

# **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Antecedentes

La harina es un polvo fino obtenido de la molienda de granos de cereales como ser el trigo o el maíz; es un producto con una alta demanda en el mundo, forma parte de la alimentación de la sociedad desde tiempo mucho más antiguos que la mayoría de otros productos que se consumen hoy en día. Las harinas de mayor consumo en el mundo son las que están formadas de trigo, estas son las así llamadas harinas refinadas.

Las mismas no poseen un alto valor nutricional debido a que en su proceso de transformación, se pierden varios de sus componentes nutricionales, por lo que hoy en día se ve forzadamente a introducir en el proceso una parte de aquellos componentes nutricionales como lo son las vitaminas A, B y C.

Es por ello que la aparición de las harinas compuestas de vegetales en la actualidad constituye una alternativa prometedora para solucionar dicho problema en las harinas refinadas. En tal caso el presente proyecto estará destinado a la investigación de una harina de vegetales o como se le conoce generalmente como harina compuesta.

La harina es un producto con una antigüedad superior a muchos productos que se conocen hoy en día, se tiene registros del producto que datan incluso de hace 14.400 años a.C. donde se encontraron restos de un pan en el desierto negro de Shubayqa, este pan formado únicamente de harina de trigo y agua; nos indica que el producto ya existía incluso durante la época del mesolítico. Ya en la época del neolítico se originó la agricultura en el sudoeste del continente asiático y la producción de harina en el año 6.000 a.C. en el Oriente Medio.

La harina en las antiguas civilizaciones europeas se obtenía a partir del trigo, pero en otros lugares como en el caso del continente asiático al igual que el continente americano la harina se obtiene de otra semilla que es el maíz. En el caso del continente australiano, la harina se obtiene a partir de una mezcla de varias semillas.

El proceso de obtención de la harina no ha cambiado durante siglos, hasta que en el año de 1930 la harina empezó a ser enriquecida con hierro, riboflavina (vitamina B2) o el niacina (vitamina B3). En el año de 1990 se le adiciono el ácido fólico.

En el contexto del país la harina se produce desde tiempos antiguos, propiamente desde el imperio inca en el año 1438. A pesar de que el país produzca harina de dos tipos (harina de trigo y harina de maíz) no abastece la demanda interna, por lo que se ve obligado a importar harinas de los países vecinos; en base a los datos del INE, el IBCE reportó que durante el primer semestre del 2014 Argentina fue el principal proveedor de harina de trigo de Bolivia, representando el 87 % del total importado, seguido de Perú con una participación del 7 %. Actualmente las empresas molineras identificadas por el estudio realizado por la Autoridad de Fiscalización de Empresas (AEMP) son 13 de las cuales, 5 están localizadas en La Paz, 6 en Santa Cruz, 1 en Potosí y otra en Villazón.

En el departamento de Tarija en cuanto se habla del origen de la harina no se tiene registros exactos que hablen sobre el origen de la harina en nuestro departamento; sin embargo, en una publicación en el periódico de “El País” hace mención de un origen de la elaboración de pan desde el año 1930. En el departamento se puede encontrar en el mercado otros tipos de harinas distintos a la del trigo como ser: harina de maíz amarillo, harina de quinua, harina de amaranto, harina de coca y harina de coco. La comercialización de harinas orgánicas así llamadas las harinas que provienen de vegetales distintos del trigo, se encuentra limitado. Otros tipos de harina que se han obtenido en el departamento son la harina de zanahoria y harina de zapallo.

La harina de zanahoria fue obtenida de forma experimental para su comercialización en el año 2020 en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de la ciudad de Tarija utilizando la variedad difundida en el departamento (zanahoria criolla). Así como dentro del departamento se obtuvo dicha harina, en otros países Sud Americanos de igual manera se obtuvo harina de zanahoria, tales ejemplos se tienen: Universidad Tecnológica Equinoccial de Ecuador en el año 2012, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión de Perú en el año 2016 y el Tec Campus Guadalajara de México en el año 2019.

La harina de zapallo fue obtenida de forma experimental para su comercialización en el año 2015 por la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de la ciudad de Tarija

de igual manera en otros países de Sud América se obtuvo el mismo producto, como ejemplo se tiene: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí en el año 2009, la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en el año 2011, y la Universidad Católica de Ecuador en el año 2017.

En el caso de la acelga la misma no fue empleada como harina netamente pura, sino que fue producida con el fin de enriquecer otras harinas, generalmente de la trigo para aumentar sus propiedades nutricionales. Como ejemplos se tiene: Universidad de la Salle de Bogotá-Colombia usó la harina de acelga y espinaca como enriquecimiento de harina de trigo para la elaboración de dos tipos de panes en el año 2009, Universidad Técnica de Cotopaxi de Ecuador uso harina de acelga y de espinaca para enriquecimiento de harina de trigo en el año 2011 y Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de México caracterizó una tortilla de maíz que uso la harina de acelga para enriquecimiento de la harina de maíz en el año 2017.

En cuanto al origen de las materias primas se tiene:

El zapallo coreano también conocido como zapallo anco o calabaza cuya especie es la cucúrbita moschata, se originó en América, por la región de Centroamérica lejos de la creencia de que provenía del continente asiático en la región de Corea. Su origen es incierto por la gran variedad morfológica que se ha producido a lo largo de los años.

Sin embargo, los registros más antiguos que se tienen indican que el zapallo de cucúrbita moschata se originó por la zona sur de México y los países de Guatemala y Panamá, hasta extenderse por Colombia y Venezuela. El zapallo forma parte de la alimentación de las antiguas civilizaciones mayas e incas, donde se encontraron semillas de zapallo que datan 2600 años de antigüedad en la región de los “Cerritos Indios” en la zona este del actual país de Perú. Otro registro más antiguo que se tienen de esta variedad se encuentra en las cuevas de Ocampo de la región de Tamaulipas al noreste de México se encontraron restos que datan del periodo de 4900-3500 años a.C.

En Bolivia, no se conoce datos históricos del origen del zapallo, puesto que desde tiempos antiguos esta variedad ya existía en las zonas de los valles, valles interandinos y también en las zonas tropicales y subtropicales.

Actualmente el departamento de Santa Cruz es el mayor productor de zapallo en el país, con un total de 10.625 Tm en el año 2021 con una superficie de 1.396 ha, posteriormente le sigue el departamento de Cochabamba con un total de 6.521 Tm en el año 2021, estos datos según el estudio de producción realizado por el MDR y T.

La zanahoria su origen se remonta a la época de los años 3.000 a.C. en Asia Central, más específico en Afganistán, se cree que se originó más propiamente en este lugar debido a la gran diversificación de su variedad que se tiene en el lugar. Las primeras variedades existentes de la zanahoria no tenían el color característico naranja con el que se lo conoce en la actualidad, sino que en su exterior era de un color púrpura y en su interior era de color naranja. Sin embargo, por estas épocas el consumo doméstico de esta hortaliza no era de su raíz, sino que se consumía las hojas y se utilizaba la raíz como semilla.

El color naranja con lo que se conoce en la actualidad se debe a los experimentos y cruces realizados por los holandeses en el siglo XVI cuando intentaba realizar homenaje a la casa real de Holanda (Casa Orange). La zanahoria es introducida en América en el siglo XVII y rápidamente en este continente comenzaron a cultivar zanahorias, debido principalmente a que se empezaron a conocer cuáles son los beneficios de las zanahorias para la salud del organismo humano.

En Bolivia, al igual que como el zapallo no se tiene registros de su origen pues desde tiempos remotos ya se plantaba la zanahoria en su variedad criolla propia del país. Actualmente el departamento con mayor producción de zanahoria es Cochabamba con una producción de 16.117 Tm en una superficie de 1.193 ha, posteriormente le sigue el departamento de Oruro con una producción de 13.794 Tm.

Los orígenes de la acelga se remontan antes de Cristo en el continente europeo y el norte de África. No se tiene registros de una zona en específico donde se haya

originado, sin embargo, existen registros donde se habla de un posible consumo en Mesopotamia en el siglo IX a.C.

Se cree que los árabes empezaron su cultivo en el año 600 a.C. y que los griegos y romanos adoptaron esta verdura aproximadamente en el año 500 a.C. como un producto alimenticio y medicinal.

Ya en el año 1806 llega a Estados Unidos quien actualmente es el mayor proveedor de acelga en el mundo.

Su introducción en América Latina tuvo lugar en el año 1806 y desde ahí la acelga ha sido considerada como alimento básico de la nutrición humana, aporta mayoritariamente agua y cantidades mucho menores de hidratos de carbono y proteínas, por lo que resulta poco energética, aunque constituye un alimento rico en vitaminas, sales minerales y fibra. Después de la espinaca, es la verdura más rica en Calcio, además de cantidades nada despreciables de Magnesio.

La producción de acelga en el país no se encuentra bien definida, actualmente en el departamento existe acelga en todos los mercados y hay producción de la misma en varias zonas de cada departamento, no obstante, no se tiene registro exacto de ello, según datos del INE realizados en el periodo 2007-2008 el mayor productor de acelga fue el departamento de La Paz con una producción de 261 Tm.

## **1.2 Objetivos**

### **Objetivo General**

Obtener harina compuesta de tres verduras a partir de un proceso de secado y molienda para producir una harina de alto valor nutricional como alternativa de consumo para el mercado del departamento de Tarija.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar la materia prima procedente de la zona de Laderas, El Puente y Monte Sud del departamento de Tarija.
- Describir los equipos utilizados en el proceso de obtención de la harina compuesta.
- Ejecutar la fase experimental para la obtención de la harina compuesta.
- Determinar la combinación en porcentaje de mezcla más óptima para la harina compuesta.
- Realizar los balances de materia y energía para la obtención de la harina compuesta.
- Determinar el rendimiento del proceso productivo.
- Caracterización por medio de análisis de laboratorio y sensoriales del producto terminado.
- Determinar los costos de la harina compuesta a escala laboratorio.

### **1.3 Justificación**

En el departamento de Tarija el consumo de harinas es parte de la alimentación diaria de la población. A pesar de que en el mercado existe variedad de harinas provenientes del maíz y del trigo, en el mercado sigue predominando las harinas refinadas. Éstas, en su proceso de elaboración pierden muchos nutrientes debido a que se someten a un proceso de separación del germen de trigo por ende parte de su composición se pierde en el proceso.

Esto conlleva a que se deba agregar componentes nutricionales como las vitaminas por separado para solventar dicha pérdida. Es en este punto donde las harinas compuestas en las que no se adiciona trigo son favorables debido a que en su proceso se tiene cuidado en la pérdida de componentes nutricionales. Al ser la harina compuesta un producto orgánico este podría tener una aceptación en el mercado como alternativa a las harinas refinadas que no poseen un valor nutricional alto. Actualmente, en el departamento de Tarija son necesarios y requeridos los micronutrientes para la alimentación de la población, tales como vitaminas (A, B2, B3, B9 y C) y minerales (Fe y K) que las harinas refinadas no contienen en grandes cantidades y muchas veces no de forma natural, este producto pretenderá resolver dicho problema alimenticio de la población por sus características nutritivas.

El proyecto se enfoca en el uso de verduras existentes en el mercado como alternativa nutricional de las harinas ya existentes, que pueda solventar el problema frecuente. El uso de las tres verduras seleccionadas se basa en su composición nutricional y su disponibilidad en el mercado. Como la harina es un proceso de refinamiento de la materia prima utilizada se le estará dando un valor agregado que aumentará su costo económico, que a su vez estaría alargando su vida útil de dichas verduras.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

## 2.1 Descripción de la materia prima

Para la realización de este proyecto se tomó tres materias primas, todas existentes en el departamento de Tarija, estos son:

### 2.1.1 Zanahoria criolla (Daucus carota var. Sativa.)

La zanahoria es una planta herbácea de hojas recortadas, flores blancas y una raíz en forma cónica de color naranja. Perteneció a la familia de las umbelíferas y su nombre botánico es *Daucus carota* var. *Sativa*. Es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo, su consumo se ha extendido ampliamente encontrándose actualmente en los mercados durante todo el año. Destaca por su contenido de caroteno y vitaminas A, B y C. La parte de la planta que se consume es la raíz, de la que existen diferentes variedades, de modo que el sabor y la forma pueden variar, aunque siempre con coloración anaranjada. Para consumo en fresco se prefiere la forma cilíndrica.

#### 2.1.1.1 Variedades de la zanahoria

En el mundo existe gran cantidad de variedades de la zanahoria producto del cruce entre especies. Principalmente en Bolivia las principales variedades encontradas son: Amsterdam y Chantenay. Algunas variedades que se encuentran son: Antares, Bayon F1, Bolero, Carson F1, Diava F1, Gémini, Karol, Karotan, Major, Nelson, Nene, Nippon, Pluto, Premia, Riga F1, etc.



### 2.1.1.2 Producción de zanahoria

La producción de zanahoria a nivel mundial se ha estimado en un 38,8 M (en conjunto con la producción mundial de nabos), siendo una de las hortalizas más producidas en el mundo, creciendo su producción en línea con la creciente población mundial.

En la figura II-1 se muestra los países productores de zanahoria y nabos en el mundo, de mayor intensidad de color naranja se encuentra el país con mayor producción en el mundo, bajando la intensidad del color se encuentran los países según su producción.

**Figura II- 1 Producción mundial de zanahoria y nabo**



Fuente: Atlas Big

Según datos de la FAOSTAT el mayor productor de zanahoria en el mundo es el país de China con una producción en el año 2020 de 18.146.964 Tm y en segundo lugar se encuentra Uzbekistán con una producción de 2.249.733 Tm en el mismo año, ambos en conjunto producen más del 50 % del total mundial.

En la tabla II-1 se muestra los principales países productores en el mundo, se incluye a Bolivia como ejemplo de producción.

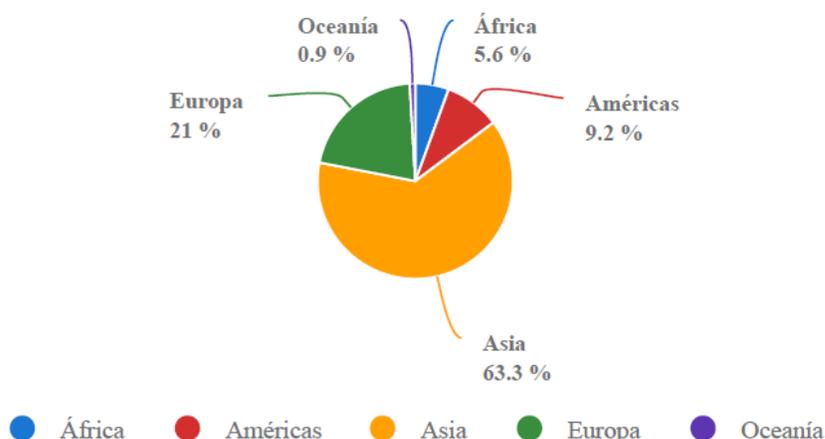
**Tabla II- 1 Principales productores de zanahoria y nabos en el mundo**

			2016	2017	2018	2019	2020
		Unidad	Valor				
Alemania	Producción	Tm	641,628	733,927	625,36	791,11	802,23
	Rendimiento	hg/ha	572,422	585,035	842,531	576,191	581,748
Bolivia (Estado Plurinacional)	Producción	Tm	62,863	61,299	67,972	69,262	70,063
	Rendimiento	hg/ha	118,632	116,56	126,201	134,359	129,459
China Continental	Producción	Tm	17.704.327	17.996.102	18.233.112	17.977.847	18.069.021
	Rendimiento	hg/ha	432,802	431,89	448,104	446,813	453,828
Estados Unidos de Norte América	Producción	Tm	1.439.660	1.406.180	1.497.670	1.691.539	1.368.576
	Rendimiento	hg/ha	459,075	457,741	463,819	579,731	560,938
Federación de Rusia	Producción	Tm	1.450.754	1.438.420	1.408.348	1.558.712	1.368.576
	Rendimiento	hg/ha	279,583	289,246	292,285	320,051	306,952
Indonesia	Producción	Tm	557,009	559,769	636,866	698,88	675,76
	Rendimiento	hg/ha	168,286	166,074	170,399	162,928	164,575
Polonia	Producción	Tm	822,003	827,138	726,37	678,3	689,1
	Rendimiento	hg/ha	368,479	373,966	320,41	301,467	384,972
Reino Unido de Gran Bretaña	Producción	Tm	839,013	957,036	850,113	830,26	799,715
	Rendimiento	hg/ha	590,937	654,205	604,589	587,504	569,354
Turquía	Producción	Tm	556,387	571,301	644,367	666,27	591,377
	Rendimiento	hg/ha	552,849	571,472	578,219	589,515	600,749
Ucrania	Producción	Tm	876,92	839,01	841,84	869,45	862,46
	Rendimiento	hg/ha	203,462	196,489	195,323	202,198	198,267
Uzbekistán	Producción	Tm	2.149.946	2.249.733	2.185.113	2.769.613	2.876.031
	Rendimiento	hg/ha	645,377	726,236	659,597	711,58	778,294

Fuente: FAOSTAT 2022

El continente asiático se mantiene como el mayor productor al igual que consumidor de la zanahoria y nabos, con un 63,3% de la producción total en el mundo, en segundo lugar, se encuentra el continente europeo con un 21%.

En la figura II-2 se muestra el porcentaje de producción por continentes.

**Figura II- 2 Porcentaje de producción de zanahoria y nabos por continentes**

Fuente: FAOSTAT 2022

En Bolivia la producción de zanahoria se registra según datos del MDRyT en el año 2021 con un total de 83.793 Tm, siendo el departamento con mayor producción Cochabamba con un total de 49.828 Tm en el año 2021 ocupando más del 50% de la producción total, en segundo lugar, se encuentra el departamento de Oruro con 16.807 Tm. Actualmente la producción de zanahoria va en crecimiento en conjunto con el crecimiento poblacional.

En la tabla II-2 se muestra la producción de zanahoria por departamentos.

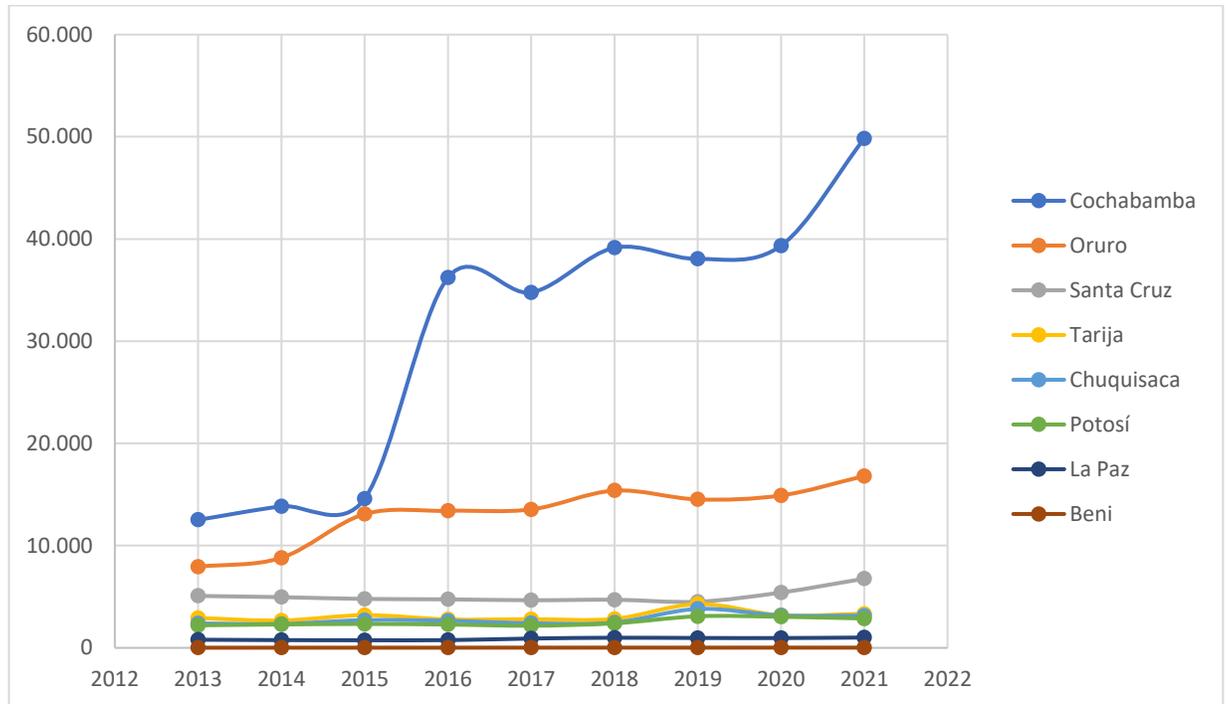
**Tabla II- 2 Producción de zanahoria en Bolivia periodo 2013-2021**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Departamento	Producción (Tm)								
Cochabamba	12.524	13.844	14.594	36.217	34.774	39.146	38.047	39.349	49.828
Oruro	7.938	8.812	13.091	13.407	13.544	15.386	14.520	14.910	16.807
Santa Cruz	5.082	4.959	4.789	4.748	4.658	4.707	4.515	5.414	6.768
Tarija	2.921	2.674	3.198	2.781	2.801	2.836	4.285	3.187	3.338
Chuquisaca	2.394	2.337	2.715	2.647	2.410	2.475	3.811	3.171	3.148
Potosí	2.206	2.290	2.339	2.282	2.168	2.402	3.088	3.042	2.871
La Paz	797	760	747	756	913	990	966	959	1.011
Beni	15	17	18	19	21	23	21	23	22
<b>Total</b>	<b>33.877</b>	<b>35.693</b>	<b>41.491</b>	<b>62.857</b>	<b>61.289</b>	<b>67.965</b>	<b>69.253</b>	<b>70.055</b>	<b>83.793</b>

Fuente: Sistema Integrado de Información Productiva

En la figura II-3 se muestra la producción de zanahoria en Bolivia.

**Figura II- 3 Producción de zanahoria en Bolivia Periodo 2013-2021**



Fuente: Elaboración propia

La producción de zanahoria en el departamento de Tarija se encuentra principalmente en la provincia de Eustaquio Méndez en los municipios de El Puente y San Lorenzo a una altitud de 2052-2500 m. s. n. m., presenta un clima semiárido y templado con una temperatura media de 17°C en la que favorece al crecimiento de esta hortaliza, se encuentra únicamente la variedad criolla de la zanahoria que es la difundida dentro del departamento de Tarija. Posteriormente dentro del municipio de Tarija se produce la misma variedad a una altura de 1875 m.s.n.m. en un clima templado entre temperaturas de 5-25°C apto para el cultivo de la zanahoria.

En la tabla II-3 se muestra la producción de zanahoria por municipios del departamento de Tarija.

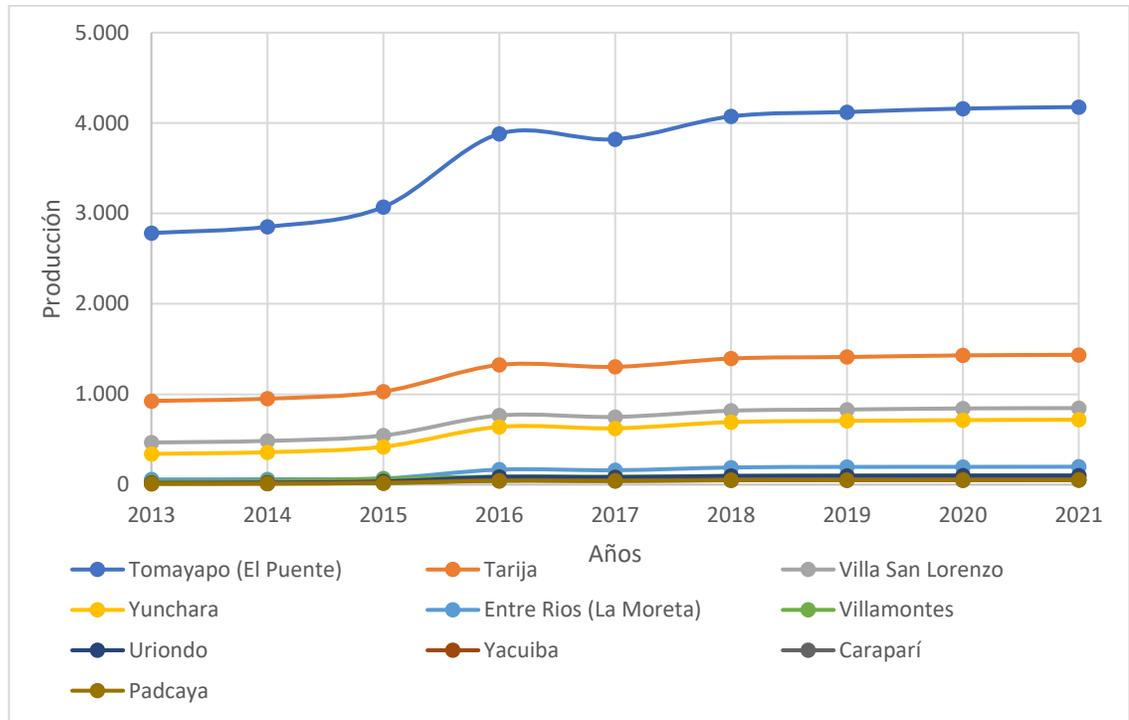
**Tabla II- 3 Producción de zanahoria por municipios de Tarija 2021**

<b>Municipio</b>	<b>Producción (Tm)</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Tomayapo (El Puente)	4.177	314	13,3
Tarija	1.436	105	13,68
Villa San Lorenzo	847	63	13,44
Yunchará	719	54	13,31
Entre Ríos (La Moreta)	198	16	12,38
Villamontes	102	8	12,75
Uriondo	100	7	14,29
Yacuiba	58	5	11,6
Caraparí	53	4	13,25
Padcaya	50	4	12,5
<b>Total</b>	<b>7.740</b>	<b>580</b>	<b>13,34</b>

Fuente: MDRyT, Elaboración DAPRO

En la figura II-4 se muestra la producción de zanahoria en el departamento de Tarija.

**Figura II- 4 Producción de zanahoria en el departamento de Tarija**  
**Periodo 2013-2021**



Fuente: Elaboración propia

### 2.1.1.3 Taxonomía de la zanahoria

En la tabla II-4 se muestra la taxonomía de la zanahoria.

**Tabla II- 4 Taxonomía de la zanahoria**

<b>Nombre científico</b>	Daucus Carots
<b>Nombre común</b>	Zanahoria
<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Apiales
<b>Familia</b>	Apiaceae
<b>Genero</b>	Daucus
<b>Especie</b>	Daucus carota L.

Fuente: Universidad Técnica de Babahoyo-Chamorro Guerrero Diego Raúl

#### 2.1.1.4 Composición nutricional

La zanahoria tiene una composición nutricional variada con alto contenido en agua, vitaminas y minerales esenciales para el cuerpo humano.

En la tabla II-5 se muestra la composición nutricional de la zanahoria

**Tabla II- 5 Composición fisicoquímica de la zanahoria criolla**

<b>Características físicas</b>	<b>Valor promedio</b>	<b>Rango</b>
Peso (g)	105,886	±7,71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	99,56	±7,70
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1,078	±0,03
Longitud (cm)	13,1096	±0,26
Diámetro mayor (cm)	4,2846	±0,15
<b>Composición química</b>		
Humedad (%)	88,93	±0,22
Extracto seco (%)	11,07	±0,50
Carbohidratos totales (%)	8,471	±0,46
Extracto etéreo (%)	1,17	±0,03
Proteínas (%)	0,930	±0,05
Fibra (%)	1,183	±0,08
Cenizas (%)	0,498	±0,02
Acidez titulable	0,060	±0,01
pH	6,9	±0,08
Sólidos solubles (°Brix)	9,08	±0,10
Vitamina C (mg/100g)	1,189	±0,13
Vitamina A (UI)	2018,32	±0,92
<b>Composición mineral</b>		
Potasio (mg/100g)	236,14	±3,21
Calcio (mg/100g)	25,77	±2,07
Fosforo (mg/100g)	50,98	±2,21

Fuente: Universidad Técnica del Norte- Nuria Janet Cuaran Rosero

#### 2.1.1.5 Morfología

##### **Raíz:**

Jugosa, en tubérculo, de forma cónica y color amarillo rojizo; de sabor azucarado y agradable; tiene pocas raicillas; las sustancias que almacena durante el primer año de desarrollo constituyen justamente la parte más noble y utilizable; mide de 20 a 30 cm.

**Tallo:**

Hueco, presenta estrías y las hojas, demasiado festoneadas, son alternas, compuestas y pinadas; del tallo irradian rabillos florales.

**Flores:**

Pequeñas y agrupadas en gran número en forma de sombrilla o umbela, estando constituidas por otras más pequeñas; motivo por el que se dice que la zanahoria tiene inflorescencia de umbela compuesta; los nectarios se hallan libres y al descubierto, al alcance de los colibríes, abejas, mariposas y otros insectos.

**Semilla:**

Constituida por el mismo fruto pequeño; cuando llega a la madurez y en la sequedad, se esparce fácilmente, por lo que el horticultor debe saber aprovechar la cosecha valiosa a su debido tiempo.

**Cultivo:**

Igual que la cebolla, el rábano, la lechuga, el tomate y casi todas las demás hortalizas, se propagan por semilla y previo almacigo, trasplantando en horas apropiadas de la mañana o de la tarde, cuando no están en intensidad los rayos solares; el terreno de cultivo será debidamente húmedo, mullido y abonado.

**2.1.1.6 Utilidades**

- a). **En la alimentación:** Riquísima en vitamina A, cuyo principio activo es la “carotina”, para conservar la visión y la piel. Por su jugo azucarado y sabor agradable es muy apetecida por niños y adultos tanto cruda como cocida. De la raíz, que es muy nutritiva, se preparan ensaladas, purés, postres y varios otros platos del arte culinario. Es de fácil digestión en pasteles.
- b). **En medicina:** Tonifica el organismo, regulando las funciones estomacales, biliares, hepáticas, urinarias y respiratorias; contribuye poderosamente al desarrollo de los huesos y combate la debilidad y enflaquecimiento de las personas. Utilizada en preparados especiales cura las afecciones de la piel, de la vista y de la sangre;

así como sirve también para el tratamiento del reumatismo, de la gota, de la ictericia, de los cólicos y del temblor de nervios.

- c). **En forraje:** Constituye un excelente alimento para las vacas lecheras, porque estimula en gran manera, la secreción de las glándulas mamarias, aumentando enormemente la producción de leche.
- d). **En la industria:** De las semillas se obtiene esencia, utilizable en perfumería; de los tallos, hojas, flores y raíces, se puede también extraer esencias y colorantes.
- e). **Otras umbelíferas:** Dignas de observar por comparación, son: anís, apio, arracacha, cicuta, culantro o cilantro, hinojo, pastinaca, comino, perejil, etc.

### **2.1.2 Zapallo (cucúrbita moschata dúchense)**

Es una planta dicotiledónea, herbácea y anual que pertenece a la familia botánica Cucurbitácea. Esta planta se conoce en otros países de América con los nombres comunes de auyama, ayote, joko y calabaza. Bajo la familia botánica Cucurbitácea también se encuentran otras plantas cultivadas del mismo género Cucúrbita (*C. moschata*, *C. pepo*, *C. máxima* y *C. argyrosperma*).

#### **2.1.2.1 Variedades de zapallo**

El género cucúrbita contiene distintas variedades en el mundo. Principalmente en Bolivia se cultivan cuatro en general (*moschata*, *pepo*, *máxima* y *argyrosperma*)

Las variedades cucúrbita que se pueden encontrar son las siguientes: *andreana*, Naudin, *cordata* S.Watson, *cylindrata* L.H.Bailey, *digitata* A.Gray, *ecuadorensis* Cutler & Whitaker, *foetidissima* Kunth, *fraterna* L.H.Bailey, *galeottii* Cogn, *lundelliana* L.H.Bailey, *okeechobeensis* (Small) L.H.Bailey, *palmata* S.Watson, *pedatifolia* L.H.Bailey, *radicans* Naudin, *scabridifolia* L.H.Bailey.

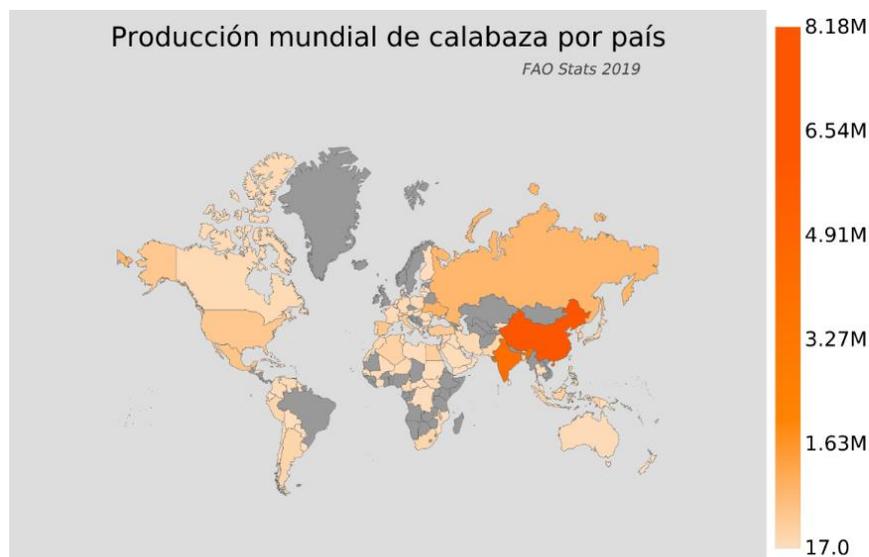


### 2.1.2.2 Producción de zapallo

La producción de zapallo a nivel mundial se ha estimado en un 20,3 M (en conjunto con la producción mundial de calabazas y calabazas confiteras), siendo una hortaliza de consumo extendido por todo el mundo, creciendo su producción en línea con el aumento de la población mundial.

En la figura II-5 se muestra los países productores de zapallo en el mundo, de color más intenso a menos intenso se muestra los países de mayor a menor producción.

**Figura II- 5 Países productores de zapallo**



Fuente: FAOSTAT 2019

Según datos de la FAOSTAT el mayor productor de zapallo en el mundo es el país de China con una producción promedio en el periodo 2016-2020 de 7.414.175,6 Tm y en segundo lugar se encuentra India con una producción promedio de 5.101.972,8 Tm en el mismo periodo, ambos en conjunto producen más del 50 % del total mundial.

En la tabla II-6 se muestra los principales productores en el mundo, se incluye a Bolivia a modo comparativo.

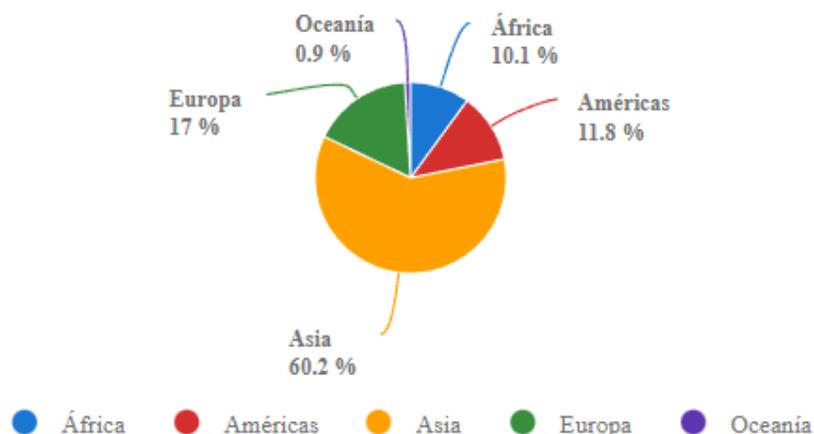
**Tabla II- 6 Principales productores de zapallo en el mundo**

			2016	2017	2018	2019	2020
		Unidad	Valor				
Bangladesh	Producción	Tm	290,84	594,68	600,14	634,95	671,26
	Rendimiento	hg/ha	101,60	103,60	106,07	108,77	109,62
Bolivia (Estado Plurinacional)	Producción	Tm	23,93	24,60	24,63	23,74	24,57
	Rendimiento	hg/ha	74,03	75,73	76,23	76,88	76,82
China Continental	Producción	Tm	7.335.905	7.414.541	7.477.405	7.409.284	7.433.743
	Rendimiento	hg/ha	185,11	185,33	185,42	185,28	185,34
España	Producción	Tm	678,65	702,28	717,65	734,64	775,09
	Rendimiento	hg/ha	476,35	469,53	473,38	491,40	498,45
Estados Unidos de Norte América	Producción	Tm	779,32	722,10	698,85	1.043.373	1.050.713
	Rendimiento	hg/ha	285,14	246,80	262,05	246,25	234,75
Federación de Rusia	Producción	Tm	1.196.511	1.165.150	1.191.538	1.195.049	1.143.127
	Rendimiento	hg/ha	210,73	212,00	212,77	213,07	204,32
India	Producción	Tm	5.055.097	5.106.796	5.135.236	5.099.043	5.113.692
	Rendimiento	hg/ha	96,03	96,01	96,01	96,01	96,01
Italia	Producción	Tm	582,02	589,21	560,17	569,12	600,43
	Rendimiento	hg/ha	315,58	317,24	300,04	298,28	297,98
México	Producción	Tm	677,05	710,63	776,07	679,15	756,78
	Rendimiento	hg/ha	184,38	194,10	203,28	200,10	220,59
Turquía	Producción	Tm	490,00	580,62	616,78	590,41	698,05
	Rendimiento	hg/ha	51,06	50,31	59,05	59,05	59,05
Ucrania	Producción	Tm	1.209.810	1.164.660	1.338.000	1.346.160	1.268.270
	Rendimiento	hg/ha	206,45	198,75	218,99	214,36	203,25

Fuente: FAOSTAT 2022

El continente asiático es actualmente el mayor productor de zapallo en el mundo ocupando el 60,2% de la producción mundial, en segundo lugar, se encuentra el continente europeo con un 17%.

En la figura II-6 se muestra la producción por continentes.

**Figura II- 6 Porcentaje de producción de zapallo por continentes**

Fuente: FAOSTAT 2022

En Bolivia la producción de zapallo se registra según datos del MDRyT en el año 2021 con un total de 83.793 Tm, siendo el departamento con mayor producción Santa Cruz con un total de 11.281 Tm en el año 2021 ocupando el 45,70% de la producción total, en segundo lugar, se encuentra el departamento de Cochabamba con 5.976 Tm en el mismo año. Actualmente la producción de zapallo va en crecimiento con el aumento poblacional.

En la tabla II-7 se muestra la producción anual por departamentos en Bolivia.

**Tabla II- 7 Producción de zapallo en Bolivia periodo 2013-2021**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Departamento</b>	<b>Producción (Tm)</b>								
Santa Cruz	16.759	13.969	11.245	10.956	11.890	11.523	10.739	11.256	11.281
Cochabamba	6.131	6.360	7.519	5.887	5.394	5.641	5.597	5.920	5.976
La Paz	2.880	2.687	2.586	2.645	2.451	2.544	2.533	2.549	2.552
Tarija	2.614	2.402	1.985	2.051	2.443	2.468	2.383	2.400	2.416
Chuquisaca	1.714	1.764	1.864	1.908	1.883	1.923	1.968	1.919	1.937
Beni	321	323	323	332	340	355	339	356	346
Pando	88	88	89	91	115	104	108	102	103
Potosí	57	59	62	63	80	72	74	72	71
<b>Total</b>	<b>30.564</b>	<b>27.652</b>	<b>25.673</b>	<b>23.933</b>	<b>24.596</b>	<b>24.630</b>	<b>23.741</b>	<b>24.574</b>	<b>24.682</b>

Fuente MDRyT, Elaboración DAPRO

La principal producción de zapallo en el departamento de Tarija se encuentra en la provincia de Gran Chaco en el municipio de Villamontes y Yacuiba, a una altitud de 388 m.s.n.m. y 650 m.s.n.m. respectivamente con una media de temperatura de 23°C en un clima subtropical húmedo. Posteriormente se encuentra la provincia de O'Connor en el municipio de Entre Ríos a una altitud media de 1320 m.s.n.m. con una temperatura media de 21°C. ambas condiciones son factibles para la producción de zapallo ya que en ambas ciudades presenta humedad y temperaturas óptimas para el desarrollo del zapallo.

En la tabla II-8 se muestra la producción de zapallo por municipios de Tarija.

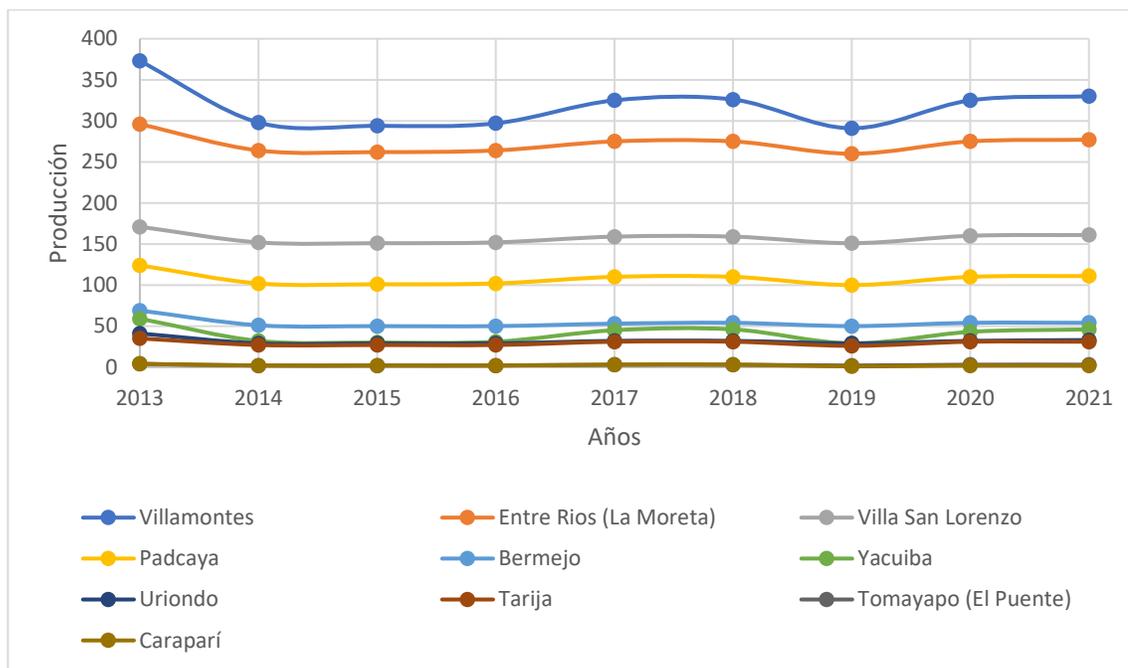
**Tabla II- 8 Cultivo de zapallo por municipios de Tarija 2021**

<b>Municipio</b>	<b>Producción (Tm)</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Villamontes	330	41	8,05
Entre Ríos (La Moreta)	277	35	7,91
Villa San Lorenzo	161	21	7,67
Padcaya	111	13	8,54
Bermejo	54	6	9
Yacuiba	46	6	7,67
Uriondo	33	4	8,25
Tarija	31	4	7,75
Tomayapo (El Puente)	3	0	0
Caraparí	2	0	0
<b>Total</b>	<b>1.048</b>	<b>130</b>	<b>8,06</b>

Fuente MDRyT, Elaboración DAPRO

En la figura II-7 se muestra la producción de zapallo en el departamento de Tarija.

**Figura II- 7 Producción de zapallo departamento de Tarija periodo 2013-2021**



Fuente: Elaboración propia

### 2.1.2.3 Taxonomía del zapallo

En la tabla II-9 se muestra la taxonomía del zapallo utilizado en el proyecto.

**Tabla II- 9 Taxonomía del zapallo**

<b>Dominio</b>	Eukaryota
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Filo</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Violales
<b>Familia</b>	Cucurbitácea
<b>Genero</b>	Cucúrbita
<b>Especie</b>	Moschata

Fuente: Fundación Charles Darwin- Cucúrbita moschata duchesne

### 2.1.2.4 Descripción botánica del género *Cucúrbita*

#### Raíz:

El sistema radical del zapallo se caracteriza por poseer una raíz pivotante gruesa que puede penetrar hasta 1,80 m de profundidad a su madurez, aunque las ramificaciones

por debajo del nivel de 0,60 m no son importantes. Las ramificaciones son muy expansivas y llegan a cubrir un diámetro de 6 m con numerosas ramificaciones secundarias que miden desde 0,50 m a 2,40 m y tejen una red de raicillas alrededor de la planta. Además, desarrolla raíces adventicias o nodales que alcanzan longitudes de 1,20 m a 1,50 m con innumerables ramificaciones que aumentan el sistema radical.

**Tallo:**

En general poseen tallos postrados y trepadores, pero algunas variedades son semi erguidas. En estas últimas, los entrenudos son muy cortos y es común que falten los zarcillos. En las formas postradas se desarrollan una rama principal y de tres a varias ramas laterales situadas en los nudos cercanos al eje caulinar. Suelen ser muy largas y tienen la tendencia a desarrollar raíces adventicias en los nudos. Los tallos son pentagonales, huecos a la madurez y portan pelos glandulares. Cucúrbita moschata presenta tallos de entrenudos largos, rastreros y con zarcillos.

**Hojas:**

Las hojas de Cucúrbita moschata son orbiculares, con 5-7 lóbulos poco diferenciados o ausentes, siendo el apical aguzado, con velloso suave. Posee manchas blanquecinas en la unión de las nervaduras de las láminas, las que se deben a la presencia debajo de la epidermis, de una delgada capa de aire.

**Flores:**

Todas las especies de Cucúrbita son monoicas, con flores amarillas, grandes y visibles, y, por lo general, aisladas en las axilas de las hojas; poseen corola acampanada con cinco lóbulos, que junto con los cinco lóbulos basales del cáliz forman el perianto. Las flores estaminadas aparecen en los nudos basales. En los nudos centrales aparecen las flores pistiladas y estaminadas. Ambas clases de flores se componen de cinco sépalos y una corola de cinco pétalos que mide de 6 a 15 cm de largo por 8 a 16 cm de ancho y generalmente está cubierta de pelos finos. En las estaminadas, hay tres estambres, dos de ellos tienen anteras con dos lóculos y son tetraesporangiosos, y uno con antera de un solo lóculo y es biesporangioso. Es decir, que un estambre doble está formado

por dos simples completamente unidos y el número total sería de cinco. Las flores pistiladas son algo más grandes, con ovario esférico o elipsoidal, verdoso y pubescente. Es ínfero, tricarpelar y cada carpelo desarrolla una serie de óvulos en las crestas de placenta en cada lóculo. En la base del receptáculo se encuentra un nectario. El estilo es corto y grueso, asciende desde el centro del nectario y termina en un estigma trilobulado.

**Fruto:**

El fruto de Cucúrbita se clasifica botánicamente como pepónide, un fruto carnoso. Por lo general, el número de semillas por fruto va desde 100 a cerca de 500. La corteza o exocarpio está compuesta por células de paredes gruesas, prismáticas y epidérmicas, formando una capa en empalizada. En la parte central del fruto, una masa de fibras duras, junto con los filamentos vasculares relacionada con las semillas, constituyen el tejido de la placenta. El endocarpio está formado por células pequeñas, de paredes finas que forman un tejido membranoso que se adhiere a la semilla, convirtiéndose en una piel transparente sobre las semillas secas. Como característica diferencial de Cucúrbita moschata, el pedúnculo es duro y poco estriado y su inserción en el fruto es muy expandida. El fruto es con frecuencia oblongo, ensanchado en la proximidad distal.

**Semilla:**

Las semillas son grandes, chatas, ovadas, y una de las extremidades termina en punta. El mayor tamaño les provee de una gran reserva cotiledonal que favorece la germinación y el establecimiento de las plántulas. Cucúrbita moschata posee semillas de color blanco pálido a castaño, con margen. En vista lateral presentan un lado convexo y otro ligeramente comprimido, con el ápice truncado recto.

### 2.1.2.5 Composición nutritiva

En la tabla II-10 se muestra la composición nutricional del zapallo por cada 100 g

**Tabla II- 10 Composición físico-química del zapallo**

Parámetro	Unidad	Cantidad	Parámetro	Unidad	Cantidad
Agua	g	86,41	<b>Vitaminas</b>		
Energía	Kcal	45	Vitamina C	mg	21
Proteína	g	1	Vitamina B1	mg	0,1
Lípidos	g	0,1	Vitamina B2	mg	0,02
Cenizas	g	0,8	Vitamina B3	mg	1,2
Carbohidratos	g	11,69	Vitamina B5	mg	0,4
Fibra dietética	g	2	Vitamina B6	mg	0,15
<b>Minerales</b>			Vitamina B9	mg	27
Calcio (Ca)	mg	48	Vitamina B12	mcg	0
Hierro (Fe)	mg	0,7	Beta carotenos	mcg	4226
Magnesio (Mg)	mg	34	Alfa carotenos	mcg	834
Fosforo (P)	mg	33	Vitamina A	UI	10630
Potasio (K)	mg	352	Vitamina E	mcg	1,44
Sodio (Na)	mg	4	Vitamina D	UI	0
Zinc (Zn)	mg	0,15	Vitamina K	mcg	1,1
Cobre (Cu)	mg	0,07	<b>Grasas</b>		
Manganeso (Mn)	mg	0,2	Ácidos grasos saturados	g	0,021
Selenio (Se)	mcg	0,5	Ácidos grasos monoinsaturados	g	0,007
			Ácidos grasos poliinsaturados	g	0,042
			Colesterol	g	0

Fuente: USDA (United States Department of Agriculture), National Nutrient Database for Standard Reference. 2009.

### 2.1.3 Acelga criolla (*Beta vulgaris var cicla*)

La acelga (*Beta vulgaris var cicla*) es una planta herbácea bianual cultivada como anual, con hojas grandes, de color verde brillante a amarillo claro. Los tallos (llamados pencas) son blancos, amarillentos o incluso rojizos, según la variedad. Es una planta herbácea de la familia de las quenopodiáceas. Forma raíces pequeñas y leñosas, la parte comestible de la acelga es la hoja, el peciolo y la nerviación central, engrosada y carnosa, de la hoja. Algunas variedades se cultivan como ornamentales.

### 2.1.3.1 Variedades y tipos de la acelga

La acelga es una verdura que podemos cultivar en sus distintas variedades, aunque la que vemos con mayor frecuencia es la de hojas verdes con tallo blanco, existen variedades con tallos de diferentes colores y hojas en distintas tonalidades de verde. Pero todas son igual de nutritivas y fáciles de cultivar.

En la tabla II-11 se muestra las diferentes variedades de acelga y sus principales características.

**Tabla II- 11 Variedades de acelga**

Nombre	Hojas	Tallo	Sabor
Amarilla de Lyon	Grandes y onduladas de color verde claro	De color blanco	Se caracteriza por su buen sabor
Verde con penca blanca	Grandes y onduladas de color verde oscuro	Ancho de color blanco	Suave y de buen gusto
Acelga china	Medianas de color verde	Grueso de color blanco	Gusto amargo
Acelga roja	Grandes y onduladas de color verde	De color rojo	Gusto intenso y un poco amargo

Fuente: Huerto en casa



### 2.1.3.2 Producción de acelga

En el mundo la producción de acelga no se encuentra separada o diferenciada como tal, esta misma se encuentra dentro de la categoría de espinacas dentro de la FAOSTAT, es decir los datos de su producción se encuentran en conjunto con los datos de la espinaca. En el mundo la producción de acelga se encuentra principalmente en China, pero se ha difundido a otros países del continente americano y europeo. En la figura a continuación se puede observar que, aunque Bolivia sea un país productor de acelga, no se tiene datos registrados de su producción de estas hortalizas.

En la figura II-8 se muestra los países productores de espinaca, dentro de la categoría se incluye la acelga, los de mayor intensidad de color verde son los mayores productores que se tiene registro, los de menor intensidad son países con menor producción, sin embargo, la base de datos no está actualizada ya que no se muestra a Bolivia como país productor de acelga.

**Figura II- 8 Países productores de acelga y espinaca**



Fuente: FAOSTAT 2019

En el mundo el mayor productor de espinacas según la FAOSTAT es el país de China Continental, que en el año 2020 produjo un aproximado de 28.540.829 Tm siendo aproximadamente el 48% de la producción mundial, en segundo lugar, se encuentra Estados Unidos de Norte América con una producción de 363,47 Tm.

En la tabla II-12 se muestra los mayores productores de acelga en el mundo.

**Tabla II- 12 Principales productores de espinaca y acelga**

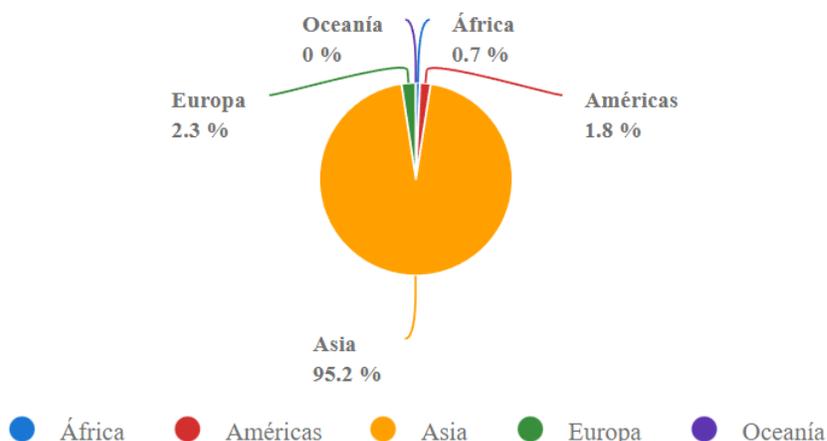
			2016	2017	2018	2019	2020
		Unidad	Valor				
China Continental	Producción	Tm	24.403.378	25.437.705	26.472.445	27.450.167	28.507.829
	Rendimiento	hg/ha	342,95	356,27	368,05	380,65	393,58
Estados Unidos de Norte América	Producción	Tm	389,21	366,98	384,67	480,90	367,43
	Rendimiento	hg/ha	166,11	140,10	154,68	181,70	161,56
Francia	Producción	Tm	115,17	120,63	126,51	122,67	97,11
	Rendimiento	hg/ha	214,99	212,15	208,76	208,27	182,54
Indonesia	Producción	Tm	160,27	148,30	162,26	160,31	157,02
	Rendimiento	hg/ha	36,88	36,52	40,85	40,68	38,18
Irán (República Islámica)	Producción	Tm	106,77	93,05	101,55	100,45	98,35
	Rendimiento	hg/ha	201,06	195,60	194,80	197,24	195,88
Italia	Producción	Tm	91,88	91,98	102,53	99,52	99,87
	Rendimiento	hg/ha	141,31	153,96	155,58	158,22	162,66
Japón	Producción	Tm	247,30	228,10	228,30	217,80	217,28
	Rendimiento	hg/ha	119,47	111,27	112,46	109,45	111,13
Kenia	Producción	Tm	75,56	130,81	169,36	180,34	243,34
	Rendimiento	hg/ha	134,57	177,54	184,83	188,58	248,58
Pakistán	Producción	Tm	107,03	110,36	108,73	111,22	71,01
	Rendimiento	hg/ha	123,05	123,84	123,27	123,59	110,60
Turquía	Producción	Tm	211,00	222,18	225,17	229,79	231,52
	Rendimiento	hg/ha	122,80	124,05	124,04	124,66	125,27

Fuente: FAOSTAT 2022

El continente asiático es el mayor productor de espinacas y acelgas en el mundo, produciendo el 95,2% del total en el mundo, en segundo lugar, se encuentra el continente europeo con un 2,3%.

En la figura II-9 se muestra la producción de acelga por continentes.

**Figura II- 9 Porcentaje de producción por continentes**



Fuente: FAOSTAT 2022

### 2.1.3.3 Taxonomía de la acelga

En la tabla II-13 se muestra la taxonomía de la acelga.

**Tabla II- 13 Taxonomía de la acelga**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Subreino</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Caryophyllidae
<b>Orden</b>	Caryophyllales
<b>Familia</b>	Amaranthaceae
<b>Genero</b>	Beta
<b>Especie</b>	Beta vulgaris
<b>Subespecie</b>	Beta vulgaris var cicla
<b>Nombre Científico</b>	Beta vulgaris

Fuente: Universidad Técnica de Cotopaxi

### 2.1.3.4 Clasificación botánica de la acelga.

La acelga es una planta bianual, pertenece a la misma especie botánica que la remolacha, pero de raíz menos hinchada, de hojas muy grandes, con los pecíolos y nervadura central muy desarrollada, limbos foliares gruesos y enteros, redondeados,

algo escotados en su zona media baja y en ocasiones recubierto hasta su incisión, color variable, entre verde claro y oscuro según la variedad, en el segundo año emite el talamo floral formando la inflorescencia. Se trata de una especie bienal que se cultiva como anual, porque la floración aparece en el segundo año y las hojas adquieren un sabor amargo cuando inicia la floración. La acelga es una planta de ciclo largo que no forma raíz o de fruto comestible. En el primer año de vida es cuando se recogen las hojas, cuando son jóvenes y tiernas y se encuentran situadas al pie de la planta en forma de roseta. Durante este año, este vegetal tiende a centrar toda su producción en el desarrollo de sus hojas mientras que la raíz se encuentra poco engrosada. En el segundo año la planta empieza su floración para la producción de semilla, y engrosar su raíz.

**Raíz:**

La acelga aun siendo de la misma especie que la remolacha, difiere principalmente por tener una raíz no engrosada. La raíz de la acelga es bastante profunda y fibrosa.

**Tallo:**

Si se deja madurar la planta produce un tallo central en cuya parte superior se desarrollan las flores, de entre 3 y 5 mm de diámetro reunidas en una espiga terminal. Esta es muy poco desarrollada, pero cuando florece o empieza la semilla emite un tallo que crece hasta 1,50 m de altura sobre las que formara las hojas, flores y semilla.

**Hoja:**

La acelga es una planta herbácea de peciolo largos y succulentos, hojas grandes y erectas, parecidas a las de la remolacha, pero mucho más succulentas estas son de gran tamaño y se agrupan en forma de roseta ascendente a partir del tallo. Las hojas son grandes y de forma oval y/o acorazonada, van de un color verde claro a oscuro según la variedad, constituyen la parte comestible; tiene un peciolo o penca ancha y larga que se prolonga en el limbo, además pueden ser de color crema o blancos.

**Flor e inflorescencia:**

Para que se presente la floración la acelga necesita pasar por un tiempo de temperaturas extremas (mínimas y máximas), una vez iniciada la floración el vástago floral

alcanzaría 1,20 m de altura en promedio. La inflorescencia es una larga panícula el cual está compuesta por flores que son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres, además el cáliz es de color verdoso y está compuesto por cinco sépalos y cinco pétalos.

### **Fruto y semilla:**

Las semillas son muy pequeñas y se encuentran encerradas en un pequeño fruto al que comúnmente se le llama semilla, en realidad es un glómulo que comprende de dos a seis semillas. La duración germinativa media de la acelga es de seis años, sin embargo, pueden conservar, su capacidad germinativa hasta diez años o más. Para el éxito de un buen trabajo depende mucho de la calidad de la semilla, ya que es importante saber seleccionar las que se van a utilizar.

### **2.1.3.5 Composición nutricional de la acelga**

En la tabla II-14 se muestra la composición nutricional de la acelga.

**Tabla II- 14 Composición fisicoquímica de la acelga**

<b>Composición química</b>	<b>Valor</b>	<b>Características físicas</b>	<b>Valor</b>
Agua (%)	92,39	Longitud (cm)	51,0
Sólidos totales (%)	8,61	Ancho (cm)	22,53
Grasa (%)	0,15	Ancho zona apical (cm)	11,65
Fibra (%)	0,69	Peso (g)	132,92
Carbohidratos (%)	4,04	Volumen (cm <sup>3</sup> )	155,64
Proteína (%)	1,22	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0,85
Cenizas (%)	1,50		
Potasio (%)	0,0009		
Calcio (%)	0,31		
Fosforo (%)	0,03		
Sodio (%)	0,11		
Vitamina A (UI)	331		
Vitamina C (mg/g)	14,40		
pH	5,4		
Acidez titulable (mg/g)	0,081		
Sólidos solubles (%)	1,60		
Índice de refracción (N <sub>D</sub> )	1,34		

Fuente: Universidad Técnica del Norte-Gina Alexandra Dávila Pasquel

## **2.2 Descripción de la harina compuesta**

La harina es un polvo fino que se obtiene de moler cualquier tipo de cereal u otros alimentos ricos en almidón, como las leguminosas o incluso frutos. Las harinas de origen vegetal son las más comunes, en esta se encuentra principalmente: trigo, maíz, mijo, arroz, centeno, avena, cebada, garbanzo o soja. La harina compuesta es una variación de la harina común que surgió con el objeto de mejorar la calidad de la harina de trigo, existen dos tipos: harina de trigo con otras harinas (70-30%) y harinas que no contienen trigo. En el presente trabajo se habla de una harina compuesta que no lleva trigo, conformándose únicamente de tres verduras de consumo común.

Para el desarrollo de este estudio se fundamentará con datos sobre diferentes harinas que se encuentran en el Codex Alimentarius (ley o código de alimentos), conjuntamente con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 2007. La comisión del Codex Alimentarius es un órgano intergubernamental con más de 170 miembros en el marco del Programa Conjunto sobre Normas Alimentarias establecido por la (FAO) y la (OMS), tiene por objetivo proteger la salud de los consumidores y asegurarse de las prácticas correctas de elaboración en el comercio de alimentos. Siendo así se realizó una recopilación de datos de las Harinas que se encuentran dentro del Codex Alimentarius plasmando los datos en la siguiente tabla II-15:

**Tabla II- 15 Parámetros Físicoquímicos de varios tipos de harina**

<b>Factor</b>	<b>Harina de mijo perla</b>	<b>Harina de sorgo</b>	<b>Harina de trigo</b>	<b>Harina de yuca</b>	<b>Harina integral de maíz</b>	<b>Harina y la sémola de maíz sin germen</b>
Humedad	13%	15%	15,5%	13%	15%	15%
Tamaño de partículas	0,5 mm		0,212 mm	0,60 mm	0,212-0,71 mm	0,21-0,71 mm
Ceniza	0,8-1%	0,9-1,5%		3%	3%	Máx. 1%
Proteína	8%	8,5%	7%		8%	Mín. 7%
Grasa	Máx. 5%	2,2-4,7%			3,1%	Máx. 2,25%
Fibra bruta	Máx. 1,5%	1,8%		Máx. 2%		

Fuente: Codex Alimentarius; Cereales, legumbres, leguminosas y productos proteínicos vegetales, Roma, 2007.

Al ser el producto que se desea obtener de origen de hortalizas y no de legumbres, no se tienen valores específicos para nuestro tipo de producto, por lo que se tomara de referencia valores de otros tipos de harina existentes en el mercado y regidos por norma. No obstante, se presenta a continuación algunos valores referenciales de otros tipos de harina que se han obtenido anteriormente por parte de investigaciones de otros lugares.

En la tabla II-16 se muestra un ejemplo de composición de una harina experimental de tomate y de zanahoria.

**Tabla II- 16 Harina ecológica de tomate y zanahoria**

<b>Análisis físico</b>			
<b>N°</b>	<b>Tipo de análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>
1	Humedad	%	8,55
2	Cenizas	%	4,67
<b>Análisis químico</b>			
3	Proteína total	%	7,32
4	Materia grasa	%	1,37
5	Fibra cruda	%	14,63
6	Carbohidratos	%	63,46
7	Valor energético	%	295,45

Fuente: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho- Equipo de investigación Carrera de Ingeniería de Alimentos

En la tabla II-17 se muestra un ejemplo de composición de una harina de tomate.

**Tabla II- 17 Análisis Fisicoquímicos de la Harina de Tomate**

<b>Componente</b>	<b>Composición</b>	<b>Unidades</b>
Cenizas	0,63	%
Fibra	0,47	%
Materia grasa	0,01	%
Hidratos de carbono	5,48	%
Humedad	92,04	%
Proteína total	8,8	%
Valor energético	334,18	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2018.

En la tabla II-18 se muestra un ejemplo de harina de trigo a modo comparativo.

**Tabla II- 18 Composición química de la harina de trigo porción de 50 g.**

<b>Composición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Valor energético	Kcal	36
Carbohidratos	g	5
Proteínas	g	1
Grasas totales	g	0
Grasas saturadas	g	0
Grasas trans	g	0
Fibra alimentaria	g	0
Sodio	g	0
Hierro	mg	1,5
Vitamina B3	mg	1,8
Vitamina B1	mg	0,22
Vitamina B2	mg	0,13
Ácido fólico	mcg	75

Fuente: Harina de trigo “Graciela Real”

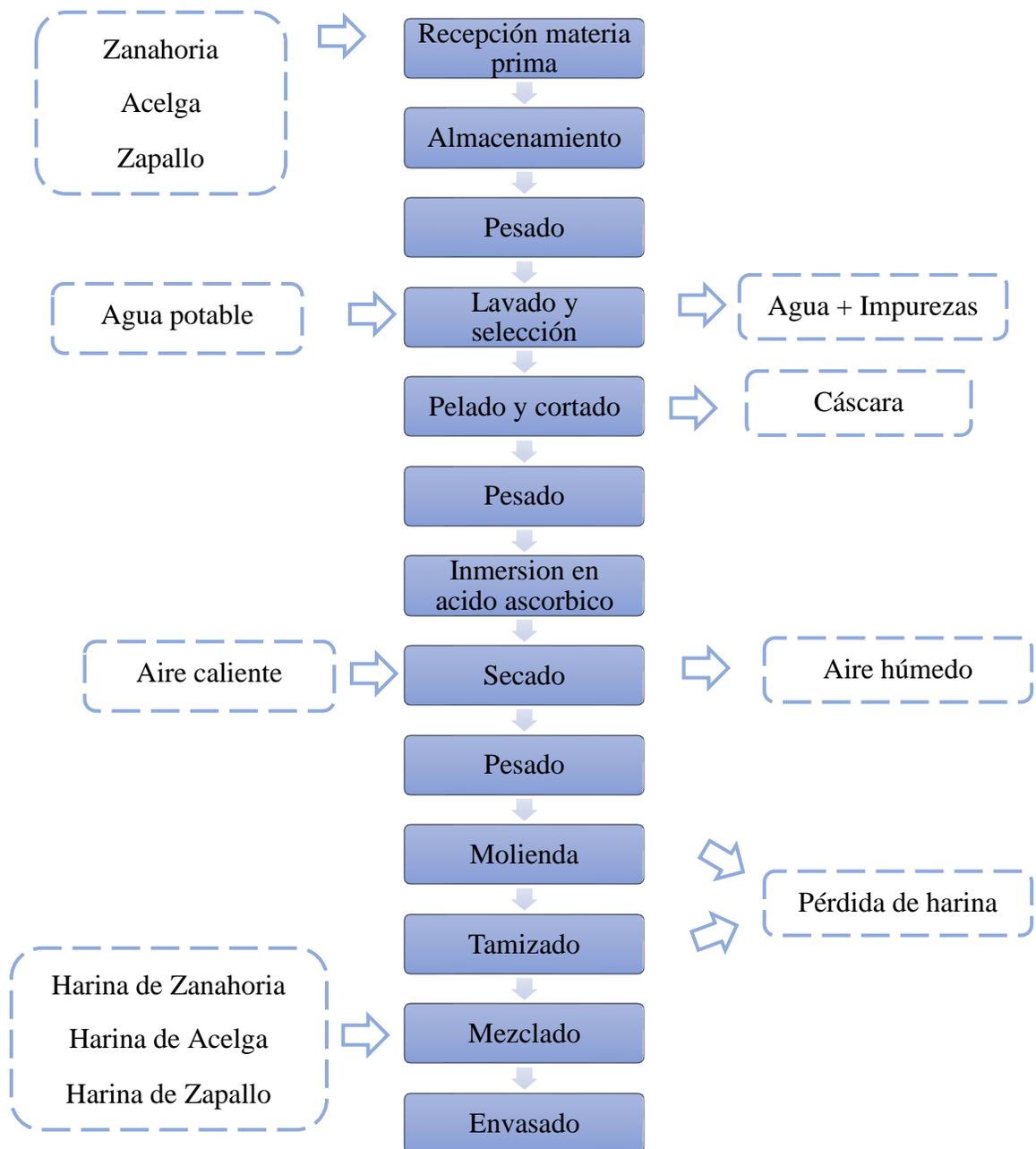
En el presente proyecto no se tiene dato referencial de la composición de las harinas de zanahoria, zapallo y acelga y mucho menos de una harina compuesta de las tres hortalizas, por ende, se tomará como valores referenciales los mostrados anteriormente.

### **2.3 Descripción de las alternativas de procesamiento**

El procesamiento desde la materia prima hasta la obtención de la harina sigue pasos generales que son: triturado, secado y molienda. A estas etapas se le adicionan otras

para completar el proceso de obtención de la harina. De acuerdo a bibliografía consultada se conoce un método de procesamiento de la harina compuesta, las alternativas tienen similitud en su procedimiento, diferenciándose en el tipo de secador y tipo de molino. El proceso general para la obtención de harinas se muestra a continuación:

**Figura II- 10 Diagrama de Flujo de Elaboración de Harinas**



### **Recepción de la materia prima**

Para poder obtener un producto de calidad se debe partir por una materia prima de calidad, para ello las características más importantes que se busca son las siguientes:

- a). Color.** - La primera impresión que se busca en el caso de la acelga es su color de hoja que sea verde oscuro con cierto brillo de la hoja además no debe presentarse coloraciones marrones en la hoja o tonalidades amarillentas que indican enfermedad o exceso de madurez de la hoja, un tallo blanco sin coloraciones marrones que puedan indicar maltrato del tallo. Para el caso del zapallo, esta variedad se presenta en el mercado con una tonalidad naranja y marrón de la piel con un tallo seco, si la piel presenta cierta tonalidad verde indicaría que no alcanzó su madurez óptima. En el caso de la pulpa presenta un color amarillo con naranja que indica su madurez, mientras más amarillo y menos naranja este indicaría que aún no alcanzo la madurez. Para el caso de la zanahoria, el color es un naranja intenso, mientras más naranja presente la piel indicaría que es de mayor calidad, por otra parte, si presenta decoloración indica que su madurez ya sobre paso su punto óptimo, además hay que notar si tiene puntos marrones ya que indicaría que la parte está pudriéndose o presencia de plagas.
- b). Forma.** - La forma de la acelga es una hoja grande ondulada alargada con bifurcaciones blancas en el centro, puede tener gran espesor o espesor medio al tacto, el tallo presenta en forma de “V” de aproximadamente un tercio del tamaño de la hoja, son las observaciones principales que se tiene de su forma. En el caso del zapallo, la forma varia en ocasiones, presenta en la parte del tallo una cabeza pequeña o proporcional al resto del cuerpo, la base puede ser de igual forma proporcional al cuerpo o presentarse próximo a una esfera, la longitud del zapallo varía según los cuidado y nutrición que haya recibido, por lo que mayor tamaño indica mayor nutrición. Para la zanahoria la forma clásica es cónica, sin embargo, la variedad criolla presenta alargamiento o achatamiento del cuerpo, además de delgadez o engrosamiento del cuerpo, lo más óptimo es optar por un cuerpo de mayor longitud y grosor del cuerpo.

c). **Maduración.** - Como ya se indicó anteriormente, la madurez de las verduras es proporcional a sus características en conjunto (color y forma), si uno de los dos parámetros no se cumple presenta menor o exceso de maduración. En el caso de la acelga, si la hoja presenta coloración verde amarillo indica exceso de maduración, si presentara gran tamaño de la hoja y tallo blanco, pero tonalidad verde claro indica falta de maduración. En el caso del zapallo, aunque presente gran tamaño y proporcional, si la tonalidad tiene cierto color verde indica falta de madurez. Por último, en el caso de la zanahoria si el cuerpo es delgado o la tonalidad se vuelve amarilla indica exceso o falta de maduración.

### **Almacenamiento**

Las materias una vez que se hayan seleccionado en la etapa de recepción, se almacenan a temperatura ambiente en un lugar sin humedad para evitar su descomposición. El almacenamiento de la acelga no debe exceder el lapso de 4 días ya que pasado este tiempo adquiere características no deseadas. En el caso de la zanahoria puede ser almacenado hasta 7 días, sin embargo, no es lo más recomendado. El zapallo no presenta ningún inconveniente en su almacenamiento, este mismo puede llegar a durar incluso 3 meses en lugares ventilados y sin humedad.

### **Pesado**

La materia prima que se utilice para iniciar el proceso de elaboración de la harina debe pasar por un primer pesado con el objetivo de determinar la cantidad de materia en bruto. Con ello se puede determinar la cantidad de residuos generados y la harina resultante.

### **Lavado y selección**

La materia prima se debe lavar con abundante agua potable, rechazando las zanahorias, zapallos o acelgas que no estén aptos para el proceso, tomando en cuenta los parámetros ya mencionados en la recepción de materia prima. Además, para la selección también se observará las posibles imperfecciones que puedan reducir la calidad del producto final, por lo tanto, se eliminará las posibles imperfecciones.

### **Pelado y cortado**

Se procederá a pelar el zapallo para retirar su cáscara al igual que de la zanahoria, en ambos casos se procederá a retirar los extremos ya que estos son innecesarios para el proceso. En el caso de la acelga solo se deberá retirar la base del tallo.

Para el cortado se optará de manera experimental la forma más óptima para el secado, se elegirá entre:

- Cortado vertical en láminas
- Cortado en horizontal en rodajas

Según sea el caso más óptimo se procederá a cortar el resto de materia prima a procesar. Para el caso de la acelga no se requiere de un cortado de la hoja ni del tallo.

### **Pesado**

Antes de colocar en el secador, se debe pesar la materia prima disponible después del pelado y cortado para determinar posteriormente el rendimiento y porcentaje de agua extraída en el secador.

### **Inmersión en ácido ascórbico**

Según Miguel Calvo en su publicación “Bioquímica de los alimentos” define el ácido ascórbico como:

El ácido ascórbico, o Vitamina C, es una vitamina hidrosoluble, emparentada químicamente con la glucosa, el ácido ascórbico es particularmente sensible a las reacciones de oxidación, destruyéndose con gran facilidad durante el procesado de los alimentos en presencia de oxígeno. El ácido ascórbico tiene una estructura de lactona. La acidez no se debe a un grupo carboxílico, sino a la posibilidad de que se ionice el hidroxilo situado sobre el carbono 3, formando un anión que queda estabilizado por resonancia. La oxidación es dependiente del pH, ya que la forma ionizada es más sensible que la forma no ionizada, inicialmente en la oxidación pasa de ascorbato a dehidroascorbato, en una reacción que es reversible, por lo que el dehidroascorbato mantiene en principio el valor como vitamina C.

La inmersión de la materia prima en ácido ascórbico se considera un pretratamiento a la materia prima que tiene la finalidad de protegerla de la oxidación del ambiente. Además, ayuda a proteger las vitaminas a las elevaciones de temperatura. Este proceso se consigue introduciendo la materia prima en una solución de 1,5 a 2 g/l de agua por un lapso de 2 a 3 min.

### **Secado**

“El secado de sólidos consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptable bajo” (McCabe et al., 2007, p. 833).

El secado de alimentos es un proceso de remoción de humedad. Su objetivo consiste en mejorar la estabilidad de un producto al estar este almacenado, con un mínimo de requerimientos de empaque reduciendo los pesos para su transporte. La temperatura habitual para secado de verduras es de 60 °C o menos para evitar la destrucción de nutrientes. Los tipos de secado que se pueden emplear son los siguientes:

#### **a). Deshidratación solar**

La deshidratación por exposición al sol es ampliamente practicada en los trópicos y subtropicos. La variante más común y económica de este método consiste en colocar el alimento sobre la tierra: acondicionada o alfombrada, o piso de concreto, quedando expuesto directamente al sol. La desventaja de esta manera, radica en la vulnerabilidad del alimento a la contaminación por polvo, infestación por insectos y hongos, pérdidas por animales y baja calidad de los productos obtenidos. Las ventajas de la deshidratación solar radican en los bajos costos de operación y en ser ecológicos, puesto que generalmente no utilizan energía eléctrica o derivada de combustibles fósiles. Se han diseñado e instalado diferentes tipos de deshidratadores solares en diferentes regiones del mundo. Los deshidratadores solares se pueden clasificar en dos tipos: los deshidratadores que utilizan exclusivamente fuentes de energía renovables y los deshidratadores que incluyen además fuentes de energía no renovable, ya sea como fuente suplementaria de calor o para favorecer la circulación de aire.

**b). Deshidratación osmótica**

La deshidratación osmótica tiene la ventaja de mantener de mejor manera las características organolépticas (color, textura, sabor y aroma) y nutricionales (vitaminas, minerales y compuestos protectores), lo cual no se logra con la deshidratación térmica. La deshidratación osmótica también permite reducir los costos de producción, empaque y distribución de esta hortaliza. La deshidratación osmótica consiste en colocar el producto en contacto con una solución de azúcar y/o sal, a la cual se le denomina solución osmótica. Durante la deshidratación osmótica disminuye continuamente el contenido de agua en las verduras mientras el agente osmótico penetra en la verdura.

**c). Deshidratado con Microondas**

Las microondas causan la polarización de moléculas y una movilidad intensa de sus electrones, debido a la conversión de energía electromagnética en energía cinética. A causa de este movimiento, los electrones chocan entre sí, generando calor como resultado de la fricción. La aplicación de microondas genera un calentamiento interno y una presión de vapor dentro del producto que suavemente “bombea” la humedad hacia la superficie, reduciendo la resistencia interna del alimento al movimiento de agua y causando su deshidratación. La alta presión de vapor de agua que se genera en el interior del alimento expuesto a microondas puede inducir la formación de poros en el producto, lo cual facilita el proceso de secado. Este método de deshidratación se ha vuelto común, porque previene la disminución de la calidad y asegura una distribución rápida y eficiente del calor en el alimento. Con este método el tiempo de secado se reduce significativamente y se obtienen grandes ahorros de energía.

**d). Deshidratado por Liofilización**

Son secadores de bandeja al vacío en los cuales se dan tres etapas: Congelación a bajas temperaturas, secado por sublimación del hielo, generalmente a baja presión, almacenamiento del producto seco en condiciones controladas. Sus ventajas son: los alimentos obtenidos por este método conservan las características organolépticas, la

rehidratación de estos productos es más rápida que por otros métodos. Las desventajas vienen a ser: altos costos y tiempo empleado en el proceso de secado.

#### **e). Deshidratado con Aire Caliente Forzado**

El deshidratado con aire caliente forzado es el método más común para secar productos alimenticios. En este método, el aire caliente remueve el agua en estado libre de la superficie de los productos. El secado o deshidratación consiste en la extracción del agua contenida en los alimentos por medios físicos hasta que el nivel de agua sea adecuado para su conservación por largos periodos.

#### **f). Secador de Bandejas**

Esencialmente consiste en una cabina aislada provista interiormente de un ventilador para circular el aire a través de un calentador; el aire caliente sale por una rejilla de láminas ajustables y es dirigido, ya sea horizontalmente entre bandejas cargadas de alimento o verticalmente a través de las bandejas perforadas y el alimento. Los calentadores pueden ser quemadores directos de gas, serpentines calentados por vapor o, en los modelos más pequeños, calentadores de resistencia eléctrica.

#### **Pesado**

Posterior al secado de la materia prima se debe realizar un pesado con el fin de determinar la cantidad de agua que fue retirado en el proceso de secado, además en este paso se determinara la humedad resultante.

#### **Molienda**

La reducción del tamaño “se aplica a todas las formas en las que las partículas de solidos se pueden cortar o romper en piezas más pequeñas”(McCabe et al., 2007, p. 1029).

La molienda es una operación unitaria física que tiene como objetivo reducir el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida, existiendo así la transferencia de movimiento exclusivo de los sólidos. A pesar de que solo implica una transformación física de la materia sin alterar su naturaleza, es de suma importancia en diversos procesos industriales, ya que el tamaño de las partículas representa en forma

indirecta áreas, que a su vez afectan las magnitudes de los fenómenos de transferencia entre otras. Considerando lo anterior, el conocimiento de la granulometría para determinado material es de importancia, consecuentemente. Por lo general la granulometría de harinas puede variar desde los 0,2 hasta los 0,5 mm e inclusive para consumo humano el máximo permitido es de 1 mm. Para llevar a cabo el proceso existe distintos tipos de molinos, estos son los siguientes:

**a) Molino de Bolas**

El molino de bolas es un tipo de molino utilizado para moler y mezclar materiales por ejemplo en procesos de adobado de minerales, pinturas, pirotecnia, cerámicos y sinterización de laser selectivo. Funciona por el principio de impacto y atrición: la reducción de medida se obtiene por impacto al caer las bolas desde arriba del cilindro. Un molino de bolas consiste de un recipiente cilíndrico vacío que gira sobre su eje. El eje del cilindro puede ser tanto horizontal como tener un ángulo pequeño con la horizontal. Es parcialmente lleno de bolas las que pueden ser hechas de acero, acero inoxidable, cerámico, o goma.

**b) Molino de Martillos**

Los molinos de martillo consisten en una cámara circular en la cual se instalan martillos fijos a giratorios que rotan a alta velocidad molienda en grano. El grano molido pasa a través de un cernidor removible colocado en la base inferior de la cámara a un saco, o puede ser aspirado por un ventilador ubicado en la parte superior del canal de salida. La abertura de la malla en el cernidor determina el tamaño de las partículas: los agujeros de 1mm son apropiados para el consumo humano; los de 3mm, para la alimentación animal.

**c) Molino de Discos**

Los molinos de discos son ideales para la trituración fina en el rango medio de tamaño de partículas de sólidos blandos a duros, viscosos y sensibles a la temperatura. El material se tritura mediante presión y cizallamiento entre dos discos de molienda con un grueso dentado interno que actúan en sentido opuesto. El molino oscilante de discos es ideal para la molienda extremadamente rápida de materiales blandos a duros,

quebradizos, viscosos, fibrosos y húmedos a una granulometría para el análisis. La molienda se realiza mediante oscilaciones circulares del juego de la molienda sobre un plato oscilante con una presión extremadamente alta, impactos y abrasión. Para evitar el molesto desgaste, los juegos de molienda se presentan en acero de diferentes durezas, metal duro de carburo de tungsteno y óxido de circonio.

#### **d) Molino de Rodillos**

Un molino de rodillo consiste en un par de rodillos que giran en sentido opuesto. Uno de ellos gira más rápidamente que el otro, para permitir que las cáscaras se desprendan del grano. Un rodillo está sostenido por un soporte fijo, el otro se coloca en paralelo por medio de un resorte ajustable, de modo que la separación y, por lo tanto, la textura de molienda puede ser adaptada. Los molinos de rodillo por lo general operan en serie: cada uno produce una harina de grano más fino. Existe una distinción entre los elementos que intervienen en cada etapa. Si bien los pequeños molinos de rodillo se hallan disponibles, la tecnología utilizada resulta demasiado sofisticada y costosa para el área rural y, por lo general, se encuentra en las áreas urbanas para la producción de harina de trigo y maíz.

#### **Tamizado**

El tamizado es un método de separación de partículas basado exclusivamente en el tamaño de las mismas. En el tamizado industrial, los sólidos se colocan sobre la superficie del tamiz. Las partículas de menor tamaño, o finos, pasan a través de las aberturas del tamiz; mientras que las de mayor tamaño, o colas, no pasan. (McCabe et al., 2007, p.1049)

El producto una vez haya pasado por la molienda se debe separar por tamaño de partículas, en el caso de las harinas, los tamaños de partículas generalmente se encuentran en el rango de 0,2-1 mm, tamaños de partícula más grandes volverán al proceso y tamaños de partículas más pequeños serán residuos.

### **Mezclado**

Una vez que se tenga el producto molido y tamizado de cada materia prima, se procede al mezclado en proporciones iguales o de mayor porcentaje de alguno con el fin de poder determinar la mejor composición y porcentaje de mezcla de cada materia prima para un resultado óptimo. Se experimentará mezclas para determinar la que mejores resultados produzca.

### **Envasado**

Para la conservación del producto se envasará en recipientes cerrados herméticamente para evitar su contaminación con impurezas externas, humidificación, apollado, proliferación de moho y hongos. Además, se deberá utilizar envases color ámbar o del tipo papel madera, debido a que algunas vitaminas son fotosensibles, es decir, se degradan con la luz solar.

### **2.4 Selección de los equipos**

Como se ha mencionado anteriormente, el proceso de elaboración solo se diferencia en el uso de equipos, más concretamente en los equipos de secado y molienda. Para ello se realiza una comparativa:

En primer lugar, según bibliografía se recomienda el uso de un secador tipo bandeja para el secado de hortalizas.

En la tabla II-19 se muestra los tipos de secador usados habitualmente para algunos productos.

**Tabla II- 19 Tipos de secador**

<b>Producto</b>	<b>Tipo de Secador</b>
Hortalizas, frutas, confitería	Bandejas y túnel
Hortalizas, frutas	Bandejas, aire caliente forzado (experimental)
Manzana, lactosa, almidón	Rotativos
Forrajes, granos, frutas, hortalizas, cereales de desayuno	Cinta
Café, leche, té, puré de frutas	Atomización (Spray)
Almidón, pulpa de frutas	Neumático
Café, esencias, extracto de carne, frutas y hortalizas	Congelación y vacío
Manzana y algunas hortalizas	Horno

Fuente: Sökhansanj y Jayas, Mujumdar. 1995.

En segundo lugar, se debe considerar las ventajas y desventajas en el uso de métodos para el secado de hortalizas.

En la tabla II-20 se muestra las ventajas y desventajas de cada tipo de secado.

**Tabla II- 20 Ventajas y desventajas de los secadores**

<b>Tipo de secado</b>	<b>Ventaja</b>	<b>Desventaja</b>
Deshidratación solar	Altamente económico Fácil montaje	Expone a la materia prima a contaminación y degradación de vitamina A
Deshidratación osmótica	Mantiene de mejor manera las características organolépticas y nutricionales	Puede quedar residuos de la solución al final del proceso
Deshidratado por microondas	Evita pérdida de calidad del producto	La materia prima puede quemarse de los costados y otras permanecen sin procesar
Deshidratado por liofilización	Conserva las propiedades organolépticas La rehidratación es más fácil	Altos costos Tiempos elevados
Deshidratación por aire caliente forzado	Fácil de controlar humedad del producto	Tiempos elevados para materias primas duras
Secador de bandejas	Económicos y fáciles de usar Control de temperatura constante	Solo se puede usar en plantas piloto

Fuente: Elaboración propia

Analizando los puntos mencionados y dada la disponibilidad de equipos en el LOU, se optó por usar el secador de bandejas debido a la recomendación bibliográfica, disponibilidad del equipo y su fácil uso con control de temperatura.

Para el uso del molino en primer lugar se recomienda en bibliografía el uso del molino de martillos para la molienda de verduras deshidratadas.

En la tabla II-21 se muestra los tipos de molino y los productos en los que son usados.

**Tabla II- 21 Ventajas y desventajas de los secadores**

<b>Tipo de molino</b>	<b>Fuerza aplicada</b>	<b>Productos en los que se emplea</b>
De Bolas	Impacto y Cizalla	Harina de pescado, colorantes
De Martillo	Impacto	Verduras deshidratadas, especias, pimienta, maíz.
De Rodillos	Compresión y Cizalla	Refinado de chocolate, molienda de café, caña de azúcar, trigo, cebada.
De Discos	Cizalla e Impacto	Maíz, trigo, cacao, nuez moscada, especias.

En segundo lugar, se debe analizar el tipo de granulometría que se obtiene:

<b>Equipo</b>	<b>Tipo de tamaño de partícula</b>
Molino de martillos	Polvo fino de granulometría pequeña
Molino de bolas	Partículas de mayor tamaño
Molino de discos	Partículas de tamaño grueso
Molino de rodillos	Partículas tipo hojuelas

En tercer lugar, en la tabla II-22 se puede analizar ventajas y desventajas de los equipos:

**Tabla II- 22 Ventajas y desventajas de los molinos**

<b>Equipo</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Molino de martillos	Proceso rápido Se obtiene granulometría adecuada para harinas	No se puede usar por tiempos elevados
Molino de bolas	Operación continua	Verduras con cierta humedad forma una pasta
Molino de discos	Alto grado de trituración	Produce contaminación del producto final
Molino de rodillos	Vida útil grande	No apto para harinas

Una vez analizado todo lo mencionado anteriormente se determina que la opción más viable es el molino de martillos debido a que es un equipo recomendado en bibliografía, produce una granulometría adecuada para harinas, su proceso es rápido, además dicho equipo se encuentra disponible en el LOU.

## **CAPITULO III: PARTE EXPERIMENTAL**

### **3.1 Metodología de trabajo en laboratorio**

#### **3.1.1 Selección de materia prima**

La selección de la materia prima se realizará considerando el grado de maduración, color y forma de la acelga variedad criolla (*Beta vulgaris* var. *cicla*), zanahoria criolla (*Daucus carota* var. *Sativa*) y el zapallo coreano variedad *cucúrbita moschata*.

El grado de madurez será un factor importante que determinará la calidad del producto final.

Si la materia prima no tiene la madurez adecuada supondrá rendimientos menores y el producto final probablemente presente un color, gusto y contextura no agradables para el ser humano.

En el caso del zapallo, debe alcanzar cierto grado de madurez para no verse afectado el producto final, esto debido a su contenido en almidón el cual disminuye respecto a su madurez convirtiéndose en azúcares simples. Si no alcanza la madurez óptima al momento del secado, debido a las temperaturas existiría la posibilidad de que se gelatinice el almidón; por el contrario, si alcanza una madurez avanzada el contenido de azúcares aumentaría y lo volvería vulnerable a la caramelización de los azúcares al momento del secado.

Un exceso de madurez supondría una mayor proporción de sustancias desechadas, deterioro del producto y pérdida de componentes naturales. En cuanto al producto final, no tendrá un adecuado color, gusto para el ser humano.

Tomando en cuenta lo descrito anteriormente se procederá a considerar las características visuales que colaboraran para seleccionar la materia prima con un adecuado grado de maduración. Para ello en el caso de la acelga, se seleccionará aquellas hojas que sean de un color verde oscuro brillante que no presente decoloración amarillenta ni que la hoja se muestre decaída o con colores marrones que simbolicen enfermedad. Para el caso de la zanahoria se seleccionará aquellas que presenten una forma cónica con cuerpo de considerable grosor de color naranja puro, sin que presente decoloración amarillenta o signo de enfermedad. Por último, en el caso del zapallo se

seleccionará aquel cuyo cuerpo sea lo más simétrico posible, que no presente coloración verdosa en el exterior, cabe adicionar un detalle de esta materia prima, y es que debe presentar la unión de su tallo con la planta intacta o con un corte limpio ya que esto nos indica la durabilidad de dicha materia prima.

Todo el proceso de selección al momento de realizar la investigación será realizado personalmente para la obtención de datos, en caso de implementación a planta piloto o planta industrial la selección deberá ser realizada por los mismos productores. Por último, en la planta solo se retirará material residual que haya quedado.

### **3.1.2 Tratamientos previos de la materia prima**

Los tratamientos previos son aquellos procesos físicos o químicos anteriores al deshidratado, que se aplican con la finalidad de evitar o minimizar el deterioro del alimento durante el secado, así como también mejorar la calidad y conservación del producto final.

Uno de los métodos utilizados es el escaldado de las verduras, esto con el fin de evitar el oscurecimiento o pardeamiento por oxidación. Debido al efecto del aire caliente en el secador las verduras sufren una pérdida de color por reacciones químicas en las pigmentaciones de la verdura, para ello el método de escaldado pretende ablandar la textura permitiendo que el agua pueda salir con facilidad sin desecar bruscamente la superficie. El método consiste únicamente en sumergir la verdura en agua hirviendo a 95 °C por medio minuto o utilizando vapor de agua por el mismo tiempo.

Por consiguiente, se recomienda el uso de ácido ascórbico para evitar la oxidación o pardeamiento y pérdidas de vitaminas A y C. El pardeamiento es un efecto indeseable que se presenta muy acentuadamente en frutas y hortalizas a causa de reacciones enzimáticas. Para impedirlo, se somete a la fruta u hortaliza recién pelada a un baño de una solución de ácido durante 2 a 3 min.

### **3.1.3 Método Seleccionado para el Deshidratado**

El método recomendado para la deshidratación de hortalizas es por secador de bandejas (Sökhansanj y Jayas, Mujumdar. 1995). Las materias primas entraran en el secador una

vez hayan pasado por los pasos previos de pretratamiento, seleccionado, pelado y cortado. Se debe asegurar en todo momento que la materia prima que ingrese no sufra daños ni contenga defectos que puedan afectar su calidad, en consecuencia, a la del producto final.

#### **3.1.4 Método Seleccionado para la Molienda**

La selección del molino resulta importante para la caracterización del tamaño de las partículas resultantes. Para ello se empleará el tipo de molino adecuado a la materia prima. En este caso, se trata de un molino de martillos para poder conseguir un tamaño adecuado, considerando que el diámetro de partículas para harinas de consumo humano se encuentra alrededor de los 0,5 mm hasta un máximo permitido de 1 mm.

#### **3.1.5 Materia Prima y Reactivos**

La materia prima y los reactivos que se utilizará en la “Obtención de harina compuesta a partir de zapallo cucúrbita moschata, zanahoria criolla y acelga criolla disponibles en el mercado del departamento de Tarija” son:

##### **- Materia Prima**

La materia prima que se utiliza en el presente trabajo de investigación es acelga criolla, zapallo cucúrbita moschata y zanahoria criolla.

##### **- Reactivos**

Para el presente trabajo de investigación se utiliza los siguientes reactivos:

- Agua destilada.
- Ácido ascórbico.

#### **3.1.6 Equipos y materiales de vidrio**

Para el presente trabajo de investigación se utiliza los siguientes materiales:

- Balanza analítica
- Balanza de determinación de humedad
- Estufa

- Secador de bandejas
- Molino de discos
- Molino de martillos
- Mezclador
- Tamiz

### **3.1.7 Diseño Factorial**

Las variables que se tomarán en cuenta para la elaboración de este proyecto serán: la composición de mezcla y la aceptación del producto. Para determinar porcentaje de composición se utiliza un diseño experimental con un modelo factorial  $3^2$ . Cada variable tendrá 3 niveles para la experimentación.

Donde las variables del diseño experimental para la presente investigación son:

Porcentaje de composición:

%C1= 20 de acelga; %C2= 30 de acelga; %C3= 40 de acelga

El porcentaje de composición del zapallo y zanahoria tendrá un delta de 10%.

Para la variable aceptación del producto se llevará a cabo un muestreo de 20 personas para que califiquen el gusto en una escala de 1-5.

Como variable respuesta se tendrá el valor energético de la harina (Kcal/100 g).

A continuación, en la tabla III-1 se muestran las combinaciones de las variables del diseño experimental para la elaboración del presente trabajo de investigación.

**Tabla III- 1 Diseño factorial para la obtención de la harina compuesta**

Composición %						Aceptación	Costo (Bs/kg)	Valor energético Kcal/100 g
Acelga	Nivel	Zapallo	Nivel	Zanahoria	Nivel	Escala de 1-5		
20	-1	30	-1	50	1			
20	-1	40	0	40	0			
20	-1	50	1	30	-1			
30	0	25	-1	45	1			
30	0	35	0	35	0			
30	0	45	1	25	-1			
40	1	20	-1	40	1			
40	1	30	0	30	0			
40	1	40	1	20	-1			

**3.1.8 Análisis de varianza univariante**

En la tabla III-2 se muestra los resultados del diseño factorial realizado en el programa SPSS.

Tabla III- 2 Diseño factorial- pruebas de varianza

Factores inter-sujetos		
		N
H.Acelga	-1,000	3
	,000	3
	1,000	3
H.Zapallo	-1,000	3
	,000	3
	1,000	3
H.Zanahoria	-1,000	3
	,000	3
	1,000	3

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: ValorEnergético					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	80,433 <sup>a</sup>	4	20,108	.	.
Intersección	837772,259	1	837772,259	.	.
H.Acelga	69,707	2	34,854	.	.
H.Zapallo	,000	0	.	.	.
H.Zanahoria	,000	0	.	.	.
Error	,000	4	,000		
Total	837852,692	9			
Total, corregida	80,433	8			
a. R cuadrado = 1,000 (R cuadrado corregida = 1,000)					

<b>Variables introducidas/eliminadas<sup>a</sup></b>			
Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	H.Zanahoria, H.Acelga <sup>b</sup>	.	Introducir
a. Variable dependiente: ValorEnergético			
b. Alcanzado límite de tolerancia = ,000.			

<b>Resumen del modelo<sup>b</sup></b>					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	1,000 <sup>a</sup>	1,000	1,000	,000289	1,000
a. Variables predictoras: (Constante), H.Zanahoria, H.Acelga					
b. Variable dependiente: ValorEnergético					

<b>ANOVA<sup>a</sup></b>						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	80,433	2	40,216	482595885,102	,000 <sup>b</sup>
	Residual	,000	6	,000		
	Total	80,433	8			
a. Variable dependiente: ValorEnergético						
b. Variables predictoras: (Constante), H.Zanahoria, H.Acelga						

Coeficientes <sup>a</sup>								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
		B	Error típ.	Beta	t		Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	305,100	,000		3170688,745	,000	305,099	305,100
	H.Acelga	-3,409	,000	-,931	-28922,082	,000	-3,409	-3,408
	H.Zanahoria	1,337	,000	,365	11344,821	,000	1,337	1,337
a. Variable dependiente: ValorEnergético								

Variables excluidas <sup>a</sup>						
Modelo		Beta dentro	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticos de colinealidad
						Tolerancia
1	H.Zapallo	. <sup>b</sup>	.	.	.	,000
a. Variable dependiente: ValorEnergético						
b. Variables predictoras en el modelo: (Constante), H.Zanahoria, H.Acelga						

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.9 Procedimientos y técnicas empleados para la obtención de los resultados

La parte experimental de la investigación para la “Obtención de harina compuesta a partir de zapallo cucúrbita moschata, zanahoria criolla y acelga criolla disponibles en el mercado del departamento de Tarija”, se realiza en los predios del CEANID y LOU de la carrera de Ingeniería Química de UAJMS.

Los análisis de materia prima y producto final se realizan en el Laboratorio del CEANID, dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Mientras que el desarrollo de la parte experimental del proyecto se realiza en el LOU.

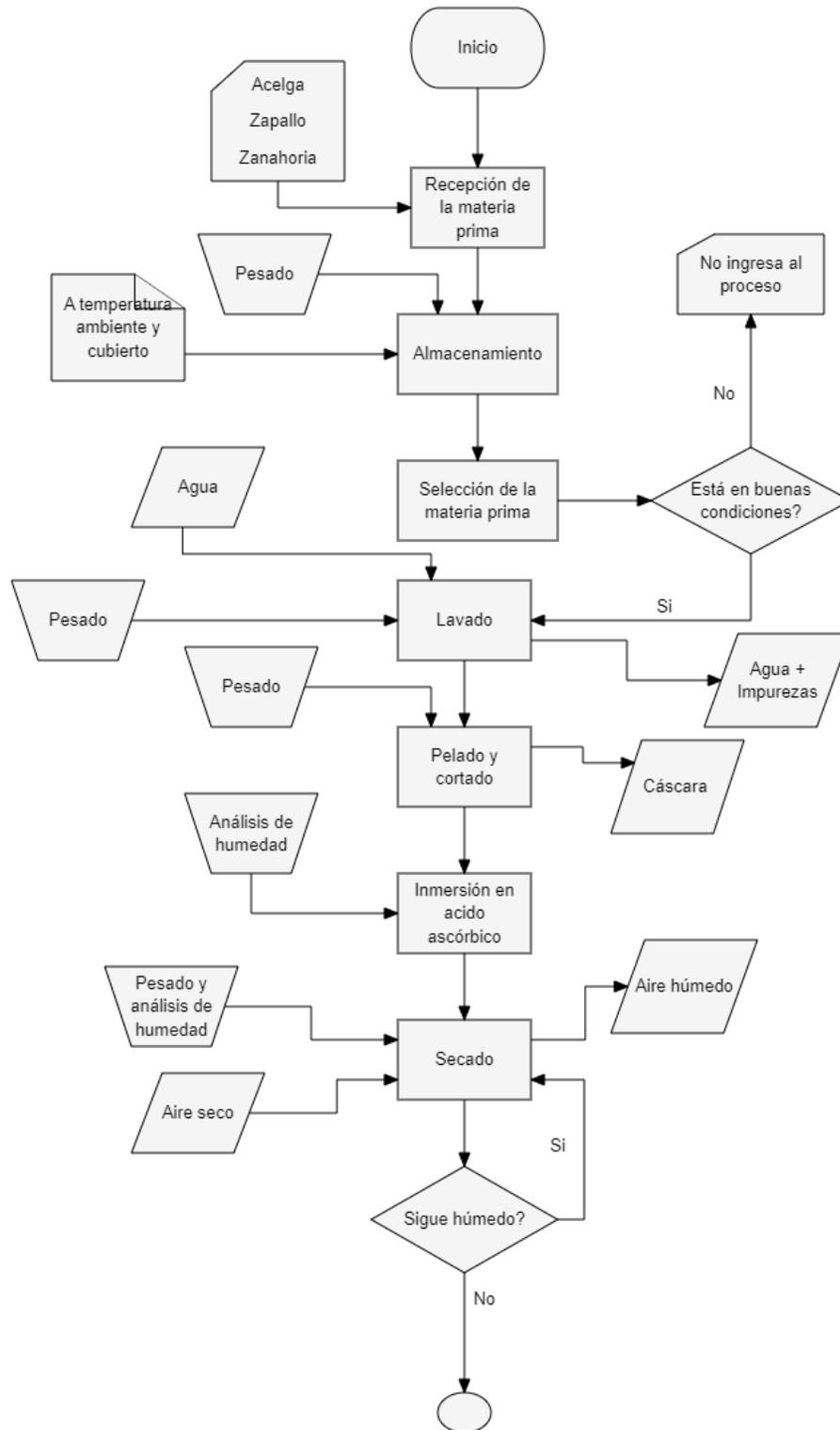
**Materia prima**

La acelga criolla mencionada y descrita anteriormente se encuentra disponible en la zona del “Mercado Campesino” del departamento de Tarija, sin embargo, para un mejor estudio se prioriza la acelga que proviene de la zona de Laderas.

La zanahoria criolla se considera de la clase general debido a las combinaciones y mezcla de las distintas especies de la misma, se encuentra disponible en la zona del “Mercado Campesino” del departamento de Tarija priorizando la que es traída de la zona de El Puente.

El zapallo cucúrbita moschata se encuentra disponible en la zona del “Mercado Campesino” del departamento de Tarija, se prioriza la compra del zapallo proveniente de la zona de Monte Sud.

**Figura III- 1 Diagrama de flujo**



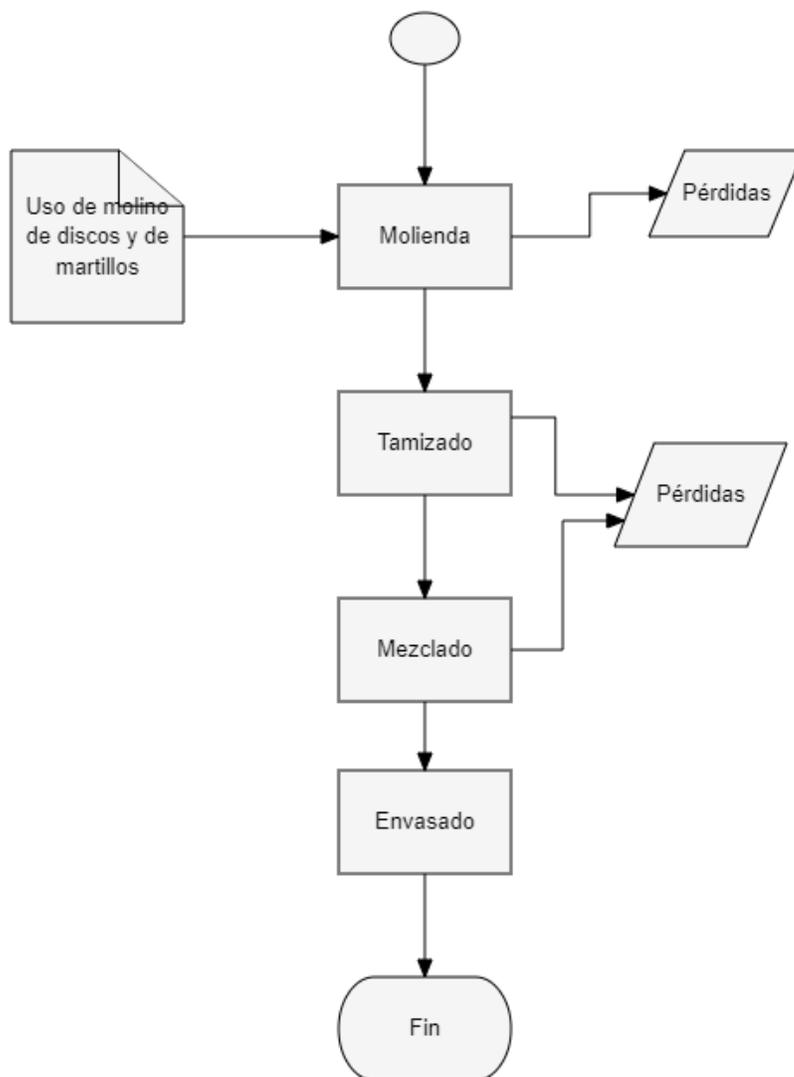
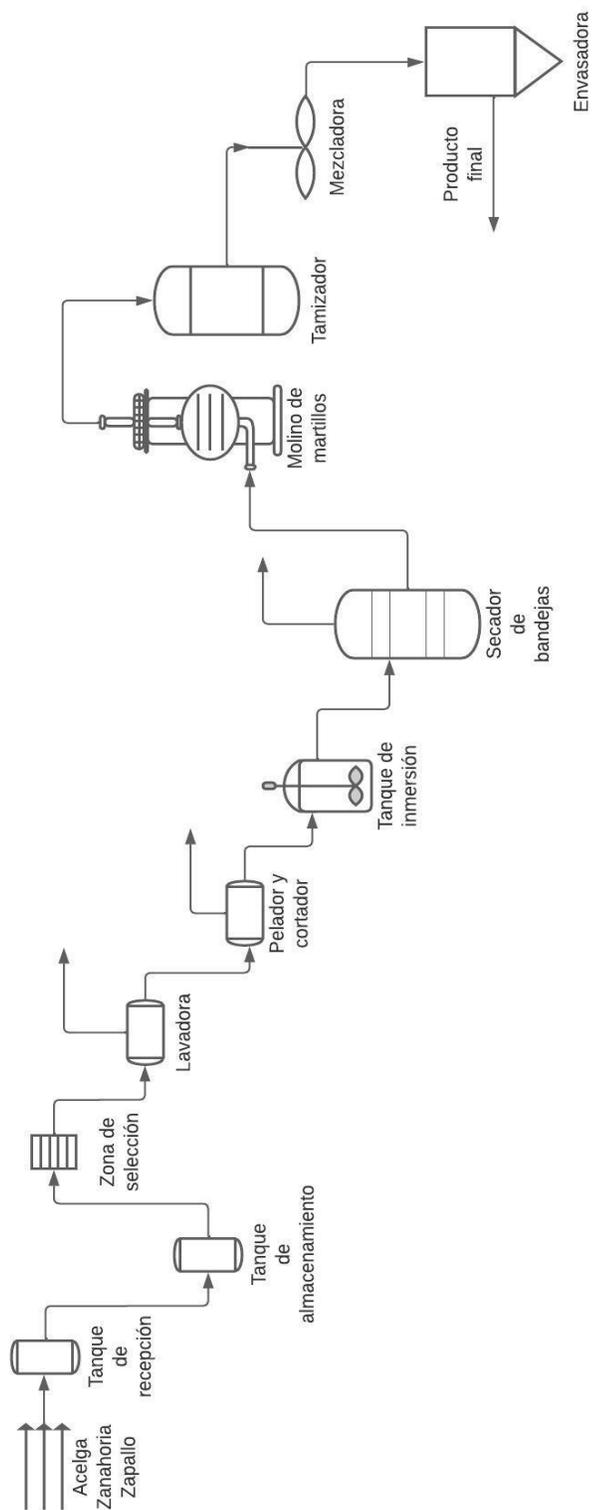


Figura III- 2 Diagrama de flujo del proceso



### Recepción de la materia prima

La acelga debe ser adquirida fresca, es decir, que se debe adquirir cuando recién ha sido cosechada. Para la selección de la misma se debe verificar el color de la hoja, grado de madurez, y presencia de enfermedad. El grado de madurez está relacionado con el color de la hoja, si la misma estuviese de un color verde claro brillante indicaría inmadurez, y se mostrase un color amarillento apagado indicaría exceso de madurez, se debe seleccionar una hoja de color verde oscuro brillante.



La zanahoria de igual manera debe ser adquirida recién cosechada. La selección se realiza considerando el color, grado de madurez y presencia de enfermedades. El color de la zanahoria se relaciona con su grado de madurez, un color amarillento indica un exceso de madurez, mientras que un color mezclado con verde indica falta de madurez, se debe seleccionar con un color naranja intenso.



Con el zapallo no existe problema alguno en la recepción, ya que los mismos se preservan por mucho tiempo en condiciones aptas. Se debe verificar el color, grado de madurez y enfermedades. El color se relaciona con su grado de madurez, un color mezclado con amarillo indica que ya envejeció demasiado el zapallo, además si el zapallo es muy viejo presenta sequedad que se muestra como “arrugas”, un color combinado con verde indica falta de madurez (solo en la especie cucúrbita moschata).



### **Almacenamiento**

En caso de que la materia prima no vaya a ser usada el mismo día se puede preservar en condiciones aptas para que no se contamine o empiece a deteriorar, una posibilidad es el guardado en refrigerador, tanto de la acelga y la zanahoria. En caso de no hacerlo se puede guardar en un lugar fresco y oscuro donde no le llegue humedad ni calor o rayos UV.

En el caso del zapallo el guardado presenta menores dificultades, se puede almacenar en lugares aireados, sin que le lleguen rayos UV. De esta manera el zapallo puede ser almacenado inclusive hasta 6 meses.



### **Pesado**

Una vez recepcionada la materia prima se debe pesar para saber con cuanta materia prima disponible se está trabajando, posteriormente se realiza una selección.





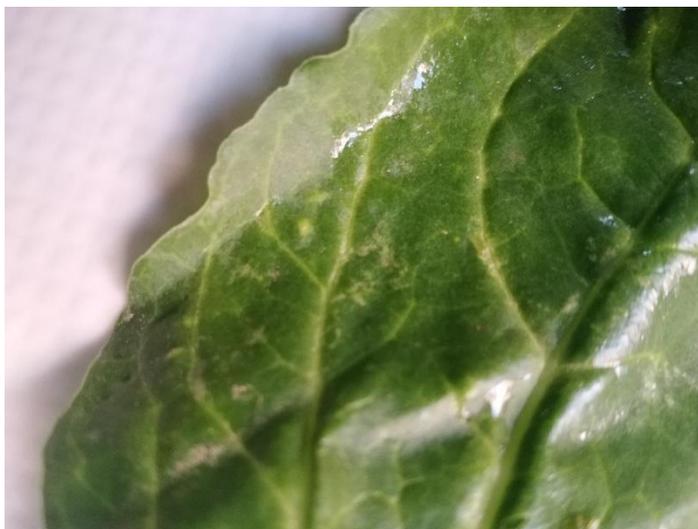
### **Selección de la materia prima**

La materia prima se selecciona la que va a ser utilizada y se desecha la que no cumpla con los parámetros mencionados anteriormente.

La acelga debe presentar un color verde oscuro brillante sin manchas que indiquen enfermedad, a continuación, se muestra un grupo de acelgas seleccionadas que cumplen los parámetros.



No se utilizará aquellas que presentes coloración amarillenta o puntos negros considerables que puedan afectar la calidad del producto final, a continuación, se muestra una acelga enferma que no pasó la selección.



En el caso de la zanahoria aquellas que presenten una buena coloración naranja y sin presencia de enfermedades y plagas pasara la selección.



En caso de presentar una coloración amarillenta o plagas no será utilizada en el proceso.



Para el zapallo la selección se basa en su piel que no presente daños o signos de envejecimiento.



### **Pesado**

Una vez seleccionado las materias primas se vuelve a realizar un pesado para determinar su cantidad y posteriormente determinar la cantidad de cáscara residual.

### **Lavado**

Se debe lavar la materia prima para eliminar impurezas, como ser la tierra. Es opcional el uso de desinfectantes como ser la lavandina o desinfectante de verduras específicos, en casos de ser necesario.



La acelga para mayor facilidad en la manipulación puede ser cortada por el tallo y lavar por separado la hoja.



### **Pelado y cortado**

Pueden ser realizados de manera manual con un cuchillo sin sierra o se puede utilizar herramientas como un pelador automático o manual. En este proyecto se utiliza únicamente un cuchillo. Cabe resaltar que el uso de cuchillo puede hacer variar las dimensiones de cortado y la cantidad de cáscara residual. En el caso de la acelga solo se requiere recortar la base del tallo ya que la misma no es necesaria.



El cortado se puede realizar de distintas maneras, experimentalmente se realizó un cortado del zapallo y la zanahoria de forma horizontal en rodajas de 5 mm. La observación de este método es que alarga los tiempos de secado.



Se realizó prueba de cortado del zapallo en partes más pequeñas, de forma cónica aproximadamente de 5 mm. Sin embargo, el método resulta ser ineficaz debido a que el zapallo se quemaba rápidamente sin terminar de secar apropiadamente.



Se realizo una prueba de cortado en ralladura dando mejores resultados en cuanto a espacio y tiempo de secado, sin embargo, persiste el problema del zapallo por su sensibilidad al calor.





### **Pesado**

Se debe pesar posterior al pelado para determinar el porcentaje de cáscara que se retira de la zanahoria y el zapallo, además de determinar la cantidad de materia que está entrando en el secador.

### **Inmersión en ácido ascórbico**

Se sumerge en una solución de ácido ascórbico (1,5-2 g/l de agua) para que se forme una película de revestimiento, protegiéndolo de la oxidación en el secador. Se debe sumergir por un tiempo entre 2 a 3 min. Luego se debe dejar reposar por al menos 10 min para que se elimine el exceso de agua.



Se experimentó con el método de escaldado, consiste en remojar por 30 s en agua a una temperatura de 95 °C, con el fin de ablandar la textura, evitar el pardeamiento y que pueda resistir las temperaturas del secador. Sin embargo, en el caso de la zanahoria y el zapallo no se registró grandes diferencias, y en el caso de la acelga ocasiono un oscurecimiento de la hoja y el tallo. Como se observa en la figura la parte escaldada sufrió un oscurecimiento.



### **Análisis de humedad**

Se determina el porcentaje de humedad de cada verdura antes de introducir en el secador esto con el fin de contar con datos para cálculos posteriores. El porcentaje de humedad de la acelga es de 87,99%, de la zanahoria es de 85,20% y del zapallo es de 86,37%

### **Secado**

El secado se realizó en un secador de bandejas de aire forzado según recomendación en bibliografía. Debido al diseño del secador, el soplador de aire caliente trabaja por ciclos, lo que aumentó en gran medida el tiempo de secado. Los tiempos estimados de secado para las materias primas en un rango de temperatura de 35-45°C es de 17-24 h y en un rango de temperatura de 45-55°C el tiempo de secado es de 12 h

aproximadamente. Las observaciones presentes es que la acelga tiende a secar mucho más rápido la hoja que la penca, por lo que el tallo requiere tiempos de secado más largos. Esto aumenta la posibilidad de pardeamiento del tallo, es recomendable cortar en tiras de al menos 3 mm para aumentar su área de contacto.



Se experimentó con el uso de un secador de bandejas por convección, el secado es lento pero efectivo para secar al mismo tiempo todas las bandejas y en el caso de la acelga que la penca seque al mismo tiempo que la hoja. Sin embargo, este método presenta dos grandes dificultades, la primera es que provoca una decoloración excesiva de la hoja y un oscurecimiento de la penca, lo segundo es que la humedad atrapada provoca que el producto seco adquiera un olor penetrante de humedad, en el caso de si el tallo se colocase una encima de otra provocaría que la misma se pudra.



Se experimentó con el uso del cortado por rallado, dando mayor espacio para llenar las bandejas con cada materia prima.



### **Pesado y análisis de humedad**

Posterior al secado se debe pesar para determinar la cantidad de agua que se a retirado. Además se debe determinar la humedad presente, esto debido a que el molino no puede moler si aun contiene humedad. El porcentaje de humedad adecuado obtenido de forma experimental se encuentra entre 0,1-0,2 %, en el caso del zapallo debe estar como máximo 0,1 % esto debido a que su contenido de azúcares forma una pasta dura si se lo introduce en el molino ocasionando que la misma pueda sufrir daños.

### **Molienda**

La molienda se realizó en un molino de martillos según recomendación de bibliografía, el mismo es muy útil para obtener un tamaño de partícula dentro del rango de 0,2 a 0,5 mm, este equipo por la fricción de los martillo no puede funcionar por tiempos prolongados más de 2 min, tener en cuenta que este equipo debido al diseño abierto que presenta, genera mucho polvo del producto que se disipa en el ambiente asi que se considera unas pérdidas del producto de cada materia prima.

En primer lugar, el zapallo y la zanahoria secos deben ser triturados para reducir su tamaño esto debido a que el diámetro del orificio de alimentación del molino de martillos es muy pequeño por lo que estas materias primas primero se deben triturar en un molino de discos. La acelga debido a la fragilidad de su hoja no es necesario pasar por este equipo, se puede triturar con las manos (procurando utilizar guantes para evitar contaminación).



Una vez triturado puede ser introducido en el molino de martillos para obtener el producto final.

El molino empleado en la experimentación cumple la función de moler por impacto por medio de sus martillos giratorios utilizando un movimiento oscilatorio inverso al del rotor cumpliendo así la función principal emitiendo golpes consecutivos contra la cámara al producto seco para poder triturar las veces que sean necesarias hasta cumplir con el tamaño adecuado de tal manera que pase por la rendija inferior de la maquinaria, cabe resaltar que las partículas al salir de la cámara tienen variaciones en sus tamaños y formas.



### **Tamizado**

Una vez finalizada la molienda se debe hacer pasar por un tamiz para que se encuentre dentro del rango de tamaño de partícula de 0,2 a 0,5 mm, es posible considerar que

tamaños de partícula hasta 1 mm se considere como producto final. Para ello se utilizará tamices de diferentes tamaños de malla entre 0,063-2 mm, los que estén dentro de las mallas de 0,25 y 0,5 mm serán las de mayor calidad. El polvillo debajo de tamaño de partícula de 0,063 mm serán considerados residuos ya que se encuentran fuera de rango optimo. El tamizado se realizará por al menos 10 min para una correcta separación.





### **Mezclado**

Una vez que se tenga las harinas de cada materia prima se procederá a realizar las mezclas correspondientes al diseño factorial propuesto. Para ello se utilizará un mezclador automático para dicha tarea.



### **Envasado**

Una vez que se haya determinado la mezcla correcta se procederá a envasar. Se propone el uso de una bolsa hermética con una bolsa papel madera para evitar la luz solar y mantener sellado el producto final. Caso contrario utilizar empaque de papel iguales a las utilizadas en harinas de trigo.



### **3.1.10 Análisis de la harina compuesta**

Para la evaluación del control de calidad del producto obtenido se realiza una evaluación sensorial y análisis fisicoquímico.

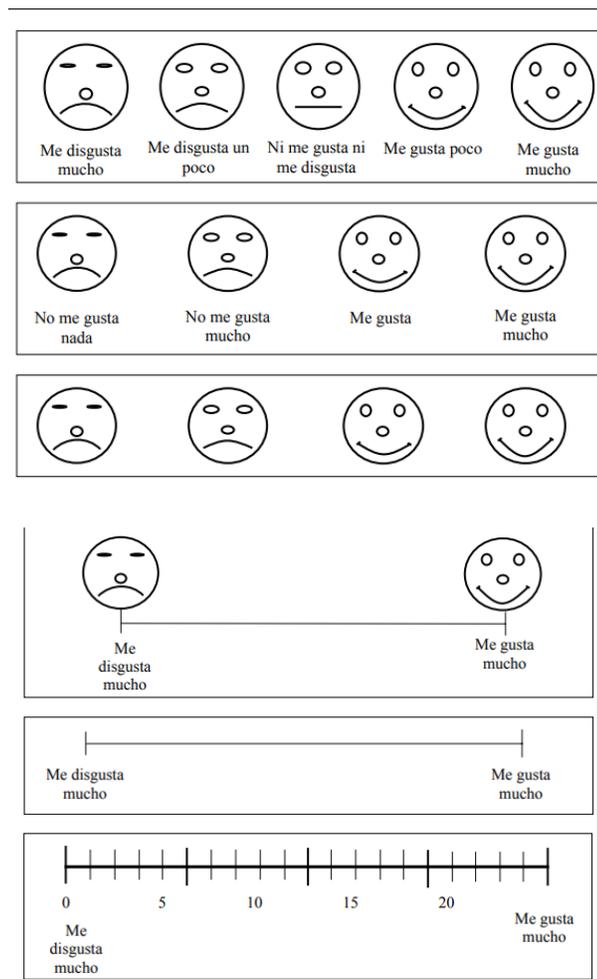
#### **- Evaluación Sensorial**

Para realizar el análisis, se utiliza la tipología de análisis del consumidor. Este tipo de análisis se suele denominar también test hedónico o pruebas de aceptabilidad.

En este tipo de pruebas se asume que el nivel de aceptabilidad del consumidor existe en uno continuo, no necesariamente hay el mismo nivel de escala entre me gusta mucho y me gusta, que entre me disgusta mucho y me disgusta. Las respuestas están categorizadas en escalas desde gusta a no gusta, también se pueden evaluar otros atributos del alimento, por ejemplo: salado, dulce, espeso, aguado, etc. Para el análisis se asigna un valor numérico a cada escala. No se debe buscar otra alternativa o alternativas intermedias, se usa las que están dadas (María Liria Domínguez, 2007).

Así se puede usar las categorías cinco niveles de escala entre me disgusta mucho a me gusta mucho, incluyendo una intermedia no me gusta ni me disgusta. Otra alternativa con cuatro niveles de aceptabilidad: no me gusta nada, no me gusta mucho, me gusta, me gusta mucho. También se puede usar una línea de conexión entre no me gusta, me gusta. Como se puede observar en los ejemplos de la Figura III-3 se puede usar diferentes niveles de aceptabilidad representados por caritas indicando a que se refiere cada una, caritas con líneas punteadas entre los extremos, una línea indicando en palabras el significado de cada extremo o sólo líneas punteadas indicando en cada extremo el significado (María Liria Domínguez, 2007).

**Figura III- 3 Escala de aceptabilidad de producto**



Fuente: Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos

### - Análisis Físicoquímico

El análisis de las propiedades físicoquímicas tanto de la materia prima como de la harina compuesta se constituye como elementos de gran importancia para el control de la calidad y para la determinación del valor nutricional del producto.

El análisis físicoquímico ha sido realizado por el laboratorio del CEANID, el mismo se muestra a continuación.

**Tabla III- 3 Análisis Físicoquímico de las materias primas**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Acelga</b>	<b>Zanahoria</b>	<b>Zapallo</b>
Ceniza	%	1,79	0,97	0,70
Fibra	%	0,18	0,85	0,64
Grasa	%	0,16	0,03	0,07
Hidratos de carbono	%	5,94	8,84	6,18
Humedad	%	89,69	88,78	91,17
Proteína total	%	2,24	0,53	1,24
Valor energético	Kcal/100 g	34,16	37,75	30,31

**Tabla III- 4 Análisis Físicoquímico de las harinas**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>H. Acelga</b>	<b>H. Zanahoria</b>	<b>H. Zapallo</b>
Ceniza	%	19,05	6,32	8,12
Fibra	%	8,71	5,93	9,01
Grasa	%	2,72	0,89	0,72
Hidratos de carbono	%	55,54	73,64	66,79
Humedad	%	5,33	8,36	6,61
Proteína total	%	8,65	4,86	8,75
Valor energético	Kcal/100 g	281,24	322,01	308,64

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

#### 4.1 Resultados obtenidos de la parte experimental

A continuación, se detalla los resultados obtenidos en la parte experimental del proyecto “Obtención de harina compuesta a partir de zapallo cucúrbita moschata, zanahoria criolla y acelga criolla disponibles en el mercado del departamento de Tarija”.

#### 4.2 Porcentaje de pérdida en cáscara por muestra

En el caso de la acelga la única pérdida en la etapa de pelado y cortado es la de la base de la penca, en la zanahoria y zapallo las pérdidas son de cáscara y el zapallo también tiene una pérdida de peso en semillas.

En la tabla IV-1 se muestra los detalles de los resultados:

**Tabla IV- 1 Pérdidas por cáscara y residuos**

N°	Acelga (g)	Pérdidas (g)	%Pérdidas	Zanahoria (g)	Pérdidas (g)	%Pérdidas
1	55,53	2,207	3,97	162,388	28,834	17,756
2	112,79	2,819	2,50	193,705	27,43	14,160
3	25,84	1	3,87	145,896	24,891	17,061
4	27,676	1,231	4,45	142,021	22,024	15,507
5	73,965	2,589	3,50	126,346	23,669	18,733
6	58,361	1,104	1,89	129,684	22,031	16,988
7	28,96	0,635	2,19	151,694	24,48	16,138
8	18,408	0,626	3,40	79,038	15,827	20,024
9	49,444	2,152	4,35	112,789	23,057	20,442
10	38,2	1,055	2,76	111,164	19,79	17,802
		Promedio	3,29		Promedio	17,461
	Zapallo	Pérdidas cáscara (g)		Pérdidas semilla (g)		%Pérdidas
1	2.300	267,752		36,003		13,207

#### 4.3 Variación del peso con el tiempo

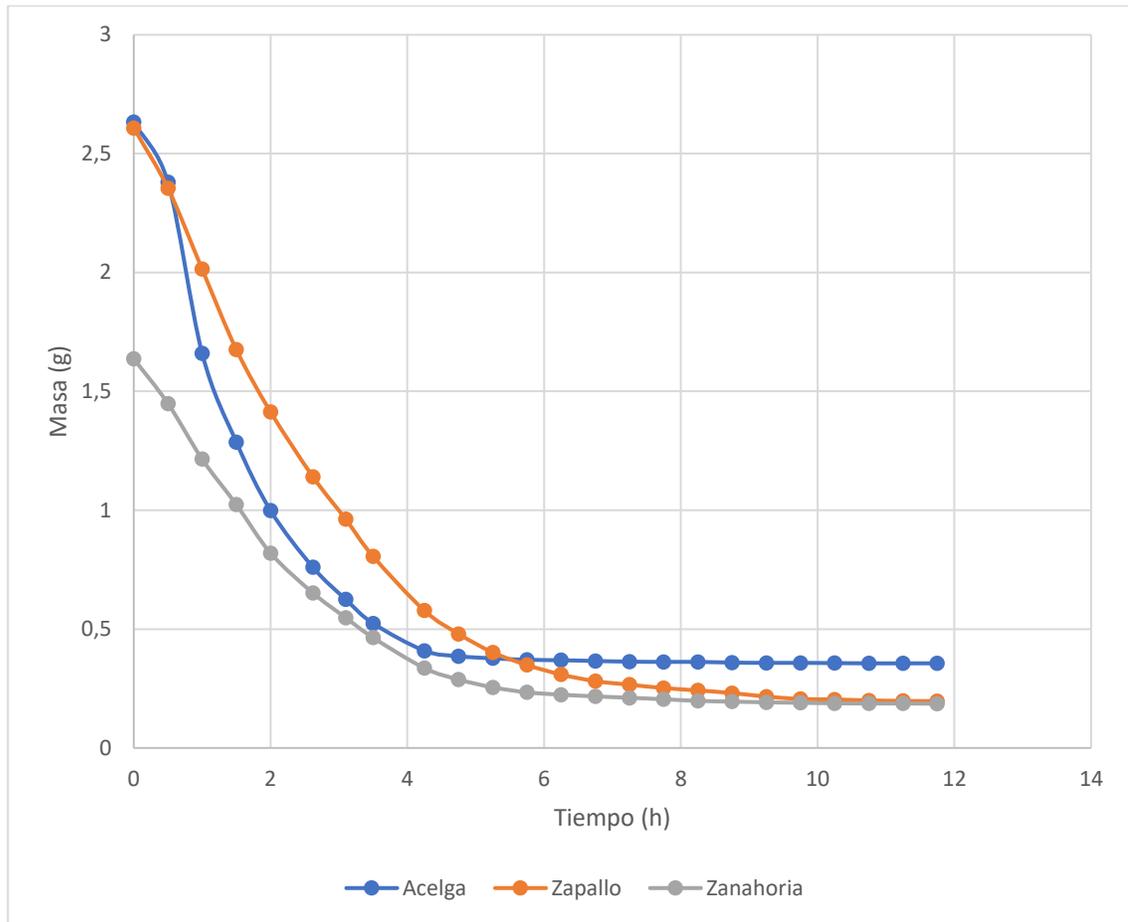
En la tabla IV-2 se muestra la variación de la masa de cada materia prima con respecto al tiempo de secado.

**Tabla IV- 2 Curva de secado masa en función del tiempo**

Tiempo (h)	Masas de acelga (g)	Masa de zapallo (g)	Masa de zanahoria (g)
0	2,633	2,608	1,637
0,5	2,380	2,355	1,449
1	1,660	2,014	1,215
1,5	1,287	1,676	1,024
2	0,999	1,414	0,820
2,62	0,760	1,141	0,652
3,1	0,625	0,962	0,548
3,5	0,524	0,806	0,464
4,25	0,409	0,578	0,336
4,75	0,386	0,480	0,288
5,25	0,377	0,402	0,255
5,75	0,371	0,349	0,234
6,25	0,369	0,309	0,224
6,75	0,366	0,281	0,217
7,25	0,363	0,266	0,211
7,75	0,362	0,252	0,205
8,25	0,362	0,242	0,198
8,75	0,359	0,231	0,195
9,25	0,358	0,216	0,192
9,75	0,358	0,206	0,190
10,25	0,357	0,204	0,188
10,75	0,356	0,200	0,187
11,25	0,356	0,198	0,187
11,75	0,356	0,197	0,186

En la figura IV-1 se muestra las curvas de secado para las tres materias primas.

**Figura IV- 1 Curva de secado de las materias primas**



Como se observa en la figura IV-1 la acelga presenta una pérdida mas lenta de agua dado su bajo peso de la hoja, mientras que el zapallo presenta una mayor pérdida de agua de manera progresiva en forma de caída a diferencia de la zanahoria que presenta una curva de menor caída.

#### 4.4 Variación de la humedad de la materia prima con el tiempo

Para el cálculo teórico de la humedad del sólido en cada intervalo de tiempo se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$\%H = \frac{m_o - m_{ss}}{m_{ss}} * 100\%$$

Donde:

%H: Porcentaje de humedad

$m_o$ : Masa inicial del sólido

$m_{ss}$ : Masa del solido seco

Realizando los cálculos correspondientes para las materias primas en los ensayos realizados en la parte experimental se obtiene los siguientes resultados teóricos.

Para la acelga se tiene:

$$\%H = \frac{m_o - m_{ss}}{m_{ss}} * 100\% = 86,48\%$$

Para el zapallo se tiene:

$$\%H = \frac{m_o - m_{ss}}{m_{ss}} * 100\% = 92,45\%$$

Para la zanahoria se tiene:

$$\%H = \frac{m_o - m_{ss}}{m_{ss}} * 100\% = 88,64\%$$

En la tabla IV-3 se muestra la variación de la humedad respecto al tiempo:

**Tabla IV- 3 Humedad en función del tiempo**

Tiempo (h)	Humedad (%)		
	Acelga	Zapallo	Zanahoria
0	86,48	92,45	88,64
0,5	85,04	91,63	87,16
1	78,55	90,22	84,69
1,5	72,34	88,25	81,84
2	64,36	86,07	77,32
2,62	53,16	82,73	71,47
3,1	43,04	79,52	66,06
3,5	32,06	75,56	59,91
4,25	12,96	65,92	44,64
4,75	7,77	58,96	35,42
5,25	5,57	51,00	27,06
5,75	4,04	43,55	20,51
6,25	3,52	36,25	16,96
6,75	2,73	29,89	14,29
7,25	1,93	25,94	11,85
7,75	1,66	21,83	9,27
8,25	1,66	18,60	6,06
8,75	0,84	14,72	4,62
9,25	0,56	8,80	3,13
9,75	0,56	4,37	2,11
10,25	0,28	3,43	1,06
10,75	0,00	1,50	0,53
11,25	0,00	0,51	0,53
11,75	0,00	0,00	0,00

La acelga en comparación de las otras materias primas tiene un tiempo de secado menor debido al grosor de la hoja, mientras que el zapallo presenta mayor dificultad de secado, sin embargo, al igual que la zanahoria tiene puntos donde mayor rapidez pierde humedad. La zanahoria tiene mayores rangos de pérdida de humedad en un máximo de 9% mientras que el zapallo pierde por lo regular hasta un 4 % y en algunos puntos hasta 10 %.

#### **4.5 Contenido de pérdida de humedad**

El cálculo de pérdida de humedad resulta más conveniente debido a que los datos demuestran la pérdida de agua respecto al tiempo hasta el punto de secado limite.

En la tabla IV-4 se muestra los resultados obtenidos.

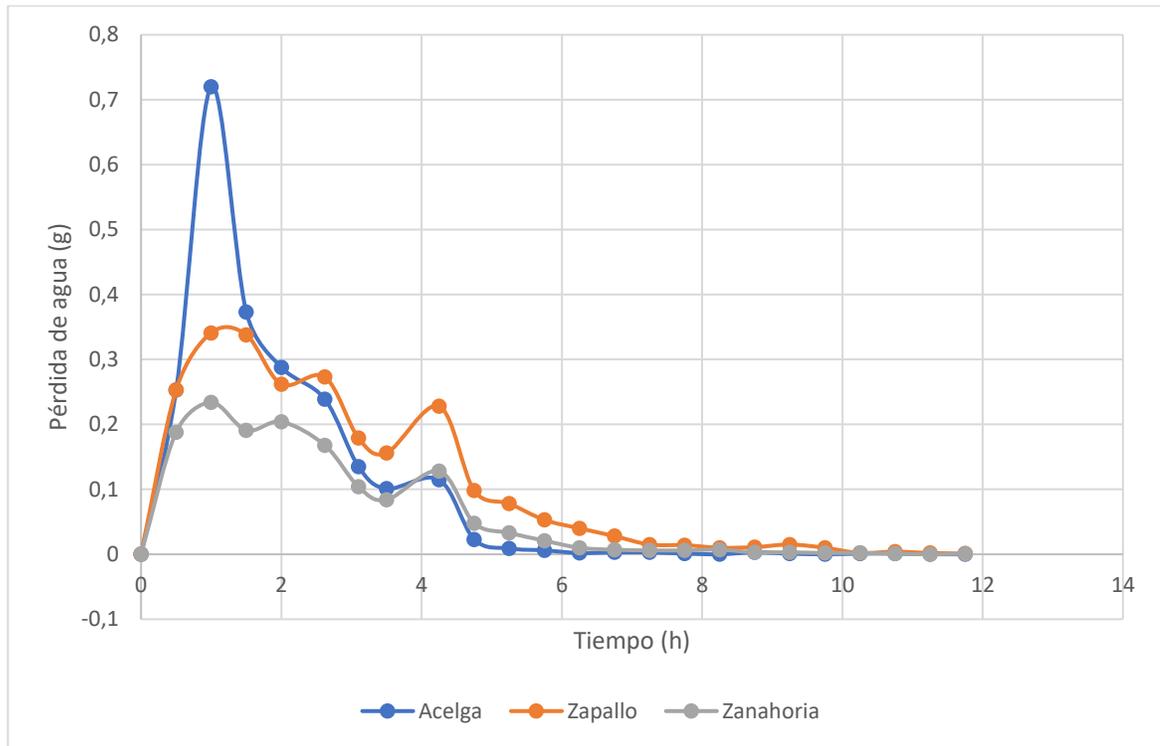
**Tabla IV- 4 Pérdida de agua en función del tiempo**

Tiempo (h)	Pérdida de agua (g)		
	Acelga	Zapallo	Zanahoria
0	0,000	0,000	0,000
0,5	0,253	0,253	0,188
1	0,720	0,341	0,234
1,5	0,373	0,338	0,191
2	0,288	0,262	0,204
2,62	0,239	0,273	0,168
3,1	0,135	0,179	0,104
3,5	0,101	0,156	0,084
4,25	0,115	0,228	0,128
4,75	0,023	0,098	0,048
5,25	0,009	0,078	0,033
5,75	0,006	0,053	0,021
6,25	0,002	0,040	0,010
6,75	0,003	0,028	0,007
7,25	0,003	0,015	0,006
7,75	0,001	0,014	0,006
8,25	0,000	0,010	0,007
8,75	0,003	0,011	0,003
9,25	0,001	0,015	0,003
9,75	0,000	0,010	0,002
10,25	0,001	0,002	0,002
10,75	0,001	0,004	0,001
11,25	0,000	0,002	0,000
11,75	0,000	0,001	0,001

En la figura IV-2 se muestra las pérdidas de agua para los tres productos en función del tiempo. En la figura IV-2 se puede observar en el caso de la acelga la variación presenta picos de pérdida de agua al inicio del secado lo que indica mayor secado al inicio para posteriormente tener una pérdida gradual y constante del agua

En el caso del zapallo, las pérdidas de agua son mayores en todo momento debido al mayor contenido de agua libre que se encuentra en la hortaliza. En el caso de la zanahoria las pérdida se mantienen regulares al inicio para posteriormente tener una pérdida de agua más lenta después de 5 h.

**Figura IV- 2 Pérdida de agua en función del tiempo**



#### 4.6 Cálculo de la cinética de secado

Para poder realizar el cálculo de la cinética de secado se emplea en primer lugar el método de los tres puntos. El presente método analítico de los tres puntos es empleado para encontrar la pendiente en los puntos de una curva, el cual basa su análisis en la agrupación de tres puntos equidistantes.

Para realizar el cálculo de la cinética de secado por el método ya mencionado, se hace el uso de tres ecuaciones fundamentales:

$$Y'_0 = \frac{-3Y_0 + 4Y_1 - Y_2}{2h}$$

$$Y'_1 = \frac{-Y_0 + Y_2}{2h}$$

$$Y'_2 = \frac{Y_0 - 4Y_1 + 3Y_2}{2h}$$

Donde:

$Y'_0$ ,  $Y'_1$  y  $Y'_2$  son datos que se obtienen en el ensayo los cuales son representados por los distintos puntos de X para su respectivo cálculo.

Se plantea un modelo potencial para la representación de la humedad en función del tiempo, en el cual se relaciona la humedad de secado con la humedad del sólido en la siguiente ecuación:

$$y = ax^n$$

Para determinar la velocidad de secado en base de los datos obtenidos en la práctica de humedad vs tiempo se toma como base que la pendiente del cambio de humedad es:

$$y = -\frac{dx}{dt}$$

Ya con los datos obtenidos en la práctica de laboratorio, se utiliza el método de los tres puntos para determinar la cinética de secado de las verduras con la siguiente ecuación:

$$y = -\frac{dx}{dt} = kX^n$$

Donde:

k = Constante para la cinética

n = Orden de la cinética

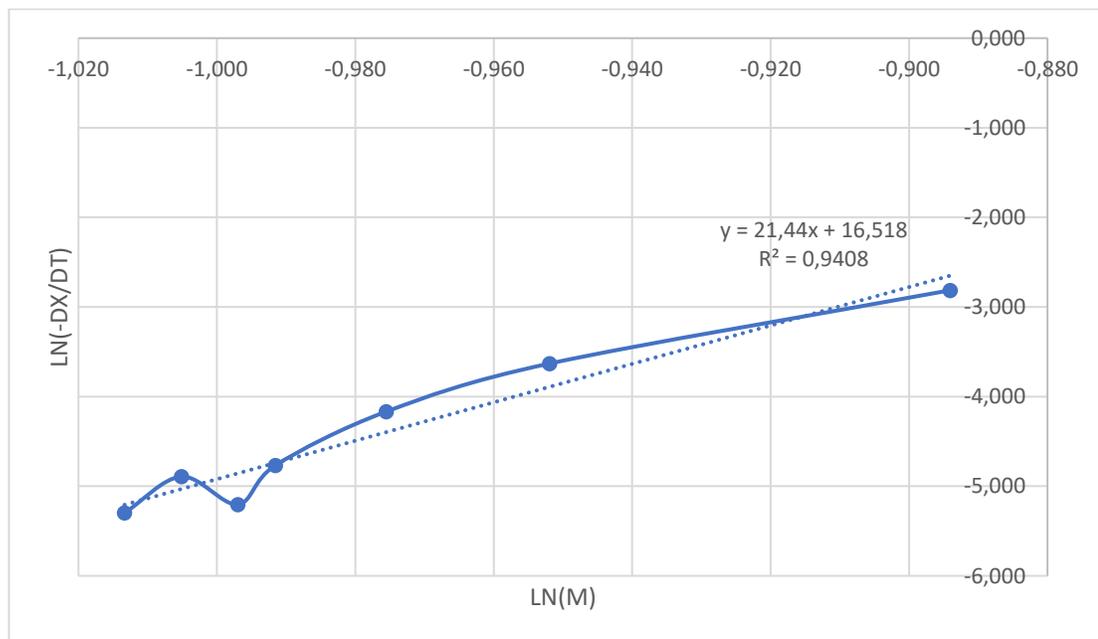
Como se menciona anteriormente los cálculos se realizan en función al ensayo, por lo tanto, se reemplaza los datos del ensayo en las tres ecuaciones fundamentales del método de los tres puntos.

En la tabla IV-5 se muestra los resultados del método de tres puntos aplicados para la acelga:

**Tabla IV- 5 Método de tres puntos para la acelga**

t (h)	m (g)	Y'1	Y'2	Y'3	Y'4	Y'5	Y'6	-dx/dt	ln(m)	ln(-dx/dt)
4,25	0,409	-0,06						0,06	-0,894	-2,813
4,75	0,386	-0,032	-0,021					0,0265	-0,952	-3,631
5,25	0,377	-0,004	-0,015	-0,016				0,0155	-0,976	-4,167
5,75	0,371		-0,009	-0,008	-0,003			0,0085	-0,992	-4,768
6,25	0,369			0	-0,005	-0,006		0,0055	-0,997	-5,203
6,75	0,366				-0,007	-0,006	-0,008	0,0075	-1,005	-4,893
7,25	0,363					-0,006	-0,004	0,005	-1,013	-5,298
7,75	0,362						0	0	-1,016	

**Figura IV- 3 Método de tres puntos para la acelga**



El porcentaje de exactitud es bajo con un modelo lineal planteado, sin embargo, plantea una aproximación del valor real por este método.

La ecuación obtenida se interpreta de la siguiente manera:

$$\ln\left(-\frac{dx}{dt}\right) = \ln(K) + n\ln(m)$$

Realizando el análisis con la ecuación obtenida se tiene que n es igual a 21,44 y Ln(K) es igual a 16,518, por tanto, el valor de K es igual a 14916820,1. Finalmente la ecuación de la cinética de secado para la acelga queda de la siguiente manera:

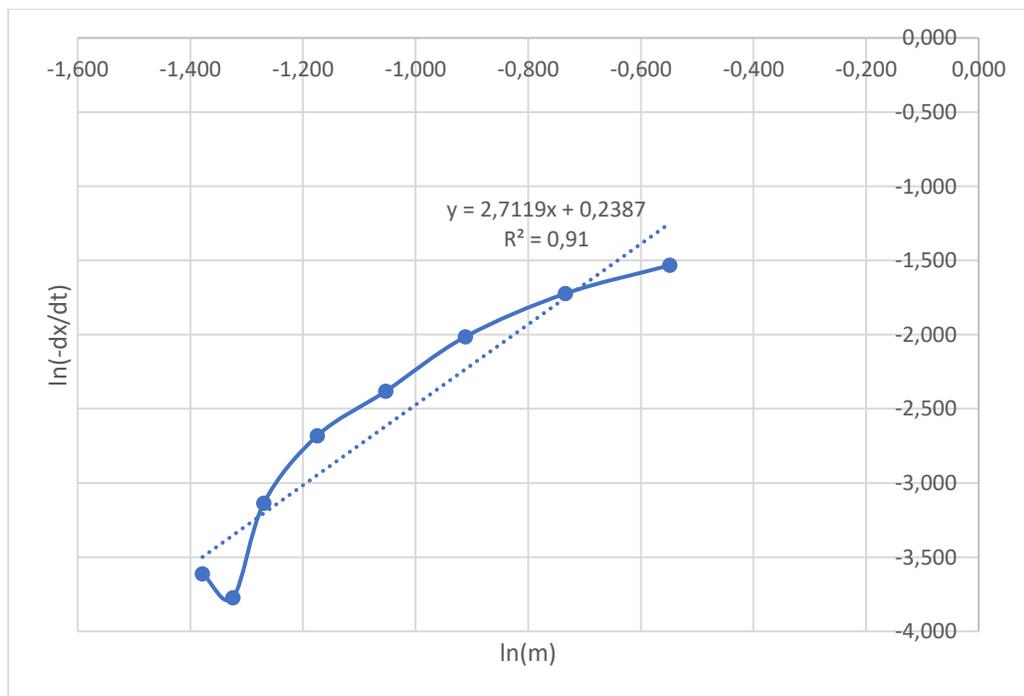
$$y = 16,518 * X^{21,44} \frac{kg}{m^2h}$$

De igual modo se realiza por el método de tres puntos para el zapallo:

**Tabla IV- 6 Método de tres puntos para el zapallo**

t (h)	m (g)	Y'1	Y'2	Y'3	Y'4	Y'5	Y'6	-dx/dt	ln(m)	ln(-dx/dt)
4,25	0,578	-0,216						0,216	-0,548	-1,532
4,75	0,48	-0,176	-0,181					0,1785	-0,734	-1,723
5,25	0,402	-0,136	-0,131	-0,119				0,1335	-0,911	-2,014
5,75	0,349		-0,081	-0,093	-0,092			0,0925	-1,053	-2,381
6,25	0,309			-0,067	-0,068	-0,069		0,0685	-1,174	-2,681
6,75	0,281				-0,044	-0,043	-0,031	0,0435	-1,269	-3,135
7,25	0,266					-0,017	-0,029	0,023	-1,324	-3,772
7,75	0,252						-0,027	0,027	-1,378	-3,612

**Figura IV- 4 Método de tres puntos para el zapallo**



Realizando el análisis con la ecuación obtenida se tiene que n es igual a 2,7119 y ln(K) es igual a 0,2387, por tanto, el valor de K es igual a 1,2696. Finalmente, la ecuación de la cinética de secado para el zapallo queda de la siguiente manera:

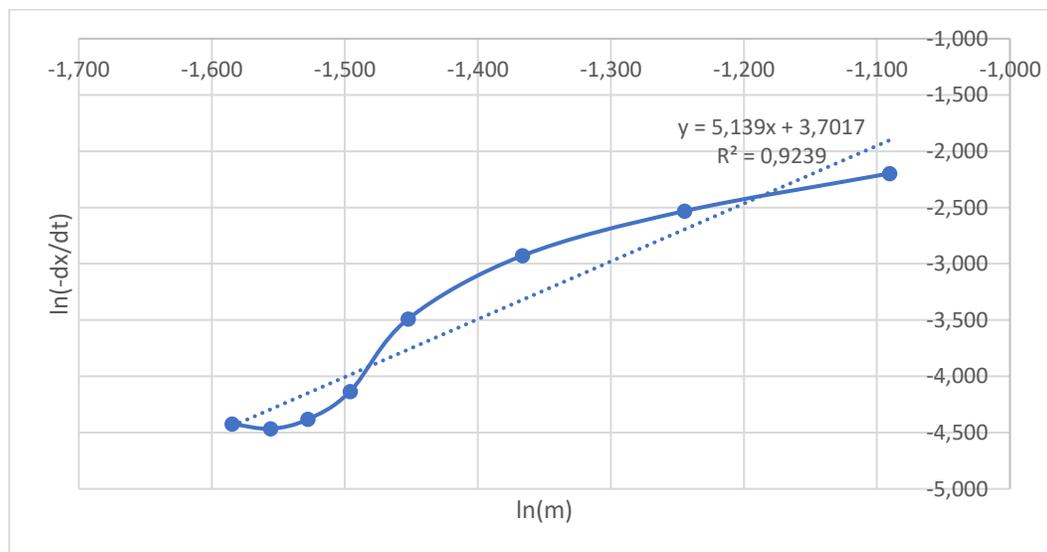
$$y = 1,2696 * X^{2,7119} \frac{kg}{m^2h}$$

De igual modo se realiza por el método de tres puntos para la zanahoria:

**Tabla IV- 7 Método de tres puntos para la zanahoria**

t (h)	m (g)	Y'1	Y'2	Y'3	Y'4	Y'5	Y'6	-dx/dt	ln(m)	ln(-dx/dt)
4,25	0,336	-0,111						0,111	-1,091	-2,198
4,75	0,288	-0,081	-0,078					0,0795	-1,245	-2,532
5,25	0,255	-0,051	-0,054	-0,053				0,0535	-1,366	-2,928
5,75	0,234		-0,03	-0,031	-0,023			0,0305	-1,452	-3,490
6,25	0,224			-0,009	-0,017	-0,015		0,016	-1,496	-4,135
6,75	0,217				-0,011	-0,013	-0,012	0,0125	-1,528	-4,382
7,25	0,211					-0,011	-0,012	0,0115	-1,556	-4,465
7,75	0,205						-0,012	0,012	-1,585	-4,423

**Figura IV- 5 Método de tres puntos para la zanahoria**



Realizando el análisis con la ecuación obtenida se tiene que n es igual a 5,139 y Ln(K) es igual a 3,7017, por tanto, el valor de K es igual a 40,516. Finalmente, la ecuación de la cinética de secado para la zanahoria queda de la siguiente manera:

$$y = 40,516 * X^{5,139} \frac{kg}{m^2h}$$

#### 4.7 Cálculo del tiempo de secado

Partiendo de la ecuación de la cinética de secado se determina el tiempo de secado, aplicando la siguiente fórmula:

$$t = - \int_{x_0}^{x_f} \frac{dx}{kX^n}$$

Donde:

$x_f$  = Fracción de contenido de humedad en base seca final.

$x_0$  = Fracción de contenido de humedad en base seca inicial.

$t$  = Tiempo óptimo de secado

Aplicando la fórmula para la acelga:

$$t = -\frac{1}{k} \int_{x_0}^{x_f} \frac{dx}{X^n} = -\frac{1}{14916820,1} * \int_{2,633}^{0,356} \frac{dx}{X^{21,44}}$$

$$t = \frac{1}{14916820,1 * 20,44} * (0,356^{-20,44} - 2,633^{-20,44})$$

$$t = 4,833 \text{ h}$$

Aplicando la fórmula para el zapallo:

$$t = \frac{1}{k} - \int_{x_0}^{x_f} \frac{dx}{X^n} = -\frac{1}{1,2696} * \int_{2,608}^{0,197} \frac{dx}{X^{2,7119}}$$

$$t = \frac{1}{1,2696 * 1,7119} * (0,197^{-1,7119} - 2,608^{-1,7119})$$

$$t = 7,335 \text{ h}$$

Aplicando la fórmula para la zanahoria:

$$t = \frac{1}{k} - \int_{x_0}^{x_f} \frac{dx}{X^n} = -\frac{1}{40,516} * \int_{1,637}^{0,186} \frac{dx}{X^{5,139}}$$

$$t = \frac{1}{40,516 * 4,139} * (0,186^{-4,139} - 1,637^{-4,139})$$

$$t = 6,294 \text{ h}$$

#### **4.8 Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial resulta un parámetro importante para la aceptación del producto en el mercado, basado únicamente en la degustación de personas al azar. Las cuales probarán las muestras de mezcla obtenidas juzgándolas por ciertos parámetros.

La evaluación para estos parámetros consiste en una escala que va de uno a cinco donde:

1 = No me gusta nada

2 = Me disgusta un poco

3 = Ni me gusta, ni me disgusta

4 = Me gusta poco

5 = Me gusta mucho

##### **4.8.1 Metodología**

La prueba de degustación se desarrolla en distintos puntos de la ciudad de Tarija, escogiendo personas dispuestas a probar la harina compuesta.

Se evaluaron las nueve mezclas propuestas en el diseño factorial, las muestras fueron evaluadas en sabor, color y olor. Al final se promediará la puntuación de los tres parámetros para el grado de aceptación del producto.

##### **Color**

Las muestras fueron evaluadas por la población de muestra por su color, el nivel de agrado en la escala de uno a cinco de aceptación. Los resultados de la encuesta realizada se encuentran en el anexo 7.

### Olor

Las muestras fueron evaluadas por la población de muestra por su olor, el nivel de agrado en la escala de uno a cinco de aceptación. Los resultados de la encuesta realizada se encuentran en el anexo 8.

### Sabor

Las muestras fueron evaluadas por la población de muestra por su sabor, el nivel de agrado en la escala de uno a cinco de aceptación. Los resultados de la encuesta realizada se encuentran en el anexo 9.

En la tabla IV-8 se tiene el resultado promedio de los tres parámetros:

**Tabla IV- 8 Análisis sensorial de las muestras de harina compuesta**

N° de muestra	Color	Olor	Sabor	Grado de aceptación
	Escala de 0 a 5			
1	4	5	5	4,67
2	4	5	5	4,67
3	3	3	4	3,33
4	4	5	3	4
5	3	4	3	3,33
6	3	4	3	3,33
7	3	5	2	3,33
8	2	5	2	3
9	2	5	1	2,67

### 4.9 Determinación de los costos de producción

Para la determinación de los costos de producción se aplica la siguiente formula:

$$C_{producción} = \frac{Ca * ma}{n} + \frac{Czn * mzn}{n} + \frac{Czp * mzp}{n}$$

Donde:

Ca = costo de acelga

Czn = costo de zanahoria

Czp = costo de zapallo

$n$  = masa obtenida de harina de cada una de las verduras.

$ma$ ,  $mzn$ ,  $mzp$  = masa de las verduras para 1 kg de harina.

Para determinar los costos de producción para 1 kg de harina se utilizó la siguiente relación:

Por cada 3 atados de acelga (800 g) se obtiene 100 g de harina de acelga.

Por cada cuartilla de zanahoria (1.750 g) se obtiene 260 g de harina de zanahoria.

Por cada unidad de zapallo (2.030 g) se obtiene 240 g de harina de zapallo.

Entonces realizando el cálculo para la primera muestra se tiene:

$$C_{producción} = \frac{200 * 3}{100} + \frac{500 * 5}{260} + \frac{300 * 7}{240} = 24,365 \text{ Bs/kg}$$

En la tabla IV-9 se muestra el costo de cada muestra de distinta composición:

**Tabla IV- 9 Costos de producción de las muestras de harina compuesta**

N° de muestra	Costo (Bs/kg)
1	24,37
2	25,36
3	26,35
4	24,95
5	25,94
6	26,93
7	25,53
8	26,52
9	27,51

Los datos obtenidos muestran un aumento en los costos de producción proporcional al aumento de la composición de acelga o zapallo en la harina compuesta. Siendo la zanahoria la materia prima que no influye en los costos.

#### **4.10 Determinación del valor energético**

El valor energético se determina por regla de mezclas, el porcentaje de composición de las harinas de cada materia prima, en base a los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos de las harinas.

En la tabla IV-10 se muestra los resultados del valor energético para cada muestra:

**Tabla IV- 10 Valor energético de las muestras de harina compuesta**

N°	Composición (%)			Valor energético (Kcal/100 g)
	Acelga	Zapallo	Zanahoria	
1	20	30	50	309,845
2	20	40	40	308,508
3	20	50	30	307,171
4	30	25	45	306,437
5	30	35	35	305,100
6	30	45	25	303,763
7	40	20	40	303,028
8	40	30	30	301,691
9	40	40	20	300,354

En la tabla IV-11 se resume los resultados para el diseño factorial:

**Tabla IV- 11 Resultados de las pruebas del diseño factorial**

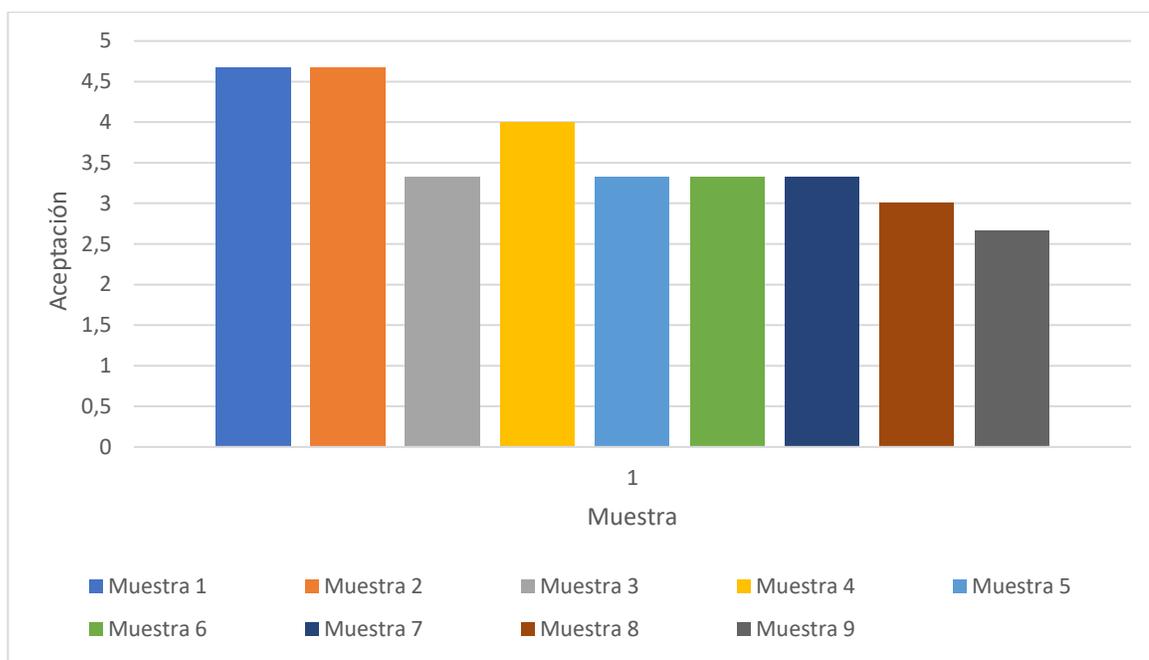
Composición %						Aceptación	Costo (Bs/kg)	Valor energético Kcal/100 g
Acelga	Nivel	Zapallo	Nivel	Zanahoria	Nivel	Escala de 1-5		
20	-1	30	-1	50	1	4,67	24,37	309,845
20	-1	40	0	40	0	4,67	25,36	308,508
20	-1	50	1	30	-1	3,33	26,35	307,171
30	0	25	-1	45	1	4	24,95	306,437
30	0	35	0	35	0	3,33	25,94	305,100
30	0	45	1	25	-1	3,33	26,93	303,763
40	1	20	-1	40	1	3,33	25,53	303,028
40	1	30	0	30	0	3	26,52	301,691
40	1	40	1	20	-1	2,67	27,51	300,354

Como se puede observar el que mayor aceptación considerando los parámetros sensoriales, costos de producción y valor nutricional se tiene que la muestra N° 1 es la

que mejor aceptación tuvo, costos de producción más bajos que la mayoría y mayor valor energético. Cabe resalta que la muestra 7 aunque tuvo menor aceptación que la muestra 2, a muchos les llamo la atención el color y olor en general por lo que les atrajo, aunque menos que la muestra 1.

En la figura IV-6 se muestra gráficamente la aceptación del producto.

**Figura IV- 6 Aceptación de las muestras por la población encuestada**



## 4.11 Determinación del tamaño de partícula

### 4.11.1 Molienda

En el molino de martillo se tiene un rendimiento del 97,16% con una pérdida del 9,58%. Se obtiene una harina de polvo fino y polvillo que se desprende en el ambiente. El equipo requiere que la materia prima este completamente seco para poder molerlo. Las pérdidas por molienda, se deben a que, al momento de realizar el proceso; existen partículas en suspensión ocasionadas probablemente por el fuerte impacto que se tiene de los martillos al producto deshidratado. Lo cual ocasiona una migración de partículas al ambiente, y por ende convirtiéndose en pérdidas.

Las pérdidas en el molino fueron las siguientes:

**Tabla IV- 12 Pérdidas en el molino**

Materia prima	Tiempo de molienda (min)	Alimentación (g)	Pérdidas (g)	Pérdidas (%)
Acelga	2	130	15,637	12,03
Zanahoria	2	250	13,69	5,476
Zapallo	2	240	24	10

#### 4.11.2 Tamizado

El tamizado es muy importante al momento de determinar tamaño de partícula, ya que es en este proceso donde se logra una comparación directa con un patrón de referencia, cumpliendo con la norma boliviana (NB) 327005 y 327006 que determina el tamaño de partículas o granulometría para Harinas de origen vegetal.

En la tabla IV-12 se muestra los datos en promedio de los tamaños de partícula obtenidos en cada tamaño de malla:

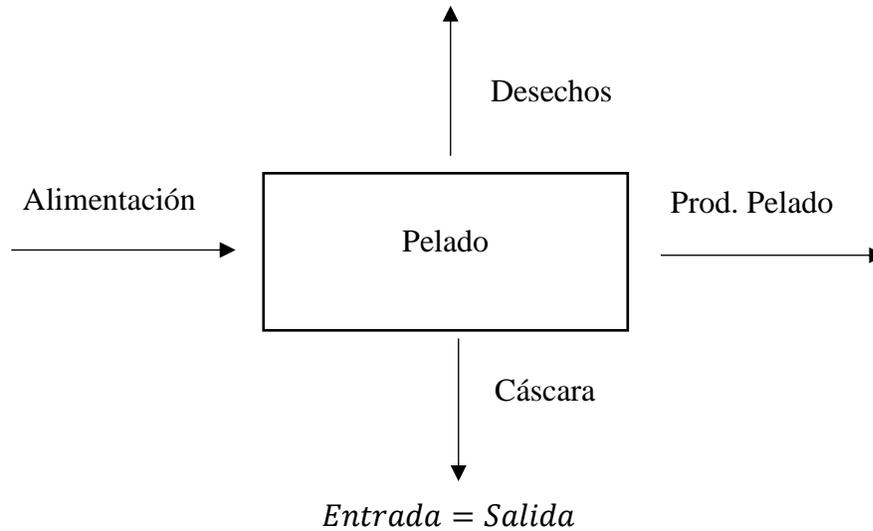
**Tabla IV- 13 Tamaño de partícula logrado para cada harina**

Harina	Masa inicial (g)	N° de malla					Pérdidas en el tamiz (g)	Pérdidas (%)
		2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm	0,063 mm		
Acelga	114,363	0	6,76	35,456	53,134	12,2	6,813	5,96
Zanahoria	236,31	0	9,785	159,65	24,285	37,6	4,99	2,11
Zapallo	216	0	15,53	137,98	13,345	40,5	8,645	4

El rendimiento en promedio del tamiz es de 95,98% siendo un valor aceptable en el tamizado de harinas. El porcentaje de pérdidas se debe al polvillo que se encuentra en un tamaño de partícula menor a la malla 0,063 mm por lo que no es recomendable su consumo debido a su fácil expansión por el medio ambiente.

#### 4.12 Balance de materia

##### Pelado

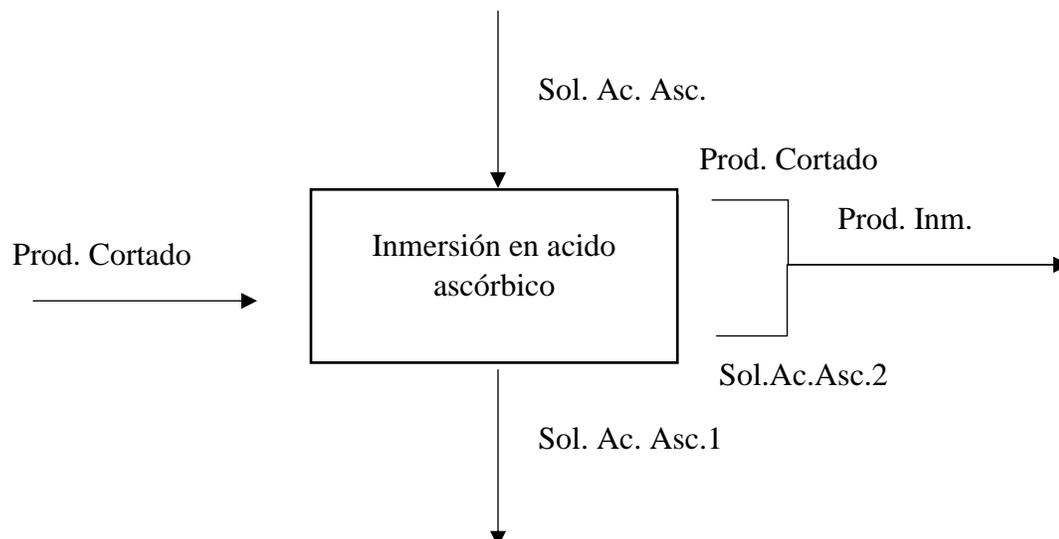


$$\text{Alimentación} = \text{Prod. Pelado} + \text{Cáscara} + \text{Desechos}$$

$$\text{Prod. Pelado} = \text{Alimentación} - \text{Cáscara} - \text{Desechos}$$

Materia prima	Alimentación (g)	Cascara (g)	Desechos (g)	Prod. Pelado (g)
Acelga	450	0	14,805	435,195
Zapallo	1000	116,4	15,65	867,95
Zanahoria	1000	174,6	0	825,4

##### Inmersión en ácido ascórbico



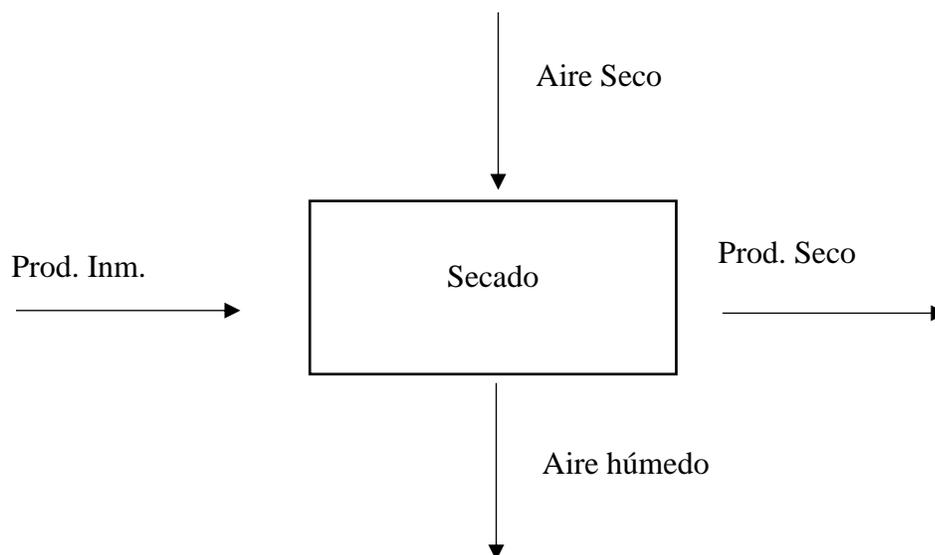
$$Prod. Cortado + Sol. Ac. Asc. = Sol. Ac. Asc. 1 + Sol. Ac. Asc. 2 + Prod. Inm.$$

$$Prod. Inm. + Sol. Ac. Asc. 2 = Prod. Cortado + Sol. Ac. Asc. - Sol. Ac. Asc. 1$$

Solución ácido ascórbico	Volumen de agua	Concentración
2 g/L	1000 ml	0,02%

Materia prima	Prod. Cortado (g)	Sol.Ac.Asc. (g)	Sol.Ac.Asc.1 (g)	Sol.Ac.Asc.2 (g)	Prod. Inm. (g)
Acelga	435,195	1000	800	200	635,195
Zapallo	867,95	1000	930	70	937,95
Zanahoria	825,4	1000	945	55	880,4

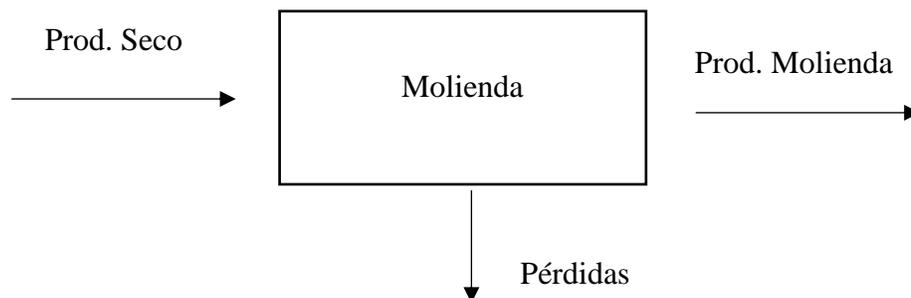
### Secado



$$Prod. Inm + Aire Seco = Prod. Seco + Aire húmedo$$

$$Prod. Seco = Prod. Inm + Aire Seco - Aire húmedo$$

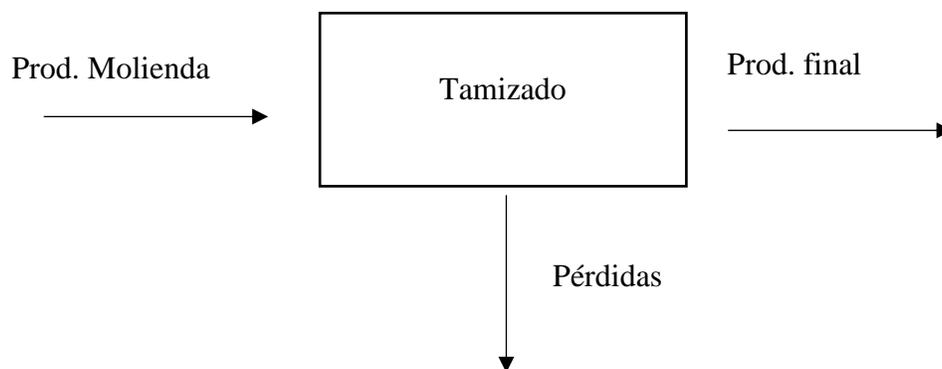
Materia prima	Prod. Inm (g)	Aire seco (g)	Aire húmedo (g)	Prod. Seco (g)
Acelga	635,195	292.670	851,490	76,375
Zapallo	937,95	283.670	1093,652	127,968
Zanahoria	880,4	287.130	1036,930	130,6

**Molienda**

$$\text{Prod. Seco} = \text{Prod. Molienda} + \text{Pérdidas}$$

$$\text{Prod. Molienda} = \text{Prod. Seco} - \text{Pérdidas}$$

Materia prima	Prod. Seco (g)	Pérdidas (g)	Prod. Molienda (g)
Acelga	76,375	9,187	67,188
Zapallo	127,968	12,797	115,171
Zanahoria	130,6	7,152	123,448

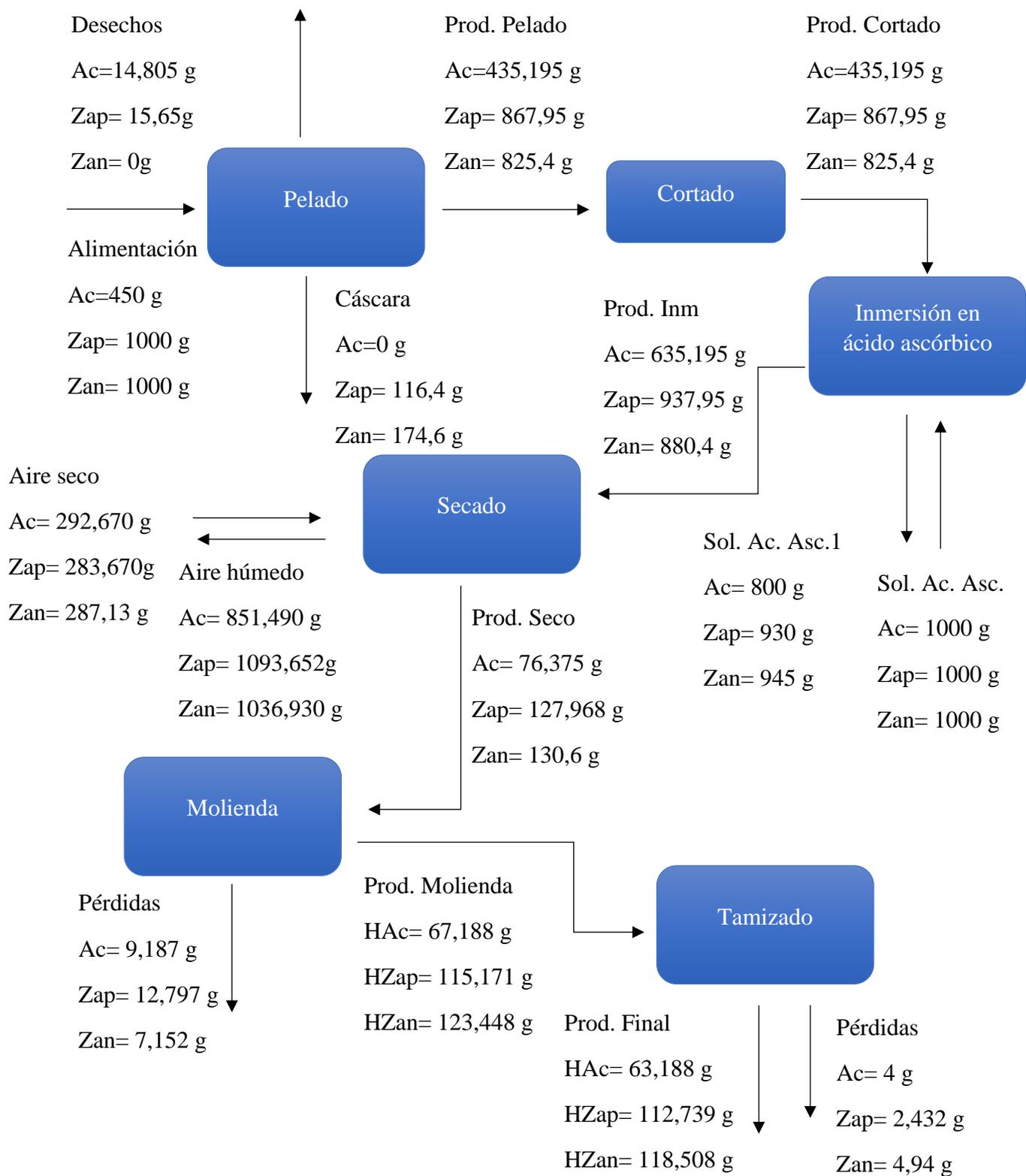
**Tamizado**

$$\text{Prod. Molienda} = \text{Prod. Final} + \text{Pérdidas}$$

$$\text{Prod. Final} = \text{Prod. Molienda} - \text{Pérdidas}$$

Materia prima	Prod. Molienda (g)	Pérdidas (g)	Prod. Final (g)
Acelga	67,188	4	63,188
Zapallo	115,171	2,432	112,739
Zanahoria	123,448	4,94	118,508

### Balance Global de materia



### 4.13 Balance de energía

#### 4.13.1 Calor sensible

##### Secador

Para el cálculo de la energía requerido se emplea la ecuación del calor sensible:

$$Q_s = m_T * C_p * (T_{op} - T_{amb})$$

$Q_s$  = Calor sensible.

$m_T$  = masa total del producto.

$C_p$  = Calor específico.

$T_{op}$  = Temperatura de operación bulbo seco.

$T_{amb}$  = Temperatura ambiente.

Para el caso de la acelga:

Datos:

$T_{op} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$T_{amb} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$m_T = 450 \text{ g} = 0,45 \text{ kg}$  (base de cálculo para la acelga)

$C_p \text{ acelga} = 0,96 \text{ kcal/Kg}^\circ\text{C}$

$$Q_s = m_T * C_p * (T_{op} - T_{amb})$$

$$Q_s = 0,45 * 0,96 * (50 - 20)$$

$$Q_s = 12,96 \text{ kcal}$$

Para el caso del zapallo:

$T_{op} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$T_{amb} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$m_T = 1000 \text{ g} = 1 \text{ kg}$  (base de cálculo para el zapallo)

$C_p \text{ zapallo} = 3,515 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 0,84 \text{ kcal/Kg}^\circ\text{C}$

$$Q_s = m_T * C_p * (T_{op} - T_{amb})$$

$$Q_s = 1 * 0,84 * (50 - 20)$$

$$Q_s = 25,2 \text{ kcal}$$

Para el caso de la zanahoria:

Top = 50 °C.

Tamb = 20 °C.

m<sub>T</sub> = 1000 g = 1kg (base de cálculo para la zanahoria)

Cp zanahoria = 3,7 kJ/kg°K = 0,88 kcal/Kg°C

$$Q_s = m_T * C_p * (T_{op} - T_{amb})$$

$$Q_s = 1 * 0,88 * (50 - 20)$$

$$Q_s = 26,4 \text{ kcal}$$

#### 4.13.2 Cálculo de calor latente

Para el cálculo del calor latente se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_L = m_v * h_{fg}$$

Donde:

QL = Calor latente.

mv = Masa de agua que se evapora.

hfg = Calor latente de vaporización del agua a 50 °C.

Para el caso de la acelga:

mv = 558,82 g = 0,55882 kg

hfg = 309,305 kcal/kg

$$Q_L = m_v * h_{fg}$$

$$Q_L = 0,55882 * 309,305$$

$$Q_L = 172,846 \text{ kcal}$$

Para el caso del zapallo:

mv = 809,982 g = 0,809982 kg

hfg = 309,305 kcal/kg

$$Q_L = m_v * h_{fg}$$

$$Q_L = 0,809982 * 309,305$$

$$Q_L = 250,53 \text{ kcal}$$

Para el caso de la zanahoria:

$$m_v = 749,8 \text{ g} = 0,7498 \text{ kg}$$

$$h_{fg} = 309,305 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_L = m_v * h_{fg}$$

$$Q_L = 0,7498 * 309,305$$

$$Q_L = 231,917 \text{ kcal}$$

#### 4.13.3 Cálculo del calor total

$$Q = Q_s + Q_L$$

Para la acelga:

$$Q = 12,96 + 172,846$$

$$Q = 185,806 \text{ kcal}$$

Para el zapallo:

$$Q = 25,2 + 250,53$$

$$Q = 275,73 \text{ kcal}$$

Para la zanahoria:

$$Q = 26,4 + 231,917$$

$$Q = 258,317 \text{ kcal}$$

**Tabla IV- 14** Tabla de calores totales de la experimentación

<b>Materia prima</b>	<b>Calor sensible (kcal)</b>	<b>Calor latente (kcal)</b>	<b>Calor total (kcal)</b>
Acelga	12,96	172,846	185,806
Zapallo	25,2	250,53	275,73
Zanahoria	26,4	231,917	258,317

#### 4.14 Cálculo del rendimiento del proceso

En base a los datos obtenidos se puede calcular el rendimiento mediante la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{mp}{mc} * 100\%$$

Donde:

mp = Masa del producto final obtenido

mc = Masa de la materia prima utilizado

Para la acelga:

$$\eta = \frac{63,188}{450} * 100\%$$

$$\eta = 14,041\%$$

Para el zapallo:

$$\eta = \frac{112,739}{1000} * 100\%$$

$$\eta = 11,274\%$$

Para la zanahoria:

$$\eta = \frac{118,508}{1000} * 100\%$$

$$\eta = 11,851\%$$

#### 4.15 Características del Secador de Bandejas utilizado en la parte experimental

El secador usado en la parte experimental del presente trabajo es el Secador de Bandejas de marca Binder (modelo FD 53), que se encuentra en el LOU. En la tabla IV-13 se tiene las características del secador:

**Tabla IV- 15 Características del secador usado en la parte experimental**

Marca	Binder (modelo FD53)
Rango de temperatura	0 °C – 300 °C
Tensión	220 – 230 V
Potencia total	1,2 kw
Capacidad	4 bandejas
Medidas externas	
Alto*Ancho*Profundidad (m)	0,62*0,635*0,575
Medidas internas	
Alto*Ancho*Profundidad (m)	0,4*0,4*0,33

#### 4.15.1 Selección del calentador de aire

El calentador de aire se selecciona de acuerdo al calor o potencia requerida para calcular el flujo de aire a una temperatura de 50°C. De acuerdo al balance de energía para las cantidades de materia prima aptas para el secado, la potencia requerida del calentador de aire es:

Para la acelga:

$$Potencia = \frac{Energía}{tiempo} = \frac{185,806}{4,833}$$

$$Potencia = 38,445 \text{ kcal/h} = 0,046 \text{ kw}$$

Para el zapallo:

$$Potencia = \frac{Energía}{tiempo} = \frac{275,273}{7,335}$$

$$Potencia = 37,53 \text{ kcal/h} = 0,045 \text{ kw}$$

Para la zanahoria:

$$Potencia = \frac{Energía}{tiempo} = \frac{258,317}{6,294}$$

$$Potencia = 41,042 \text{ kcal/h} = 0,049 \text{ kw}$$

Si se asume una eficiencia del calentador en un 70% se puede calcular la potencia final requerida por el motor empleando la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{P_R}{P_f}$$

Donde:

$\eta$  = Eficiencia del motor

$P_R$  = Potencia requerida para el proceso

$P_f$  = Potencia final

Para la acelga:

$$P_f = \frac{0,046}{0,7} = 0,066 \text{ kw}$$

Para el zapallo:

$$P_f = \frac{0,045}{0,7} = 0,064 \text{ kw}$$

Para la zanahoria:

$$P_f = \frac{0,049}{0,7} = 0,07 \text{ kw}$$

#### 4.15.2 Cálculo de la cantidad de aire necesario para el secado

Utilizando los datos de la humedad obtenidos en la experimentación (pág. 58).

Humedad inicial del producto acelga en base seca = 88% = 0,88 kg H<sub>2</sub>O/kg sólido seco (w1)

Humedad inicial del producto zapallo en base seca = 85,2% = 0,852 kg H<sub>2</sub>O/kg sólido seco (w1)

Humedad inicial del producto zanahoria en base seca = 86,37% = 0,8637 kg H<sub>2</sub>O/kg sólido seco (w1)

Humedad final de la acelga en base seca = 0,2 % = 0,002 kg H<sub>2</sub>O/kg sólido seco (w2)

Humedad final del zapallo en base seca = 0,1 % = 0,001 kg H<sub>2</sub>O/kg sólido seco (w2)

Humedad final de la zanahoria en base seca = 0,23 % = 0,0023 kg H<sub>2</sub>O/kg sólido seco (w2)

Aire que entra al secador = 50°C, 20% HR (W1)

Aire que sale del secador = 21°C, 80 % HR (W2)

(ma/mac) = masa de aire seco (kg) / masa de acelga (kg)

(ma/mzp) = masa de aire seco (kg) / masa de zapallo (kg)

(ma/mzn) = masa de aire seco (kg) / masa de zanahoria (kg)

Tiempo de secado para acelga = 4,833 h

Tiempo de secado para zapallo = 7,335 h

Tiempo de secado para zanahoria = 6,294 h

Base de cálculo para la acelga = 0,45 kg

Base de cálculo para el zapallo = 1 kg

Base de cálculo para la zanahoria = 1 kg

Con los datos obtenidos vamos al diagrama psicrométrico y tenemos:

W1 salida para acelga= 0,015 kg H<sub>2</sub>O / kg aire seco

W2 entrada = 0,012 kg H<sub>2</sub>O / kg aire seco

Aplicando la siguiente fórmula se determina la cantidad de aire necesario:

$$(ma/mp) * W2 + w1 = (ma/mp) * W1 + w2$$

Para la acelga:

$$\left(\frac{ma}{mp}\right) * 0,012 + 0,88 = \left(\frac{ma}{mp}\right) * 0,015 + 0,002$$

$$0,003 \left(\frac{ma}{mp}\right) = 0,878$$

$$\left(\frac{ma}{mp}\right) = 292,67 \frac{kg \text{ aire seco}}{kg \text{ solido}}$$

Para el zapallo:

$$\left(\frac{ma}{mp}\right) * 0,012 + 0,852 = \left(\frac{ma}{mp}\right) * 0,015 + 0,001$$

$$0,003 \left(\frac{ma}{mp}\right) = 0,851$$

$$\left(\frac{ma}{mp}\right) = 283,67 \frac{kg \text{ aire seco}}{kg \text{ solido}}$$

Para la zanahoria:

$$\left(\frac{ma}{mp}\right) * 0,012 + 0,8637 = \left(\frac{ma}{mp}\right) * 0,015 + 0,0023$$

$$0,003 \left(\frac{ma}{mp}\right) = 0,8614$$

$$\left(\frac{ma}{mp}\right) = 287,13 \frac{kg \text{ aire seco}}{kg \text{ solido}}$$

Para el cálculo de caudal de aire necesario, se debe calcular el volumen de aire y para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

$\rho$  = Densidad del aire

m = Masa del aire

v = Volumen de aire

Para la acelga:

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{292,67}{1,29} = 226,876 \text{ m}^3$$

Para el zapallo:

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{283,67}{1,29} = 219,900 \text{ m}^3$$

Para la zanahoria:

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{287,13}{1,29} = 222,581 \text{ m}^3$$

Calculando el caudal de aire:

$$Q = \frac{v}{t}$$

Para la acelga:

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{226,876}{4,833} = 46,943 \frac{m^3 \text{aire}}{h}$$

Para el zapallo:

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{219,900}{7,335} = 29,980 \frac{m^3 \text{aire}}{h}$$

Para la zanahoria:

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{222,581}{6,294} = 35,364 \frac{m^3 \text{aire}}{h}$$

Los datos obtenidos de la cantidad de aire muestran un volumen considerable de aire requerido para secar las materias primas seleccionadas. Siendo la acelga con mayor requerimiento de aire esto debido a la impermeabilidad de la hoja que dificulta la salida del agua, pero la mayor dificultad se refleja en el tallo debido a sus fibras gruesas y con alto contenido de humedad requiere mayor cantidad de calor para poder secar.

#### 4.16 Características del Molino de Martillos utilizado en la parte experimental

El molino usado en la parte experimental del presente trabajo es el Molino de Martillos, que se encuentra en el LOU. En la tabla IV-14 se tiene las características del molino.

**Tabla IV- 16 Características del molino usado en la parte experimental**

Marca	Hammer Mill for sale Philippines
Peso	30 kg
Tensión	220 V
Potencia total	1,5 kw
Capacidad	40-50 kg/h
Dimensiones	
Alto*Ancho*Profundidad (m)	0,55*0,32*0,34
Velocidad	11.000 RPM

Cabe resaltar que el motor está conformado por una amoladora por lo que la velocidad resulta única y mucho más alta que el motor de un molino de martillos común.

#### 4.17 Estudio económico

El estudio económico de los diferentes costos de producción se detalla a continuación:

##### 4.17.1 Costo de la materia prima

A continuación, en la tabla IV-15 se detalla el precio de las materias primas y materiales necesarios para el producto final:

**Tabla IV- 17 Costo de materia prima e insumos**

<b>Materia prima e insumos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (Bs)</b>
Zanahoria	Cuartilla	1	5
Acelga	atado	1	1
Zapallo	unidad	1	7
Bolsas hermética	unidad	50	16
Ácido ascórbico	gramos	100	10

##### 4.17.2 Costo de producción

En la tabla IV-16 se muestra el posible costo de algunos factores que intervienen en la producción de la harina compuesta:

**Tabla IV- 18 Costos de producción de la harina compuesta**

<b>Detalle</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo (Bs)</b>	<b>Horas de uso</b>	<b>Costo total</b>
Uso del secador	Hora	10	30	300
Mesas de trabajo	Hora	2	16	32
Molino de martillos	Hora	10	0,5	5
Molino de discos	Hora	10	0,5	5
Utensilios	Hora	2	16	32
Total				374

En la tabla IV-17 se muestra el costo de energía eléctrica necesario para el proceso:

**Tabla IV- 19 Costo energético para la elaboración de la harina compuesta**

<b>Operación</b>	<b>Equipo</b>	<b>Requerimiento energético</b>	<b>Horas de operación</b>	<b>Energía necesaria</b>	<b>Costo (Bs)</b>
Pesado	Balanza, termobalanza	0,0035 kW	10	0,035	0,026
Secado	Secador de bandejas tiro forzado	0,33 kW	30	9,9	7,524
Molienda	Molino de martillo y molino de discos	0,24 kW	0,5	0,12	0,091
Total					7,64

**4.17.3 Costo total de producción de la harina compuesta**

En la tabla IV-18 se muestra los costos totales de operación por día en el LOU.

**Tabla IV- 20 Costo total de producción**

<b>Etapas operativas</b>	<b>Costo (Bs)</b>
Uso de materiales	124
Materia prima	13
Mano de obra	50
Energía eléctrica	7,64
Total	194,64

Los costos de producción de la harina compuesta se ven incrementados debido a un prolongado tiempo de uso del secador de bandejas, esto se debe a que, al ser un soplador de aire caliente por ciclos, no se mantiene constante el secado. Además, la temperatura de secado se ve reducido en las bandejas superiores ya que las primeras reciben mayor calor.

**4.17.4 Calculo correctivo del rendimiento**

Como se observa en los costos de materiales este representa el 63,707% de los costos totales. Si mejorando el factor tiempo de secado se logra reducir en un supuesto 50%

los costos de uso de materiales entonces se tendría los siguientes valores como se muestra en la tabla IV-19.

**Tabla IV- 21 Costo corregido para la elaboración de la harina compuesta**

<b>Etapa operativa</b>	<b>Costo (Bs)</b>
Uso de materiales	62
Materia prima	13
Mano de obra	50
Energía eléctrica	7,64
Total	132,64

Corrigiendo con los nuevos valores se tiene:

$$\%Reducción = \frac{C_{\text{corregido}}}{C_{\text{total}}} * 100\% = \frac{62}{194,64} * 100\% = 31,85\%$$

$$\%C_{\text{corregido}} = \frac{C_{\text{corregido}}}{C_{\text{total corregido}}} * 100\% = \frac{62}{132,64} * 100\% = 46,74\%$$

Los costos de producción se reducen en un 31,85% del costo inicial, y los costos de uso de materiales ahora será el 46,74% del costo corregido. Esto significaría un beneficio para el proyecto en la reducción de gastos ocasionados por los costos energéticos elevados en la etapa de secado.

## **CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES**

## 5.1 Conclusiones

Finalizado la parte experimental y de los resultados se concluye lo siguiente:

- La caracterización de la materia prima se realizó en el laboratorio del CEANID, desde el punto de vista fisicoquímico las características de la materia prima son óptimos para el desarrollo del proceso. Ver en anexos del 1 al 3.
- El proceso de obtención de harinas no requiere de muchos equipos en cuanto a experimentación se refiere, por el caso contrario de implementación de una fábrica automatizada requeriría de otros equipos adicionales. En el caso de investigación solo se requirió dos equipos esenciales: un secador y un molino. Los mismos fueron descritos brevemente con las características importantes de su diseño. Los equipos empleados no funcionan en su totalidad debido a que fueron re acondicionados, lo que provoca que sean más complicados de manipular y de variar las variables referentes al equipo.
- El proceso seleccionado para la fase experimental fue satisfactorio ya que se pudo obtener un producto de buena calidad, dando posibles alternativas en el método de procesamiento de la materia prima con algunas observaciones a lo largo del proceso, principalmente en la etapa de pretratamiento de la materia prima y secado. El escaldado resulto ser ineficiente para este proyecto debido a lo siguiente: probando con la zanahoria no se tuvo notables diferencias al igual que el zapallo, en el caso de la acelga provocó el pardeamiento del mismo (justamente lo que se debía evitar). El tamaño de partícula indicado en bibliografía indica un rango entre 0,2 a 0,5 mm, inclusive aceptable hasta 1 mm. Sin embargo, en la parte experimental, se determinó que el rango para cada tipo de harina es de 0,063 a 0,25 mm, el tamaño de 0,5 mm visualmente no es agradable debido que en el caso de la acelga es notable la presencia de palillos provenientes del tallo y pedazos de hoja fina; en el caso del zapallo se presenta notoriamente puntos negros y aglomerados. La zanahoria visualmente no presenta problemas con el rango propuesto en bibliografía.

- La combinación porcentual de los tres tipos de harinas obtenidas indica que la mejor combinación es de la muestra N°1 donde el 50% es de zanahoria. Esto se debe a que las personas encuestadas tienen mayor preferencia al sabor dulce concentrado proveniente de la zanahoria, además de otras cuestiones sensoriales. En cuestiones operacionales y en costos resulta más óptimo la harina de zanahoria debido a que es capaz de resistir el proceso sin sufrir daños manteniendo propiedades nutricionales y de textura iniciales, además su bajo costo respecto a las otras materias primas facilita su producción a gran escala.
- Los balances de materia y energía indicaron los resultados obtenidos a lo largo de la experimentación, anotándose datos promedio de los distintos ensayos realizados a lo largo de la experimentación para la obtención del producto. El balance másico indica normalidad en la hora de procesamiento indicando que no existe presencia de reacciones a lo largo de la transformación de las distintas materias primas utilizadas. Respecto al balance energético indica datos relevantes en cuanto a la energía requerida para el secado principalmente, notándose principalmente que el zapallo requiere mayor cantidad de energía que las otras materias primas, en promedio requiere 258,317 kcal. La existencia de las pérdidas radica principalmente en el secado, molienda y tamizado siendo los dos primeros pérdidas por materia prima que no es posible recuperar por caídas dentro del equipo o en el ambiente.
- Se ha determinado el rendimiento del proceso productivo siendo el mismo un rendimiento bajo en las tres materias primas con valores de 14,041% para la acelga, 11,274% para el zapallo y 11,851% para la zanahoria. Esto debido al elevado porcentaje de humedad de las materias primas que se encuentra arriba del 80% de humedad. Los resultados obtenidos respecto a la cantidad utilizada y costos de producción resultan ser bajos, sin embargo, al compararlos con la bibliografía consultada resultan más óptimos en el caso de la zanahoria indicando un rendimiento del 5,25% y la del zapallo indica un rendimiento del 7,96%, no se indica un dato de rendimiento en la bibliografía para el caso de la acelga debido a que solo fue utilizada con fines de enriquecimiento de otros tipos de harina.

- Mediante pruebas sensoriales y análisis fisicoquímicos se determinó la mejor composición de mezcla de las harinas obtenidas de las tres materias primas dando como resultado la mejor opción la muestra N° 1. En los análisis sensoriales realizados, indican mayor preferencia en la muestra una por cuestiones personales de los individuos consultados, tienen mayor preferencia al sabor dulce concentrado de la zanahoria, la apariencia de color claro con mayor notoriedad en el color naranja claro de la zanahoria les da mayor gusto que la notoriedad del color verde de la acelga incluso el color amarillo claro del zapallo resulta más cómodo que la acelga, otro parámetro que algunos individuos resaltan es la fragancia u olor que desprenden las muestras de harinas compuestas, aunque la fragancia de la hoja de acelga resulta atractiva a primera vista tiende a volverse agotador y poco atractivo con el paso del tiempo o empleados en comidas o postres, fragancias ligeras o neutras les resulta más atractivas para harinas. Las características fisicoquímicas del producto terminado fueron realizadas en el laboratorio del CEANID (ver anexos del 4 al 6) y los análisis sensoriales fueron realizados en la población de Tarija en un muestreo cuyo resultados determinaron la preferencia del producto final (ver anexos del 7 al 9). Los resultados del producto terminado son considerablemente buenos, tomando como base de referencia una harina de trigo de marca “Graciela Real” (ver tabla II-18).
- Se han determinado los costos de producción de la harina compuesta. El mismo es un valor alto debido a la gran cantidad de horas de secado que requiere las materias primas, ocasionado por las características propias del equipo usado. Se prevé reducir el costo de producción de la harina compuesta utilizando equipos con distintas características que puedan reducir tiempos operativos altos. Además, se considerará una mayor disminución en los costos elevando la producción a planta piloto o planta industrial.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda para el desarrollo de otros proyectos o investigaciones con el uso de otros tipos de verduras o frutas el uso de distintas alternativas de cortado y pelado de la materia prima, con el fin de reducir pérdidas innecesarias. La experimentación con distintos grosores de cortado para poder determinar el tiempo de secado de la misma.
- Se recomienda el uso de equipos que se encuentren en óptimas condiciones, con la posibilidad de poder manipular con seguridad sus variables operativas y reducir tiempos operativos para minimizar costos.
- Se recomienda el uso de bolsas herméticas para la preservación del producto final, en lo posible el uso de bolsas color ámbar o papel madera para evitar la sobre exposición a la luz solar
- Se recomienda el uso de guantes, barbijo y todo complemento necesario en la manipulación de la materia prima para no contaminar el producto final y asegurar la calidad en el producto para consumo humano dando seguridad laboral.
- Se recomienda realizar el estudio de prefactibilidad para determinar la viabilidad del proyecto, su posible oferta y demanda y los factores a considerar.
- Se recomienda la elaboración de un plan de negocios para determinar el mercado local y nacional de las materias primas y la introducción del producto obtenido en los mercados.
- Se recomienda identificar proveedores regionales de las materias primas, para poder comparar precios finales que podrán ser útiles en plantas piloto o industriales.