

Área del Conocimiento de Agricultura

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CONDICIONES DE EXTRACCION DE CAROTENOS A PARTIR DE DOS DIFERENTES VARIEDADES DE ZANAHORIA CHANTENAY Y DANVERS, A ESCALA DE LABORATORIO MEDIANTE PROBABILIDADES Y TECNICAS INSTRUMENTALES

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero
Químico

Elaborado por:

Br. Diana Margarita Najarro
Pineda
2015-1130u

28 de agosto de 2025
Managua, Nicaragua

Tutor:

Ing. Nelly Ivette Betanco Figueroa

ÍNDICE

<i>Indice de Tabla.....</i>	<i>v</i>
<i>Indice de Figuras.....</i>	<i>vi</i>
<i>Indice de Ecuaciones</i>	<i>viii</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>ix</i>
<i>Dedicatoria</i>	<i>x</i>
<i>Resumen.....</i>	<i>xi</i>
<i>I Introduccion</i>	<i>1</i>
<i>II Objetivos.....</i>	<i>3</i>
2.1. <i>Objetivo General.....</i>	<i>3</i>
2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	<i>3</i>
<i>III Marco Teórico</i>	<i>4</i>
3.1. <i>Generalidades de las hortalizas.....</i>	<i>4</i>
3.2. <i>Composición química y valor nutricional</i>	<i>4</i>
3.3. <i>Cultivo de Zanahoria en Nicaragua.....</i>	<i>5</i>
3.4. <i>Variedades de Zanahoria.....</i>	<i>5</i>
3.4.1 <i>Chantenay.....</i>	<i>5</i>
3.4.2 <i>Danvers.....</i>	<i>5</i>
3.4.3 <i>Nantes.....</i>	<i>5</i>
3.4.4 <i>Emperador.....</i>	<i>5</i>
3.4.5 <i>Mercado de Paris o Corazón de Buey.....</i>	<i>5</i>
3.5 <i>Características de cultivo de Zanahoria.....</i>	<i>5</i>
3.5.1 <i>Enfermedades y plagas de la Zanahoria</i>	<i>6</i>
3.6. <i>Importancia de la Zanahoria.....</i>	<i>7</i>
3.6.1. <i>Que es el Caroteno</i>	<i>7</i>

3.6.2.	β – Caroteno	8
3.6.3.	α – Caroteno	8
3.6.4.	γ – Caroteno	9
3.7.	Técnicas de Extracción de Carotenos	9
3.7.1.	Extracción convencional	9
3.7.2.	Extracción Soxhlet	10
3.7.3.	Solventes	10
3.7.4.	Extracción Asistida con ultrasonido	11
3.7.5.	Extracción Asistida con Microondas	11
3.8.	Métodos y tipos equipos utilizados para la caracterización del caroteno	11
3.8.1.	Espectrofotometría UV-VIS	11
3.8.2.	Aplicación	12
3.8.3.	Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)	12
3.8.4.	FTIR (Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier)	13
3.8.5.	GC-MS (Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas)	13
IV	Hipótesis	14
V	Metodología	15
5.1	Tipo y Universo del estudio	15
5.2	Población y muestra	15
5.3	Materiales y Métodos	15
5.3.1	Materiales	16
5.3.2	Reactivos	17
5.3.3	Material Biológico	17
5.3.4	Equipo	18
5.4	Métodos	19

5.5	<i>Caracterización de Zanahoria Chantenay Y Danvers</i>	19
5.5.1	<i>Porcentaje de Cenizas</i>	19
5.5.2	<i>Porcentaje de Humedad</i>	20
5.5.3	<i>Porcentaje de Grasa</i>	21
5.5.4	<i>Solidos Solubles</i>	23
5.5.5	<i>Acidez Titulable</i>	23
5.6	<i>Caracterización del caroteno</i>	25
5.7	<i>Diseño experimental</i>	28
5.7.1	<i>Diseño de 2k</i>	28
5.1.2	<i>Diseño Factorial de 23</i>	30
5.1.3	<i>Diseño Factorial para la investigación</i>	33
VI	<i>Presentación y discusión de resultados</i>	35
6.1	<i>Extracción de carotenos por método Soxhlet y Método convencional con solventes</i>	36
6.1.1.	<i>Extracción por método Convencional</i>	36
6.1.2.	<i>Extracción por Método Soxhlet</i>	38
6.1.3.	<i>Comparación de datos obtenidos por método convencional y método Soxhelt</i>	39
6.2.	<i>Análisis Estadístico</i>	41
6.2.1.	<i>Prueba de Hipótesis</i>	41
6.2.2.	<i>Resumen del modelo</i>	41
6.2.3.	<i>Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes</i>	41
6.2.4.	<i>Análisis de Varianza</i>	42
5.7.2	<i>Ecuación de regresión en unidades no codificadas</i>	43
VII	<i>Conclusiones</i>	45
VIII	<i>Recomendaciones</i>	46

IX	<i>Bibliografía</i>	47
X	<i>Anexos</i>	50
10.1.	<i>Anexo A:</i>	50
10.A.1.	<i>Recolección de muestras</i>	50
10.A.2.	<i>Proceso de preparación de muestras</i>	52
10.A.3.	<i>Proceso de caracterización de la Zanahoria</i>	54
10.A.4.	<i>Proceso de Caracterización de Caroteno</i>	56
10.A.5.	<i>Equipos utilizados para caracterización</i>	58
10.2.	<i>Anexo B</i>	65
10.2.1.	<i>Ecuaciones usadas para el análisis de ANOVA</i>	65
10.3.	<i>Anexo C</i>	68
C.1.	<i>Desviación estándar de análisis bromatológicos</i>	68
C.2.	<i>Media Aritmética de análisis bromatológicos</i>	69
C.3.	<i>Ecuación de contenido de carotenoides</i>	69
C.4.	<i>Ley de Disoluciones</i>	69
10.4.	<i>Anexo D</i>	70
D.1	<i>Tablas de rendimiento de caroteno</i>	70
D.2	<i>Tabla de análisis físico químicos de las variedades de zanahoria</i>	72

INDICE DE TABLA

<i>Tabla 1 Onda de medición en espectrofotometría</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2 Materiales Utilizados en los análisis de laboratorio</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 3 Reactivos.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 4 Material Biológico</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 5 Equipos Utilizados.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 6 Porcentaje de Cenizas</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 7 Porcentaje de Humedad.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 8 Porcentaje de Grasa</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 9 Porcentaje de Acidez Titulable</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 10 Cantidad de muestra a Utilizar</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 11 Procedimiento de Análisis</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 12 Diseño con notación de yates</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 13 Factores y diseño experimental.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 14 Comparación de Análisis fisicoquímicos</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 15 Extracción por Método Convencional.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 16 Extracción por Método Soxhlet.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 17 Prueba de Hipótesis.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 18 Resumen del modelo</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 19 Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 20 Tabla ANOVA de comparación de rendimiento de carotenos</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 21 Ecuación de regresión en unidades no codificadas</i>	<i>43</i>
<i>Tabla D.1 Rendimiento de Carotenos por extracción convencional por solventes.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla D.2 Rendimiento de carotenos por Método Soxhelt.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla D.3 Análisis fisicoquímicos a ambas variedades de zanahoria</i>	<i>72</i>

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Estructura del Caroteno</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2 Carotenos Mayoritarios y fuente de obtención</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3 Análisis con sus grados de libertad</i>	<i>29</i>
<i>Figura 4 Combinación de tratamientos con diseño de yates</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5 Extracción por método convencional a la variedad Danvers y Chantenay</i>	<i>37</i>
<i>Figura 6 Extracción Método Soxhlet a la variedad Danvers y Chantenay</i>	<i>39</i>
<i>Figura 7 Comparación de Métodos de Extracción</i>	<i>40</i>
<i>Figura 8 Diagrama de Pareto con ambos métodos de extracción</i>	<i>43</i>
<i>Figura 9 Grafica de Cubos de métodos de extracción</i>	<i>44</i>
<i>Figura A.1 Plantación de Zanahorias Jinotega</i>	<i>50</i>
<i>Figura A.2 Muestras recién cosechadas</i>	<i>50</i>
<i>Figura A.3 Proceso de lavado de Clasificación</i>	<i>51</i>
<i>Figura A.4 Proceso de Clasificación de Zanahorias</i>	<i>51</i>
<i>Figura A.5 Muestra de la variedad Chantenay</i>	<i>52</i>
<i>Figura A.6 Muestra de la Variedad Danvers</i>	<i>52</i>
<i>Figura A.7 Diferencia entre Variedades</i>	<i>53</i>
<i>Figura A.8 Procesamiento de muestras para análisis fisicoquímicos</i>	<i>53</i>
<i>Figura A.9 Muestras para humedad</i>	<i>54</i>
<i>Figura A.10 Muestra final de Cenizas</i>	<i>54</i>
<i>Figura A 11 Solidos solubles de la variedad Danvers en refractómetro</i>	<i>55</i>
<i>Figura A 12 Extracto de grasa en prueba fisicoquímica</i>	<i>55</i>
<i>Figura A.13 Extraccion de carotenos por Solventes</i>	<i>56</i>
<i>Figura A.14 Proceso de extraccion de carotenos por Metodo Solxhet</i>	<i>56</i>
<i>Figura A.15 Producto final de extracción de carotenos</i>	<i>57</i>
<i>Figura A 16 Espectrofotómetro Varian usado para contabilizar los carotenos</i>	<i>58</i>
<i>Figura A.17 ingreso de la muestra a analizar a espectrofotómetro</i>	<i>58</i>
<i>Figura A 18 Porcentaje de Cenizas</i>	<i>59</i>
<i>Figura A.19 Desviación Estándar de Cenizas</i>	<i>59</i>
<i>Figura A.20 Porcentaje de Humedad</i>	<i>60</i>
<i>Figura A.21 Desviación estándar de humedad</i>	<i>60</i>

<i>Figura A.22 Porcentaje de Acidez</i>	<i>61</i>
<i>Figura A.23 Desviación estándar de Acidez.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura A.24 Porcentaje de Acidez</i>	<i>62</i>
<i>Figura A.25 Desviación estándar de Acidez.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura A.26 Rendimiento de carotenos por método convencional de solventes</i>	<i>63</i>
<i>Figura A.27 Rendimiento de Caroteno por método Soxhelt.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura A.28 Comparación de rendimiento de carotenos por método de extracción</i>	<i>64</i>
<i>Figura A.29 Desviación estándar por ambas variedades y métodos de extraccion</i>	<i>64</i>

INDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1 Relación de la absorbancia con la concentración.....</i>	<i>12</i>
<i>Ecuación 2 Porcentaje de Cenizas</i>	<i>19</i>
<i>Ecuación 3 Porcentaje de Humedad.....</i>	<i>20</i>
<i>Ecuación 4 Porcentaje de Grasa.....</i>	<i>21</i>
<i>Ecuación 5 Acidez Titulable</i>	<i>23</i>
<i>Ecuación 6 Cuantificación de Carotenos.....</i>	<i>27</i>
<i>Ecuación B.1 Grados de Libertad</i>	<i>65</i>
<i>Ecuación B.2 Suma de Cuadrados</i>	<i>65</i>
<i>Ecuación B.3 Cuadrados Medios</i>	<i>66</i>
<i>Ecuación B.4 Cuadrado Medio Error.....</i>	<i>66</i>
<i>Ecuación B.4 Valor F.....</i>	<i>66</i>
<i>Ecuación B.5 R-Cuadrado.....</i>	<i>67</i>
<i>Ecuación B.6 R-Cuadrado Ajustado.....</i>	<i>67</i>
<i>Ecuación B.7 R-Cuadrada (Pred).....</i>	<i>68</i>
<i>Ecuación C.1 Desviación Estándar</i>	<i>68</i>
<i>Ecuación C.2 Media Aritmética</i>	<i>69</i>
<i>Ecuación C.3 Contenido de Carotenos</i>	<i>69</i>
<i>Ecuación C.4 Ley de Disoluciones.....</i>	<i>69</i>

AGRADECIMIENTOS

Dios primeramente por permitirme seguir y no rendirme, ayudarme a mejorar mi resiliencia emocional y no dejarme caer.

A mis padres Ricardo y Daysi, aunque uno ya no este plano terrenal sigue siendo un apoyo para conmigo hasta el día de hoy, mi madre una persona excepcional que me ayudo en este momento y jamás dejo de creer en mi potencial, fue y sigue siendo uno de los mayores pilares que tengo para ser lo que soy en este día

Mi hermano Rafael que a pesar de las circunstancias esta constante para apoyarme, que a pesar de las dificultades sigue siendo una de las personas me apoya y cree en mí y el resto de mi familia que han sido parte de este proceso.

A mis amigos porque son mi segunda familia, la que yo elegí y estoy feliz que sean parte de este momento a mi mejor amiga Valeria Canjura que no me dejo caer.

A mi tutora la Ing. Betanco que gracias a su perseverancia y ayuda he logrado culminar.

A los productores de Jinotega que no dudaron en ayudarme especialmente al señor Israel Castro y a una persona que no dudo en ayudarme ni un minuto mi estimado William García.

Y al resto de personas que fueron parte de este recorrido y son parte de este momento infinitamente agradecida.

DEDICATORIA

A Dios por ayudarme a seguir, a ser una forma de resiliencia, a mis padres y el resto de los familiares y amigos que me han ayudado a seguir, sin su ayuda no hubiera sido realidad esto.

A esta alma mater que fue mi casa por tantos años, gracias por brindarme la oportunidad a las autoridades de formarme en esta universidad, que me permitieron adquirir conocimientos y convertirme en una profesional de valores éticos y profesionales.

A los docentes que me acompañaron a lo largo de la carrera ayudando y brindándome enseñanzas para este momento.

A los agricultores y personas que me brindaron su mano en Jinotega y me brindaron su ayuda para que esta investigación se llevara a cabo y se hiciera realidad espero que esto de un panorama amplio sobre este tipo de cultivos.

RESUMEN

El trabajo que se realizó fue un estudio comparativo de métodos de extracción de carotenos en dos diferentes variedades de zanahorias a escala de laboratorio mediante probabilidades y técnicas instrumentales. Nicaragua está en una vía de desarrollo tanto en industria textil en la cual se puede utilizar como colorante natural gracias a sus propiedades, tanto alimenticias como de otro tipo, el uso de este compuesto puede ser beneficioso ya que en el país producimos la materia prima para extraer el compuesto, este estudio tiene como fin hacer una comparación en base estadística así como en laboratorio la cantidad que puede extraerse de las variedades a estudiar, ya que se considera hay mayor siembra y cosecha en el país.

Las muestras son provenientes de un beneficio de la ciudad de Jinotega llamado luz roja con la finalidad de tener datos fisicoquímicos de estas variedades. Obteniendo los siguientes resultados de cada variedad: La Variedad Danvers con una: Humedad del 76.84 %, Cenizas 1.75%, Grasas 0.61%, SS 14 °Bx, Acidez 8.7% Por su parte la variedad Chantenay tiene alto contenido de humedad 92.87%, Cenizas 0.73%, Grasas 0.68%, SS 9 °Bx, Acidez 9.4%. lo cual nos demuestra que tienen diferentes intervalos en lo que es el caso de análisis fisicoquímicos.

Para el análisis estadístico se tomó un arreglo de modelo 2^3 para conocer los carotenos por cada variedad de zanahoria que se tomó para el estudio, con un análisis de 8 tratamientos y teniendo en cuenta tres factores principales Variedad de zanahoria, Método de Extracción y Tiempo, y sus dos variables de respuesta fueron rendimiento de caroteno por variedad y tiempo de extracción con 3 réplicas en los análisis en cuanto a los métodos de extracción se observó que hay diferencias significativas.

Los métodos de extracción que se utilizaron en este análisis son métodos convencionales, en el cual fue el método Soxhelt y extracción por solventes, el método Soxhelt se utilizan solventes polares y no polares para realizar una extracción efectiva, en caso de este estudio se utilizó éter de petróleo que es no polar para lograr una mayor extracción de carotenos el cual dio como resultado $31.3 \mu g/g$ en la variedad Chantenay por medio de este método con un tiempo de 25 minutos, en la extracción por solventes en el cual no se incluyó temperatura, se utilizó el mismo solvente Éter de petróleo y se obtuvo $282.12 \mu g/g$ por la variedad Danver a 17 minutos Para conocer la concentración

de carotenos por cada extracción y diferencia de tiempo se utilizó, un espectrofotómetro uv-visible en modo de lectura simple se realizaron los estudios de cada analito tres veces para tener datos específico y ver si habían cambios en torno al tiempo y tipo de extracción.

I INTRODUCCION

Este trabajo es un estudio comparativo de condiciones de métodos de extracción de carotenos en dos diferentes variedades de zanahorias en este caso Chantenay y Danvers a escala de laboratorio mediante probabilidades y técnicas instrumentales.

Según investigaciones realizadas en la biblioteca de la Universidad Nacional de ingeniera, no existe ningún registro que hable sobre la presente investigación. Sin embargo, al buscar en la red, se encontró un estudio sobre Hábitos de consumo de zanahoria como, elaborado por estudiantes de licenciatura en educación, llegando a la conclusión de que una buena elección de alimentos, como cualquier comportamiento humano complejo, está influenciada por muchos factores interrelacionados. Si se analiza a la población se puede describir diferentes factores que influyen en el proceso del consumo de frutas y verduras, así como las preparaciones culinarias que acostumbra, como parte de su conducta alimentaria. (tecnacional, 2022)

La zanahoria no solo se ha convertido en un alimento de consumo regional sino que también es un producto de comercialización y de exportación para lo cual es importante establecer su composición química que da una idea clara acerca del aporte, entre los parámetros químicos a caracterizar debido a que además es la base de elaboración de otros productos, el plan nacional de producción agropecuaria del MPPE en compañía del banco central de nicaragua con el ciclo 2023/2024 obtuvieron una producción de 25000 ton, de zanahoria en relación 2022/2023 la cual fue una producción de 3424 ton. (Cuaran,2010; Espín y colaboradores, 2010).

El caroteno es un carotenoide, del grupo de los pigmentos rojos, naranja y amarillos, este es utilizado de Pro-Vitamina A, es una principal función nutricional, también se utiliza como colorante en diferentes productos a base de grasa, en alimentos, industrias farmacéuticas, cosméticas; el caroteno también actúa como antioxidante, como protector de los rayos UV, comunicador celular y es un reductor de enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y degeneración muscular. (Garcia.2023).

Químicamente los carotenos son terpenoides, formados básicamente por ocho unidades de isopreno, de tal forma que la unión de cada unidad se invierte en el centro de la

molécula. En los carotenoides naturales sólo se encuentran tres elementos: C, H y O. El oxígeno puede estar presente como grupo hidroxilo, metoxilo, epoxi, carboxilo o carbonilo. Dentro de los carotenoides podemos distinguir dos grupos: los carotenos, que son hidrocarburos, y las xantofilas, que poseen oxígeno en su molécula. (Antonio J. Meléndez-Martínez, 2004)

El uso del caroteno en la industria farmacéutica ha sido de gran beneficio ya que es una de las vitaminas vitales en el cuerpo, esto nos hace buscar alternativas para extraer este compuesto de manera efectiva y aprovechar todos sus componentes, ya que el consumo de la zanahoria no es tan demandante y recordemos que Nicaragua tiene una alta tasa de mortalidad por enfermedades cardiacas.

Entre los métodos más destacados de extracción y caracterización de β – *caroteno* a partir de la zanahoria se encuentran el convencional con solventes, el cual incluye la extracción por método Soxhelt y métodos extracción convencional con solventes, conformada por extracción asistida por microondas y extracción asistida por ultrasonido, para la caracterización de la zanahoria tenemos, porcentaje de cenizas, solidos solubles, acidez titulable, porcentaje de fibras. (Mancilla, 2023)

El diseño de probabilidad es la combinación de 8 combinaciones de tratamientos que se pueden hacer en un cubo (Montgomery, 2004), este diseño se usara como modelo de predicción de extracción de carotenoides existentes en ambas variedades de la zanahoria.

La inclusión de los carotenos a cualquier área de la industria ya sea de alimentos, médicos o textil, puede dar un aporte tanto nutricional como un mejor uso a este compuesto ya que en Nicaragua no se ha hecho el estudio lo suficiente para demostrar que es viable su producción y su uso en estas áreas. Por lo tanto, esta investigación sienta un precedente de resultados para futuros estudios más a fondo y que mejoras se puedan realizar y que sea una alternativa a utilizarse en ya sea en la industria de alimentos o en la industria textil, para contribuir a mejorar ambos campos.

II OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Estudiar las condiciones de extracción de carotenos a partir de las variedades de zanahoria Chantenay y Danvers a escala de laboratorio.

2.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar las dos variedades de zanahoria Danvers y Chantenay que se utilizarán en el estudio para conocer su composición fisicoquímica.
2. Determinar las mejores condiciones de extracción de carotenos mediante un diseño factorial 2^k para ambas variedades de zanahoria.
3. Ajustar un modelo de regresión para estimar la obtención de carotenos de acuerdo a las condiciones de extracción.
4. Comparar las condiciones de extracción eficientes para obtener el mayor rendimiento de carotenos en cada variedad de zanahoria.

III MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades de las hortalizas

El nombre científico de la zanahoria es *Daucus carota* L. (sinónimos: *Carota sativa* Rups., *Caucalis carota* Crantz, *Caucalis daucus* Crantz), comúnmente conocida como acenoria, azanoria, sinoria o forrajera, es originaria de la cuenca del Mediterráneo. Según algunos autores se deriva del cruzamiento de dos umbelíferas espontáneas: *Ducus carota* L. var. *typicus* y *Ducus carota* var. *Máxima*.

Al género *Daucus* pertenecen cerca de sesenta especies, muchas de las cuales son plantas silvestres (Castagnino, 2009). Asia Central parece ser la zona de mayor diversidad de formas, con órganos de almacenamiento de color púrpura o amarillo, de donde fue llevada por los árabes a Europa Occidental entre los siglos XIII y XV.

Allí, aparecieron a fines del siglo XVII las zanahorias de raíces blancas (García, 2008), así como las zanahorias amarillas y los cultivares con raíces de color naranja desarrollados en Holanda (Castagnino, 2009). Tradicionalmente, la raíz se emplea como diurético, así como en avitaminosis, escorbuto y diarrea infantil; las partes aéreas se usan como carminativo y diurético; diferentes partes de la planta se utilizan como antiinflamatorio, antihelmíntico, nefroprotector y hepatoprotector. (Gloria Gonzales, Jesus Galvis, Alexy Lopez, 2010)

3.2. Composición química y valor nutricional

La zanahoria es una planta herbácea cuyas hojas, flores, frutos, tallos, bulbos, raíces, rizomas e inflorescencias se consumen verdes o no, crudos o procesados; siendo la raíz la parte de mayor consumo, con un valor energético de 47 cal/100 g de producto fresco (Castagnino, 2009).

En general, las raíces poseen diversos compuestos de reserva, en especial azúcares como sacarosa, glucosa, xilosa y fructosa; carotenos¹; sitosterina²; estigmasterina³; lecitina⁴; glutamina⁵; pectina; vitaminas y proteínas. Su aceite esencial contiene α -pineno, canfeno, β -pineno, sabineno, mirceno, α felandreno, limoneno, γ -terpineno, p-cimeno, terpinoleno y cariofileno); su fibra bruta está compuesta por 71,7, 13,0 y 15,2 % de celulosa, hemicelulosa y lignina respectivamente, mientras que su sabor se atribuye tanto a la presencia de ácido glutámico como a la acción tampón de los aminoácidos libres. (Gloria Gonzales, Jesus Galvis, Alexy Lopez, 2010)

3.3. Cultivo de Zanahoria en Nicaragua

Es importante establecer que Nicaragua es un país cuya economía se basa en gran manera en la producción agrícola. El mayor cultivo de Zanahoria es en la zona norte de Jinotega y Matagalpa los tipos de zanahoria cultivadas son Chantenay, Danvers, Nantes, Emperador, Corazón de Buey, Bangor, Patzi. Los costos de producción de este rubro se aproximan a los 205 900 córdobas por hectárea. (Zeledon, 2021)

3.4. Variedades de Zanahoria

3.4.1 Chantenay

Las raíces de los cultivares de este grupo, son cortas y anchas en la parte superior y de color anaranjado fuerte. Las raíces soportan muy bien los malos tratos que se les da durante el lavado y el transporte al mercado.

3.4.2 Danvers

Las raíces de este grupo de zanahorias son más largas y delgadas que las Chantenay; se consideran de calidad intermedia.

3.4.3 Nantes

Las raíces de este grupo son cilíndricas, con la punta obtusa, de epidermis delgada y lisa y de color anaranjado, interna y externamente, llegando en su madurez a medir entre 13 y 18 cm. Los cultivares de este grupo son de muy buena calidad para consumo fresco; tienen buen sabor y aroma.

3.4.4 Emperador

Las raíces de este grupo son semejantes a las Nances, pero son más largas y puntiagudas. Requieren de suelos más profundos y se consideran de muy buena calidad.

3.4.5 Mercado de Paris o Corazón de Buey

Este tipo de zanahorias no se considera de uso comercial en los catálogos de semillas americanos.

3.5 Características de cultivo de Zanahoria

El cultivo de zanahoria se da entre los 15 y 20°C, debido a que una temperatura menor podría afectar negativamente el cultivo, las zonas norte son ideales debido a sus temperaturas entre los 15 – 27 °C, siendo lugares entre Jinotega y Matagalpa las idóneas para el cultivo de tubérculo. La textura del suelo óptimo son franco arenosos a los 120 días se da la cosecha de este producto para plantar la semilla se da la preparación del

suelo, se ara el suelo con una profundidad que varían hasta los 35-45 cm, se realizan canales de drenaje para sacar excedentes de agua en época de lluvia o cuando se usa riego ya que necesitan entre 600-1700 mm de agua, las zanahorias contienen una humedad relativa entre el 70-80% de agua tiene que estar en un ambiente con un pH entre 5.5-7.0, se planta entre 5-7cm de distancia de cada planta, se planta entre mayo y Junio que empiezan las primeras lluvias y su cosecha se realiza entre julio y agosto. (tecnacional, 2022).

3.5.1 Enfermedades y plagas de la Zanahoria

3.5.1.1. Mosca de la Zanahoria

Penetran en la raíz formando galerías sinuosas, sobre todo en la parte exterior, que posteriormente serán pudriciones. Se controla con desinfección del suelo y/o desinfección de semillas. Se recomienda la aplicación de Teflutrin 0.5%, presentado como gránulo a dosis de 10 - 15 kg/ha.

3.5.1.2. Pulgones

Pican la epidermis, por lo que producen fuertes curvaturas en la plantas. Se controla Cultural: rotación de cultivos. Químico: aplicaciones cipermetrin 5% 1.5 L/mz e Imidacloprid 20% 1 L/mz. Abamectina 30 mL/20 L de agua.

3.5.1.3. Gusanos grises

Se alimentan de las partes aéreas de las plantas causando daños en el follaje de la misma. Se controlan Mezclar cebolla, chile y ajo, usar 1 L de la mezcla en 20 L de agua. Se aplica cada 5 días mientras dure el problema. Químico: Metil pirimifos 2%20 - 30 kg/ha. Diazinon 10% 45 kg/ha. 300 - 350 mL/ha.

3.5.1.4. Gusanos de alambre

Atacan las raíces de la zanahoria produciendo galerías que en ocasiones generan podredumbre. Se controla Cultural: variedades resistentes. En el momento de la siembra se recomienda depositar Diazinon 10%, presentado como gránulo en el suelo a dosis de 45 kg/ha.

3.5.1.5. Nemátodos

Ataca el follaje muy reducido y hojas de color rojizo, aparecen bifurcaciones, provocando una cabellera anormal de raicillas oscuras. Se controla de forma Cultural: Tratar la tierra con agua caliente, pues los nemátodos mueren a temperaturas de 40 - 50°C. Enmiendas

del suelo a base de materia orgánica, rotación de cultivos (intercalando plantas no sensibles), desinfección de los aperos de labranza y ruedas de las máquinas que hayan estado trabajando en campos contaminados y limpieza de malas hierbas. Químico: Vidate 1.5 L/mz.

3.5.1.6. Oidio

Se caracterizan por la formación de pudrición blanca en el haz de las hojas. Se controla de forma Cultural: desinfección del suelo y semilla. Clortalonil 30% + Metil tiofanato 17% 2 - 5 L/ha. Etirimol 6% + Maneb 40% 1 - 2 kg/ha.

3.5.1.7. Quemadura de las hojas

Se presentan manchas parduzcas, coronadas de amarillo y diseminadas por el borde de las hojas. La planta aparece como quemada por el sol o por un tratamiento mal efectuado. Se controla de forma Cultural: desinfección del suelo y semilla. Químico: aplicaciones de Curzate M72 1 kg/ha. Caldo sulfocálcico 300 - 350 mL/20 L agua. Clortalonil 15% + Maneb 64% 1 - 2 kg/ha. Clortalonil 37% + Oxido cuproso 25% 250 g/100 L de agua

3.6. Importancia de la Zanahoria

Teniendo en cuenta todas las ventajas mencionadas con anterioridad como los factores económicos de la producción de zanahoria y como los suelos franco arenoso en la zona norte de Nicaragua son ideales para su cultivo, y como las variaciones que existen, los cuales no solo han mejorado su rendimiento de cultivo, al mismo tiempo acortando los periodos de cultivo

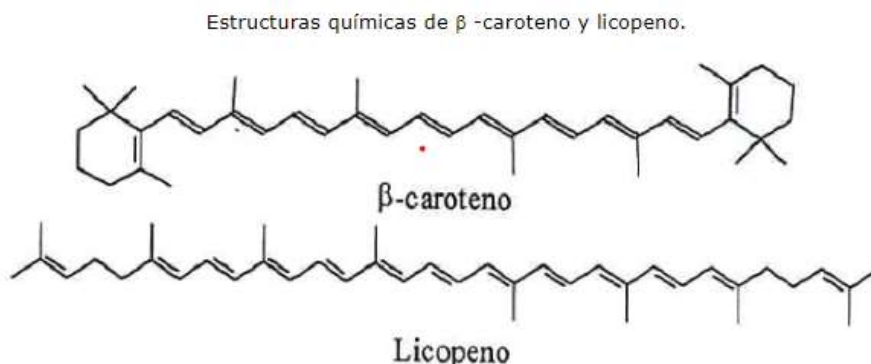
3.6.1. Que es el Caroteno

Los carotenos son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos presentes en los alimentos vegetales, y también de los colores anaranjados de varios alimentos animales.

Desde el punto de vista químico, pertenecen a la familia de los terpenos, es decir están formados por unidades de isopreno (ocho unidades, es decir, cuarenta átomos de carbono), y su biosíntesis se produce a partir de isopentenil pirofosfato. Esto produce sus rasgos estructurales más evidentes, la presencia de muchos dobles enlaces conjugados y de un buen número de ramificaciones de grupos metilo, situados en posiciones constantes. Se conocen alrededor de 600 compuestos de esta familia, que

se dividen en dos tipos básicos: los carotenos, que son hidrocarburos, y las xantofilas, sus derivados oxigenados. A estos tipos hay que unir los carotenos, de tamaño menor, formados por ruptura de los carotenos típicos. (Mancilla, 2023)

Figura 1 Estructura del Caroteno



Nota: (Valderrama, 2023)

3.6.2. β – Caroteno

El β -caroteno se emplea mucho como colorante alimentario. Al ser insoluble en agua, no es fácil de utilizar, por ejemplo, para colorear bebidas refrescantes, una de sus principales aplicaciones. En este caso, se utiliza en forma de polvo extremadamente fino, en partículas de alrededor de 0.4 micras de diámetro, que se puede dispersar en el agua, con la ayuda de un polisacárido como la goma arábiga. Se obtiene actualmente por síntesis química, o bien por cultivo de *Dunaliella salina* un alga microscópica que proliferan aguas con concentraciones muy elevadas de sal. (Mancilla, 2023)

3.6.3. α – Caroteno

Es 38% veces más potente como antioxidante que el betacaroteno y 10 veces más efectivo inhibiendo el cáncer de hígado, piel y pulmón (siendo potenciado este efecto cuando se consume combinado junto con vitamina E y selenio). Pero presenta menos actividad pro-vitamínica a su vez. Lo encontramos en la zanahoria y la calabaza. (Mancilla, 2023)

3.6.4. γ – Caroteno

Posee actividad de vitamina A, aunque inferior a la de los carotenos alfa y beta. Los estudios preliminares demuestran una actividad antioxidante de gamma caroteno, aunque menor que los demás carotenos. Se obtiene de las algas. (Mancilla, 2023)

Figura 2 Carotenos Mayoritarios y fuente de obtención

Carotenoides mayoritarios	Fuente
α - y β -caroteno	Zanahoria (<i>Daucus carota</i>)
Licopeno	Tomates (<i>Lycopersicum spp</i>)
Luteína/Zeaxantina	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), maíz (<i>Zea mays</i>), cempasúchil (<i>Tagetes erecta</i>), huevo de gallina
Violaxantina, β -criptoxantina, luteína/ zeaxantina	Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)
Astaxantina	Salmón (<i>Salmo spp</i>), crustáceos, microalgas y levaduras
Cantaxantina	Crustáceos
Crocentina	Azafrán (<i>Crocus sativus</i>)

Nota: (Carranco Jáuregui, 2011)

3.7. Técnicas de Extracción de Carotenos

Entre los métodos más destacados de extracción de carotenos a partir de la zanahoria se encuentran el convencional con solventes, el cual es una extracción convencional y el otro método de extracción no convencional, conformados por la extracción asistida con microondas y extracción asistida con ultrasonido. (Rivera, 2023)

3.7.1. Extracción convencional

Un solvente se define como como: “un líquido capaz de disolver, diluir o extraer otras sustancias sin causar modificación química a la sustancia o a sí mismo”. La misma extracción convencional es conducida a escala de laboratorio y tiene como propósito principal evaluar el rendimiento de diferentes solventes a diferentes condiciones. Dentro de esta encontramos tres métodos principales, extracción Soxhlet, maceración e hidrodestilación. (Rivera, 2023)

3.7.2. Extracción Soxhlet

Es una forma simple de extracción sólido-líquido es el tratamiento de un sólido y un solvente, el aparato Soxhlet consiste en llenar un dedal de celulosa poroso con la muestra a la que se realizara la extracción continuamente afines o solubles a este, este equipo fundamenta las siguientes etapas:

- ✓ Colocación de solvente en un balón
- ✓ Ebullición del solvente que se evapora hasta condensar a reflujo
- ✓ El condensado cae sobre un recipiente que contiene el cartucho poroso con la muestra en su interior
- ✓ Ascenso del nivel de solvente, cubriendo el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujo que vuelve el solvente con el material extraído del balón
- ✓ Se vuelve a producir este proceso la cantidad necesaria para que la muestra quede agotada

El cartucho consiste en un recipiente cilíndrico con base semiesférica para que se apoye perfectamente en la base del equipo extractor, y sea además resistente. Los materiales más utilizados son el algodón prensado y la porcelana porosa. Los cartuchos se llenan hasta la mitad o poco más, y en lo posible no es conveniente comprimir demasiado la muestra para que no se vea impedida la difusión.

Llegada la temperatura de ebullición del solvente, este comenzara a evaporarse y, luego de que caliente las paredes del equipo, comienza a condensar en el refrigerante y a caer en forma de gotas sobre el cartucho. A medida que el condensado va cayendo sobre el cartucho este comienza a escurrir por la parte inferior del mismo, llenando el recipiente de extracción hasta que llega al nivel de la bajada del sifón, llevando todo el material disuelto hacia el balón inferior. Una vez que el sistema está en régimen, las sifonadas se producen a intervalos regulares. La cantidad de sifonadas están estipuladas en las normas que se usen. (Lopez, 2016)

3.7.3. Solventes

Es un líquido en el cual se introduce una o más sustancias para constituir una fase homogénea: la solución. El solvente no es definido por su estructura química, sino más bien por su estado físico, el estado líquido y por su uso. Un buen solvente debe presentar poder de solvatación, que es la capacidad de formar enlaces, el cual depende de un

elevado momento dipolar y la naturaleza de los enlaces químicos formados. Entre estos está el éter de petróleo y alcohol. (Lopez, 2016)

3.7.4. Extracción Asistida con ultrasonido

La extracción Ultrasónica es la técnica preferida para aislar los compuestos bioactivos de los botánicos. La extracción por ultrasonido se utiliza en la industria alimentaria de suplementos nutricionales y farmacéutica, para liberar compuestos bioactivos como vitaminas, polifenoles, polisacárido, vannabinoides y otros fitoquímicos de los productos, la extracción asistida por ultrasonido se basa en el principio de funcionamiento de la cavitación acústica o ultrasónica. (Hussam,2013)

3.7.5. Extracción Asistida con Microondas

La extracción asistida por microondas consiste en el calentamiento de este último en contacto con la muestra. El proceso implica la perturbación de enlaces por parte de hidrogeno, como resultado de la rotación de dipolos por la radiación en las moléculas y la migración de iones; con la consiguiente penetración del solvente en la matriz, y transporte al seno del líquido de los componentes. (Jain, 2009)

3.8. Métodos y tipos equipos utilizados para la caracterización del caroteno

3.8.1. Espectrofotometría UV-VIS

Esta técnica está basada en la medición de absorción de radiación U.V. o visible por determinadas moléculas. La radiación correspondiente a estas regiones del espectro electromagnético provoca transiciones electrónicas a longitudes de ondas características de la estructura molecular de un compuesto.

Se toman en cuenta las longitudes de onda de trabajo que abarcan intervalos limitados en las longitudes de onda las cuales se denotan en la siguiente tabla

Tabla 1 Onda de medición en espectrofotometría

Región λ (nm)	Color filtro	Color solución
380–435	Azul	Amarillo
480–490	Verde azulado	Rojo
500–560	Verde amarillento	Violeta
580–595	Anaranjado	Azul verdoso
595–650	Rojo	Verde azulado

Nota: (fqmegablog, 2010)

Se utilizan los recipientes para muestra llamados celdas para que se transmitan la energía radiante en la zona espectral del trabajo:

- Región U. V= Celdas de cuarzo (200-2000 nm)
- Región Vis=Celdas de Vidrio (350-2000 nm)

3.8.2. Aplicación

Análisis cuantitativo: Acetonas, Aromáticos, Drogas, Vitaminas, compuestos inorgánicos

Se realiza la curva de calibración antes de cada uso en un rango en el que se pueda usar la ley de Beer Una vez obtenidos los distintos puntos (o niveles de calibración) se debe determinar la ecuación de la recta mediante análisis de regresión lineal (o ajuste de la curva por mínimos cuadrados). Los instrumentos automatizados traen estas funciones ya incorporadas en su sistema de cálculo, lo cual permite obtener el resultado final directamente.

La ecuación que relaciona la absorbancia con la concentración más común es del tipo:

Ecuación 1 Relación de la absorbancia con la concentración

$$Y = Ax + B$$

Donde:

A= Pendiente

B=Intercepto r es un parámetro estadístico que da cuenta de la “calidad” de la curva de calibración y se denomina coeficiente de regresión. En análisis cuantitativo se considera buena una curva cuando su valor de r es mayor que 0.99. (Valladares, fao, 1994)

3.8.3. Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)

La Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC, por sus siglas en inglés) es una técnica analítica que permite separar mezclas complejas de sustancias de procedencia diversa, con el propósito de identificarlas, cuantificarlas y purificarlas. Esta técnica es considerada una de las técnicas de purificación más versátiles y confiables teniendo una amplia aplicación en la investigación química, bioquímica y clínica, entre otras, para la determinación de la pureza de sustancias, la detección de metabolitos de interés farmacológico de plantas, la detección de metabolitos de drogas en fluidos biológicos, el aseguramiento de la calidad de productos farmacéuticos, etc. Se puede utilizar para realizar la separación de carotenos y determinar β – Carotenos, α – Carotenos y luteína. (uv.mx, s.f.)

3.8.4. FTIR (Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier)

FTIR significa infrarrojo por transformada de Fourier, el método preferido de espectroscopia infrarroja. Cuando la radiación IR atraviesa una muestra, una parte de la radiación es absorbida por esta y otra parte la atraviesa (se transmite). La señal resultante en el detector es un espectro que representa la huella molecular de la muestra. La utilidad de la espectroscopia infrarroja radica en que las diferentes estructuras químicas (moléculas) producen diferentes huellas espectrales. Se usa el FTIR para identificación de los grupos funcionales presentes en las muestras a analizar. (thermofisher, s.f.)

3.8.5. GC-MS (Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas)

La cromatografía de gases-masas (GC-MS) es una técnica que combina la capacidad de separación que presenta la cromatografía de gases con la sensibilidad y capacidad selectiva del detector de masas. Esta combinación permite analizar y cuantificar compuestos trazas en mezclas complejas con un alto grado de efectividad. Esta técnica está indicada para la separación de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles. La técnica consiste en que la muestra se volatiliza y se inyecta en una columna cromatográfica capilar. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de un gas inerte que transporta los analitos a través de la columna.

Los analitos quedan retenidos reversiblemente como consecuencia de un proceso de adsorción física. Los componentes separados son eluidos de la columna y registrados por un detector de MS, obteniéndose un espectro de masas que representa la abundancia de diferentes tipos de iones en función de la relación masa/carga de cada uno de ellos. La utilización de GC-MS está restringida a la separación de compuestos de peso molecular menor de 1000 y a una temperatura máxima de trabajo de unos 400°C. (Olga Marti, s.f.).

IV HIPÓTESIS

H_1 : Al menos uno de los factores (Variedad, Método de extracción, Tiempo) afecta el rendimiento de extracción de caroteno a las variedades de zanahoria.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_0 : Ninguno de los factores (Variedad, Método de extracción, Tiempo) afecta en el rendimiento de extracción de caroteno a las variedades de zanahoria.

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

V METODOLOGÍA

Toda investigación se fundamenta en un marco metodológico, en la cual se define el uso de métodos, técnicas, instrumentos, estrategias, experimentos y procedimientos a utilizar en el estudio que se va a desarrollar.

5.1 Tipo y Universo del estudio

Esta metodología se basó en principios descriptivos, cualitativos y cuantitativos para el desarrollo de esta investigación a escala de laboratorio, donde se aplicaron principios estadísticos y técnicas experimentales de laboratorio para obtener los productos propuestos en dicho estudio.

La investigación se desarrolló en el laboratorio de operaciones unitarias que pertenece a la Dirección de Área de Conocimiento de Agricultura, (DACA), de la Universidad Nacional de Ingeniería. La principal materia prima que se le realizó el estudio se obtuvo del norte del país, Jinotega son variedades cultivadas en dicha zona.

5.2 Población y muestra

La recolección se realizó el 05 de mayo de 2025 en el acopio Luz Roja del departamento de Jinotega, de una producción total de cosecha de zanahoria $N=25,000$ Lb en la cual se obtuvo una muestra aleatoria simple de la producción luego de su lavado, teniendo un total de $n_1 = 20$ lb de zanahoria variedad Danvers y $n_2 = 20$ lb de zanahoria Variedad Chantenay teniendo un total de $n_0 = 40$ lb de ambas variedades se tomó esta cantidad para asegurar la disponibilidad de muestras para los análisis fisicoquímicos y la extracción de carotenos.

5.3 Materiales y Métodos

Se tomaron en cuenta las variedades de zanahoria de la región del norte de Nicaragua, propiamente entre el departamento de Jinotega, la materia prima fue proporcionada por productores de la región de Jinotega, los análisis se realizaron en el laboratorio de control de procesos localizado en el edificio de Ingeniería química para la caracterización físico-química de las variedades de zanahoria y para la caracterización de carotenos se realizaran en el laboratorio de alimentos y de procesos pertenecientes al programa de Ingeniería química.

5.3.1 Materiales

Tabla 2 Materiales Utilizados en los análisis de laboratorio

La tabla 2 muestra lista de materiales se usaron a disposición de lo que se encontraba en stock en el laboratorio.

Descripción	Volumen	Cantidad
Cuchillo	-	1
Probeta	10mL	2
Probeta	50mL	2
Erlenmeyer	250 mL	3
Agitador	-	1
Kitasato	500mL	3
Espátula	-	1
Pinza	-	1
Soporte Universal	-	1
Vidrio Reloj	-	3
Bureta	10 mL	1
Beaker	50 mL	3
Beaker	150 mL	3
Beaker	250 mL	3
Embudo de separación	150mL	2
Viales Ámbar	2 mL	13
Capsulas de porcelana	5 ml	3
Pinzas	-	2

Nota: (Elaboración Propia)

5.3.2 Reactivos

En esta investigación se utilizó Silica SiO_2 seca para mayor extracción de los carotenos, se ocupó este reactivo ya que no se contaba en el laboratorio con Alúmina Al_2O_3 para realizar la extracción de forma convencional con solventes, se tomó en cuenta los puntos de ebullición y pureza de cada uno para el método Soxhelt.

Tabla 3 Reactivos

Reactivos	Volumen	Cantidad
Agua destilada	1000 mL	1500mL
Éter de petróleo	1000 mL	720 mL
Silica	500 gr	36 gr
Acetona	1000 mL	300 mL
Hexano	1000 mL	250 mL
Sulfato de Sodio	500 gr	36 gr
Hidróxido de sodio	500 gr	36 gr

Nota: (Elaboración Propia)

5.3.3 Material Biológico

Las muestras se tomaron de un solo productor y de una sola cosecha para tener un margen específico en la extracción de carotenos, el producto se lavó en el centro de acopio **Luz Roja** ubicado en Jinotega, Nicaragua.

Tabla 4 Material Biológico

Material	Variedad	Cantidad
Zanahoria	Danvers	1000 gr
	Chantenay	1000 gr

Nota: (Elaboración Propia).

5.3.4 Equipo

Se realizo en el laboratorio de Control de procesos perteneciente a el área de DACA.

Tabla 5 Equipos Utilizados

Equipo	Modelo	Descripción
Rotavapor	BUCHI	Equipo para realizar la extracción por medio de evaporación suave y eficiente del producto final de los solventes ocupados y quedar con el concentrado.
Plancha mezcla	-	Para realizar la homogenización con magnetos
Extractor Soxhlet	Soxhlet	Equipo para realizar extracción solido-liquido el caroteno a estudiar de la zanahoria
Balanza Analítica	Mettler AE200	Equipo para realizar el pesaje correctamente de las muestras ya sea para llevarlas a extracción de humedad o de muestra de cenizas
Horno para humedad		Equipo para extraer humedad en condiciones de temperatura especificas entre los 105-150°
Mufla	THERMO	Equipo para realizar las cenizas de las muestras a temperaturas especificas desde 550-560°

Nota: Elaboración Propia.

5.4 Métodos

5.5 Caracterización de Zanahoria Chantenay Y Danvers

5.5.1 Porcentaje de Cenizas

- Se empleo la norma AOAC 940.26 para determinar las cenizas presentes en el producto terminado. Este método se basa en calcinar la materia orgánica en un rango de temperatura de 500°C a 600°C y determinar el contenido de minerales que forman parte del producto y que son retenidos durante el calentamiento. Posteriormente se pesó 5g aproximadamente de muestra en el crisol y con la ayuda de unas pinzas metálicas se lo traslado a la mufla precalentada a 550°C durante 4 horas.
- Finalmente se pesó el crisol con las cenizas y se calculó el porcentaje de cenizas a través de la siguiente fórmula:

Ecuación 2 Porcentaje de Cenizas

$$\% \text{ Cenizas} = \left[\frac{(P_2 - P_1)}{M} \right] * 100$$

Donde:

P_1 = Peso en gramos de la muestra húmeda. (g)

p_2 = Peso en gramos de la muestra seca. (g)

M = Masa de la muestra. (g)

Dando los siguientes resultados:

Se tomaron tres muestras por variedad dándonos un resultado del tenemos como resultado en la variedad Danvers un promedio 1.65 en ceniza y la variedad Chantenay un promedio de ceniza de 0.73 lo cual nos muestra que hay diferencia en el porcentaje para ceniza entre variedad, se utiliza esta norma para conocer los minerales elementales en esta muestra un ejemplo es el hierro.

Tabla 6 Porcentaje de Cenizas

Variedad	Ceniza				Promedio	Desviación
	Peso Capsula (g)	Peso Muestra (g)	Peso final (g)	Peso Total (g)		
Danvers	13.21	5.01	13.29	1.61	1.65	0.17
Danvers	12.44	5.03	12.53	1.85		
Danvers	12.32	5.04	12.40	1.51		
Chantenay	13.21	5.06	13.25	0.74	0.73	0.02
Chantenay	12.44	5.05	12.48	0.75		
Chantenay	12.33	5.06	12.36	0.72		

Nota: Elaboración Propia

5.5.2 Porcentaje de Humedad

Se utilizo la norma AOAC 934.06 para determinar el contenido de humedad presente en el producto terminado. se procedió a pesar 5g de muestra en la cápsula y se llevó al a horno a 105°C por 2 horas luego se pesó la cápsula con la muestra seca y se calculó el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula:

Ecuación 3 Porcentaje de Humedad

$$\% \text{ Humedad} = \left[\frac{(P_2 - P_1)}{M} \right] * 100$$

Donde:

P_1 = Peso en gramos de la muestra húmeda. (g)

p_2 = Peso en gramos de la muestra seca. (g)

M = Masa de la muestra. (g)

Se tomo el promedio de humedad de las tres pruebas por variedad realizadas dando el siguiente dato: Danvers en 76.84% y Chantenay en un 92.87% esta norma se utiliza para conocer el porcentaje de agua las zanahorias u muestras a estudiar

Tabla 7 Porcentaje de Humedad

Variedad	Humedad				Promedio	Desviación
	Peso	Peso	Peso	Peso		
	Capsula (g)	Muestra (g)	final (g)	Total (g)		
Danver	1.93	5.00	3.48	78.98		
Danver	1.92	5.00	3.48	79.27	76.84	3.97
Danver	2.12	5.02	3.50	72.26		
Chantenay	1.91	5.05	3.24	94.65		
Chantenay	1.92	5.08	3.28	94.02	92.87	2.55
Chantenay	1.97	5.01	3.24	89.95		

Nota: Elaboración propia

5.5.3 Porcentaje de Grasa

Se utilizo la norma AOAC 930.39 utilizando un equipo Soxhlet para la determinación de grasa presente en el material a utilizar, se tomó la muestra previamente desecada (se usa la muestra de la determinación de humedad) se colocó en los cartuchos de celulosa que se colocan en el extractor, se pesaron los vasos vacíos y previamente secados, se colocaron los vasos en el equipo, se adiciona Éter hasta la marca en cada una de las muestras, se enciende el equipo de refrigeración el proceso de extracción dura dos horas en el cual el éter se va calentando hasta llegar a los 80°C, va pasando por la muestra y arrastra la grasa, la grasa atrapada se depositó en el vaso, luego de las 2 horas se calientan los vasos para eliminar los restos de éter, se dejaron enfriar los vasos en el desecador y luego se pesaron

Donde:

Ecuación 4 Porcentaje de Grasa

$$Grasa (\%) = \left(\frac{P_1 - P_2}{P} \right) * 100$$

P_1 = Vaso con el extracto

P_2 = Peso del vaso vacío

P = Peso de la muestra empleada

Se tomo el promedio de las dos variedades teniendo porcentaje de grasa de la variedad Danvers 0.61 y de la variedad Chantenay 0.68.

Tabla 8 Porcentaje de Grasa

Variedad	Grasa				Promedio	Desviación
	Peso vaso vacío (g)	Peso de la Muestra (g)	Peso final (g)	Peso Total (g)		
Danvers	111.38	5.08	111.47	1.73	0.61	0.97
Danvers	110.56	5.87	110.56	0.05		
Danvers	103.56	5.08	103.56	0.06		
Chantenay	102.55	5.19	102.60	0.94	0.68	0.58
Chantenay	101.57	5.91	101.64	1.09		
Chantenay	105.15	5.33	105.16	0.02		

Nota: Elaboración propia

5.5.4 Sólidos Solubles

Se tomó como referencia la norma (NTE INEN 380) para realizar el ensayo de determinación de sólidos solubles. Mediante el uso de un refractómetro portátil se visualizó los grados brix (contenido de azúcar) presente en la muestra. Primero se limpió el prisma del equipo con agua destilada, luego se colocará la muestra en la superficie del prisma rechazando las primeras gotas, se cierra la cubierta del prisma y se realizará la lectura orientada hacia una fuente de luz, para poder observar la cantidad de sólidos solubles indicado en la escala del equipo, que se encuentra en la tabla de anexo

5.5.5 Acidez Titulable

Se determinó la acidez mediante la norma AOAC 942.15, realizando una titulación con una solución volumétrica patrón de hidróxido de sodio (NaOH) a 0,01 N en presencia de fenolftaleína como indicador. Se diluyó 1g de muestra en agua destilada, luego se agregaron tres gotas del indicador y con la ayuda de una bureta con hidróxido de sodio se tituló gota a gota hasta que la solución se tornó de color rosado. El volumen consumido en la bureta nos indicó el porcentaje de acidez calculado a través de la siguiente fórmula:

Ecuación 5 Acidez Titulable

$$\% \text{ Acidez} = \left[\frac{V_0 * N * V_1}{M} \right] * 100$$

Donde:

V_0 = Volumen de la solución (ml)

V_1 = Consumo de NaOH (ml)

N = Normalidad de la solución de NaOH (ml)

Se utilizó el NaOH al 0.01M realizando una dilución de este por medio de las leyes de concentración teniendo un promedio de acidez del 9.45% en la variedad Danver y 10.21 en variedad Chantenay

Tabla 9 Porcentaje de Acidez Titulable

Variedad	Volumen de la solución (mL)	Masa (g)	Acidez		Total	Promedio	Desviación
			Consumo de NaOH (mL)	Normalidad (Eq/L)			
Danvers	25.00	1.06	0.40	0.01	9.41		
Danvers	25.00	1.01	0.30	0.01	7.46	9.45	2.01
Danvers	25.00	1.09	0.50	0.01	11.48		
Chantenay	25.00	1.03	0.50	0.01	12.14		
Chantenay	25.00	1.08	0.40	0.01	9.29	10.21	1.67
Chantenay	25.00	1.09	0.40	0.01	9.20		

Nota: Elaboración Propia

5.6 Caracterización del caroteno

a) Muestreo

Las zanahorias para el análisis fueron colectadas de dos diferentes lugares tales como productores locales del área de Jinotega y del supermercado, las muestras usadas para la extracción de carotenos el número de muestras colectada nos proporcionó dos universos diferentes para haber logrado la caracterización de las diferentes variedades.

b) Preparación de muestras

Para la caracterización primero se prepararon las muestras, cada zanahoria utilizada para el muestreo se lavó con agua potable con ayuda de jabón y esponjas para garantizar que el procedimiento esté libre de patógenos que puedan interferir con la lectura.

Las muestras luego de estar limpias se redujeron de tamaño y se homogenizó en procesadores de alimentos antes de realizar la extracción, se realizó el procedimiento en duplicado 1+2, tomando las cantidades tomando en cuenta las cantidades probables que existen de carotenoides presentes en cada matriz, se tomó la siguiente tabla como ejemplo del programa HarvestPlus para tomar las cantidades estimadas para la extracción.

Tabla 10 Cantidad de muestra a Utilizar

Cantidad de Muestra		
Muestra	Masa (g)	Matraz Aforado (mL)
Zanahoria	2	100
Batata	2 a 5	50
Yuca	5 a 15	50
Maíz	5 a 10	50
Tomate	2 a 5	100

Nota: (Miranda, 2019)

c) Extracción de las muestras de caroteno por medio de extracción convencional

1. Las muestras se pesaron en la balanza analítica de 0.001g de precisión tomando en cuenta las cantidades estimadas en la tabla 2.
2. Se transfirieron las primeras muestras a un mortero para iniciar la extracción luego se pesó en la balanza analítica 3.000g de Silica, se agregó al mortero y 25 mL de acetona y se homogenizo la muestra en un mortero hasta obtener una pasta
3. Se lavo al menos tres veces con acetona hasta que se completó la extracción hasta que la muestra quedo incolora
4. La solución que contiene los carotenos, paso al embudo con papel filtro de 40 acoplado a un matraz Kitasato de 250 mL para filtrar al vacío.

c.1.) Separación del extracto con éter

1. De la extracción anterior que contiene los carotenos más acetona se transfiere al embudo de separación de 500 mL que contiene 40 mL de éter de petróleo
2. Se agrega agua destilada en el embudo para realizar la separación de carotenos de la acetona y se transfieran al éter de petróleo, para eliminar la acetona existente se añade agua lentamente para evitar emulsión
3. Se pueden verificar que las dos fases están en el embudo Fase a: (Éter de petróleo y carotenoides), fase b: (Agua y acetona), la fase b se decanta y se repite el proceso dos veces más este paso.
4. El extracto de carotenoide con éter se transfirió a un matraz aforado para realizar posterior cuantificación.
5. El embudo de separación y el sulfato fue lavado al menos 3 veces con éter de petróleo, no exceder el volumen del matraz que contiene el frasco con caroteno.

d) Separación por método Soxhelt

- 1) Se encendió el equipo de enfriamiento dejando que llegara hasta los 12°C
- 2) Preparación de la muestra se tomaron 5g de la muestra previamente desecada y se agregó al dedal de celulosa
- 3) Se agregó al equipo de extracción el solvente no polar para realizar la extracción de carotenos el cual fue éter de petróleo
- 4) Se dejó que realizara los reflujos en torno al tiempo estimado de la investigación
- 5) Se realizó la identificación de los carotenos por medio de espectrofotometría de UV-Visible utilizando como blanco Éter de petróleo

e) Cuantificación

- 1) Se pasa a un vial color Ámbar para que se efectuara la lectura utilizando el espectrofotómetro a una longitud permisible de onda de 450 nm, utilizando éter de petróleo como blanco.
- 2) Para luego calcular el contenido total de caroteno en las muestras con la siguiente fórmula

Ecuación 6 Cuantificación de Carotenos

$$\text{Caroteno: } (\mu\text{g/g}) = \frac{A * V(\text{mL}) * 10^4}{A \frac{1\%}{1\text{cm}} * P(\text{g})}$$

A: Absorbancia

V: Volumen total del extracto (mL)

P: Peso de muestra

$\frac{1\%}{1\text{cm}}$: 2592- coeficiente de absortividad de molar del β – caroteno (éter de petróleo)

5.7 Diseño experimental

5.7.1 Diseño de 2^k

Considere inicialmente una factorial 2^k con factores A y B, y n observaciones experimentales por combinación de factores. Es útil emplear los símbolos (1), a, b y ab para denotar los puntos del diseño, donde la presencia de una letra minúscula implica que el factor (A o B) está en el nivel alto. Así, la ausencia de la minúscula implica que el factor está en el nivel bajo. Por lo que ab es el punto de diseño (+, +), a es (+, -), b es (-, +) y (1) es (-, -). así mismo existen situaciones en las que la notación también se aplica para los datos de respuesta en el punto de diseño en cuestión. Como introducción al cálculo de efectos importantes que ayuden a determinar la influencia de los factores y sumas de cuadrados que están incorporados en los cálculos del análisis de varianza se presenta la tabla (Walpole Ronald , Raymond Myers, 2014)

Tabla 11 Procedimiento de Análisis

Procedimiento de análisis para un diseño 2^k	
1	Estimar los efectos de los factores
2	Formar modelo inicial
3	Realizar las pruebas estadísticas
4	Refinar el modelo
5	Analizar los residuales
6	Interpretar los resultados

Nota: (Walpole Ronald , Raymond Myers, 2014)

Figura 3 Análisis con sus grados de libertad

Tabla 6-9 Análisis de varianza de un diseño 2^k

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad
k efectos principales		
A	SS_A	1
B	SS_B	1
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
K	SS_K	1
$\binom{k}{2}$ interacciones de dos factores		
AB	SS_{AB}	1
AC	SS_{AC}	1
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
JK	SS_{JK}	1
$\binom{k}{3}$ interacciones de tres factores		
ABC	SS_{ABC}	1
ABD	SS_{ABD}	1
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
JKL	SS_{JKL}	1
$\binom{k}{k} = 1$ interacción de k factores		
$ABC \cdots K$	$SS_{ABC \cdots K}$	1
Error	SS_E	$2^k(n-1)$
Total	SS_T	$n2^k - 1$

Nota: (Walpole Ronald , Raymond Myers, 2014)

El enfoque general para el análisis estadístico del diseño 2^k se resume en estimar los efectos de los factores examinar sus signos y magnitudes para formar el modelo inicial. Como paso número dos se eligen un modelo completo, es decir todos los efectos principales y las interacciones siempre que se haya hecho una réplica de al menos uno de los puntos de diseño, como tercer paso se realiza una prueba de varianza para probar formalmente la significación de los efectos principales y las interacciones a realizar. En el cuarto paso se refina el modelo estadístico, en el cual consiste en la eliminación de variables no significativas del modelo completo, como quinto paso se realiza el análisis residual usual para verificar la ecuación del modelo y los supuestos, en ocasiones ocurrirá una refinación luego del análisis residual, si se encuentra un modelo inadecuado y como último y sexto paso consiste en realizar un análisis grafico de los efectos principales o las interacciones, superficies de respuesta y graficas de contorno, en algunas ocasiones es necesario calcular manualmente la estimación de un efecto o la suma de cuadrados perfectos para realizar esto puede utilizarse una tabla de positivos y negativos. (Montgomery, 2004)

Figura 4 Combinación de tratamientos con diseño de yates

Combinación de tratamiento	Efecto factorial (simbólico)						
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
(1)	–	–	–	+	+	+	–
a	+	–	–	–	–	+	+
b	–	+	–	–	+	–	+
c	–	–	+	+	–	–	+
ab	+	+	–	+	–	–	–
ac	+	–	+	–	+	–	–
bc	–	+	+	–	–	+	–
abc	+	+	+	+	+	+	+

$$\text{Contraste}_{AB\dots K} = (a \pm 1)(b \pm 1) \dots (k \pm 1)$$

Nota: (Montgomery, 2004)

5.1.2 Diseño Factorial de 2^3

En este diseño experimental se tomaran los factores A, B y C como causales directos de nuestra variable respuesta, dándonos el arreglo de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamiento u experimentos, lo cual nos indica que serán 3 factores con 2 niveles cada uno, dándonos como resultado la siguiente tabla indicara los factores con sus notación de yates y sus signos, teniendo en cuenta que (-1) sería el valor del factor correspondiente está en su nivel bajo y (1) cuando el valor de factor correspondiente está en su nivel alto:

Tabla 12 Diseño con notación de yates

Tratamientos	Factor A Variedad	Factor B Tipo de Extracción	Factor C Tiempo	Notación de Yates
1	-1	-1	-1	(-1)
2	1	-1	-1	a
3	-1	1	-1	b
4	1	1	1	ab
5	-1	-1	1	c
6	1	-1	1	ac
7	-1	1	1	bc
8	1	1	1	abc

Fuente: Elaboración Propia a partir de diseño factorial de notación de yates del libro (Montgomery, 2004)

Tabla 13 Factores y diseño experimental

Factores				
Tratamiento	Variedad	Método	Tiempo min	Replica
Tratamiento 1	Danver	Convencional	5	1
	Danver	Convencional	5	2
	Danver	Convencional	5	3
Tratamiento 2	Chantenay	Convencional	5	1
	Chantenay	Convencional	5	2
	Chantenay	Convencional	5	3
Tratamiento 3	Chantenay	Convencional	25	1
	Chantenay	Convencional	25	2
	Chantenay	Convencional	25	3
Tratamiento 4	Danver	Convencional	25	1
	Danver	Convencional	25	2
	Danver	Convencional	25	3
Tratamiento 5	Danver	Soxhelt	5	1
	Danver	Soxhelt	5	2
	Danver	Soxhelt	5	3
Tratamiento 6	Chantenay	Soxhelt	5	1
	Chantenay	Soxhelt	5	2
	Chantenay	Soxhelt	5	3
Tratamiento 7	Danver	Soxhelt	25	1
	Danver	Soxhelt	25	2
	Danver	Soxhelt	25	3
Tratamiento 8	Chantenay	Soxhelt	25	1
	Chantenay	Soxhelt	25	2
	Chantenay	Soxhelt	25	3

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

A alto es variedad Chantenay, A bajo es Variedad Danver

B alto es Método Convencional, B bajo es Método Soxhelt

C alto es Tiempo Mínimo 5 min, C bajo Tiempo Máximo 25 Min

5.1.3 Diseño Factorial para la investigación

Se realizara un diseño experimental de tipo 2^3 , se determinan como valores importantes como la cantidad de caroteno que se extraerán de ambos tipos de zanahoria como factor A la variedad de zanahoria a usarse en el caso de la presente se trabajara con 2 variedades siendo las variedades Chantenay e Danvers, así mismo como factor B tipo de extracción de ambas variedades para extraer el caroteno, se considera también como último facto o factor C tiempo de extracción de las variedades de zanahoria.

➤ Factor A

- Variedad de Zanahoria Chantenay (-1)
- Variedad de Zanahoria Danvers (1)

➤ Factor B

- Tipo de extracción
 - ✓ Soxhelt con solventes (-1)
 - ✓ Convencional (1)

➤ Factor C

- Tiempo de extracción en intervalo $5 \text{ min} \geq k \leq 15 \text{ min}$
- Tiempo de extracción en intervalo $17 \text{ min} \geq k \leq 25 \text{ min}$.
 - ✓ $(-1) \geq 15 \text{ min}$ tomando en cuenta los siguientes datos: (5,7.5;15)
 - ✓ $(1) \leq 25 \text{ min}$ tomando en cuenta los siguientes datos: (17,20,25)

Variable de respuesta

- ✓ Rendimiento de caroteno por variedad.
- ✓ Tiempo de extracción de caroteno por variedad.

Se compararon los métodos de extracción según la cantidad de carotenos extraídos, por lo cual luego se hizo una identificación, los datos se interpretaron por medio de análisis de varianza (ANOVA) de un factor las pruebas fueron evaluadas por la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% y con una tasa de error del 5% utilizando el programa minitab versión 18.

Se realizo una comparación de métodos de extracción, con diferencias de tiempos similares en las variedades para identificar los carotenos obtenidos en cada uno de estos métodos y luego realizar el análisis de estos y la eficiencia.

VI PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizaron los respectivos análisis fisicoquímicos para la caracterización física y química de las variedades de zanahorias obteniendo resultados de su ceniza, humedad, grasa, acidez y sólidos solubles los resultados obtenidos se proporcionaron en la siguiente tabla, no hay datos registrados sobre estas variedades de zanahoria para realizar una comparación, sin embargo, según los datos obtenidos se pueden comparar entre ellas mismas para un estudio más efectivo.

Estos análisis se realizaron en el laboratorio de control de procesos del Área de Conocimiento de Agricultura.

Tabla 14 Comparación de Análisis fisicoquímicos

Variedad de Zanahoria	Danvers	Chantenay
Humedad (%)	76.83	92.87
Cenizas (%)	1.65	0.73
Grasas (%)	0.61	0.68
Sólidos solubles °Bx	14	9
Acidez (%)	8.7	9.4

Fuente: Elaboración propia.

6.1 Extracción de carotenos por método Soxhlet y Método convencional con solventes

6.1.1. Extracción por método Convencional

La extracción de carotenos de las dos variedades que se estudiaron se llevó a cabo por medio de dos métodos de extracción por método Soxhelt y por método convencional con solventes se obtuvo los siguientes porcentajes los cuales se analizaron estadísticamente En la tabla 15 se muestra el porcentaje de extracción de carotenos por método convencional con éter de petróleo más acetona con tiempos estimados:

Este análisis se realizó por triplicado por cada intervalo de tiempo y se realizaron los análisis en el laboratorio de Biotecnología de UNAN-Managua

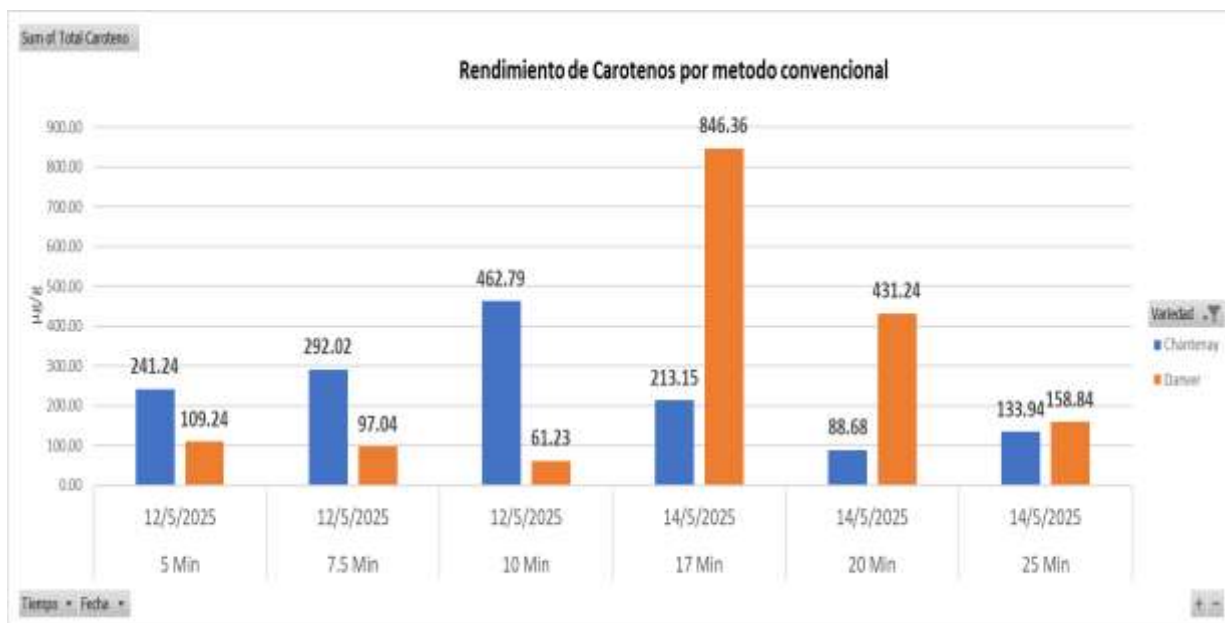
Tabla 15 Extracción por Método Convencional

Variedad de Zanahoria Utilizada-Tiempos Estimados	Danvers $\mu g/g$	Chantenay $\mu g/g$
5 min	0.0841	0.3641
10 min	0.9734	0.3235
15 min	1.5426	0.2041
17 min	0.7105	2.8212
20 min	0.2956	1.4375
25 min	0.4465	0.5295

Fuente: Elaboración propia.

Tenemos como resultado en este grafico que el tiempo óptimo para cada una de las variedades oscila entre los 10 minutos para la variedad Chantenay y entre los 17 minutos para la variedad Danver en el método de extracción convencional con solventes, el grafico muestra rendimiento de carotenos analizados por triplicado en UV-VIS.

Figura 5 Extracción por método convencional a la variedad Danvers y Chantenay



6.1.2. Extracción por Método Soxhlet

En la tabla 16 se muestra la extracción por método Soxhelt se muestra el porcentaje obtenido por este método con los tiempos estimados se utilizaron un total de 5 gr por muestra en variación al tiempo.

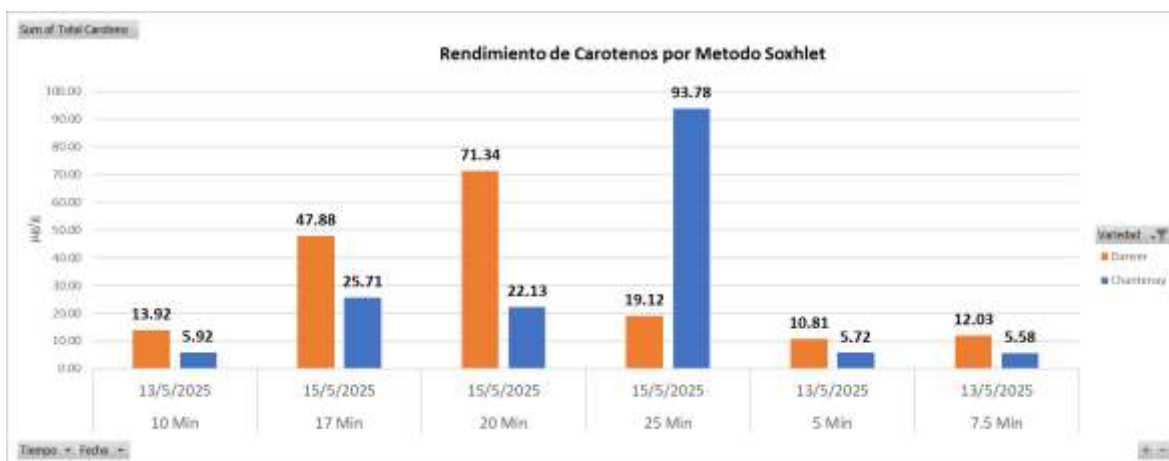
Tabla 16 Extracción por Método Soxhlet

Variedad de Zanahoria Utilizada- Tempos Estimados	Danvers $\mu g/g$	Chantenay $\mu g/g$
5 min	0.0197	0.0464
10 min	0.0857	0.1596
15 min	0.0738	0.2378
17 min	0.3126	0.0637
20 min	0.0191	0.0360
25 min	0.0186	0.0401

Fuente: Elaboración Propia

Tomando en cuenta el método de extracción en este caso el método Soxhlet con los factores de variedad estudiada y tiempo tenemos como resultado que hubo una mayor extracción a los 20 minutos para la variedad Danvers y a un tiempo de 25 minutos para la variedad Chantenay.

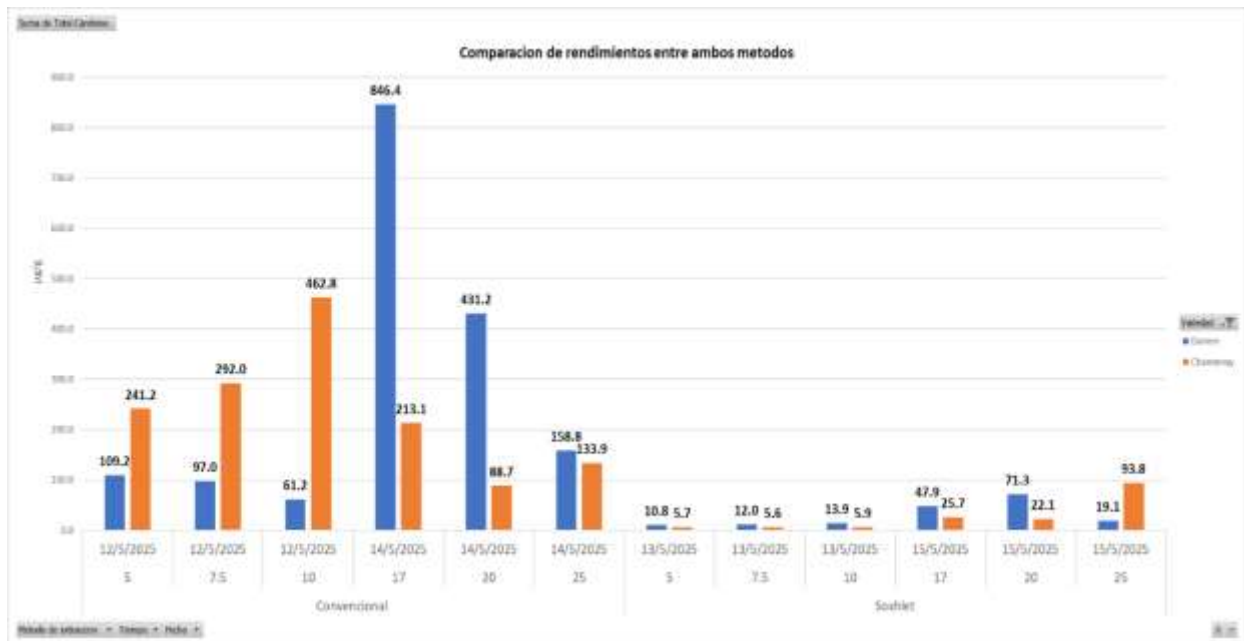
Figura 6 Extracción Método Soxhlet a la variedad Danvers y Chantenay



6.1.3. Comparación de datos obtenidos por método convencional y método Soxhelt

Al realizar una comparación entre ambos métodos de extracción se observó que la mayor cantidad de carotenos extraídos se obtuvo de la variedad Danvers, por el método convencional con un tiempo de extracción de 17 minutos en la gráfica se puede observar comportamiento.

Figura 7 Comparación de Métodos de Extracción



Se realizaron dos días análisis por medio de UV-Visible de tres análisis por muestra por cada método de extracción, obteniendo los siguientes resultados por método convencional. Este grafico nos muestra la suma total de los analitos, analizados por tres veces teniendo en cuenta la degradación de la vitamina en contacto con la luz.

6.2. Análisis Estadístico

6.2.1. Prueba de Hipótesis

Se presupuso igualdad de varianzas en minitab versión 18 para el análisis de las hipótesis donde la hipótesis nula nos puede demostrar que no hay relevancia en la interacción de los factores y nuestra hipótesis alterna nos demuestra que puede haber significancia en cada uno de los factores teniendo en cuenta el nivel de significancia de 0.05

Tabla 17 Prueba de Hipótesis

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

6.2.2. Resumen del modelo

Nos demuestra que, aunque hay un ajuste moderado la predicción puede ser algo baja, por lo cual nos demuestra que nuestros factores (Tiempo, Método y Variedad) tienen significancia.

Tabla 18 Resumen del modelo

S	R-cuad.		R-cuad.
	R-cuad.	(ajustado)	(pred)
48.1345	50.48%	45.07%	39.07%

6.2.3. Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Tabla 19 Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Total Caroteno	Ajuste	Resid	Resid est.	
19	279.8	110.2	169.6	3.64	R
20	283.4	110.2	173.2	3.72	R
21	283.2	110.2	173.0	3.72	R
25	53.0	152.8	-99.8	-2.30	R
26	52.7	152.8	-100.0	-2.30	R
27	53.1	152.8	-99.7	-2.29	R

6.2.4. Análisis de Varianza

Tenemos que en la tabla ANOVA nos da el resultado de que variedad por tiempo tiene una significancia, altamente el efecto no es el mismo para ambas variedades, tenemos también que la interacción en tres términos tiene una significancia alta esto nos indica que el tiempo y las variedades cambia dependiendo el método de extracción, dando como conclusión que el método de extracción es un factor importante pero lo que realmente determina el rendimiento es la variedad y el tiempo en el método de extracción en el que es utilizado.

Tabla 20 Tabla ANOVA de comparación de rendimiento de carotenos

Fuente	G L	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	151178	21597	9.32	0.000
Lineal	3	112461	37487	16.18	0.000
Metodo de extraccion	1	107018	107018	46.19	0.000
Variedad	1	2767	2767	1.19	0.279
Tiempo	1	2677	2677	1.16	0.286
Interacciones de 2 términos	3	22331	7444	3.21	0.029
Metodo de extraccion*Variedad	1	2102	2102	0.91	0.344
Metodo de extraccion*Tiempo	1	8	8	0.00	0.952
Variedad*Tiempo	1	20221	20221	8.73	0.004
Interacciones de 3 términos	1	17170	17170	7.41	0.008
Metodo de extraccion*Variedad*Tiempo	1	17170	17170	7.41	0.008
Error	64	148283	2317		
Falta de ajuste	16	148202	9263	5477.2 0	0.000
Error puro	48	81	2		
Total	71	299461			

5.7.2 Ecuación de regresión en unidades no codificadas

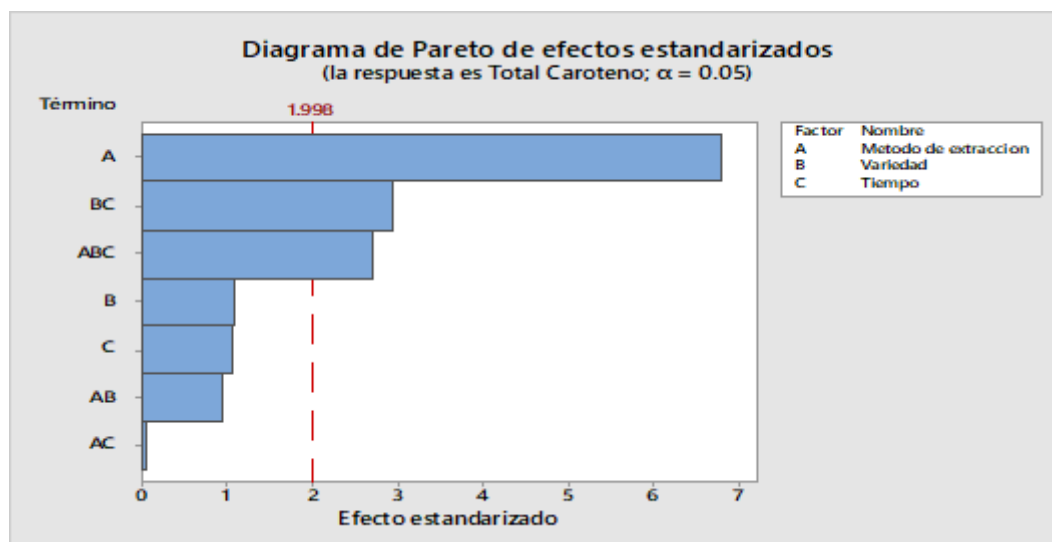
La ecuación de regresión en unidades no codificadas nos demuestra que el rendimiento de los carotenos es una combinación de efectos individuales de cada factor, dándonos como resultado que el método de extracción tiene relevancia, pero tomando en cuenta que las interacciones que hay entre los otros dos factores los cuales son variedad y tiempo para poder tener un resultado final

Tabla 21 Ecuación de regresión en unidades no codificadas

Total de Caroteno	=	36.2 + 39.6 Método de extracción - 29.0 Variedad + 0.855 Tiempo - 27.0 Método de extracción*Variedad - 0.048 Método de extracción*Tiempo + 2.350 Variedad*Tiempo + 2.165 Método de extracción*Variedad*Tiempo
-------------------	---	---

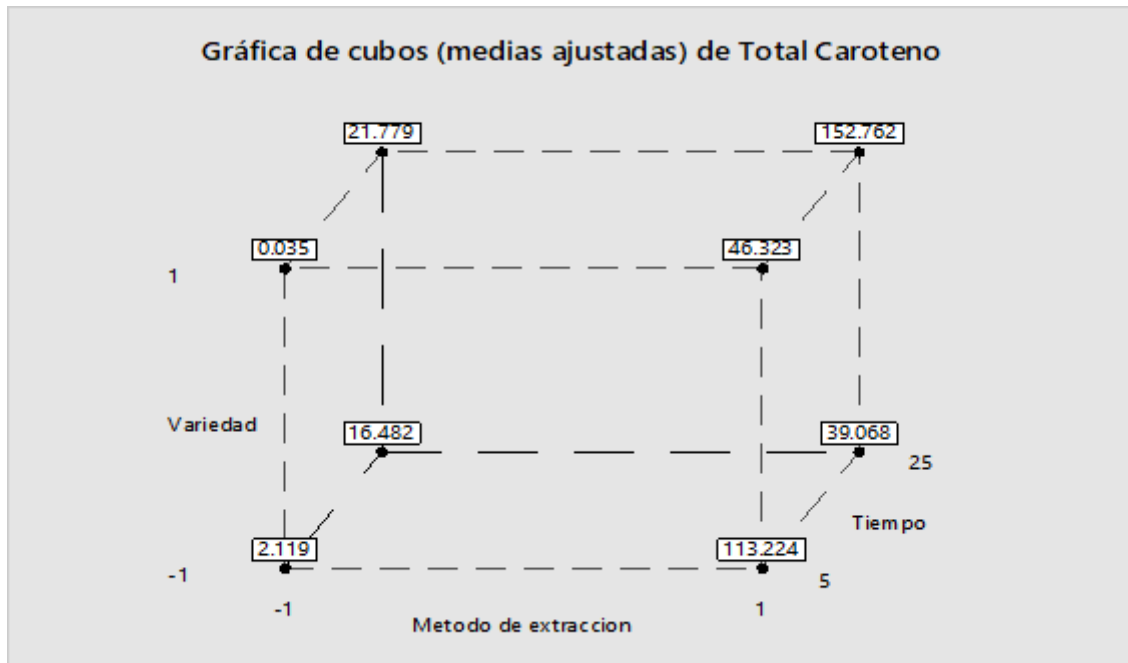
El diagrama de Pareto nos demuestra que en el umbral 1.998 lo que cruza esta línea es efecto estadísticamente significativo como lo es el factor A que pertenece al método de extracción la cual cruza la línea en la cual muestra una incidencia significativa, en el termino BC que es la variedad y tiempo también tienen incidencia para un rendimiento significativo y como ultima interacción significativa tenemos los tres factores ABC que nos indica que la interacción entre variedad y tiempo es diferente por cada método de extracción por lo cual esta última interacción nos demuestra que la combinación ideal entre tiempo y variedad por cada método de extracción nos dará un comportamiento diferente en torno a cada caso.

Figura 8 Diagrama de Pareto con ambos métodos de extracción



Con el grafico de cubos tenemos que el método convencional (1) y con la variedad Danvers (1) a un tiempo de 25 minutos obtenemos un porcentaje mayor de rendimiento de carotenos y que por la parte de método Soxhelt (-1) es menor la obtención de carotenos a esta variedad lo que nos demuestra que existe una interacción certera entre estos tres factores.

Figura 9 Grafica de Cubos de métodos de extracción



VII CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para esta investigación por medio de probabilidades de 2^3 teniendo como factores, la variedad, intervalos de tiempo y métodos de extracción, cual nuestro resultado fue rendimiento de carotenos en las variedades y rendimiento por tiempo según el método de extracción, dándonos un análisis satisfactorio, se realizaron las comparaciones entre ambas variedades ya que no hay estudios previos de estas mismas.

De acuerdo con la caracterización fisicoquímicas de las variedades de zanahorias (*Daucus Carota*) estudiadas se puede confirmar, que cada una tiene características que nos ayudaron a definir el estudio como tal teniendo en cuenta que la variedad Danvers con los siguientes resultados Humedad 76.8%, en Cenizas 1.7%, Grasa 0.6%, Acidez 8.7% y en sólidos solubles 14 Grados Bx°, mientras que de la variedad Chantenay se obtuvieron Humedad 92.3%, Cenizas 0.7%, Grasa 0.7% , acidez 9.4% y en sólidos solubles 9 Grados Bx° lo que nos ayuda a tener un panorama un poco mas acertado en cual variedad podemos obtener carotenos.

Al tomar el modelo 2^3 para conocer los carotenos en cada variedad de zanahoria que se tomó para estudio, con un análisis de 8 tratamientos y teniendo en cuenta tres factores principales Variedad, Método de Extracción y Tiempo, con 3 réplicas en los análisis en cuanto a los métodos de extracción se observó que hay diferencias significativas en torno a la variedad y tiempo, en cuanto a los métodos utilizados.

Al hacer la debida comparación con los métodos estudiados Método Convencional por extracción por solventes con éter de petróleo y por método Soxhelt con éter de petróleo se observó que hay diferencias en la cantidad extraída en comparación una con la otra, teniendo que por medio del método convencional a tiempo de 17 minutos un máximo de 282.12 $\mu g/g$ Danver de carotenos en comparación al método Soxhelt que su extracción máxima fue a los 25 minutos con un máximo de 31.3 $\mu g/g$ en la variedad Chantenay lo que nos da como resultado para mayor obtención de carotenos en variedad Danvers Método convencional y mayor obtención de carotenos en variedad Chantenay el método Soxhlet dado al previo tratamiento que se le realiza de eliminar la humedad de la muestra.

VIII RECOMENDACIONES

Se recomienda un estudio de extracción de carotenos a partir de descarte de zanahoria para conocer porcentaje de caroteno en este tipo de material ya que es consumido por una parte de la población.

Evaluar la posibilidad de realizar un diseño de una planta de producción de caroteno tomando en cuenta la producción anual de zanahoria en el país.

Si se realizan nuevos estudios en torno a análisis de extracción de carotenos, tener condiciones apropiadas para la extracción de los mismo, teniendo en cuenta que las vitaminas, son sensibles a la luz y la temperatura.

IX BIBLIOGRAFÍA

- Antonio J. Meléndez-Martínez, I. M. (14 de 05 de 2004). *ve.scielo.org*. Obtenido de *ve.scielo.org*: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011#:~:text=Los%20carotenoides%20son%20los%20pigmentos,cadena%20de%20dobles%20enlaces%20conjugados.
- Cayetana Laguna, C. V. (2015). Hábitos de consumo de zanahoria y remolacha en la población. *DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN Y HUMANIDADES*, 12-15.
- fqmegablog*. (06 de 2010). Obtenido de *fqmegablog*: https://fqmegablog.blogspot.com/2010/06/elaboracion-de-un-espectrofotometro_04.html
- Garcia, C. J. (Marzo de 2023). *tesis.ipn.mx*. Obtenido de Estudio comparativo de metodos de extraccion de betacatoneo de Zanahoria y aprovechamiento de residuos post extraccion para la formulacion de confite: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/31829/Estudio%20comparativo%20de%20m%C3%A9todos%20de%20extracci%C3%B3n%20de%20betacaroteno%20de%20zanahoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20zanahoria%20es%20rica%20en,solar%20en%20la%20industria%20fa>
- Gloria Gonzales, Jesus Galvis, Alexy Lopez. (2010). *uniagraria.edu.com*. Obtenido de uniagraria: <https://www.uniagraria.edu.co/wp-content/uploads/2018/09/manual-de-zanahoria-minimamente-procesada.pdf>
- LÓPEZ, L. F. (2016). *EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE β -CAROTENO OBTENIDO DE LA CASCARA DE BANANO*. CIUDAD DE GUATEMALA: UNIVERSIDAD DE GUATEMALA . Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/35294478.pdf>
- Lopez, L. F. (2016). *EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE β -CAROTENO OBTENIDO DE LA CASCARA DE BANANO* . *Tipos de extraccion* , 30-32.
- Mancilla, C. (2023). Extraccion Y separacion de lipidos Terpericos Carotenos . En C. Mancilla, *Extraccion Y separacion de lipidos Terpericos Carotenos* (págs. 7-8-9-10). Mexico : Universidad del Valle Mexico .
- medlineplus. (27 de 01 de 2023). *medlineplus.gov*. Obtenido de medlineplus.gov: <https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/999.html#:~:text=Las%20person>

as%20usan%20betacaroteno%20para,la%20mayor%C3%ADa%20de%20estos
%20usos.

Meneses, P. C. (Noviembre 2013). *Extracción y Caracterización de la Carnitina en el Aguacate*. Quito, Ecuador: Info Analítica.

minitab. (s.f.). Obtenido de minitab: support.minitab.com

Miranda. (2019). Determinación de carotenos . *Análisis de Alimentos de carotenoides*, 4.

Montgomery. (2004). Diseño factorial 2k. En Montgomery, *Análisis y diseño de Experimentos* (págs. 218-225). México .

Olga Marti, M. G. (s.f.). *cai.ucm.es*. Obtenido de cai.ucm.es: <https://cai.ucm.es/ciencias-tierra-arqueometria/tecnicas-geologicas/tecnicas/cromatografia-de-gases-masas-gc-ms/38/#:~:text=La%20cromatograf%C3%ADa%20de%20gases%2Dmasas,un%20alto%20grado%20de%20efectividad>.

Rivera, C. (Marzo de 2023). tesis.ipn.mx. En C. Rivera, *Estudio Comparativo de métodos de extracción de betacaroteno de zanahoria* (págs. 08-10). Zacatecas: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/31829/Estudio%20comparativo%20de%20m%C3%A9todos%20de%20extracci%C3%B3n%20de%20betacaroteno%20de%20zanahoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20zanahoria%20es%20rica%20en,solar%20en%20la%20industria%20fa>

scielo.org. (14 de 10 de 2011). Obtenido de *scielo.org*: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222011000300001

tecnacional. (2022). *Cultivo de Hortaliza*, 69-72. Obtenido de *tecnacional.edu.ni*: https://www.tecnacional.edu.ni/media/Hortalizas_3X2OH2y.pdf

thermofisher. (s.f.). Obtenido de *thermofisher*: <https://www.thermofisher.com/ni/en/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/molecular-spectroscopy/fourier-transform-infrared-spectroscopy/resources/ftir-spectroscopy-academy.html#:~:text=En%20qu%C3%A9%20consiste%20la%20t%C3%A9cnica,la%20at>

uv.mx. (s.f.). Obtenido de uv.mx:
<https://www.uv.mx/sara/equipamiento/hplc/#:~:text=La%20Cromatograf%C3%A Da%20L%C3%ADquida%20de%20Alta,de%20identificarlas%2C%20cuantificarlas%20y%20purificarlas.>

Valderrama. (24 de 01 de 2023).

Valladares, S. (mayo de 1994). *fao*. Obtenido de fao:
<https://www.fao.org/4/ab482s/ab482s03.htm>

Walpole Ronald , Raymond Myers. (2014). *Probabilidad para Ingenieria y Estadisticas* (9na ed.). Mexico, Mexico, Mexico: Pearson. Recuperado el 2014

Zeledon, D. (Abril de 2021). *repositorio.una.edu.ni*. Obtenido de repositorio.una.edu.ni:
<https://repositorio.una.edu.ni/4329/1/tne90z49.pdf>

X ANEXOS

10.1. Anexo A:

10.A.1. Recolección de muestras

Figura A.1 Plantación de Zanahorias Jinotega



Elaboración propia

Figura A.2 Muestras recién cosechadas



Elaboración Propia

Figura A.3 Proceso de lavado de Clasificación



Elaboración Propia

Figura A.4 Proceso de Clasificación de Zanahorias



Elaboración Propia

10.A.2. Proceso de preparación de muestras

Figura A.5 Muestra de la variedad Chantenay



Elaboración Propia

Figura A.6 Muestra de la Variedad Danvers



Elaboración Propia

La variedad Danvers (ubicada a la izquierda) es de un color naranja intenso y tiene el centro más pequeño mientras que la variedad Chantenay (ubicada a la derecha) es más fibrosa y obtiene un color menos intenso

Figura A.7 Diferencia entre Variedades



Elaboración Propia

Figura A.8 Procesamiento de muestras para análisis fisicoquímicos



Elaboración Propia

10.A.3. Proceso de caracterización de la Zanahoria

Figura A.9 Muestras para humedad



Elaboración Propia

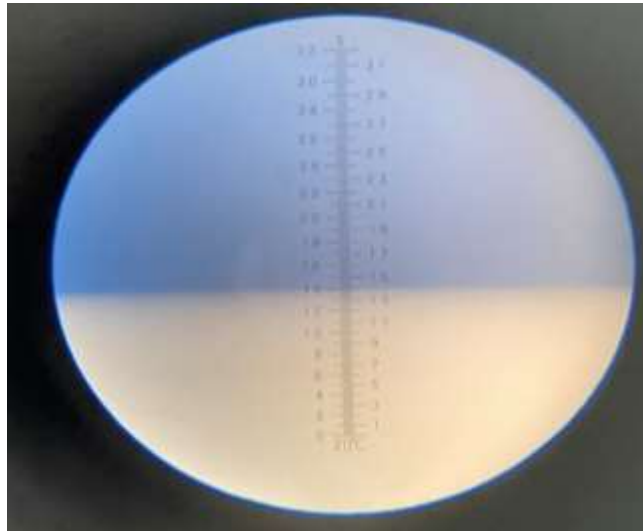
Figura A.10 Muestra final de Cenizas



Elaboración Propia

Se utilizo un refractómetro para conocer los sólidos solubles que nos brindó el área de Control Procesos.

Figura A 11 Solidos solubles de la variedad Danvers en refractómetro



Elaboración Propia

Figura A 12 Extracto de grasa en prueba fisicoquímica



Elaboración Propia

10.A.4. Proceso de Caracterización de Caroteno

Se tomo en cuenta la temperatura ideal del condensador y la temperatura de los calentadores para que la extracción fuera la adecuada según el tiempo estudiado

Figura A.13 Extraccion de carotenos por Solventes



Figura A.14 Proceso de extraccion de carotenos por Metodo Solxhet



Figura A.15 Producto final de extracción de carotenos



10.A.5. Equipos utilizados para caracterización

Se uso espectrofotómetro del laboratorio de Biotecnología de la UNAN-Managua, se realizó una identificación por lectura simple.

Figura A 16 Espectrofotómetro Varian usado para contabilizar los carotenos



Figura A.17 ingreso de la muestra a analizar a espectrofotómetro

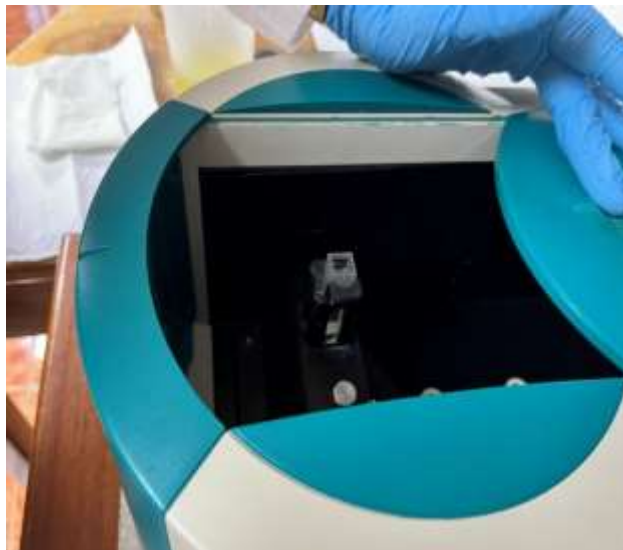


Figura A 18 Porcentaje de Cenizas

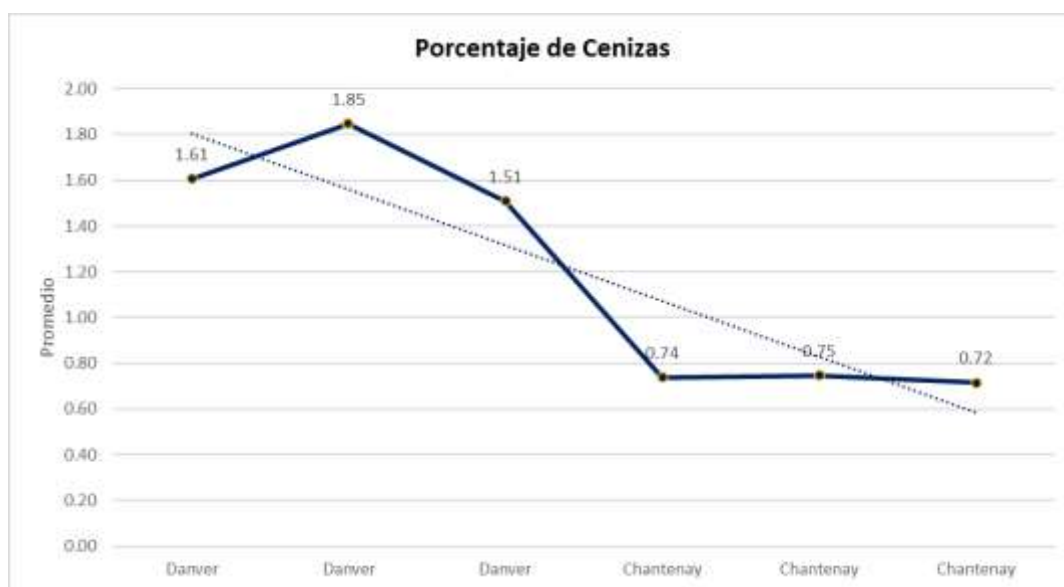


Figura A.19 Desviación Estándar de Cenizas

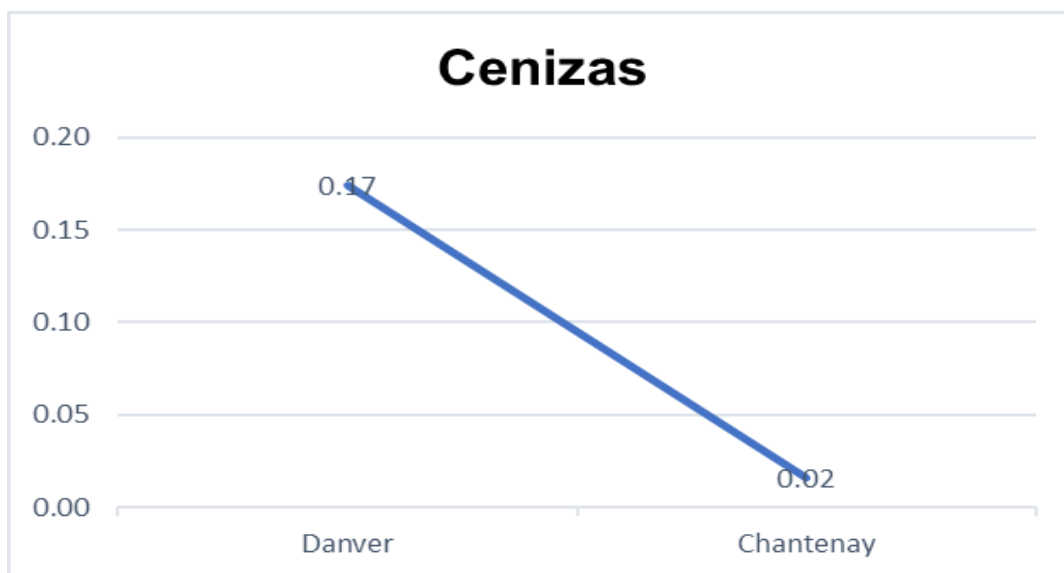


Figura A.20 Porcentaje de Humedad

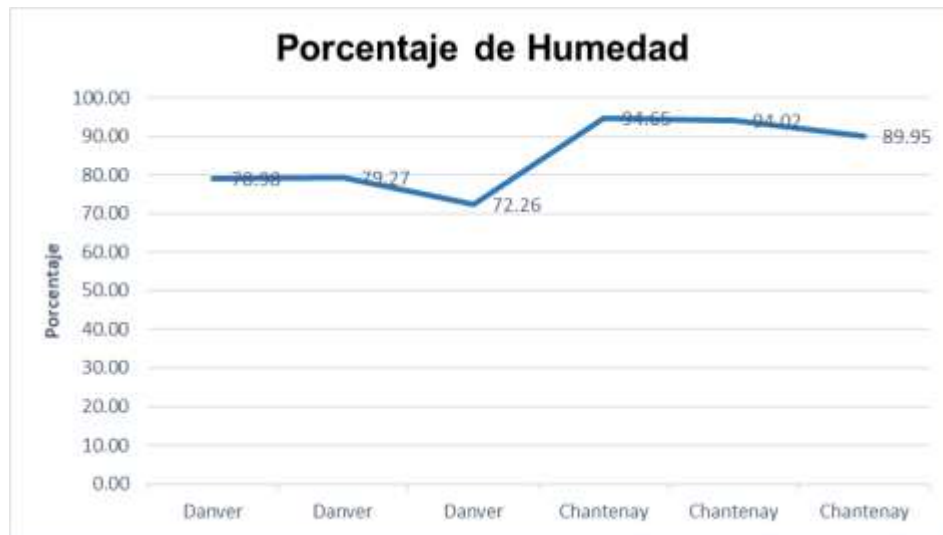


Figura A.21 Desviación estándar de humedad



Figura A.22 Porcentaje de Acidez

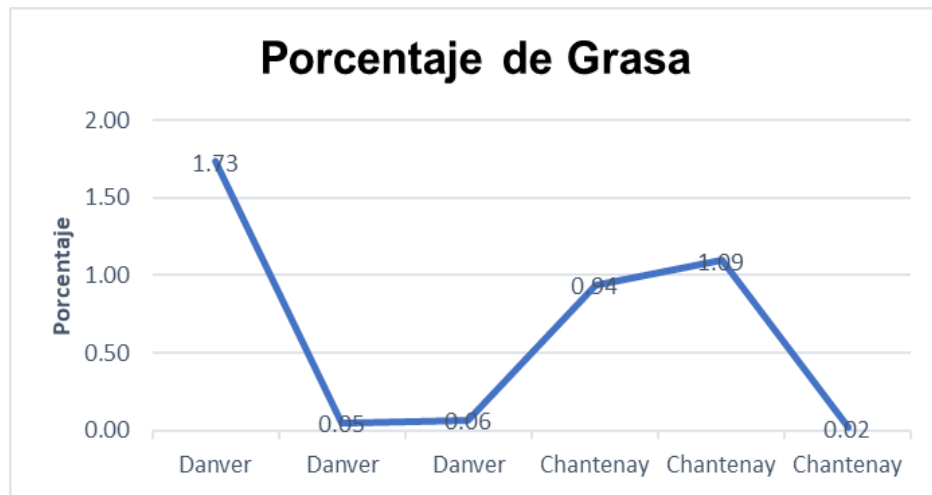


Figura A.23 Desviación estándar de Acidez

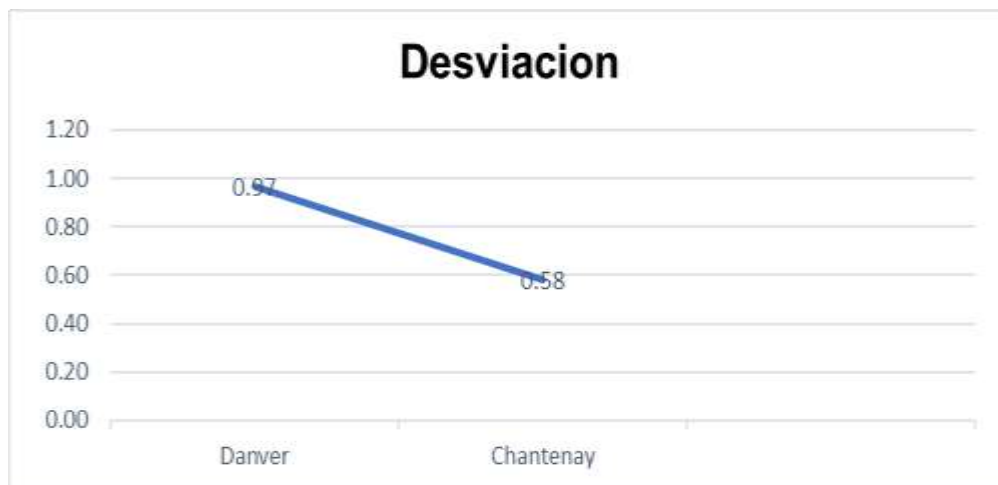


Figura A.24 Porcentaje de Acidez

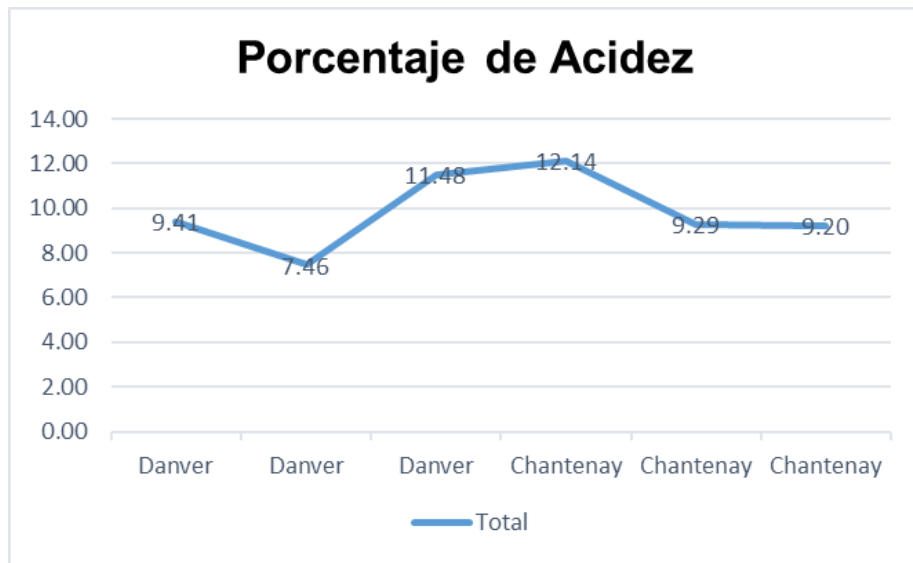


Figura A.25 Desviación estándar de Acidez

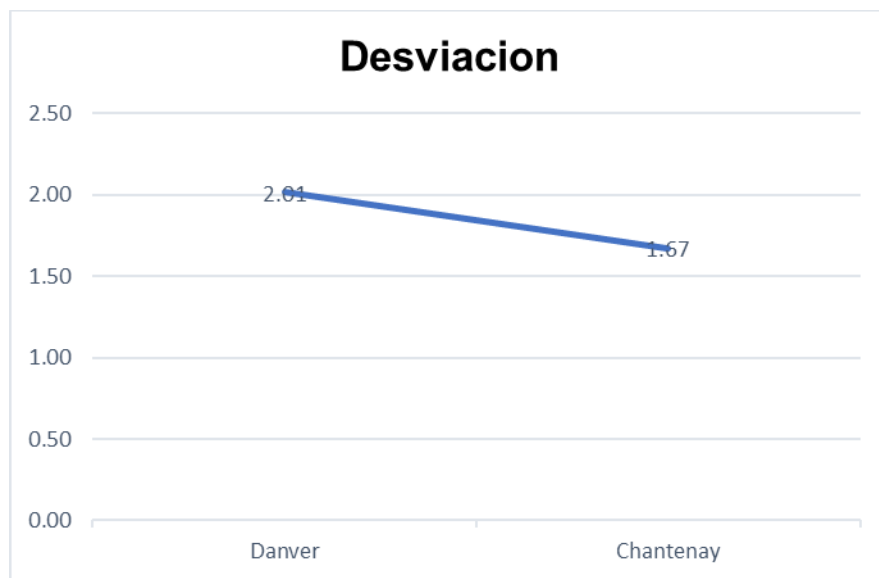


Figura A.26 Rendimiento de carotenos por método convencional de solventes

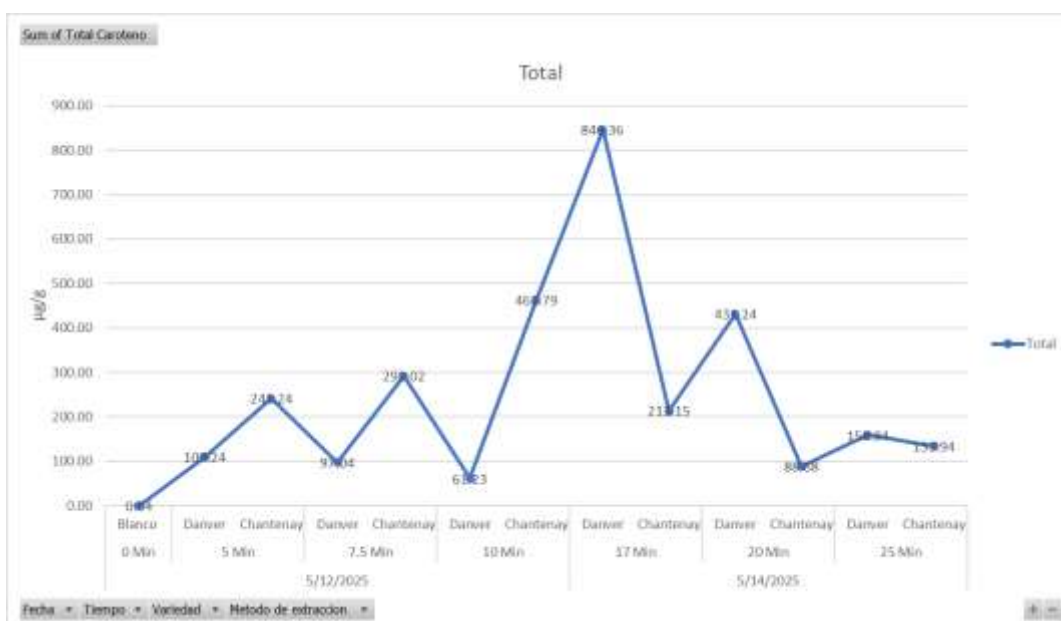


Figura A.27 Rendimiento de Caroteno por método Soxhlet

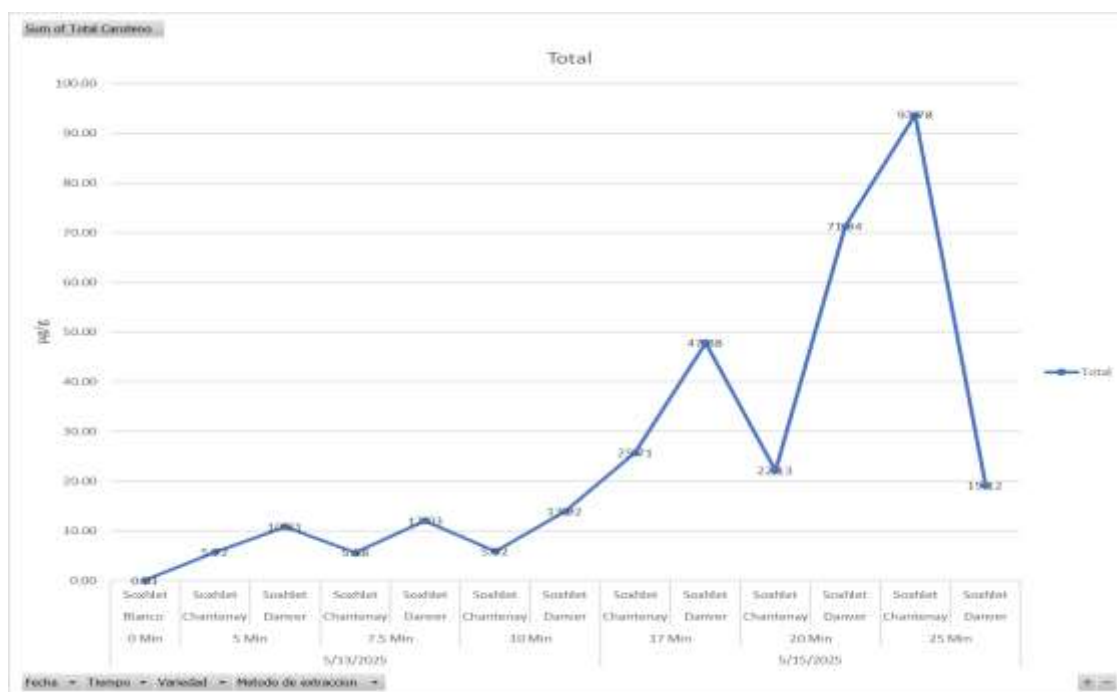


Figura A.28 Comparación de rendimiento de carotenos por método de extracción

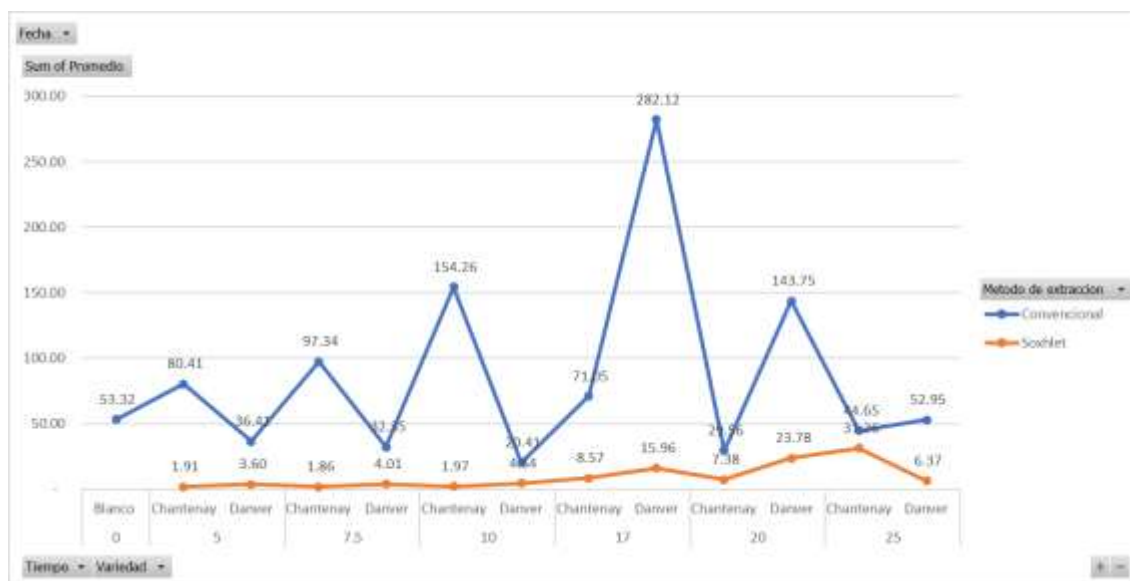
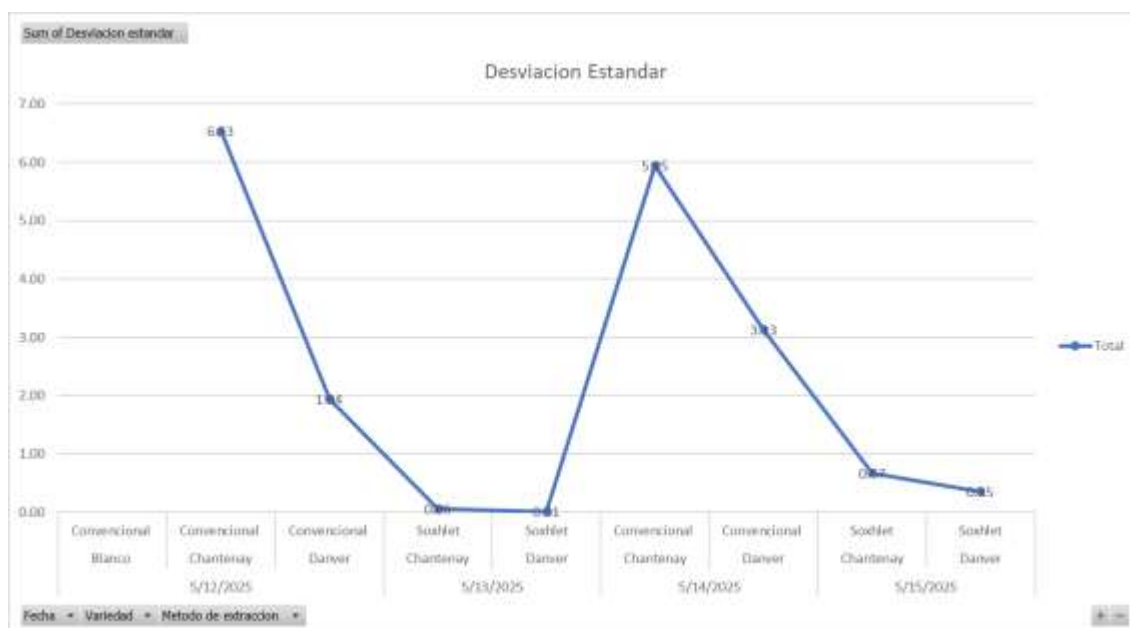


Figura A.29 Desviación estándar por ambas variedades y métodos de extracción



10.2. Anexo B

10.2.1. Ecuaciones usadas para el análisis de ANOVA

B.1. Grados de libertad

Indica el número de elementos independientes de la suma de cuadrados. Los grados de libertad para cada componente del modelo son:

Ecuación B.1 Grados de Libertad

$$(Factor)GL = G - 1$$

$$Error GL = \eta_T - r$$

$$Total = \eta_T - 1$$

Donde:

η_T = Numero total de Observaciones

r = Numero de niveles de factor

B.2. Suma de cuadrados

Es la variación total de los datos el SC es la desviación media del nivel de factor estimado alrededor de la media en general. Esto se conoce también como la suma de los cuadrados entre los tratamientos, el error SC es la desviación de una observación desde su media de nivel del factor correspondiente. Esto se conoce como error en los tratamientos

Ecuación B.2 Suma de Cuadrados

$$Factor SC = \sum_i n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y} \dots)^2$$

$$Error SC = \sum_i \sum_{j_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$$

$$Error SC Total = \sum_i \sum_{j_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$$

Donde:

$\bar{Y}_i$ = Es la media de observaciones en el i^{esima} nivel del factor

$\bar{Y} \dots$ = Es la media de todas las observaciones

Y_{ij} = Es el valor de la j^{esima} observación al i^{esimo} nivel del factor

B.3. Cuadrados medios

Ecuación B.3 Cuadrados Medios

$$Factor\ CM = \frac{Factor\ SC}{Factor\ GL}$$

B.4. Cuadrado medio error

Ecuación B.4 Cuadrado Medio Error

$$Error = \frac{Error\ SC}{Error\ GL}$$

Donde:

CM = Cuadrados medios

SC = Suma de los cuadrados

GL = Grados de Libertad

B.5. Valor F

Ecuación B.4 Valor F

$$F = \frac{CM\ (factor)}{CM(Error)}$$

Los grados de libertad del numerador son $r-1$ los grados de libertad del denominador son

$\eta_T - r$

Donde:

η_T = Numero total de observaciones

r = número de niveles del factor

B.6. Valor P

Se utiliza en las pruebas para decidir si se puede o no rechazar la hipótesis nula, el valor de P es la probabilidad de obtener una estadística de prueba que sea por lo menos tan extrema como el valor calculado real, si la hipótesis nula es verdadera. Un valor de corte es utilizado para el valor P, ejemplo si el valor p de una estadística es menor a 0.05 rechaza la hipótesis nula. (minitab, s.f.)

B.7. S

Es el estimado de σ , la medida de la desviación estándar dentro de una muestra, que observe que $S^2 = \text{Error CM}$. Esto es equivalente a la desviación estándar agrupada usada en el cálculo de intervalos de confianza individuales. (minitab, s.f.)

B.8. R-Cuadrado

Ecuación B.5 R-Cuadrado

$$1 - \frac{\text{Error SC}}{\text{SC total}}$$

R^2 tambien se puede calcular como la correlacion cuadrada de yy

Donde:

SC = Suma de cuadrados

y=Variable de respuesta

$\bar{Y}$ =Variable de respuesta ajustada

B.9. R-cuadrado ajustado

Ecuación B.6 R-Cuadrado Ajustado

$$1 - \frac{\text{Error CM}}{\frac{\text{SC Total}}{\text{GL Total}}}$$

Donde

CM Cuadrado medio

SC= Suma de cuadrados

GL= Grados de libertad

B.10. R-Cuadrada (Pred)

Ecuación B.7 R-Cuadrada (Pred)

$$R^2(pred) = 1 - \frac{Press}{(SC\ total)} = 1 - \frac{\sum_1^n (Y_i - \bar{Y})^2}{\sum_1^n (Y_i - \bar{Y})^2 + \sum_1^n (e_i)^2}$$

Donde:

$Y_i = i^{esimo}$ valor de respuesta observado

$\bar{Y}$ =respuesta media

n= número de observaciones

$e_i = i^{esimo}$ residuo

$h_i = i^{esimo}$ elemento diagonal de X

X= Matriz de diseño

10.3. Anexo C

C.1. Desviación estándar de análisis bromatológicos

Ecuación C.1 Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{(x_i - \mu)^2}{N} \right)}$$

Donde:

σ = desviación estándar

x_i =valor individual de cada muestra

μ =media de la muestra

N=tamaño de la muestra

C.2. Media Aritmética de análisis bromatológicos

Ecuación C.2 Media Aritmética

$$Media\ Arimetica = \frac{(\sum x)}{N}$$

$\sum X$ = Suma de todos los valores de la muestra

N=Tamaño de la muestra

C.3. Ecuación de contenido de carotenoides

Ecuación C.3 Contenido de Carotenos

$$C \left(\frac{\mu g}{g} \right) = \left(\frac{A * C_s \left(\frac{\mu g}{g} \right) * V (mL)}{A_s * P (g)} \right)$$

Donde:

A= Área del pico del carotenoide

Cs= Concentración estándar

As= Área estándar

V= Volumen total del extracto

P= Peso de la muestra

C.4. Ley de Disoluciones

Ecuación C.4 Ley de Disoluciones

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

Se utilizo para diluir al 1N el NaOH

para titulación de ácidos

C_1 = Concentración Inicial

V_1 = Volumen Inicial

C_2 = Concentración Final

V_2 = Concentración Final

10.4. Anexo D

D.1 Tablas de rendimiento de caroteno

Tabla D.1 Rendimiento de Carotenos por extracción convencional por solventes

Convencional										
Fecha	Variedad	Metodo de extraccion	Tiempo	Replica	Absorbancia	Peso	Volumen	Coefficiente de Absortividad	Total Caroteno	Promedio
5/12/2025	Blanco	Convencional	0 Min	0	0.38	72.12	2	2538	0.0415	
5/12/2025	Chantenay	Convencional	5 Min	1	0.4000	2.0132	100	2538	78.2855	80.41
5/12/2025	Chantenay	Convencional	5 Min	2	0.4171	2.0132	100	2538	81.6322	
5/12/2025	Chantenay	Convencional	5 Min	3	0.4155	2.0132	100	2538	81.3191	
5/12/2025	Chantenay	Convencional	7.5 Min	1	0.5169	2.0133	95	2538	96.1015	97.34
5/12/2025	Chantenay	Convencional	7.5 Min	2	0.5249	2.0133	95	2538	97.5888	
5/12/2025	Chantenay	Convencional	7.5 Min	3	0.5289	2.0133	95	2538	98.3325	
5/12/2025	Chantenay	Convencional	10 Min	1	0.7906	2.021	100	2538	154.1342	154.26
5/12/2025	Chantenay	Convencional	10 Min	2	0.8098	2.021	100	2538	157.8774	
5/12/2025	Chantenay	Convencional	10 Min	3	0.7734	2.021	100	2538	150.7809	
5/12/2025	Danver	Convencional	5 Min	1	0.1584	2.0117	120	2538	37.2290	36.41
5/12/2025	Danver	Convencional	5 Min	2	0.1549	2.0117	120	2538	36.4064	
5/12/2025	Danver	Convencional	5 Min	3	0.1515	2.0117	120	2538	35.6073	
5/12/2025	Danver	Convencional	7.5 Min	1	0.1725	2.0294	95	2538	31.8166	32.35
5/12/2025	Danver	Convencional	7.5 Min	2	0.1746	2.0294	95	2538	32.2039	
5/12/2025	Danver	Convencional	7.5 Min	3	0.179	2.0294	95	2538	33.0155	
5/12/2025	Danver	Convencional	10 Min	1	0.1055	2.0354	97	2538	19.8099	20.41
5/12/2025	Danver	Convencional	10 Min	2	0.1103	2.0354	97	2538	20.7112	
5/12/2025	Danver	Convencional	10 Min	3	0.1103	2.0354	97	2538	20.7112	
5/14/2025	Danver	Convencional	17 Min	1	1.5579	2.0844	95	2538	279.7631	282.12
5/14/2025	Danver	Convencional	17 Min	2	1.5783	2.0844	95	2538	283.4265	
5/14/2025	Danver	Convencional	17 Min	3	1.5769	2.0844	95	2538	283.1751	
5/14/2025	Danver	Convencional	20 Min	1	0.9959	2.0885	77	2538	144.6706	143.75
5/14/2025	Danver	Convencional	20 Min	2	0.9838	2.0885	77	2538	142.9129	
5/14/2025	Danver	Convencional	20 Min	3	0.9889	2.0885	77	2538	143.6538	
5/14/2025	Danver	Convencional	25 Min	1	0.2709	2.0135	100	2538	53.0110	52.95
5/14/2025	Danver	Convencional	25 Min	2	0.2694	2.0135	100	2538	52.7174	
5/14/2025	Danver	Convencional	25 Min	3	0.2714	2.0135	100	2538	53.1088	
5/14/2025	Chantenay	Convencional	17 Min	1	0.3615	2.0046	95	2538	67.5014	71.05
5/14/2025	Chantenay	Convencional	17 Min	2	0.3848	2.0046	95	2538	71.8521	
5/14/2025	Chantenay	Convencional	17 Min	3	0.3952	2.0046	95	2538	73.7940	
5/14/2025	Chantenay	Convencional	20 Min	1	0.1459	2.0048	100	2538	28.6743	29.56
5/14/2025	Chantenay	Convencional	20 Min	2	0.1405	2.0048	100	2538	27.6130	
5/14/2025	Chantenay	Convencional	20 Min	3	0.1648	2.0048	100	2538	32.3888	
5/14/2025	Chantenay	Convencional	25 Min	1	0.2586	2.0532	90	2538	44.6630	44.65
5/14/2025	Chantenay	Convencional	25 Min	2	0.2597	2.0532	90	2538	44.8530	
5/14/2025	Chantenay	Convencional	25 Min	3	0.2572	2.0532	90	2538	44.4212	

Tabla D.2 Rendimiento de carotenos por Método Soxhelt

Soxhelt										
Fecha	Variedad	Metodo extraccion de	Tiempo	Replica	Absorbancia	Peso	Volumen	Coefficiente Absortividad de	Total Caroteno	Promedio 2
5/13/2025	Blanco	Soxhlet	0 Min	0	0.0872	72.12	2	2538	0.010	
5/13/2025	Danver	Soxhlet	5 Min	1	0.0962	10.0855	96	2538	3.608	3.604
5/13/2025	Danver	Soxhlet	5 Min	2	0.096	10.0855	96	2538	3.600	
5/13/2025	Danver	Soxhlet	5 Min	3	0.0961	10.0855	96	2538	3.604	
5/13/2025	Danver	Soxhlet	7.5 Min	1	0.0934	10.0945	110	2538	4.010	4.009
5/13/2025	Danver	Soxhlet	7.5 Min	2	0.0934	10.0945	110	2538	4.010	
5/13/2025	Danver	Soxhlet	7.5 Min	3	0.0933	10.0945	110	2538	4.006	
5/13/2025	Danver	Soxhlet	10 Min	1	0.1187	10.0832	100	2538	4.638	4.641
5/13/2025	Danver	Soxhlet	10 Min	2	0.1189	10.0832	100	2538	4.646	
5/13/2025	Danver	Soxhlet	10 Min	3	0.1187	10.0832	100	2538	4.638	
5/13/2025	Chantenay	Soxhlet	5 Min	1	0.0421	10.0142	115	2538	1.905	1.908
5/13/2025	Chantenay	Soxhlet	5 Min	2	0.0422	10.0142	115	2538	1.909	
5/13/2025	Chantenay	Soxhlet	5 Min	3	0.0422	10.0142	115	2538	1.909	
5/13/2025	Chantenay	Soxhlet	7.5 Min	1	0.0312	10.0216	150	2538	1.840	1.860
5/13/2025	Chantenay	Soxhlet	7.5 Min	2	0.0319	10.0216	150	2538	1.881	
5/13/2025	Chantenay	Soxhlet	7.5 Min	3	0.0315	10.0216	150	2538	1.858	
5/13/2025	Chantenay	Soxhlet	10 Min	1	0.04	10.0164	125	2538	1.967	1.972
5/13/2025	Chantenay	Soxhlet	10 Min	2	0.0394	10.0164	125	2538	1.937	
5/13/2025	Chantenay	Soxhlet	10 Min	3	0.0409	10.0164	125	2538	2.011	
5/15/2025	Danver	Soxhlet	17 Min	1	0.2913	10.0544	140	2538	15.982	15.962
5/15/2025	Danver	Soxhlet	17 Min	2	0.2894	10.0544	140	2538	15.877	
5/15/2025	Danver	Soxhlet	17 Min	3	0.2921	10.0544	140	2538	16.026	
5/15/2025	Danver	Soxhlet	20 Min	1	0.4839	10.0393	125	2538	23.739	23.779
5/15/2025	Danver	Soxhlet	20 Min	2	0.4853	10.0393	125	2538	23.808	
5/15/2025	Danver	Soxhlet	20 Min	3	0.4849	10.0393	125	2538	23.789	
5/15/2025	Danver	Soxhlet	25 Min	1	0.1559	10.0802	100	2538	6.094	6.373
5/15/2025	Danver	Soxhlet	25 Min	2	0.1665	10.0802	100	2538	6.508	
5/15/2025	Danver	Soxhlet	25 Min	3	0.1667	10.0802	100	2538	6.516	
5/15/2025	Chantenay	Soxhlet	17 Min	1	0.1608	10.0588	135	2538	8.503	8.570
5/15/2025	Chantenay	Soxhlet	17 Min	2	0.1561	10.0588	135	2538	8.255	
5/15/2025	Chantenay	Soxhlet	17 Min	3	0.1693	10.0588	135	2538	8.953	
5/15/2025	Chantenay	Soxhlet	20 Min	1	0.1588	10.0388	120	2538	7.479	7.377
5/15/2025	Chantenay	Soxhlet	20 Min	2	0.1543	10.0388	120	2538	7.267	
5/15/2025	Chantenay	Soxhlet	20 Min	3	0.1568	10.0388	120	2538	7.385	
5/15/2025	Chantenay	Soxhlet	25 Min	1	0.8831	10.084	90	2538	31.055	31.260
5/15/2025	Chantenay	Soxhlet	25 Min	2	0.8886	10.084	90	2538	31.248	
5/15/2025	Chantenay	Soxhlet	25 Min	3	0.8951	10.084	90	2538	31.477	

D.2 Tabla de análisis físico químicos de las variedades de zanahoria

Tabla D.3 Análisis fisicoquímicos a ambas variedades de zanahoria

Análisis	Variedad	Peso Capsula	Peso Muestra	Peso final	Peso Total	Desviación	Promedio
Humedad	Danver	1.9	5.0	3.5	79.0	3.97	76.8
Humedad	Danver	1.9	5.0	3.5	79.3		
Humedad	Danver	2.1	5.0	3.5	72.3		
Humedad	Chantenay	1.9	5.1	3.2	94.6	2.55	92.9
Humedad	Chantenay	1.9	5.1	3.3	94.0		
Humedad	Chantenay	2.0	5.0	3.2	89.9		
Ceniza	Danver	13.2	5.0	13.3	1.61	0.17	1.7
Ceniza	Danver	12.4	5.0	12.5	1.85		
Ceniza	Danver	12.3	5.0	12.4	1.51		
Ceniza	Chantenay	13.2	5.1	13.2	0.74	0.02	0.7
Ceniza	Chantenay	12.4	5.1	12.5	0.75		
Ceniza	Chantenay	12.3	5.1	12.4	0.72		
Grasa	Danver	3.1	113.4	111.5	1.7	0.97	0.6
Grasa	Danver	2.1	110.6	110.6	0.0		
Grasa	Danver	3.1	103.6	103.6	0.1		
Grasa	Chantenay	3.2	102.6	102.6	0.9	0.58	0.7
Grasa	Chantenay	2.9	101.6	101.6	1.1		
Grasa	Chantenay	2.3	104.2	104.2	0.0		
Acidez	Danver	25.0	1.1	0.5	9.4	1.63	8.7
Acidez	Danver	25.0	1.0	0.4	9.9		
Acidez	Danver	25.0	1.1	0.3	6.9		
Acidez	Chantenay	25.0	1.0	0.3	7.3	2.17	9.4
Acidez	Chantenay	25.0	1.1	0.5	11.6		
Acidez	Chantenay	25.0	1.1	0.4	9.2		