvente. El método denominado percolación consiste hacer pasar el solvente a través de la muestra vegetal pulverizada en un solo sentido, alcanzando concentraciones crecientes de tal modo que el equilibrio entre el solvente dentro y fuera del marco nunca se alcanza, por lo que la droga bañada siempre está en nuevas proporciones de menstuo acaba por ceder todos sus componentes solubles de manera progresiva. Con este método se logra una extracción total de los principios activos (prácticamente se obtiene hasta el 95% de sustancias extraíbles); para llevar a cabo la percolación previamente se debe de humectar la muestra vegetal, cosa que la hemos superado ya que la muestra que se usa es la misma que se macerado, siendo la percolación una segunda etapa de un procedimiento total. La otra modificación al método es que la percolación se hace controlando el flujo de tal forma que una gota del extracto que caiga, sea reemplazada por una gota de solvente puro que ingresa al sistema.

Las pruebas de extracción se hicieron de forma idéntica con los cuatro solventes (éter de petróleo, hexano, acetona y etanol), de la siguiente manera:

Se pesaron 20 gramos de muestra pulverizada hasta malla -10 (-#10) pero + 12 (+#12) y se colocaron en cuatro vasos de precipitados de 500 mL, a uno de ellos se agregó 100 mL de éter de petróleo, a otro 100 mL de hexano, al tercero 100 mL de acetona y al último 100 mL de etanol, se esperó que toda la muestra se hidratara y luego se agregó 100 mL más de solvente, si es preciso hacerlo. Hecho esto se, pasa al equipo sonificador con la muestra, en un vaso precipitado sugetandolo con cuidado y se tapa con papel aluminio el cual se enmata bien con ligas de látex. Se colocan los vasos en un lugar oscuro y se dejan allí. Al término de la maceración, el contenido de los vasos se filtra adicionándole sulfato de sodio, para separar el menstuo y cargar el material en embudos de separación (04) en los cuales se va a llevar a cabo la percolación de las muestras.

El menstuo separado se guarda en frascos herméticos y se cubren con papel negro para luego guardarlos debidamente rotulados para no confundirlas. El material liquido se carga a cuatro embudos de separación (peras de bromo) con el cuidado suficiente para

no confundirlas, para ello previamente se roturaron los embudos con las mismas notaciones que se han escrito en los frascos que contienen el menstuo. Luego, cerrando la llave de paso, se vierte el correspondiente solvente a cada embudo, donde se hará una homogenización dejándolo reposar por 10 minutos, observando que todo el material liquido concentrado se acumule en la parte inferior y sea separado por fases.

La cantidad de solvente que se gastó en cada una de las muestras es mayor a un litro y medio.

### **Cuantificación del beta caroteno.**

La cuantificación del beta caroteno se realiza mediante el método planteado por Burgos-Calderón, que se lleva a cabo por espectrofotometría (T-9200, Mased) UV-visible de doble haz a una longitud de onda de 450 nm. El cálculo se hace de acuerdo a la fórmula:

$$\text{betacaroteno (ug/g)} = (A \times V \times 10^6) / (2\ 500 \times 100 \times P_m)$$

Donde:

A Absorbancia de la muestra

V Volumen total del extracto (mL)

2 500 Coeficiente de absortividad del betacaroteno.

Pm Peso de la muestra.

Fig.4.2: Espectrofotómetro Uv visible T-9200



Fuente: Elaboración Propia.

### **Reconocimiento del beta caroteno.**

Para el reconocimiento del beta caroteno se empleó el ensayo de Carr-Price. El reactivo Carr-Price se prepara de la siguiente manera: En un vaso de precipitados se vierte 1.050 gramos de cloruro de antimonio y se completa los 5 mL con cloroformo o en su defecto, con tetracloruro de carbono.

Preparado el reactivo a una alícuota del extracto obtenido se le adiciona 1 mL de reactivo Carr-Price. La presencia de beta caroteno genera una coloración verde azulada.”

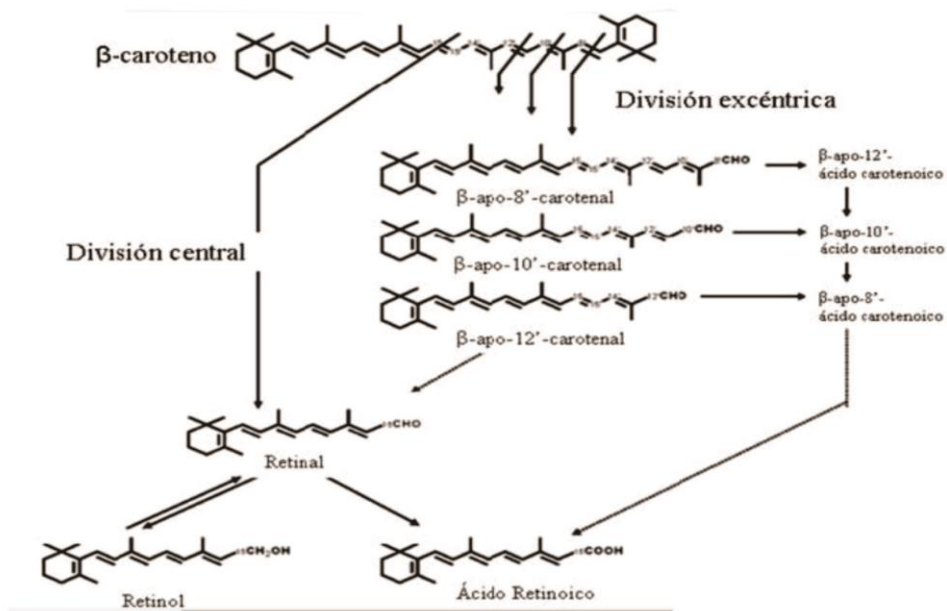
Fig.4.3 Identificación de muestras por placa fisher



Fuente: Elaboración Propia.

Fig.4.4

Las principales vías oxidativas en el metabolismo del  $\beta$ -caroteno, división central y excéntrica



Fuente de During, A., H. Earl and E. H. Harrison. 2004. Intestinal absorption and metabolism of carotenoids: insights from cell culture. Arch. Biochem. Biophys. 430:77.

## CAPITULO V:

### RESULTADOS, ANÁLISIS, DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS

#### 5.1. Del análisis del material biológico.

Previamente se realizó el triturado y el tamizado a las variedades San Pedro y Monsefú. En el tamizado se emplearon los tamices de malla 4, 7 y 10 respectivamente, cuyos resultados fueron:

Tabla 5.1 Tamizado en mallas

MALLA	Dt	Dm	PR	%PR	AR	AP
4	4,75	4,75	50	54,3478261	54,3478261	45,6521739
7	2,8	3,775	30	32,6086957	86,9565217	13,0434783
10	2	2,4	12	13,0434783	100	0
				92	100	

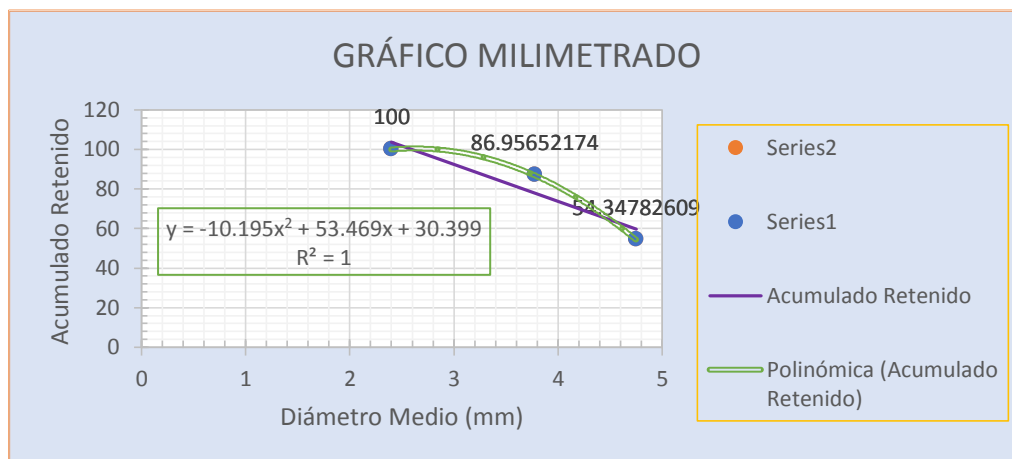
Fuente: Elaboración propia

Donde:

- Dt: Diámetro del Tamiz, extraído de la Serie de Tayler (mm)
- Dm: Diámetro medio, promedio del Diámetro del Tamiz (mm)
- PR: Peso retenido en el tamiz (g)
- %PR: Porcentaje del peso retenido (%)
- AR: Acumulado Retenido, suma del porcentaje retenido (g)
- AP: Acumulado Pasante, diferencia del Acumulado retenido (g)

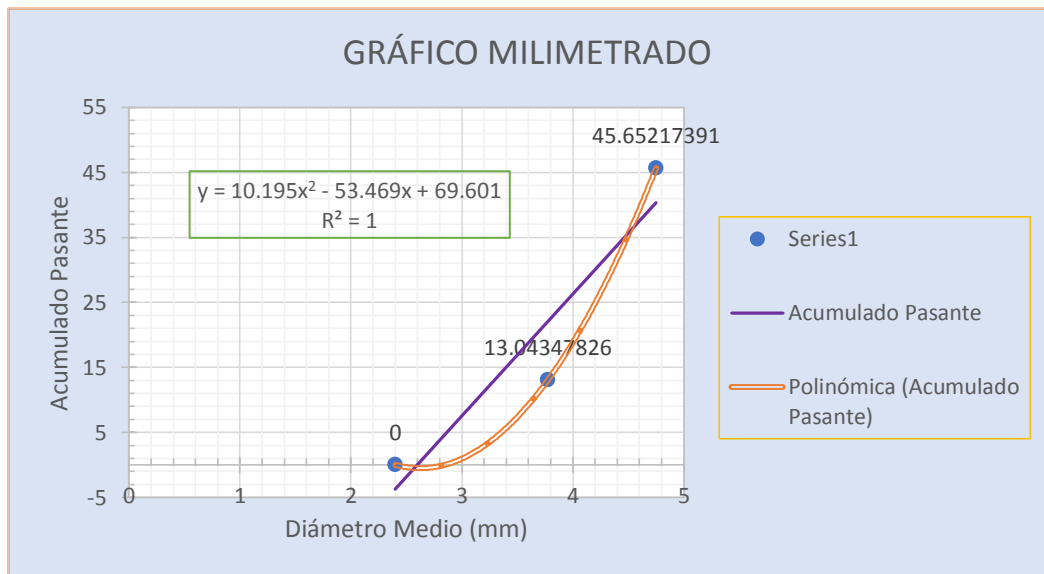
Por ende se realizaron los siguientes gráficos:

Gráfico 5.1 Gráfico milimetrado de Acumulado retenido versus Diámetro medio



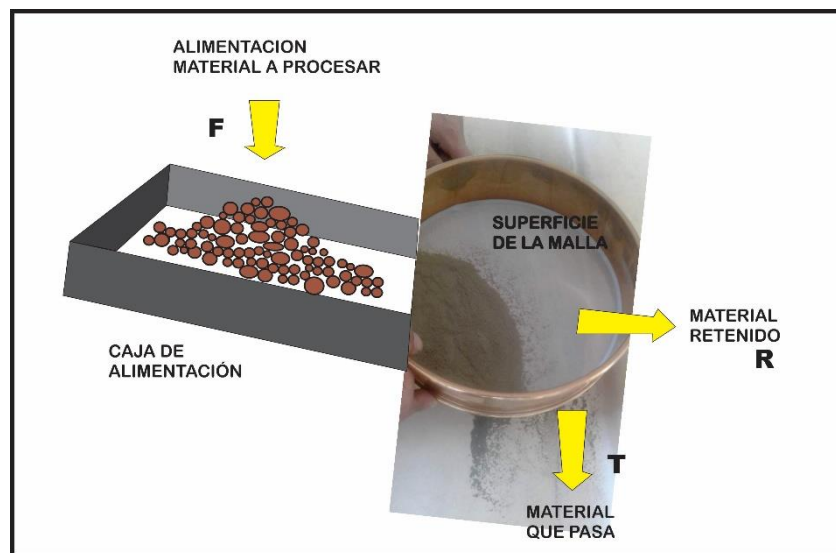
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5.2 Gráfico milimetrado de Acumulado pasante versus Diámetro medio



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.1: Etapas del Tamizado



Fuente: Elaboración Propia

Donde:

- F: alimentación
- R: rechazado
- T: tamizado

#### EFICIENCIA DEL TAMIZ:

La eficacia de un tamiz es una medida del éxito de un tamiz en conseguir una nítida separación entre los materiales finos y los gruesos, si el tamiz funcionase perfectamente,

todos los gruesos estarían en la corriente superior (rechazo) y todos los finos en la corriente inferior (cernido).

Tenemos lo siguiente:

- **Rendimiento del tamizado:**

$$\eta_R = \frac{\text{rechazo}}{\text{rechazable}} \times 100$$

- **Rendimiento del tamizado:**

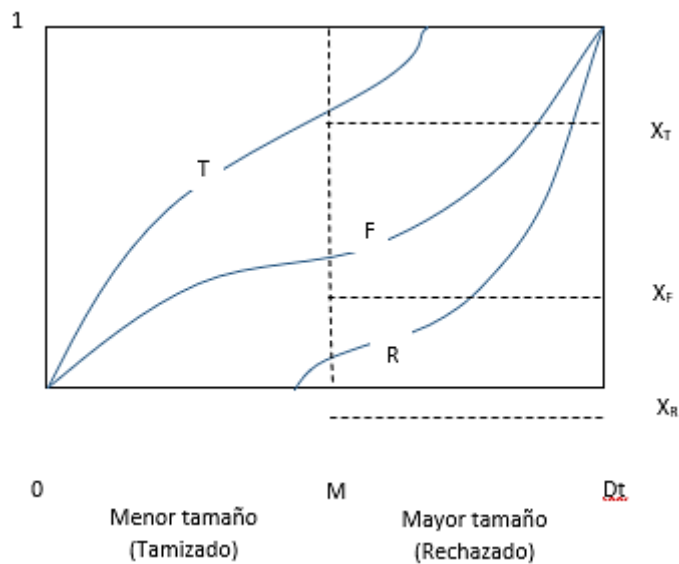
$$\eta_T = \frac{\text{tamizado}}{\text{tamizable}} \times 100$$

- **Rendimiento total o global:**

$$\eta_t = (\eta_R \times \eta_T) \times 100$$

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:

Figura 5.2: Eficiencia del Tamizado



Fuente: Florentino Cárdenas (2018)

Donde:

- $X_F$ : fracción tamizable en la alimentación
- $X_T$ : fracción del tamizado en el tamizable
- $X_R$ : fracción de tamizable presente en el rechazado

- $X_F.F$ : cantidad de tamizable presente en la alimentación
- $X_T.T$ : cantidad de tamizado presente en el tamizado
- $X_R.R$ : cantidad de tamizable en el rechazo
- $(1-X_R).R$ : cantidad de rechazo
- $(1-X_F).F$ : cantidad de rechazable

Conociendo estos términos reemplazaremos en las ecuaciones anteriores y obtendremos:

$$\boxed{n_T = \frac{X_T \cdot T}{X_F \cdot F} \times 100} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\boxed{n_R = \frac{(1-X_R).R}{(1-X_F).F} \times 100} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Luego haciendo un balance de materia:

$$F = T + R \quad \longrightarrow \quad R = F - T$$

Aplicando la ley de mezclas:

$$X_F.F = X_T.T + X_R.R$$

$$X_F.F = X_T.T + X_R.(F-T)$$

$$X_F.F = X_T.T + X_R.F - X_R.T$$

$$X_F.F - X_R.F = X_T.T - X_R.T$$

$$(X_F - X_R).F = (X_T - X_R).T$$

Obtenemos:

$$\boxed{\frac{T}{F} = \frac{(X_F - X_R)}{(X_T - X_R)}}$$

Aplicando ley de mezclas: para obtener relación entre R y F

$$X_F.F = X_T.T + X_R.R$$

$$X_F.F = X_T.(F-R) + X_R.R$$

$$X_F.F = X_T.F - X_T.R + X_R.R$$

$$X_F.F - X_T.F = X_R.R - X_T.R$$

$$(X_F - X_T).F = (X_R - X_T).R$$

Obtenemos:

$$\frac{R}{F} = \frac{(X_F - X_T)}{(X_R - X_T)}$$

Reemplazando datos en ecuación 1 y 2:

$$n_T = \frac{X_T(X_F - X_R)}{X_F(X_T - X_R)}$$

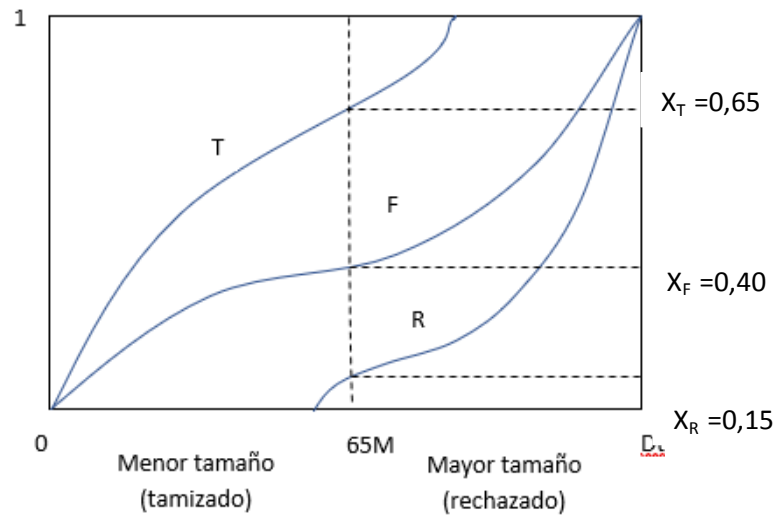
$$n_R = \frac{(1 - X_R)(X_F - X_T)}{(1 - X_F)(X_R - X_T)}$$

Por último, reemplazamos en ecuación de rendimiento total:

$$N_t = \frac{X_T(X_F - X_R)}{X_F(X_T - X_R)} \frac{(1 - X_R)(X_F - X_T)}{(1 - X_F)(X_R - X_T)} \times 100$$

### 1) Datos:

Figura 5.3: Eficiencia del Tamizado



Fuente: Florentino Cárdenas (2018)

### 2) Planteamiento matemático: $n_T=?$ , $n_R=?$ , $n_t=?$

Tenemos:

$$n_T = \frac{X_T(X_F - X_R)}{X_F(X_T - X_R)}$$

$$n_R = \frac{(1 - X_R)(X_F - X_T)}{(1 - X_F)(X_R - X_T)}$$

$$n_t = (n_R \times n_T) \times 100$$

### 3) Desarrollando:

Reemplazando los datos en las ecuaciones anteriores:

Rendimiento del tamizado:

$$n_T = \frac{0,60 \cdot (0,25 - 0,15)}{0,25 \cdot (0,60 - 0,15)}$$

$$n_T = 0,5333$$

Rendimiento del rechazado:

$$n_R = \frac{(1 - 0,15)(0,25 - 0,60)}{(1 - 0,25)(0,15 - 0,60)}$$

$$n_R = 0,8815$$

Rendimiento total:

$$n_t = (0,8815 \times 0,5333) \times 100$$

$$n_t = 47,01\%$$

Fig.5.4 Determinación del triturado y tamizado



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5.2 Análisis proximal de la alfalfa Variedad San Pedro (*Medicago sativa* L.)

Parámetro	Edad		
	Adulta	Media	Joven
Humedad (%)	9,02	8,22	9,07
Grasa (%)	2,08	2,47	1,92
Proteína (%)	5,78	8,46	8,45
Fibra (%)	8,91	8,17	8,29
Cenizas (%)	9,75	9,35	9,75
Carbohidratos (%)	64,46	66,33	62,52

Fuente: Elaboración propia

La tabla 5.2 muestra los resultados del análisis proximal de la alfalfa variedad San Pedro en la que se puede observar que la diferencia en la composición química de los metabolitos primarios de la planta de diferentes edades de crecimiento, es poco significativa, pues la variación es muy poca. La máxima variación que se observa es en el porcentaje de proteínas de la alfalfa de edad adulta y las de edad media y joven.

Tabla 5.3 Análisis proximal de la alfalfa Variedad Monsefú (*Medicago sativa* L.)

Parámetro	Edad		
	Adulta	Media	Joven
Humedad (%)	9,25	9,17	9,47
Grasa (%)	2,37	2,20	3,15
Proteína (%)	6,49	7,55	7,88
Fibra (%)	8,14	8,31	8,43
Cenizas (%)	6,38	7,06	7,25
Carbohidratos (%)	67,37	65,71	63,82

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 5.3 muestra los resultados del análisis proximal de la alfalfa variedad Monsefú en la que se puede observar que la diferencia en la composición química de los metabolitos primarios de la planta de diferentes edades de crecimiento, es poco significativa, pues la variación es muy poca. La máxima variación que se observa es en

el porcentaje de proteínas de la alfalfa de edad adulta y las de edad media y joven, dato que también se observa en la tabla 5.2.

Comparación de parámetros obtenidos con otros autores:

Tabla.5.4.1 Determinación de cenizas

Nº de Muestra	Nombre de Muestra	Peso de crisol (gr.)	Peso papel filtro (gr.)	Muestra seca (gr.)	Papel + Muestra (gr.)	Crisol + Muestra (gr.)	Crisol + Muestra Calcinada	Muestra Calcinada (gr.)	Ceniza (gr.)	% de Ceniza
1	ALFALFA	11.02625	0.46430	1.52675	1.99105	12.55300	11.14815	0.12190	0.12190	7.98428
2	ALFALFA	10.65190	0.47920	1.52575	2.00495	12.17765	10.77355	0.12165	0.12165	7.97313
3	TREBOL BLANCO	14.68285	0.47340	1.99995	2.47335	16.68280	14.98000	0.29715	0.29715	14.85787
4	TREBOL BLANCO	14.79875	0.47600	1.97505	2.45105	16.77380	15.05265	0.25390	0.25390	12.85537
5	PASTO OVILLO	10.86685	0.48945	1.97490	2.46435	12.84175	10.95175	0.08490	0.08490	4.29895
6	PASTO OVILLO	11.79415	0.48065	1.94565	2.42630	13.73980	11.88455	0.09040	0.09040	4.64626
7	AVENA	14.69415	0.47800	1.97025	2.44825	16.66440	14.89950	0.20535	0.20535	10.42254
8	AVENA	14.80340	0.47500	2.02725	2.50225	16.83065	14.91370	0.11030	0.11030	5.44087
9	CEBADA	11.02590	0.47450	2.00410	2.47860	13.03000	11.10740	0.08150	0.08150	4.06666
10	CEBADA	10.65035	0.49445	1.95750	2.45195	12.60785	10.73070	0.08035	0.08035	4.10473

Fuente: Edwin Casto Lima Fernández la Paz – Bolivia (2004)

#### ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE CINCO FORRAJERAS INTRODUCIDAS PARA DETERMINAR SU APORTE EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO.

En la Fig. 5.3 y 5.4 Como evidencia se observa que el porcentaje de proteína y de cenizas en la variedad san pedro y variedad monsefú se asemejan a la tabla de análisis proximal 5.2 y 5.3.

Tabla.5.5.1 Descripción de variedades de alfalfa cultivadas en Perú últimos 30 años

Variedad	Tipo de dormancia	Productividad forraje	Calidad forraje	Persistencia (años)	Resistencia a plagas	Resistencia a enfermedades	N° de cortes/año	Rendimiento por corte (t./ha)	Altura planta (cm)	proteína cruda (t/ha)	Otras
Beacon <sup>1,5</sup>	9	Alta	Alta	Larga	Alta	Alta - media	7 a 8	26, 12 a 14	55	0.8	Rápido rebrote post corte
Moapa 69 <sup>1</sup>	8			7			6 a 8	30			2000-3500 msnm, corte y pastoreo
Alta Sierra <sup>1</sup>	7			10 a 15	Alta pulgones		8 a 10				1000-3800 msnm
Ranger <sup>1</sup>	5										3500-4100 msnm
San Pedro o Sanpedrana <sup>2</sup>					media	media		11 a 14	65	0.8	
Monsefú <sup>3</sup>					media	media		12 a 14	69	0.7	
CUF 101 <sup>2,3,5</sup>	9			4 a 6	Pulgones y nemátodo o raíz	Alta fusarium Baja Antracnos	6 a 10	7 a 9	38	0.5	Pastoreo regular. Corte, no heladas 1000-3200 msnm
Hortus 1001 <sup>2</sup>	10	muy alta			Alta pulgones	Alta fusarium Baja Antracnos					
Hortus 1002 <sup>2</sup>	10	alta			Alta pulgones nemátodo						no heladas
Hortus 401 <sup>2</sup>	4										alta frío
Hortus 901 <sup>2</sup>	9	alta									no heladas, tolerancia media sales
Lederita <sup>3</sup>								13 a 15	51	1	
Califina <sup>5</sup>	9				Pulgón, nemátodo tallo-raíz	Fusarium, Phytophthora	9 a 11				Hasta 3,100 msnm
California 55 <sup>3</sup>								11 a 13	49	0.8	
Supersonic <sup>3</sup>								8 a 10	41	0.5	
Alfamaster <sup>3</sup>								8	38	0.5	
Alfaplus <sup>3</sup>								8 a 9	44	0.5	
AGP 350 <sup>3</sup>								6 a 8	25	0.4	
AGP 550 <sup>5</sup>	8				Afidos	Fusarium, mildiu, viñeta	8 a 10				Hasta 3,000 msnm
AGP 650 <sup>5</sup>		Alta			Muy resist	Muy resist		10 a 11			3,000 msnm rápido rebrote
Rebound <sup>5</sup>	4	Alta			Excelente	Excelente			30		Rápida recuperación post corte
Monarca <sup>5</sup>	8		Excelente		Alta pulgones	Alta roya					3200 msnm, gran rebrote, menor timpante
Moapa Superior <sup>1</sup> y Moapa 69 <sup>1,5</sup>	8		Buena	5	Nematodo tallo, afidos	Phytophthora, Fusarium	10				Pastoreo y corte. Hasta 2700 msnm
WL-625-HQ <sup>5</sup>	9.2	Muy alta	Alta	Larga	Alta	Alta					Rápida recuperación post corte
WL-440-HQ <sup>5</sup>	6	Alta	Alta		Alta	Alta	5 a 7				
WL-350-HQ <sup>1,4</sup>	4			10 a 12			4 a 6				A frío nieve 2500-4200 msnm pastoreo y corte
Super Alabama W550 <sup>1</sup>	8.5										0-2800 msnm valles costa
WL-330-HQ <sup>5</sup>	4		Alta			Alta antracnos - pudrición Bact., phytophthora, Verticill., Fusarium					Extrema tolerancia a frío
Super Alabama SW435 <sup>1</sup>	4			8 a 10			4 a 5				3000-4300 msnm, pastoreo y corte
Super Alabama SW8210 <sup>1,4</sup>	8.5			4 a 6			6 a 11				3500 msnm,

1 Sulca, 2015  
 2 <https://www.hortus.com.pe/productos/forrajes>  
 3 Aguilar, 2017  
 4 CARE, 2011  
 5 Tingat, 2015

Fuentes: Sulca 2015 - Línea de base de la alfalfa con fines de Bioseguridad en el Perú (MINAN)

5.4. Del análisis de los extractos.

Tabla 5.6 Extracto etéreo variedad San Pedro

Parámetro	Edad		
	Adulta	Media	Joven
Análisis organoléptico			
Color	Amarillo Verdoso	Amarillo Verdoso	Amarillo Verdoso
Olor	A gasolina	A gasolina	A gasolina
Consistencia	Líquida	Líquida	Líquida
Análisis fisicoquímico			
Densidad (g/mL)	0,653	0,652	0,653
pH	7,5	7,6	7,5
Sólidos totales (%)	0,5127	0,5223	0,5215
Índice de refracción	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.7 Extracto hexánico variedad San Pedro

Parámetro	Edad		
	Adulta	Media	Joven
Análisis organoléptico			
Color	Amarillo Verdoso	Amarillo Verdoso	Amarillo Verdoso
Olor	A gasolina	A gasolina	A gasolina
Consistencia	Líquida	Líquida	Líquida
Análisis fisicoquímico			
Densidad (g/mL)	0,674	0,675	0,653
pH	7,6	7,5	7,6
Sólidos totales (%)	0,5234	0,5311	0,5253
Índice de refracción	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.8 Extracto acetónico variedad San Pedro

Parámetro	Edad		
	Adulta	Media	Joven
Análisis organoléptico			
Color	Amarillento	Amarillento	Amarillento
Olor	A acetona	A acetona	A acetona
Consistencia	Líquida	Líquida	Líquida
Análisis fisicoquímico			
Densidad (g/mL)	0,859	0,862	0,864
pH	7,6	7,6	7,5
Sólidos totales (%)	0,6213	0,6321	0,6355
Índice de refracción	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.9 Extracto etanólico variedad San Pedro

Parámetro	Edad		
	Adulta	Media	Joven
Análisis organoléptico			
Color	Verde claro	Verde claro	Verde claro
Olor	A alcohol	A alcohol	A alcohol
Consistencia	Líquida	Líquida	Líquida
Análisis fisicoquímico			
Densidad (g/mL)	0,792	0,794	0,793
pH	7,5	7,6	7,6
Sólidos totales (%)	0,6312	0,6344	0,6325
Índice de refracción	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.10 Extracto etéreo variedad Monsefú

Parámetro	Edad		
	Adulta	Media	Joven
Análisis organoléptico			
Color	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso
Olor	A gasolina	A gasolina	A gasolina
Consistencia	Líquida	Líquida	Líquida
Análisis fisicoquímico			
Densidad (g/mL)	0,654	0,654	0,653
pH	7,5	7,5	7,5
Sólidos totales (%)	0,5235	0,5244	0,5236
Índice de refracción	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.11 Extracto hexánico variedad Monsefú

Parámetro	Edad		
	Adulta	Media	Joven
Análisis organoléptico			
Color	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso
Olor	A gasolina	A gasolina	A gasolina
Consistencia	Líquida	Líquida	Líquida
Análisis fisicoquímico			
Densidad (g/mL)	0,676	0,672	0,672
pH	7,6	7,6	7,6
Sólidos totales (%)	0,5227	0,5329	0,5235
Índice de refracción	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.12 Extracto acetónico variedad Monsefú

Parámetro	Edad		
	Adulta	Media	Joven
Análisis organoléptico			
Color	Amarillento	Amarillento	Amarillento
Olor	A acetona	A acetona	A acetona
Consistencia	Líquida	Líquida	Líquida
Análisis fisicoquímico			
Densidad (g/mL)	0,859	0,858	0,859
pH	7,5	7,6	7,5
Sólidos totales (%)	0,6243	0,6351	0,6350
Índice de refracción	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.13 Extracto etanólico variedad Monsefú

Parámetro	Edad		
	Adulta	Media	Joven
Análisis organoléptico			
Color	Verde claro	Verde claro	Verde claro
Olor	A alcohol	A alcohol	A alcohol
Consistencia	Líquida	Líquida	Líquida
Análisis fisicoquímico			
Densidad (g/mL)	0,794	0,794	0,794
pH	7,5	7,5	7,5
Sólidos totales (%)	0,6347	0,6349	0,6348
Índice de refracción	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. De la extracción del betacaroteno.

Tabla 5.14 Concentración de betacaroteno en las variedades San Pedro y Monsefú adultas.

### Variedad San Pedro

Nº MALLA	Ac. Retenido (g)	Peso de Muestra (g)	Solvente	Absorvancia (nm)	Volumen del extracto (mL)	Conversión (ug)	Coefficiente de Absorptividad molar (nm)	Volumen del Solvente (mL)	Carotenoide (ug/g)	Promedio (ug/g)
4	741.850	20.0000	Acetona	0.825	100	1000000	2500	100	16.500	17.627
			Eter de Petróleo	0.907	100	1000000	2500	100	18.140	
			Hexano	0.912	100	1000000	2500	100	18.240	
7	211.950	20.0000	Acetona	0.897	100	1000000	2500	100	17.940	18.833
			Eter de Petróleo	0.959	100	1000000	2500	100	19.180	
			Hexano	0.969	100	1000000	2500	100	19.380	
10	571.200	20.0000	Acetona	0.998	100	1000000	2500	100	19.960	20.420
			Eter de Petróleo	1.028	100	1000000	2500	100	20.560	
			Hexano	1.037	100	1000000	2500	100	20.740	

### Variedad Monsefú

Nº MALLA	Ac. Retenido (g)	Peso de Muestra (g)	Solvente	Absorvancia (nm)	Volumen del extracto (mL)	Conversión (ug)	Coefficiente de Absorptividad molar (nm)	Volumen del Solvente (mL)	Carotenoide (ug/g)	Promedio (ug/g)
4	741.850	20.0000	Acetona	0.825	100	1000000	2500	100	16.500	17.233
			Eter de Petróleo	0.848	100	1000000	2500	100	16.960	
			Hexano	0.912	100	1000000	2500	100	18.240	
7	211.950	20.0000	Acetona	0.897	100	1000000	2500	100	17.940	18.593
			Eter de Petróleo	0.923	100	1000000	2500	100	18.460	
			Hexano	0.969	100	1000000	2500	100	19.380	
10	571.200	20.0000	Acetona	0.974	100	1000000	2500	100	19.480	19.913
			Eter de Petróleo	0.998	100	1000000	2500	100	19.960	
			Hexano	1.015	100	1000000	2500	100	20.300	

Fuente: Elaboración propia.

**PROCEDIMIENTOS:**

- 1- Se procedió a pesar las muestras de acuerdo al número de malla, empleando los solventes acetona, éter de petróleo y hexano.

Fig.5.6 Determinación de peso



Fuente: Elaboración Propia.

- 2- Se armó el trípode con un embudo de vidrio a la cual se le puso el papel filtro.

Fig.5.7 Filtrado del extracto



Fuente: Elaboración Propia.

3- Extracción con cada uno de los solventes empleados

Fig.5.8 Muestras en la pera de bromo



Fuente: Elaboración Propia.

4- Por el método de burgos-calderón hallaremos la cuantificación del betacaroteno.

Fig.5.9 Lectura de absorbancia por espectrofotometría



Fuente: Elaboración Propia.

### 5.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

De la hipótesis general:

Las características del solvente influyen directa y significativamente en la eficiencia de la recuperación del beta caroteno a partir de la alfalfa (*Medicago sativa* L.)

Se demuestra que los solventes en la variedad San Pedro, tiene mayor influencia directa de carotenoides.

De la Tabla 5.14 Concentración de betacaroteno en las variedades San Pedro y Monsefú adultas.

Nº MALLA	Ac. Retenido (g)	Peso de Muestra (g)	Solvente	Absorvancia (nm)	Volumen del extracto (mL)	Conversión (ug)	Coefficiente de Absorptividad molar (nm)	Volumen del Solvente (mL)	Carotenoide (ug/g)	Promedio (ug/g)
4	741.850	20.0000	Acetona	0.825	100	1000000	2500	100	16.500	17.627
			Eter de Petróleo	0.907	100	1000000	2500	100	18.140	
			Hexano	0.912	100	1000000	2500	100	18.240	
7	211.950	20.0000	Acetona	0.897	100	1000000	2500	100	17.940	18.833
			Eter de Petróleo	0.959	100	1000000	2500	100	19.180	
			Hexano	0.969	100	1000000	2500	100	19.380	
10	571.200	20.0000	Acetona	0.998	100	1000000	2500	100	19.960	20.420
			Eter de Petróleo	1.028	100	1000000	2500	100	20.560	
			Hexano	1.037	100	1000000	2500	100	20.740	

Fuente: Elaboración propia

Resultado: Se comprueba la hipótesis general

De la hipótesis específica:

- Las características del solvente que deberían ser compatibles con el beta caroteno son la polaridad y la miscibilidad.

Según Skoog et. Al y Miller, se tiene el índice de polaridad en la siguiente tabla

Tabla 5.15 Polaridad de los solventes.

Disolvente	Índice de polaridad
Éter de petróleo	0,01
Hexano	0,1
Etanol	4,3
Acetona	5,1

Fuente: Skoog et. Al. y Miller.

- La concentración de beta caroteno que contiene la alfalfa (*Medicago sativa* L.)
- De la Tabla 5.14 Concentración de betacaroteno en las variedades San Pedro y Monsefú adultas.

### Variedad Monsefú

Nº MALLA	Ac. Retenido (g)	Peso de Muestra (g)	Solvente	Absorvancia (nm)	Volumen del extracto (mL)	Conversión (ug)	Coefficiente de Absorptividad molar (nm)	Volumen del Solvente (mL)	Carotenoide (ug/g)	Promedio (ug/g)
4	741.850	20.0000	Acetona	0.825	100	1000000	2500	100	16.500	17.627
			Eter de Petróleo	0.907	100	1000000	2500	100	18.140	
			Hexano	0.912	100	1000000	2500	100	18.240	
7	211.950	20.0000	Acetona	0.897	100	1000000	2500	100	17.940	18.833
			Eter de Petróleo	0.959	100	1000000	2500	100	19.180	
			Hexano	0.969	100	1000000	2500	100	19.380	
10	571.200	20.0000	Acetona	0.998	100	1000000	2500	100	19.960	20.420
			Eter de Petróleo	1.028	100	1000000	2500	100	20.560	
			Hexano	1.037	100	1000000	2500	100	20.740	

### Variedad San Pedro

Nº MALLA	Ac. Retenido (g)	Peso de Muestra (g)	Solvente	Absorvancia (nm)	Volumen del extracto (mL)	Conversión (ug)	Coefficiente de Absorptividad molar (nm)	Volumen del Solvente (mL)	Carotenoide (ug/g)	Promedio (ug/g)
4	741.850	20.0000	Acetona	0.825	100	1000000	2500	100	16.500	17.233
			Eter de Petróleo	0.848	100	1000000	2500	100	16.960	
			Hexano	0.912	100	1000000	2500	100	18.240	
7	211.950	20.0000	Acetona	0.897	100	1000000	2500	100	17.940	18.593
			Eter de Petróleo	0.923	100	1000000	2500	100	18.460	
			Hexano	0.969	100	1000000	2500	100	19.380	
10	571.200	20.0000	Acetona	0.974	100	1000000	2500	100	19.480	19.913
			Eter de Petróleo	0.998	100	1000000	2500	100	19.960	
			Hexano	1.015	100	1000000	2500	100	20.300	

Fuente: Elaboración propia

Resultado: Se demuestran ambas hipótesis específicas.

## DISCUSIÓN

El estudio experimental de la extracción del beta caroteno con diferentes solventes, tiene como objetivo determinar cuál de ellos es el más efectivo para extraer el máximo de esta sustancia presente en el vegetal, que en este caso es la alfalfa de dos variedades que más se cultivan a lo largo y ancho de nuestro país: la San Pedro y la Monsefú. Para llevar a cabo un proceso adecuado en el diseño de la experimentación, primero se realizó el análisis proximal de las dos especies para determinar la concentración de sus metabolitos primarios, pudiéndose establecer que ambas variedades son muy parecidas químicamente, encontrándose algunas diferencias que dependen de las condiciones exógenas de desarrollo de la planta, como es el suelo y el agua de regadío, así como las condiciones medioambientales.

Posteriormente se hizo el estudio fitoquímico, con el fin de establecer presencia de caroteno en los extractos de la alfalfa empleando los cuatro solventes escogidos previamente por selección de acuerdo a su posición en la serie eulotrópica de disolventes ordenada por su polaridad relativa creciente adoptada por Skoog y Miller, tal como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 5.15 Polaridad de los solventes.

Disolvente	Índice de polaridad
Éter de petróleo	0,01
Hexano	0,1
Etanol	4,3
Acetona	5,1

Fuente: Skoog et. Al. y Miller.

La presencia de beta caroteno es más acentuada en el extracto etéreo y hexánico, esto demuestra que cuando menos polaridad tiene un solvente es más efectivo en la extracción del betacaroteno. Esto debido a que esta sustancia es un hidrocarburo, su constitución química no contiene oxígeno como en el caso de los hidrocarburos presentes en el éter de petróleo y en el hexano; esta es la razón de su mayor solubilidad en esos solventes. En cambio, el etanol y la acetona contienen oxígeno en su molécula lo que los hace menos compatibles con el beta caroteno.

La extracción realizada mediante la unión de dos métodos modificados como es la maceración y la percolación para la extracción del betacaroteno, tiene como finalidad, evitar un largo tiempo de esta sustancia al calor, el cual la degrada. La maceración a temperatura ambiente en una primera etapa, permite la remoción de un gran porcentaje del carotenoide y luego cuando se procede con la segunda etapa, es decir, con la

percolación de flujo controlado, la extracción es más rápida y el uso de solvente es menor, lo que favorece desde el punto de vista económico y funcional al proceso.

Como resultado de la extracción del beta caroteno con los solventes arriba señalados se ha podido comprobar que bajo las mismas condiciones de ensayo, la extracción con éter de petróleo y con hexano, la cantidad de betacaroteno obtenida es igual para las variedades San Pedro y Monsefú, con una cierta diferencia entre ellos; por lo que se puede afirmar que la variedad San Pedro, tiene una mayor concentración de esta sustancia entre sus células. Por lo tanto también pueden utilizarse como materia prima para la extracción de la sustancia estudiada en la presente tesis.

La extracción con la acetona y el etanol, para las mismas variedades y bajo las mismas condiciones experimentales nos demuestra que son solventes que no se deben emplear para la extracción de betacaroteno, pues su capacidad para ello es deficiente y para el caso del etanol debe ser un buen solvente de alta calidad.

Fig.5.10 Extracción del betacaroteno



Fuentes: Elaboración propia

## VI. CONCLUSIONES

1. Experimentalmente se ha podido determinar que las características químicas de los solventes que se emplean en la extracción del beta caroteno, influyen directa y significativamente en el nivel de recuperación de este carotenoide. Su estructura propia de un hidrocarburo, es compatible con los hidrocarburos que conforman el éter de petróleo y el hexano y por tanto muestra más compatibilidad con el beta caroteno presente en la alfalfa (*Medicago sativa L.*)
2. Las características del solvente que deben ser compatibles con las del beta caroteno, son fisicoquímicas entre las cuales se pueden citar su capacidad para disolver y disolverse en sustancias grasas o aceitosas.
3. La alfalfa (*Medicago sativa L.*) variedad San Pedro que se cultiva en Ica, Subtanjalla y Guadalupe, extraídas de la malla 10 contiene en promedio 20,420 ug/g y la variedad Monsefú 19.913 ug/g de betacaroteno concentrado de la muestra seca.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda mantener el equipo que se está utilizando para la extracción de betacaroteno en un cuarto o en un lugar del laboratorio donde no haya mucha luz o en su defecto se debe de envolver en papel negro, con el fin de que no se degrade el compuesto por reacciones fotoquímicas.
2. Durante el trasvase de los extractos, así como la caída de las gotas desde el extractor al colector no se debe hacer desde mucha distancia, se recomienda evitar el contacto del extracto con el oxígeno del aire por lo que hay que adaptar al tubo de salida del extractor un tubo de látex que permita la caída directa del extracto al fondo del colector, el mismo que debe permanecer tapado con papel aluminio para evitar la entrada de aire y la evaporación del solvente.

### VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN.

- [1] M. Duran, y J. Moreno, “Evaluación de algunas mezclas de solventes en la extracción de carotenoides del pericarpio de tamarillo: (*Cyphomandra betacea* Sendt)”, Tesis, Caracas, Universidad Nacional de Venezuela. 2000.
- [2] D. Rubio y colaboradores, “Aspectos teóricos de la extracción de carotenoides a partir de microalgas”, Tesis, Colombia, Fundación Universidad de América de Bogotá. 2017
- [3] B. Quiñones, “Extracción de colorante de Chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) a nivel laboratorio con tres solventes”, Tesis, Guatemala, Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos, 2014
- [4] C. Catalán, “Extracción y caracterización de  $\beta$ -caroteno obtenido de la cáscara de banano (*Musa paradisiaca* L.) evaluando el rendimiento de tres diferentes solventes de distinta polaridad para su utilización como colorante natural, a escala laboratorio”, Tesis, Guatemala, Facultad de Ingeniería Química de la Universidad San Carlos, 2016
- [5] M. Román y colaboradores, “Implementación de la extracción y análisis de  $\beta$ -caroteno en zanahoria (*Daucus carota* L.) por fluidos supercríticos (FSC) y UPHLC-DAD”, al SENNOVA (Sistema de Investigación Desarrollo Tecnológico e Innovación), 2015
- [6] C. Nayhua, “Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del distrito de San Cristóbal-Moquegua”, Universidad Nacional de Moquegua, 2017
- [7] B. Roque, “Extracción por acción biocatalítica y cuantificación de  $\beta$ -caroteno y licopeno de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* de *Solanum betaceum*) del distrito de Pariahuanca”, Tesis, Huancayo, Universidad del Centro del Perú. 2012.
- [8] N. Lujan, “Evaluar la estabilidad de la pro vitamina A en la pulpa liofilizada de tres morfotipos de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f)”, Tesis, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2010
- [9] L. Juscamaita, “Evaluación de la estabilidad de carotenoides y actividad antioxidante de la flor de mastuerzo (*Tropaeolum majus* L.) en la microencapsulación por spray-drying”, Huancayo, Universidad del Centro del Perú, 2017
- [10] L. Almela, et al, “Concentración de caroteno en los nuevos cultivares de ají paprika”. Revista de Agricultura y Química de los Alimentos 39, 1606-1609.2015
- [11] J. Brennan, J. Butters, N. Cowell, “Solventes, tipos y características”. Tercera Edición. España. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, 2009
- [12] A. Casp y J. Abril, “Solventes empleados en la industria alimentaria”. España, Ediciones Mundi Prensa. 2016.
- [13] G. Daood, et, al. “Efecto de los factores tecnológicos sobre el caroteno en el procesamiento del ají paprika”. España, Química de los Alimentos 55, 365-372. 2017

- [14] M. Fellows, “La extracción de principios activos de los vegetales”. España, Editorial Acribia. Zaragoza, España, 2014.
- [15] F. García Barrera et. al. “Estabilidad de las betalainas extraídas del garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*)”. U.S. Washington Food Sci Technol Int; 4:115–20. 2016
- [16] Skoog et al. “Principios de análisis instrumental”. México. Editorial CECSA. 2016

## ANEXOS

### ANEXO 1

**Tabla A.1**

Serie eluotrópica de disolventes ordenados de acuerdo a su polaridad relativa creciente.

<b>Disolvente</b>	<b>Índice de polaridad P<sup>r</sup></b>
Pentano	0,0
Éter de petróleo	0,01
Ciclohexano	0,04
Hexano	0,1
Tetracloruro de carbono	1,6
Tolueno	2,4
Benceno	2,7
Cloruro de metileno	3,1
n-propanol	4,0
Tetrahidrofurano	4,0
Cloroformo	4,1
Étanol	4,3
Acetato de etilo	4,4
Dioxano	4,8
Acetona	5,1
Metanol	5,1
Agua	10,2

Fuente: Skoog y Miller (2016)

## ANEXO II REGISTRO FOTOGRÁFICO

Foto 1. Recolección de la alfalfa Monsefú y San Pedro



Fuente: Elaboración propia

Foto 2. Muestras de alfalfa empleada en las pruebas experimentales



Fuente: Elaboración propia

Foto 3. Estufa para el Secado de la muestra



Fuente: CiteAgroindustrial

Foto 4. Extracción del betacaroteno por maceración



Fuente: Elaboración propia

Foto 5. Equipo Soxhlet para la extracción de grasas



Fuente: Elaboración propia

Foto 6. Extracción del beta caroteno por percolación.



Fuente: Elaboración propia

Foto 7. Extracción del betacaroteno.



Fuente: Elaboración propia

Foto 8. Entrega de muestra a laboratorios externos



Fuente: Elaboración propia

## ANEXO III

Foto 9. Bioseguridad de los reactivos

### CLOROFORMO:

- Tóxico por inhalación (provoca tos, somnolencia, náuseas)
- Tóxico por contacto (enrojecimiento, dolor)
- Debe tenerse estricto cuidado y evitar la exposición al reactivo.
  - **Basado en la etiqueta de Modelo Rombo 704**
    - Inflamabilidad 1 - Ligero
    - Salud 2 - Moderado
    - Reactividad 1 - Ligero
    - Riesgo especial CORR - Corrosivo

### REACTIVO DE CARR-PRICE:

- Tóxico
- Nocivo
- Corrosivo
- Evitar el contacto con la piel
- En caso de quemaduras no untar pomada.
  - **Basado en la etiqueta de Modelo Rombo 704**
    - Salud 2 - Moderado
    - Inflamabilidad 3 - Serio
    - Riesgo Especial ALK - Alcalino
    - Reactividad 1 - Ligero

### REACTIVO DE CLORURO DE ANTIMONIO:

- Irritable
- Ignífugo
- Tóxico
- Puede ser nocivo en caso de ingestión.
- Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias
  - **Basado en la etiqueta de Modelo Rombo 704**
    - Reactividad 0 - Mínimo
    - Riesgo Especial CORR - Corrosivo
    - Salud 4 - Severo
    - Inflamabilidad 2 - Moderado

### REACTIVO DE TETRACLORURO DE CARBONO:

- Nocivo
- Irritable
- Tóxico
- En contacto con superficies calientes o con llamas esta sustancia se descompone formando humos tóxicos e irritantes.
  - **Basado en la etiqueta de Modelo Rombo 704**
    - Inflamabilidad 2 - Moderado
    - Reactividad 3 - Serio
    - Riesgo Especial CORR - Corrosivo
    - Salud 3 - Serio

### Hexano:

- Inflamable (Fácilmente Inflamable)
- Nocivo (enrojecimiento, dolor, si se ingiere puede causar daño pulmonar)
- Irritante (Irrita la piel)
- Tóxico (Por inhalación provoca tos, somnolencia, náuseas)
- Debe tenerse estricto cuidado y evitar la exposición al reactivo.
  - **Basado en la etiqueta de Modelo Rombo 704**
    - Inflamabilidad 4 - Severo
    - Salud 4 - Severo
    - Reactividad 3 - Serio
    - Riesgo especial CORR - Corrosivo

### Eter de Petróleo:

- Tóxico (Por inhalación provoca tos, somnolencia, náuseas)
- Nocivo (Riesgo de efectos para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación)
- Inflamable (Fácilmente Inflamable)
- Irritante (Irrita la piel)
  - **Basado en la etiqueta de Modelo Rombo 704**
    - Reactividad 2 - Moderado
    - Riesgo especial CORR - Corrosivo
    - Inflamabilidad 4 - Severo
    - Salud 4 - Severo

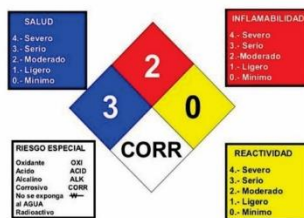
### Etanol:

- Irritante (Irrita la piel, Irritación ocular grave)
- Nocivo (Riesgo de efectos para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación)
- Inflamable (Inflamable para líquidos y vapores)
- Tóxico (Por inhalación provoca tos, somnolencia, náuseas)
  - **Basado en la etiqueta de Modelo Rombo 704**
    - Riesgo especial OXI - Oxidante
    - Salud 4 - Severo
    - Reactividad 3 - Serio
    - Inflamabilidad 4 - Severo

### Acetona:

- Inflamable (Fácilmente inflamable)
- Irritante (Irrita la piel, Irritación ocular grave)
- Nocivo (Riesgo de efectos para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación)
- Tóxico (Por inhalación provoca tos, somnolencia, náuseas)
  - **Basado en la etiqueta de Modelo Rombo 704**
    - Inflamabilidad 4 - Severo
    - Salud 4 - Severo
    - Reactividad 3 - Serio
    - Riesgo especial CORR - Corrosivo

### IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO



### Modelo ROMBO-704

NFPA: National Fire Protection Association  
(Asociación Nacional de Protección contra Incendio)

### IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO



### Modelo ROMBO-704

NFPA: National Fire Protection Association  
(Asociación Nacional de Protección contra Incendio)

Fuente: Elaboración Propia

Foto 10: Constancia de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Química

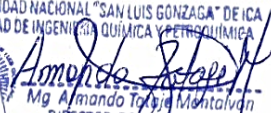
*"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"*

### CONSTANCIA

El Director del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, hace constar que el alumno **GIRALDO ANCHANTE, JERSON BRIAN**, bachiller en Ingeniería Química, identificado con DNI Nro. **75315115**, ha desarrollado la parte experimental de su tesis titulada **"INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SOLVENTE EN LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DEL BETACAROTENO A PARTIR DE LA ALFALFA (*Medicago sativa L.*)"**, durante los meses de setiembre, octubre y noviembre del año 2019, en el Laboratorio de Química Analítica de esta facultad.

Se expide el presente documento para los fines que estime convenientes.

Ica, 09 de mayo de 2022.

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA  
  
Mg Amando Torre Montalván  
DIRECTOR DE LABORATORIO

Fuente: Facultad de Ingeniería Química y Petroquímica de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga

Foto 11: Constancia de laboratorio



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUIMICAS**

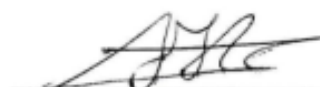


**CONSTANCIA**

Quien suscribe **Dr. Felipe Artemio Surco Laos**, identificado con DNI 21466230 adscrito al departamento de Ciencias Químicas de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, responsable del Laboratorio de Análisis Instrumental y control de calidad hace de conocimiento que Egresado **GIRALDO ANCHANTE JERSON BRIAN** de la Facultad de Ingeniería Química ha realizado las determinación analíticas correspondiente a su proyecto de tesis **INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS DE UN SOLVENTE EN LA EFICIENCIA DE RECUPERACION DEL BETACAROTENO A PARTIR DE LA ALFALFA (Medicago Sativa L.)**


Se expide la presente solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Ica, 24 de agosto de 2022.

  
DR. SURCO LAOS, FELIPE  
Principal D.E.

Fuente: Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga

Foto 12. Análisis fisicoquímico y microbiológico



**BioSLab** EIRL

---

**INFORME DE ENSAYO N° 6133 / 07 - 22**

**1. SOLICITANTE:**

Nombre o razón social : BRIAN GIRALDO ANCHANTE  
 Domicilio legal : Av. Fernando León Arechua Lt-14, Ica, Ica.  
 Contacto : Brian Giraldo Anchante  
 Teléfono / e-mail : 955 976 903 / br1an1j2018@gmail.com

**2. DATOS DE LA MUESTRA:**

Muestra : Betacaroteno líquido proveniente de Alfalfa.  
 Identificación de la muestra : Procedencia: Universidad "San Luis Gonzaga" - Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química, Ciudad Universitaria Av. Los Maestros S/N - Ica.  
 Punto de muestreo: Frasco de vidrio color caramelo de 500 mL de capacidad.  
 Fecha de muestreo: 2022-07-12 Hora: 16:00  
 Responsable del muestreo : Solicitante - Brian Giraldo Anchante  
 Forma de presentación : Frasco de plástico (conservado en cadena de frío: 3.9 °C)

**3. LUGAR DE ANÁLISIS:**

Área Ambiental y de Alimentos : Laboratorio de Alimentos  
 - BIOSLAB.

**4. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA**

Cantidad de muestra : 400 mL  
 Fecha de recepción : 2022-07-12  
 Fecha de inicio del ensayo : 2022-07-12  
 Fecha de término del ensayo : 2022-07-17

**5. ENSAYOS Y RESULTADOS:**

Ensayo	Resultado
<i>Escherichia coli</i> (NMP/ mL)	0
Mohos (UFC/ mL)	140
Levaduras (UFC/ mL)	820
<i>Salmonella</i> spp. (en 25 mL)	Ausencia
pH	7.69
Sólidos disueltos totales (mg/L)	552

UFC/ mL: Unidades formadoras de colonias por mililitro, NMP/ mL: Número más probable por mililitro.  
 pH: expresado ± DS: 0.00, T° ensayo: 25.0°C.  
 SDT: expresado ± DS: 0.00, T° ensayo: 25.0°C.

**Método:**

*Escherichia coli* (NMP) : ISO 7251:2005 (E) - Third Edition. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli* - Most probable number technique.  
 Recuento de Mohos : APHA. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Chapter 21 – 21.51, Fifth Edition. 2015. Yeasts and Molds.  
 Recuento de Levaduras : APHA. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Chapter 21 – 21.51, Fifth Edition. 2015. Yeasts and Molds.  
 Detección de *Salmonella* spp. : ISO 8579-1: 2017/Amd. 1:2020. Microbiology of food chain-Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella*-Part 1: Detection of *Salmonella* spp.(Amendment 1: Broader range of incubation temperatures, amendment to the status of annex d, and correction of the composition of MSRV and SC.  
 pH : SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. 23rd Ed. 2017. pH Value.  
 Sólidos disueltos totales : SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2540. 23rd Ed. 2017. Solids.

**Este documento al ser emitido sin el símbolo de la acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA**



**BioSLab** EIRL

Calle Fermín Tangüis 150 Urb. San Miguel, Ica – Ica / ☎ 51-56-603981 www.bioslab.com.pe  
 bioslab@eirl.com / contacto@bioslab.com.pe

Código: F06-GT  
 Versión: 05  
 Fecha: 2021-06-11  
 Página: 1 de 2

Fuente: Bioslab (2022)

Foto 13. Análisis fisicoquímico

	CENTRO DE INNOVACION PRODUCTIVA Y TRANSFERENCIA TECNOLOGICA AGROINDUSTRIAL ICA Panamericana Sur Km. 293.2, Distrito Salas – Guadalupe Ica – Perú. TELEFONO (056)406056 TELEFAX (056)406224; E. MAIL : <a href="mailto:citeagroindustrial@citeagroindustrial.com.pe">citeagroindustrial@citeagroindustrial.com.pe</a>										
<b>LABORATORIO AGROINDUSTRIAL</b>											
<b>INFORME FINAL DE ENSAYO N°240LAI/2022</b>											
<b>DATOS GENERALES</b>											
<b>Nombre del Solicitante:</b> JERSON BRIAN GIRALDO ANCHANTE <b>Dirección:</b> CENTRO COMERCIAL EL AYLLU 616 -Ica											
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>											
<b>Nombre de la Muestra:</b> ALFALFA <small>(Descripción por el Solicitante)</small>	<b>Código de la Muestra:</b> 45										
<b>Identificación y Estado:</b> 01 muestra de alfalfa en bolsa de plástica, con un peso de 300 g aproximadamente. Identificada como "MEDICAGO SATIVA L SAN PEDRO Y MONSEFU". <small>(Descripción por el Solicitante)</small>											
<b>Lugar del Muestreo:</b> Distrito De San Juan - Ica <small>(Descripción por el Solicitante)</small>	<b>Muestreado por:</b> Sr. Jerson Brian Giraldo Anchante <small>(Descripción por el Solicitante)</small>										
<b>Fecha de Recepción de la Muestra:</b> 01/08/2022	<b>Fecha de Ejecución del Ensayo:</b> 01/08/2022 al 05/08/2022										
<b>RESULTADOS</b>											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Determinación</th> <th style="width: 15%;">Unidad de medida</th> <th style="width: 10%;">Valor</th> <th style="width: 50%;">Método</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Humedad</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">9.22</td> <td style="text-align: center;">TERMOGRAVIMETRICO</td> </tr> </tbody> </table>				Determinación	Unidad de medida	Valor	Método	Humedad	%	9.22	TERMOGRAVIMETRICO
Determinación	Unidad de medida	Valor	Método								
Humedad	%	9.22	TERMOGRAVIMETRICO								
Los ensayos se realizaron en el Laboratorio Agroindustrial de CITEagroindustrial Ica Condiciones ambientales del ensayo Temperatura máxima ambiental 25 °C											
<b>CONDICIONES DEL INFORME</b>		<b>FIRMA</b>									
<ul style="list-style-type: none"> <li>Los resultados obtenidos se refieren únicamente a la muestra analizada.</li> <li>Este informe no puede reproducirse, más que en su totalidad, sin la autorización por escrito del laboratorio.</li> <li>Los resultados del ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</li> <li>Laboratorio queda liberada de responsabilidad cuando el Solicitante (cliente) proporciona información acerca de la muestra y pueda afectar la validez de resultados.</li> </ul>		<div style="text-align: center;">  <p style="font-size: small;">Firmado digitalmente por ANCHANTE CARRASCO Ely Giovanna FAU 20131369477 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 10.08.2022 11:28:57 -05:00</p> <p>.....</p> <p><b>Responsable de Laboratorio Agroindustrial</b></p> <p><b>Fecha de Emisión del Informe:</b> 10.08.2022</p> </div>									
Código: SIG-PG-02-R10	Versión: 06	Fecha: 06-01-2022									

Fuente: Citeagroindustrial (2022)