

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Caracterización nutricional y fisicoquímica de torta desgrasada de Sacha
inchi (*Plukenetia volubilis*) para obtención de harina

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Alimentos

Presentado por:

Ana Cristina Pauta Portilla

Henry Fabricio Suárez Castellanos

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Agradecimientos

Agradecemos a Dios, primero por darnos la sabiduría y fortaleza de seguir adelante y poder culminar en este nuestro último trabajo de la carrera para convertirnos en profesionales de la república. En segundo lugar, agradecemos a nuestros padres por su apoyo incondicional, su compañía a lo largo de toda nuestra carrera universitaria, que si bien ha sido un largo trayecto ha dado sus frutos con este último trabajo en el que demostramos todos nuestros conocimientos y capacidades como profesionales. Por último, agradecemos a nuestros profesores quienes nos han guiado y transmitido todos los conocimientos necesarios para llegar a este punto y convertirnos ingenieros en alimentos de excelencia y así poder contribuir a la sociedad como profesionales responsables y una ética de inocuidad que precautelen la salud y el crecimiento de la industria alimentaria.

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Henry Fabricio Suarez Castellanos y Ana Cristina Pauta Portilla damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Henry Fabricio Suarez

Castellanos



Ana Cristina Pauta

Portilla

Evaluadores

Antonio Fernando Moncayo Guzman

Profesor de materia

Karín Elizabeth Coello Ojeda

Tutor de proyecto

Resumen

En el presente estudio se evaluó las características nutricionales y fisicoquímicas de torta desgrasada de sachá inchi sometida a tratamiento hidrotérmico por estufa y autoclave durante un periodo de 20 minutos y, posteriormente sometida a una secuencia de etapas que incluyeron secado, molienda y tamizado hasta obtener la harina. Para el análisis, se realizó la determinación del pH, la actividad de agua, la densidad real y la capacidad de retención de agua de la torta y de la harina obtenida a partir de ésta. Adicionalmente, se realizó un perfil granulométrico y se evaluó el color, el contenido de proteína, saponinas y alcaloides de la harina. Entre los resultados obtenidos, mientras que el pH y la actividad de agua en la harina tuvieron valores más altos que en la torta, la densidad no presentó cambios al compararse entre los tratamientos. Así mismo, el tamaño de partícula se encontró entre 212 y 600 μm ; estas propiedades fueron bastante similares a la de la harina de trigo según la norma INEN 616:2006; en cuanto a la capacidad de retención de agua se redujo de 4.8 hasta 3.1 lo que sugiere que el producto se puede utilizar en alimentos con una textura seca y crujiente. En cuanto a las propiedades nutricionales de la harina obtenida, el nivel de proteínas osciló entre 35.46 g/100g y 37.32 g/100g para los tratamientos en autoclave y estufa respectivamente mientras que, el contenido en la torta fue de 34.50 g/100g. Además, el nivel de alcaloides se redujo hasta en 93% y las saponinas hasta en 82% en las harinas sometidas a los tratamientos hidrotérmicos ensayados.

Palabras Clave: torta de sachá inchi, tratamiento térmico y harina de sachá inchi.

Abstract

In this study, the nutritional and physicochemical characteristics of defatted sachá inchi cake subjected to hydrothermal treatment by stove and autoclave for 20 minutes were evaluated and subsequently subjected to a sequence of stages that included drying, grinding, and sieving until the flour. For the analysis, the determination of pH, water activity, real density, and water retention capacity of defatted sachá inchi cake and the flour obtained from it were carried out. Additionally, a particle size distribution profile was performed and the color, protein content, saponins, and alkaloids of the flour were evaluated. Among the results obtained, while the pH and water activity in the flour had higher values than in the cake, the density did not show changes when compared between treatments. Likewise, the particle size was found between 212 and 600 μm ; these properties were quite like those of wheat flour according to INEN 616:2006; Regarding water retention capacity, it decreased from 4.75 to 3.1 which indicated that the product can be used in foods with a dry and crunchy texture. A protein content of around 35.46 and 37.32 g/100g were obtained in the autoclave and stove treatment respectively, while in the cake the content was 34.50 g/100g. In addition, the level of alkaloids was reduced by up to 93% and saponins by up to 82% in the flours subjected to the hydrothermal treatments tested.

Keywords: sachá inchi cake, thermal treatment, and sachá inchi flour.

Índice general

Resumen.....	IV
Abstract.....	V
Índice general.....	VI
Índice de figuras.....	VIII
Índice de tablas	IX
Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción	2
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Justificación del problema	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5. Marco Teórico.....	4
1.5.1 Generalidades del sachá inchi.....	4
Capítulo 2.....	10
2.1. Metodología	11
2.1.1. Preparación de muestras	11
2.1.2. Tratamiento hidrotérmico a la torta de sachá inchi.....	11
2.1.4. Análisis fisicoquímico y nutricional de torta y harina de sachá inchi	13
2.1.5. Método estadístico	14

2.1.6. Diseño de planta piloto para la obtención de harina	15
Capítulo 3.....	16
3.1. Resultados y análisis	17
3.1.1. Resultados de pruebas fisicoquímicas	17
3.1.2. Resultados de anti nutrientes presentes en torta y harina de sachá inchi ...	22
3.1.3. Diseño piloto de planta productora de harina de sachá inchi	23
4.1. Conclusiones y recomendaciones	33
Bibliografía	35
Anexos	39

Índice de figuras

Figura 1. Flujograma para la obtención de harina de sachá inchi.....	12
Figura 2. Resultados de antinutrientes presentes en la torta y harina de sachá inchi ..	23
Figura 3. Diagrama de flujo de elaboración de harina de sachá inchi	25
Figura 4. Diagrama de Gantt de la producción diaria de harina de sachá inchi	28
Figura 5. Diagrama de relación de áreas.....	28
Figura 6. Layout base.....	29
Figura 7. Layout de la planta piloto productora de harina de sachá inchi	31

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de semilla de sachá inchi	6
Tabla 2. Resultados de caracterización fisicoquímica de torta y harina de sachá inchi	18
Tabla 3. Resultados de granulometría de harina de sachá inchi	21
Tabla 4. <i>Resultados de colorimetría de harina de sachá inchi</i>	22
Tabla 5. Tabla de necesidades de espacios de planta piloto	27

Capítulo 1

1.1 Introducción

En la búsqueda continua de alternativas saludables y sostenibles en la industria alimentaria, se ha prestado especial atención a los ingredientes naturales que ofrecen beneficios nutricionales significativos. Por otra parte, en la actualidad el uso de residuos o subproductos del procesamiento de alimentos es un aspecto importante al momento de buscar una reducción considerable de desechos generados en la industria alimentaria que usualmente no se lo aprovecha completamente desechándolos causando un impacto medio ambiental y, por ende, no se aprovechan adecuadamente estas matrices alimentarias que ofrecen beneficios; es así que, la torta de sacha inchi, un subproducto obtenido durante el proceso de extracción de aceite de las semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), ha surgido como una alternativa prometedora.

La torta de sacha inchi posee un alto contenido de proteínas, grasas saludables, fibra y otros compuestos bioactivos, convirtiéndola en una fuente potencialmente valiosa de nutrientes. Debido a la presencia de antinutrientes que afectan la digestibilidad de las proteínas y que además confieren a la torta propiedades organolépticas indeseables, especialmente de sabor, lo que puede tener un efecto negativo sobre los productos derivados de la misma principalmente un sabor amargo y astringente, limitando aplicación en la industria alimentaria. Para superar estos desafíos, es necesario el acondicionamiento de este subproducto a través de tratamientos que permitan reducir o eliminar estas sustancias indeseables antes de su incorporación como ingrediente en diversos productos alimenticios.

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación CEDIA Fondos I+D+i "Valorización de la torta de Sacha Inchi para su aplicación como ingrediente funcional en la industria alimentaria", teniendo como objetivo reducir los niveles de antinutrientes que contiene la torta de sacha inchi, mediante un diseño experimental de dos factores, sometiendo a la torta desgrasada de sacha inchi a dos tipos de tratamiento térmico que combina tanto calor como presión a la misma temperatura de proceso en un tiempo determinado.

El conocimiento generado a través de este estudio podría proporcionar información valiosa para la industria alimentaria, permitiendo la formulación de productos innovadores y nutritivos que aprovechen al máximo el potencial de la torta de sachá inchi. Además, esta investigación contribuirá al conocimiento científico sobre el aprovechamiento de subproductos agrícolas y la búsqueda de alternativas sostenibles en la cadena de valor de los alimentos.

1.2. Descripción del problema

En Ecuador se procesa alrededor de 284,5 Ton de semillas de sachá inchi anualmente, para la obtención de aceite de esta semilla, lo que genera un volumen apreciable de torta desgrasada con propiedades nutricionales interesantes; no obstante, la mayor parte de este subproducto es usado como fertilizante o ingrediente en formulaciones para alimentación animal. Debido a sus bondades descubiertas, actualmente se busca la aplicación de este residuo a la industria alimentaria para diversificar la producción de alimentos nutritivos y saludables para las personas.

1.3. Justificación del problema

El sachá inchi o maní del inca como también se la conoce, es una planta oleaginosa ancestral de la Amazonía ecuatoriana, cuyo cultivo y procesamiento ha tenido un creciente apogeo en nuestro país, debido a sus múltiples cualidades nutricionales. La torta, que representa el 71% del material obtenido durante el proceso de extracción del aceite de las semillas de esta planta, posee un alto contenido en proteínas, razón por la cual, la torta de sachá inchi tiene un alto potencial como materia prima o ingrediente para aplicación en alimentos de consumo humano. Sin embargo, debido a la presencia de antinutrientes que afectan la digestibilidad de las proteínas y que además le otorgan características sensoriales poco agradables, su aplicación en productos alimenticios se ve limitado. Actualmente, se requiere que se establezcan métodos de reducción de estos antinutrientes en la torta que permita desarrollar a futuro productos con una sustitución parcial o total.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la composición nutricional y fisicoquímica de torta desgrasada de sachá inchi sometida a dos tratamientos hidrotérmicos por un tiempo determinado para la obtención de harina.

1.4.2 Objetivos específicos

- Exponer a la torta desgrasada de sachá inchi a dos tratamientos hidrotérmicos utilizando autoclave y estufa durante 20 minutos para la obtención de una harina con un reducido nivel de antinutrientes.
- Analizar el contenido de proteínas, saponinas y alcaloides en la harina obtenida mediante los distintos tratamientos térmicos ensayados.
- Determinar el tamaño de partícula, densidad, actividad de agua, pH y la capacidad de retención de agua de la torta y de la harina obtenida a través de análisis fisicoquímicos.
- Diseñar una planta piloto para la producción de harina de sachá inchi con alto nivel de proteínas y reducido nivel de antinutrientes.

1.5. Marco Teórico

1.5.1 Generalidades del sachá inchi

La sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) es una oleaginosa que pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, que posee semillas ricas en ácidos grasos y proteínas. Es originaria de la región amazónica a lo largo de América Latina, las necesidades para su crecimiento son un clima cálido, precipitación moderada y un suelo ácido arenoso o arcilloso (Rodzi & Lee, 2022). El cultivo de esta planta alcanza un tiempo de vida útil de 10 a 20 años, con cosechas continuas y se puede obtener de 4 a 5 toneladas de grano por hectárea anualmente (El Universo, 2011). Según Burbano & Noriega hasta el año 2015 se conoció que existen 813 hectáreas cultivadas

en todo el país con una producción total de 284.5 toneladas; comúnmente se comercializa las semillas y de manera escasa se industrializa localmente para la obtención de aceite.

Esta especie pertenece al género de las plantas trepadoras y suelen tener hojas con bordes dentados, glándulas basilaminares, flores unisexuales y frutos con cuatro lóbulos, los cuales se dividen una vez que el fruto se encuentre maduro y seco (Goyal et. al., 2022).

Dentro de los lóbulos se encuentran las semillas, las cuales poseen un color marrón oscuro, tienen forma ovalada y miden aproximadamente de 1.5 a 2 cm de diámetro; contienen una proporción de aceite comestible del 41-54%, considerada bastante alta, de una excelente calidad (Rodzi & Lee, 2022). La temperatura óptima de germinación de estas semillas se encuentra entre 25 a 30°C, a pesar de que este género de planta se ha logrado adaptar a condiciones de luz intensa en altitudes que oscilan entre los 200 y 1500 m, la altura y la estación del año influyen en la fotosíntesis de las hojas, la producción de biomasa, así como en el rendimiento y calidad de las semillas (Núñez et. al, 2021).

El desarrollo de la industria del sacha inchi se ha dado en los últimos años con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador (MAGAP); de tal manera que 13 provincias en el Ecuador cultivan esta planta, especialmente Manabí, Morona Santiago, Orellana, Pastaza, Pichincha, Santo Domingo y El Oro, en las cuales, el MAGAP brinda asesoramiento y capacitaciones técnicas a los pequeños productores, además de equipos e insumos para el procesamiento de las semillas de sacha inchi.

En Ecuador se encuentra la empresa AgroG2Ec S.A. la cual, en conjunto con empresas filiales presentes en otros países como Costa Rica, Colombia y Perú, elaboran varios productos a base de esta semilla, tales como aceite de sacha inchi, snacks y harina proteica. En el año 2018, esta empresa presentó a los agricultores de la provincia de Napo el primer modelo inclusivo de Latinoamérica para el desarrollo industrial, enfocándose en la industrialización, nuevas técnicas de cultivo y manejo del sacha inchi.

Composición química de semilla de sachá inchi

Estas semillas están compuestas mayormente por grasas y proteínas, siendo más ricas en ácidos linolénico y linoleico, además que posee una cantidad considerable de minerales como potasio, magnesio y calcio (Gutiérrez et. al, 2011), tal cómo se observa en la Tabla 1. El contenido de proteína en las semillas crudas de sachá inchi es aproximadamente del 24.2% al 27.0% mientras que, en las semillas desengrasadas, el contenido de proteína osciló entre el 27% y el 59.1% en base seca (Chirinos y col., 2016). No obstante, el contenido de proteína puede variar según el método de extracción y el ensayo utilizado. En un estudio comparativo, se encontró que la extracción asistida por enzimas proporcionó un rendimiento de proteína del 44.7% a partir de semillas de sachá inchi desengrasadas, mientras que la extracción alcalina obtuvo solo un rendimiento del 29.7% (Chirinos y col., 2016).

Tabla 1.

Composición química de semilla de sachá inchi (Gutiérrez, Rosada, & Jiménez, 2011)

Nutrientes	Sachá Inchi
Grasas (%)	42.00
Proteínas (%)	24.70
Carbohidratos (%)	30.90
Potasio (mg/kg)	3210.00
Magnesio (mg/kg)	3210.00
Calcio (mg/kg)	2406.00

Obtención de torta de sachá inchi y su composición nutricional

La torta de sachá inchi se obtiene como residuo o subproducto industrial a través de un proceso de prensado en frío de las semillas para la extracción de un aceite comercial muy apreciado. Este procedimiento no implica tratamiento térmico o químico a la semilla, pues se

desea conservar vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos que ésta posee. Por consiguiente, la torta obtenida a través de este procedimiento presenta mayor cantidad de aceite residual en comparación con la obtenida por extracción con solventes o prensado en caliente.

Según un estudio realizado por Rodríguez, Vega, & Solorzano en 2021, por cada kilo de semillas de sacha inchi se puede obtener 0.30 litros de aceite aproximadamente; considerando que 1 litro de este aceite equivale a 0.93 kg, se puede exponer que de este proceso de extracción se obtiene 72,1% de torta.

Este subproducto desgrasado puede contener hasta un 59.1% de proteínas en base seca, tales como glutelina, albúmina y globulina (Martínez, 2022); 23.9% de carbohidratos, 4.8% de cenizas, 7.8% de grasa con un importante aporte de ácidos grasos y un 4.5% de fibra (Ruíz y col., 2013).

Según estudios de Wang y colaboradores (2018), la albúmina fue la proteína soluble en agua más abundante, seguida de la glutelina, globulina y prolamina, en la harina elaborada a partir de torta desgrasada de sacha inchi. La albúmina, siendo una proteína básica con un pH aproximado de 9.4, contiene todos los aminoácidos esenciales requeridos por los adultos. Se ha demostrado que la albúmina de semilla de sacha inchi desnaturalizada por calor es altamente digerible (Wang y col., 2018). En general, las proteínas de las semillas de sacha inchi son de buena calidad nutricional y tienen el potencial de ser utilizadas en la alimentación humana, especialmente en el mercado creciente de alimentos sin gluten.

La torta de sacha inchi tiene un gran potencial desde el punto de vista nutricional, sin embargo, su utilización aún se ve limitada debido a la presencia de anti nutrientes como taninos, saponinas, ácido fítico, inhibidores de tripsina, alcaloides, entre otros. (Taípe y col., 2022).

Factores anti nutricionales en la torta de sacha inchi

La torta de sacha inchi, así como es rica en proteínas, tiene presencia de sustancias que pueden afectar su valor nutricional y su capacidad de absorber nutrientes, a estos se les llaman

anti nutrientes, entre los más significativos se encuentran las saponinas, alcaloides, lectinas, taninos, ácido fítico e inhibidores de tripsina (Suwanagul y col., 2021). Estos compuestos se originan en la planta y se almacenan en la semilla, como resultado de su metabolismo o como protección contra patógenos. Los anti nutrientes pueden unirse o precipitar las proteínas digestivas, disminuyendo así, su capacidad de digerir los alimentos; o inclusive, tal como en el caso de las saponinas, algunos de ellos pueden ser hemolíticos (Ruíz y col., 2013). Según estudios, los alcaloides son los compuestos que se encuentran en su mayor proporción (485 mg/Kg) en comparación de las saponinas (27 mg/Kg). Un estudio realizado en 2013 indicó que la torta residual de esta especie de sachá inchi contenía 1062.10 ± 222.40 mg saponina/100 g de muestra seca y 6.35 ± 0.26 mg taninos/100 g de muestra seca (Ruíz y col., 2013). Estos compuestos son muy termoestables y pueden eliminarse mediante un tratamiento de secado reduciéndose hasta 2.5 veces en comparación de la muestra fresca, mejorando así las cualidades organolépticas de la torta de sachá inchi (Srichamnong y col., 2018).

Aplicaciones de la torta de sachá inchi en la alimentación

Debido a sus múltiples propiedades nutricionales antes mencionadas, este subproducto resultado de la extracción de aceite de sachá inchi actualmente es usado como fertilizante para los sembríos o procesado para la obtención de harina, la cual a su vez puede ser utilizada en distintas áreas, tal como balanceado para animales, como lo indicó Lucas, León, & Bernal en 2021 en su estudio sobre la implementación de harina de torta de sachá inchi en dietas balanceadas para juveniles de camarón, donde se concluyó que la sustitución de un 50% de harina de pescado por harina de sachá inchi no afectó los parámetros de crecimiento de esta especie.

En los últimos años, se ha tratado de buscar alternativas para implementar esta harina en la producción de nuevos productos alimenticios y aprovechar las cualidades nutricionales sobresalientes que contiene. Según Vasquez y colaboradores (2017), en una colada con una

sustitución del 50% de almidón de maíz por torta desengrasada de sachá inchi, obtuvo un 16.30% menos de carbohidratos y 90.7% más de proteína sin tener efectos negativos en la aceptación sensorial. Por otro lado, en productos de panadería como el pan de molde y el pan de dulce el porcentaje de sustitución que presentaron los mejores resultados tanto fisicoquímicamente como sensorialmente fueron 6.3% y 10% respectivamente, mejorando significativamente en la composición proximal de ambos productos y no presentando diferencias significativas para los consumidores (Rodríguez, y col. 2018; Toralva, y col., 2015). Sin embargo, esta aplicación comúnmente se ve limitada debido al amargor, producto de la presencia de anti nutrientes antes mencionados, los cuales deben ser removidos del producto con la finalidad de mejorar sus atributos sensoriales.

Capítulo 2

2.1. Metodología

La metodología del presente trabajo, que se llevó a cabo en los laboratorios de investigación y planta piloto de ESPOL, se resume en tres etapas principales: La primera consistió en el acondicionamiento de las muestras de la torta desgrasada para someterlas a dos tipos de tratamiento hidrotérmico, en autoclave y en estufa combinando una temperatura de esterilización comercial con un tiempo de exposición de 20 minutos en cada equipo. La segunda fase consistió en la caracterización fisicoquímica y nutricional de la torta y de la harina obtenida. Una vez evaluadas, con esta información, en la tercera y última etapa se desarrolló el diseño de la planta de producción de harina a partir de la torta desgrasada de sachá inchi con las mejores propiedades fisicoquímicas y nutricionales.

2.1.1. Preparación de muestras

Para cada tratamiento se prepararon suspensiones acuosas de los sólidos en polvo en agua filtrada al 10% (p/v) por triplicado. Se dividió el número de muestras por igual para cada tratamiento hidrotérmico y posteriormente cada muestra se sometió a procesos de filtrado manual y secado a 50° durante 22 horas. Para el control se secaron 500 g de torta a 50° durante 22 horas.

2.1.2. Tratamiento hidrotérmico a la torta de sachá inchi

Las suspensiones 1:10 preparadas, se colocaron por separado en autoclave y en tratamiento con estufa a 121° C durante 20 minutos. Se utilizó una autoclave vertical médico y una estufa respectivamente.

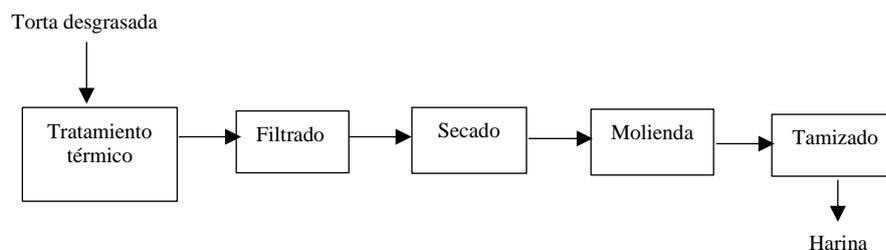
2.1.3. Obtención de harina

Después del tratamiento térmico por duplicado, cada muestra de la torta se procesó mediante filtrado y secado para su posterior análisis de las propiedades fisicoquímicas y

nutricionales. Luego, a través de procesos de molienda y tamizado se obtuvo la harina con la granulometría deseada.

Figura 1.

Flujograma para la obtención de harina de sachá inchi.



Filtrado.

Una vez enfriadas, las muestras se filtraron manualmente con la ayuda de tela docoma, ejerciendo presión para reducir la mayor cantidad de agua retenida; la masa húmeda se distribuyó uniformemente llenando hasta la mitad de las bandejas de aluminio de 12.0 cm x 10.4 cm.

Secado.

Se utilizó un deshidratador Thermo Scientific 6056 modelo 645 a 50°C durante 22 horas para reducir la humedad de las muestras y obtener un polvo seco con ~10% de humedad.

Pre-molienda y molienda.

La reducción del tamaño de las partículas se llevó a cabo en dos etapas en las que cada tratamiento pasó por un pre-molino de discos y posteriormente por otro molino donde se obtuvo partículas más finas.

Tamizado.

Cada tratamiento se tamizó durante 5 minutos en un juego de tamices analíticos con malla Tyler.

2.1.4. Análisis fisicoquímico y nutricional de torta y harina de sachu inchi

Para la caracterización fisicoquímica y nutricional, se analizó por triplicado el control y las muestras de torta tratada en autoclave y en estufa. Los análisis realizados fueron: proteína, pH, actividad de agua, densidad real y la capacidad de retención de agua de la torta y la harina obtenida. Adicionalmente se realizó un perfil granulométrico y se evaluó el color de la harina a través de un colorímetro.

Determinación de proteína

Para la determinación de proteínas se utilizó el método Kjeldhal, para ello se pesó 1 g de cada muestra y se envolvió en papel filtro para luego colocarlas en el digestor, junto con 0.8 g de sulfato de cobre, 7 g de sulfato de potasio y de 6 a 10 perlas de vidrio. En una sorbona se agregó 25 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y se realizó un blanco. Se programó la digestión a 400 °C por 90 minutos. Al finalizar, se dejó enfriar los tubos digestores y se colocó en un destilador junto con un matraz con 50 ml de ácido sulfúrico 1 N con 4 gotas de rojo de metilo. Se titula el destilado con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N.

Determinación de pH

Para la determinación del potencial de hidrógeno, se preparó una solución de cada muestra al 10% con agua destilada, se agitó y se dejó reposar por 5 min, volviendo a agitar nuevamente antes de la medición, que se realizó por triplicado.

Determinación de actividad de agua

La actividad de agua (A_w) de la torta y la harina se determinó en un equipo AQUALAB previamente calibrado, dosificando la cantidad de muestra en la cápsula según las especificaciones del equipo.

Medición de la densidad

Se determinó la densidad real de la torta y de la harina. Para ello, se pesaron 50 g de cada muestra y, por separado, se vertieron en una probeta de 100 cc de capacidad con 50 cc de

agua destilada; siendo la diferencia de volumen el volumen verdadero de las muestras. Teniendo en cuenta que la densidad es la relación entre la masa y el volumen de la muestra, se procedió a calcular esta propiedad utilizando la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{\text{Masa de la muestra}}{\text{Volumen de la muestra}}$$

Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA)

Se pesó aproximadamente un gramo de cada una de las muestras a analizar en tubos cónicos 'Falcon' y se agregaron 10 mL de agua filtrada dejando en reposo por un periodo de 18 horas a una temperatura ambiental de 25°C. Al día siguiente, se centrifugó durante 30 minutos a 2000 rpm separándose el sobrenadante con la finalidad de pesar el residuo sólido húmedo remanente. El residuo se congeló durante más de 24 horas para luego proceder a liofilizarlo. La CRA se determina pesando el residuo liofilizado de cada una de las muestras.

Granulometría

Para el análisis del perfil granulométrico de la harina obtenida, se procesó cada tratamiento, por separado, primero en los molinos y luego se colocó en un juego de seis tamices Tyler (#10 hasta #200), preparando la zaranda durante cinco minutos para cada muestra.

Colorimetría

Se utilizó un colorímetro, calibrando el equipo antes de dosificar el cubo según las especificaciones del equipo y tomando directamente la lectura de los parámetros a^* , b^* y L^* de color y calculando ΔE a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \frac{\Delta L^2 * \Delta a^2 * \Delta b^2}{2}$$

2.1.5. Método estadístico

Se utilizó el software Minitab y se realizaron pruebas de análisis de varianza aplicando el método de Tukey de un solo factor con un intervalo de confianza del 95%, con la finalidad de conocer si existe o no diferencia significativa entre las muestras analizadas.

2.1.6. Diseño de planta piloto para la obtención de harina

Para el diseño de la planta de producción de harina a partir de torta desgrasada de sachá inchi, se empleó la metodología SLP (Systematic Layout Planing) que incorpora los siguientes criterios básicos:

- 1.- Definición de las etapas del proceso de producción de la harina.
- 2.- Selección de equipos que intervienen en el proceso de producción, con sus respectivas capacidades.
- 3.- Elaboración de una primera aproximación de la distribución de áreas, se realizó una tabla de necesidades de espacios, donde se analiza toda el área que requiere la producción de la harina.

Después de establecer las áreas que requiere la producción de la harina se ingresaron los datos de las áreas requeridas para la producción y se llenó la tabla relacional de actividades en el programa CORELAP 1.0 donde se obtuvo, un *layout* base que sirvió como guía para elaborar el plano base para la planta piloto.

Capítulo 3

3.1. Resultados y análisis

3.1.1. Resultados de pruebas fisicoquímicas

A través de las distintas técnicas mencionadas en el capítulo anterior, se obtuvieron los datos expuestos en la Tabla 2 que nos ayudaron a caracterizar la torta y harina de sachá inchi, tales como proteína, pH, actividad de agua, densidad real y la capacidad de retención de agua de la torta y la harina obtenida. Adicionalmente se realizó un perfil granulométrico (Tabla 3) y colorimétrico de la harina obtenida (Tabla 4) y se obtuvo el resultado de análisis de compuestos anti nutricionales como alcaloides y saponinas efectuado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP).

Se aplicó un análisis de varianza ANOVA con una prueba de Tukey, tomando en consideración las siguientes hipótesis con un nivel de confianza $\alpha=0.05$:

Hipótesis nula: Todas las medias de los tratamientos son iguales.

Hipótesis alterna: Al menos una de las medias de los tratamientos es diferente.

Proteína

Como puede apreciarse en la tabla 2, la cantidad de proteínas de la harina sometida al tratamiento de estufa fue mayor que en el tratamiento en autoclave y, en ambos tratamientos hidrotérmicos se superó el nivel de proteínas en comparación a la torta sin tratamiento. Los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron del 35.46% y 37.32% para autoclave y estufa respectivamente, algo menor a comparación de otros trabajos que reportaron 59% y 51% de proteínas (Quintana, 2009; Vásquez, 2016). Sin embargo, la harina obtenida después de los tratamientos térmicos si presentó un incremento en los niveles de proteínas.

Tabla 2.*Resultados de caracterización fisicoquímica de torta y harina de sachá inchi*

Característica	Torta	Harina obtenida por autoclave	Harina obtenida por estufa
Proteína (g/100g)	34.503	35.467	37.320
pH	6.333	6.563	6.648
Actividad de agua	0.095	0.200	0.124
Densidad (g/ml)	0.572	0.543	0.578
Capacidad de retención de agua (g/g)	4.751	3.129	3.140

Un estudio acerca del análisis de proteínas y taninos en semillas y torta de sachá inchi sometidas a cocción indicó un valor de proteína bruta del 54.12% y concluyó que posterior al tratamiento térmico el porcentaje de proteína bruta aumentó; pues estos procesos térmicos además de inhibir anti nutrientes en alimentos ricos en proteínas influyen positivamente sobre la digestibilidad de la proteína debido a la desnaturalización de su estructura tridimensional (Quintana, 2009).

Es importante resaltar que los valores de proteína obtenidos son superiores a los que se encuentran en la harina de trigo (10-12 g/100g), la cual es comúnmente utilizada alrededor de todo el mundo para una extensa variedad de productos de panificación, además de la harina de arroz (5.95 g/100g) y harina de lenteja (27.2 g/100g).

pH

De acuerdo con el análisis estadístico se determinó que para este parámetro hay diferencias significativas en las medias de las muestras analizadas. A través de la prueba de Tukey se determinó que para este factor todas las muestras son significativamente diferentes.

El pH en las muestras de harina varió entre 6.33 y 6.64, siendo la muestra sometida a estufa la que obtuvo el pH más elevado, por lo que se concluyó que el tipo de calor usado

durante el tratamiento térmico influye significativamente en este factor. La muestra de torta cruda obtuvo el pH más bajo, esto se debe a que no fue sometida a la suspensión en agua, puesto que el pH aumenta conforme la cantidad de agua en una suspensión aumenta debido a la liberación de los iones OH (Gutiérrez & Cáceres, 2018).

Actividad de agua

Para este factor, se determinó que, si existen diferencias significativas entre las muestras de harina, de hecho, a través de las comparaciones en pareja de Tukey se pudo observar que la muestra que fue significativamente diferente fue la harina sometida a autoclave, el único intervalo que contiene cero fue el correspondiente a las muestras de torta cruda y la torta sometida a estufa, indicando que entre estas dos no hay diferencia significativa.

La actividad de agua es la relación entre la presión parcial de vapor de agua en el alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura (Castro, 2022), a pesar de que el tratamiento térmico en ambas muestras, tanto la sometida autoclave como la sometida a estufa, se dio a la misma temperatura, el proceso de autoclavado actúa a través de calor húmedo en el que se aplica presión, por ende la actividad de agua de la harina sometida a tratamiento de autoclave resultó mayor que las otras muestras de harina, a diferencia del tratamiento de estufa en el cual la actividad de agua no presentó cambios significativos.

Densidad

En cuanto a la densidad, si se hallaron diferencias significativas entre las muestras analizadas. A través del análisis de comparación en parejas de Tukey se observó que no hay diferencia significativa entre la muestra control y las muestras sometidas a calor húmedo y seco, sin embargo, si existe diferencia entre las dos muestras sometidas a tratamiento térmico.

En el tratamiento de calor seco se obtuvo una mayor densidad, mientras que el de calor húmedo presentó la menor cantidad. Tal como se muestra en la Tabla 2, la densidad de las muestras varía entre 0.543 y 0.578 g/cm³, valores semejantes al obtenido en previo estudio a la

harina de sachá inchi, donde se obtuvo una densidad real de 0.50 g/cm^3 ; este parámetro se encuentra relacionado con la capacidad de almacenamiento y depende directamente de la humedad de la harina (Martínez, 2022).

Capacidad de retención de agua

Con respecto a la capacidad de retención de agua, en el análisis estadístico, a través de la gráfica de intervalos se pudo observar que las muestras de harina sometidas a tratamientos térmicos no presentan diferencia significativa entre ellas, pero sí con la harina que no fue sometida a ningún tipo de calor.

Por otro lado, los resultados obtenidos indicaron que al aplicar el tratamiento térmico en la torta de sachá inchi, la capacidad de retención de agua tiende a disminuir; pues esta propiedad se relaciona con la fracción proteica de la harina y está influenciada por las cargas que se encuentran en las moléculas proteicas y por el tamaño de las partículas (Fernández, 2016). Por esta razón la torta cruda presentó la mayor capacidad de retención de agua. Un estudio indicó que aplicar altas temperaturas en harinas puede ocasionar una desnaturalización de proteínas y, en consecuencia, estas se ven afectadas en su capacidad de retener agua (Vásquez y col., 2021).

Granulometría

Según los resultados obtenidos de la prueba de granulometría expuestos en la Tabla 3, el $67\% \pm 0.42$ de las partículas de harina poseen una granulometría $\geq 212 \mu\text{m}$ mientras que, el 56% tiene tamaños entre $212 \mu\text{m}$ y $300 \mu\text{m}$ y un 44% se queda retenida en la malla Tyler # 30. Todas las muestras analizadas presentaron el mismo tamaño de partícula por lo que no hubo diferencia significativa entre ellas. La harina no presentó grumos, a diferencia de otras harinas, tal como el caso de harina de chontaduro, debido a su elevado índice de absorción de humedad (Dussán y col., 2019). Además, una harina que presente una granulometría uniforme contribuye

a mejorar la textura, sabor y apariencia visual del producto final, pues absorberá el agua de manera homogénea, promoviendo una cocción uniforme.

Tabla 3.

Resultados de granulometría de harina de sachá inchi

Muestra	Granulometría (%)					
	Malla#200 (75 μm)	Malla#100 (150 μm)	Malla#70 (212 μm)	Malla#50 (300 μm)	Malla#30 (600 μm)	Malla#10 (2mm)
Harina de autoclave	5.73	9.50	19.32	18.03	29.15	0.24
Harina de estufa	5.41	9.04	18.46	18.86	30.01	0.22

Colorimetría

Analizando la diferencia de color de las muestras de harina mostrada en la Tabla 4, se observó ligeras diferencias entre cada una de las muestras analizadas. La harina de sachá inchi presentó una coloración que tiende al amarillo, analizando los valores de la coordenada b^* que corresponde a la variación entre los colores azul ($-b^*$) y amarillo ($+b^*$), la torta sin ningún tratamiento presentó mayor coloración amarilla con un valor de 13.52; mientras que la harina tratada con autoclave presentó el menor valor de b^* de 12.73. El valor de la luminosidad (L^*) en la harina sometida a estufa de 79.44 fue mayor, seguida por la muestra de autoclave y finalmente, la harina sin ningún tratamiento térmico presentó la menor cantidad, con un valor de L^* de 78.34. En cuanto al factor ΔE , el cual indica la diferencia de color, en este caso la torta de sachá inchi, no se obtuvo una diferencia significativa para ambos tratamientos térmicos con respecto al control.

Tabla 4.*Resultados de colorimetría de harina de sachá inchi*

Muestra	L	a	b	ΔE
Harina de autoclave	79.27	2.50	12.73	94.49
Harina de estufa	79.44	2.71	12.82	94.97

3.1.2. Resultados de anti nutrientes presentes en torta y harina de sachá inchi

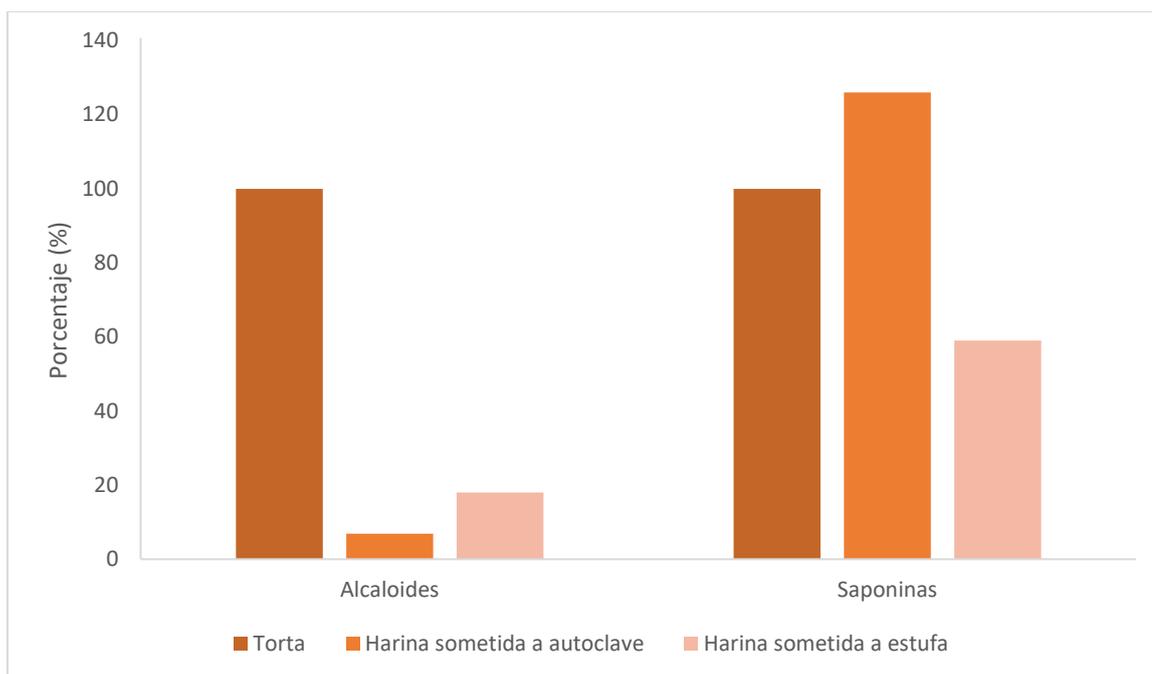
Previos estudios cualitativos han demostrado que, la torta de sachá inchi posee una abundante presencia de alcaloides, grupos α amino y saponinas, mientras que en menor cantidad se observaron taninos y flavonoides; por esta razón, se priorizó conocer el efecto de los tratamientos térmicos aplicados a las muestras sobre el porcentaje de alcaloides y saponinas (Alcívar y col., 2020).

Tal como se presenta en la Figura 2, el porcentaje de alcaloides disminuyó más del 80% sometiendo las muestras a tratamientos térmicos, siendo el método de autoclave el que presentó una mayor disminución de la presencia de este anti nutriente llegando a un 93%, debido a que los alcaloides son termoestables y la propagación del calor en este método en específico es más efectiva si se compara con el de estufa en el que la reducción observada fue de 81%. Los alcaloides son considerados antinutrientes debido al amargor que brindan y en caso de ser ingeridos en altas cantidades pueden producir intoxicación. En cuanto al nivel de saponinas, la reducción de este anti nutriente con el método de estufa fue de un 41%, sin embargo, la harina obtenida por autoclave presentó el pico más alto de la gráfica, superando incluso el valor presente en la torta cruda; este comportamiento probablemente se deba a la temperatura y el tiempo del proceso térmico al que fue sometida esta harina, pues un estudio acerca de la presencia de saponinas en la quinua indicó que, el proceso de lavado seguido de una hidratación

a 60°C aumentó el contenido de saponinas en un 9%, debido a que se permitió una mejor penetración del agua y por ende una mayor liberación de saponinas por difusión para la cuantificación; mientras que a través de un lavado a 60°C durante 120 minutos se logró reducir el 96% de contenido de saponinas en la quinua (Ahumada y col., 2016).

Figura 2.

Resultados de antinutrientes presentes en la torta y harina de sacha inchi.



3.1.3. Diseño piloto de planta productora de harina de sacha inchi

Se realizó el diseño de una planta piloto productora de harina de sacha inchi con un reducido nivel de anti nutrientes, tomando en cuenta 8 horas laborables diarias, se tendrá una producción de 513 kg/día de esta harina procesada y, considerando un promedio de 21 días hábiles mensuales se obtendrían 10,773.0 kg promedios de harina.

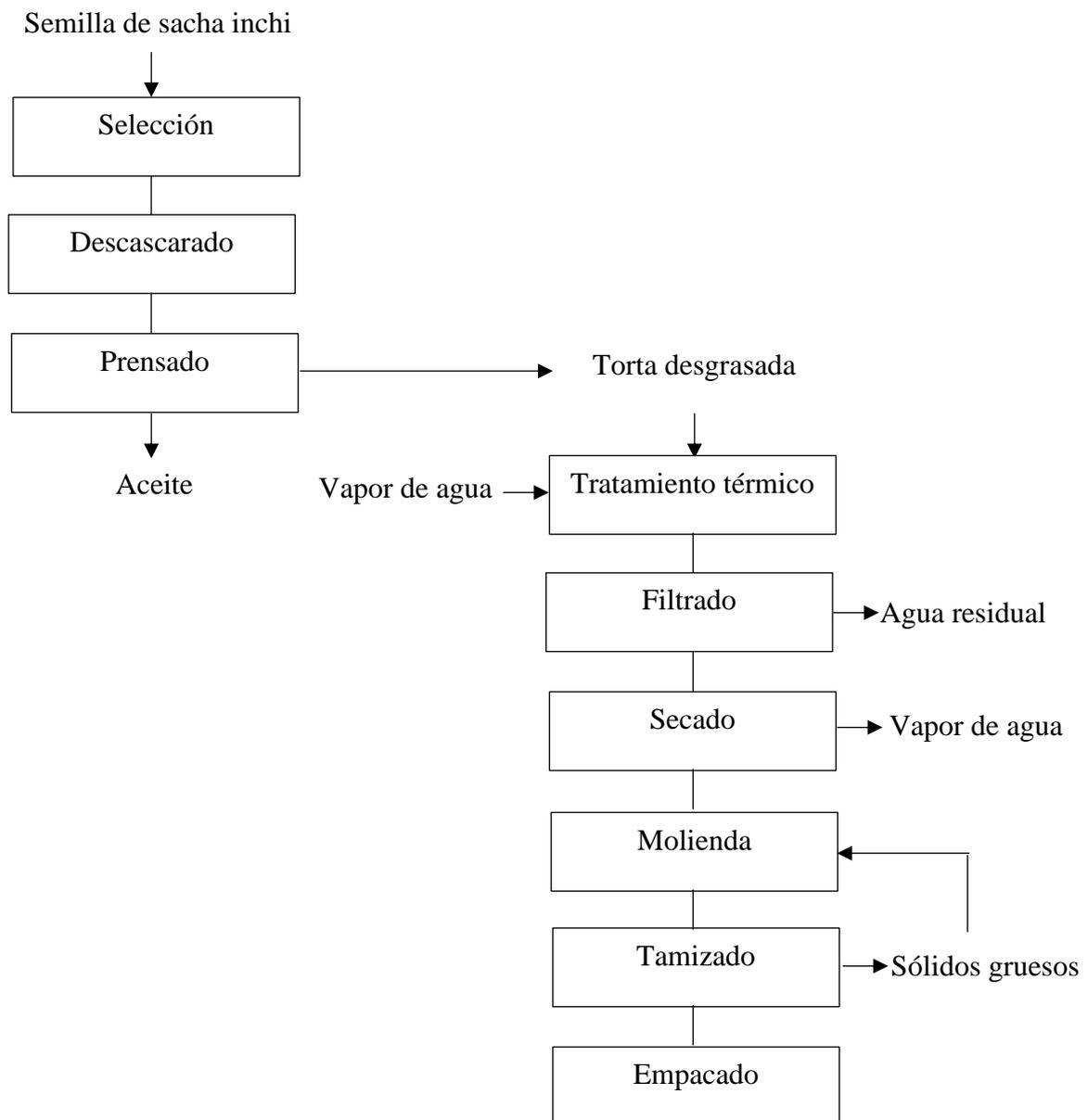
El proceso varía un poco en cuanto a los equipos que se utilizarían y el tiempo. Al igual que en muchas producciones, se comienza con la etapa de recepción de la materia prima, siendo en nuestra propuesta, torta cruda de sacha inchi previamente obtenida de la extracción del aceite de esta semilla; posteriormente se propone la fase de reducción de anti nutrientes a través de

un tratamiento térmico a 121°C durante 30 minutos haciendo uso de una escaldadora con vapor de agua.

La siguiente fase de este proceso continúa con el prensado y filtración de la torta húmeda en una sola etapa a través de un filtro prensa, para posteriormente reducir la humedad con un secador a una temperatura de 85°C durante 2 horas. Una vez obtenida la harina con una humedad idónea, se procederá a una etapa de molienda y tamizado con la finalidad de reducir el tamaño de partícula hasta 210 μm , según INEN 616:2016. Se finaliza el proceso empacando la harina con una selladora de pedal en bolsas de 1 kg para su correcto almacenamiento y comercialización como se observa en la Figura 3.

Figura 3.

Diagrama de flujo de elaboración de harina de sachá inchi.



La Tabla 5 muestra de manera más específica cada una de las operaciones de la producción junto con el respectivo equipo a utilizar; también se elaboró un diagrama de Gantt para la producción diaria, en las que se obtuvo 3 corridas de las líneas de producción en un plazo de 8 horas laborables al día, como se observa en la Figura 4. Por otro lado, para conocer el área ocupada por cada una de las etapas del proceso, se determinó la superficie estática, superficie gravitacional y superficie de evolución para así obtener el área total de producción,

y por lo tanto el espacio que requiere cada una de las etapas de producción, de esta forma se pudo elaborar el *layout* base de nuestra planta piloto, a través del software CORELAP 1.0. En la Figura 5 se observa el diagrama de relación de áreas presentes en la planta, donde se encuentra una guía para dividir de la manera más eficiente cada una de las secciones.

Tabla 5.*Tabla de necesidades de espacios de planta piloto*

Etapas de producción	Equipos	Capacidad (kg/h)	Superficie estática	Superficie de gravitación	Superficies de evolución	Subtotal	Área total
			Área (m ²)	Área (m ²)	Área (m ²)		
Recepción de materia prima	Balanza	400	1.44	4.32	0.864	6.624	6.62
Tratamiento térmico	Escaldadora	291 (por batch)	5	5	1.5	11.5	11.50
Filtrado	Filtro prensa	580	0.6426	1.2852	0.28917	2.21697	2.22
Secado	Secador	340	1.68	1.68	0.504	3.864	3.86
Molienda	Molino	750	0.7839	2.3517	0.47034	3.60594	5.62
Tamizado	Tamiz	820	0.438	1.314	0.2628	0.6578	
Empacado	Selladora Continua	580	0.286	0.286	0.0858	0.6578	0.66

Figura 4.

Diagrama de Gantt de la producción diaria de harina de sachu inchi.

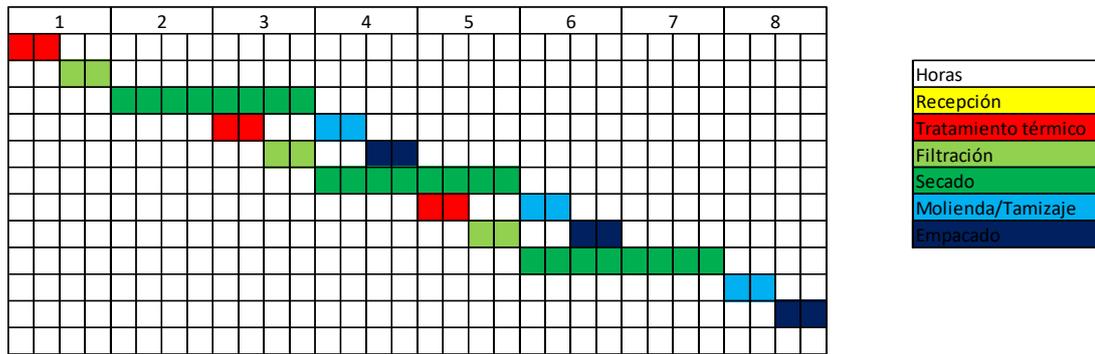
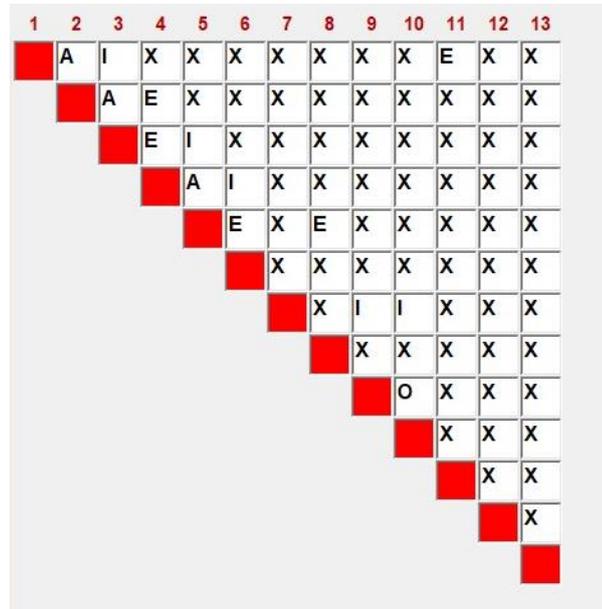


Figura 5.

Diagrama de relación de áreas



A través del software CORELAP se obtuvo una distribución semejante a la plasmada en la Figura 6, sin embargo, si se hicieron ciertos cambios en cuanto a la ubicación de las áreas que no pertenecen netamente al área de proceso, tales como baños, vestidores y comedor, con la finalidad de que no se encuentren adyacentes a áreas netamente de producción, esta es una de las limitaciones del software.

Figura 6.*Layout base*

	13	6	12
	7	1	2
11	9	4	3
	10	5	8

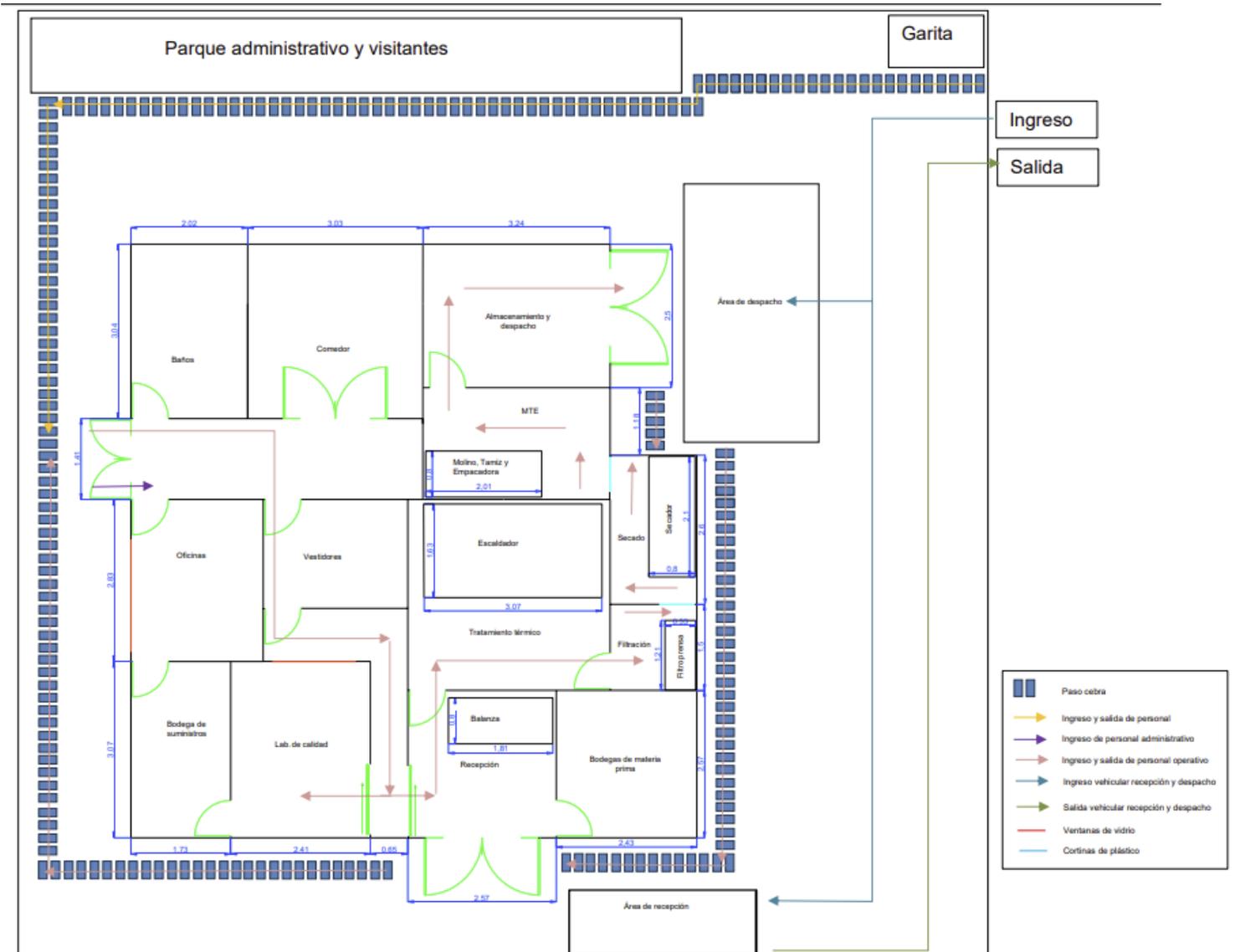
Por último, se elaboró un plano base mediante el software AutoCAD2024 como se muestra en la Figura 7, es importante mencionar que se encuentra detallado también el flujo de personas dentro de la planta, con la finalidad de evitar cualquier tipo de contaminación cruzada que pueda afectar a nuestro proceso de producción y, por ende, al producto terminado. Cada área se asignó teniendo siempre en consideración el flujo del proceso, de manera que no haya ninguna interrupción que pueda afectar al mismo.

Posteriormente, se realizó un análisis de costos en donde se planteó una demanda ideal de un promedio de 10,773.00 kg mensual, con una producción de 513 kg/día, como se puede observar en el Anexo 1; debido a que nuestra materia prima es un subproducto o residuo de la extracción del aceite y nuestra planta piloto vendría ser una extensión de esta empresa la materia prima no tendría costo. Se obtuvo un total de \$4,054.92 de materiales indirectos a la producción en los que incluyen equipamientos de los operarios como mandiles, mallas, botas y otros artículos varios, que se pueden observar en el Anexo 2; por otro lado, se estableció una inversión total de \$11,598.00 en la que se incluye tanto como artículos de oficinas como computadoras, impresoras, escritorios, entre otros y también los equipos de producción balanza, escaldadora, filtro prensa, secador, molino, tamiz y selladora esto se puede observar en el Anexo 3. En el Anexo 4, encontramos la tabla de remuneraciones de los trabajadores que

tendría nuestra planta piloto tanto de personal administrativo como productivo, teniendo un costo de \$124,200.00 anualmente; junto a esto están los gastos de alquiler, marketing, transporte y servicios varios dándonos un total de \$227,400.00 de costos fijos anuales, y que se encuentran en el Anexo 4 y Anexo 5. Al tener una producción diaria de 513 unidades (fundas de 1 Kg), 17 operarios de producción, un costo por hora de \$1,20 y 8 horas laborales al día, obtenemos un costo de mano de obra de \$166.21, lo que nos entrega un costo diario por unidad producida de \$0,32 y que, junto con los valores de costos fijos y fabricación, obtenemos un PVP de \$3,91 por cada bolsa de 1 Kg de harina de sachá inchi, como esta en el Anexo 6. Con todos estos datos como se observa en el Anexo 7 y Anexo 8 obtenemos un punto de equilibrio en 91,287 unidades, y una proyección de ingresos de \$505,676.58 el primer año.

Figura 7.

Layout de la planta piloto productora de harina de sachu inchi.



Capítulo 4

4.1. Conclusiones y recomendaciones

4.1.1. Conclusiones

Como hemos podido comprobar en este proyecto, el nivel de proteínas de la torta desgrasada de sachá inchi aumenta ligeramente al ser sometida a los tratamientos hidrotérmicos ensayados. Por otra parte, los alcaloides se redujeron hasta 93% a través del tratamiento térmico de autoclave mientras que, tanto los alcaloides como las saponinas se redujeron en un 82% y 41% respectivamente en el tratamiento por estufa.

También tras el análisis se determinó que el pH y actividad de agua en las harinas obtenidas resultaron mayores que en la torta. Además, la densidad en la harina de sachá inchi obtenida se encuentra dentro del rango establecido para harinas según la INEN 616:2006; en cuanto a la capacidad de retención de agua, ambos tratamientos presentaron una disminución y, además tuvieron un efecto significativo en esta propiedad.

Se obtuvo una harina de sachá inchi con una granulometría $\geq 212 \mu\text{m}$ donde el 56% de las partículas tiene tamaños entre $212 \mu\text{m}$ y $300 \mu\text{m}$ y no forma grumos, haciendo que sea un producto útil para la producción de alimentos con una textura seca y crujiente.

Tras el análisis se estableció que, para una planta piloto con una producción diaria de 513 kg de harina de sachá inchi, se necesitará una inversión aproximada de 11,600 USD en equipos, y el precio de venta al público de la harina sería de 3.91 USD con una utilidad del 10%.

Como se ha podido comprobar, la harina de sachá inchi obtenida con un alto nivel de proteínas y bajo contenido de antinutrientes, puede ser idónea para la elaboración de alimentos, tales como pastas, galletas o coladas.

4.1.2. Recomendaciones

- Se podría someter a la torta de sachá inchi a un proceso de autoclave con un periodo de tiempo más extenso y analizar si se reduce la cantidad de saponinas presentes.
- Se recomienda caracterizar el agua residual del proceso de filtrado, con la finalidad de descubrir qué uso puede tener, dentro o fuera del proceso

Bibliografía

- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *La Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas*, 438-469.
- Alcívar, J., Martínez, M., Lezcano, P., Scull, I., & Valverde, A. (2020). Nota técnica sobre la composición físico-química de la torta de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 19-23.
- Burbano, P., & Noriega, L. (2015). *Análisis de la producción de sacha inchi para la potencialización de la exportación del aceite*. Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Castro, E. (2022). Determinación experimental de isotermas de sorción de humedad de la tuna blanca (*Napolea coccinellifera* L.). *Universidad Técnica de Ambato*, 6.
- Chirinos, R., Zorrilla, D., Aguilar-Galvez, A., Pedreschi, R., & Campos, D. (2016). Impact of Roasting on Fatty Acids, Tocopherols, Phytosterols, and Phenolic Compounds Present in *Plukenetia huayllabambana* Seed. *Journal of chemistry Hindawi*. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/6570935>
- Dussán, S., Hurtado, D., & Camacho, J. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro. *Información Tecnológica*, 3-10.
- Fernández, N. (2016). Propiedades funcionales y químicas de harinas de distintas variedades de trigo sarraceno y TEF. *Universidad de Valladolid*.
- Goyal, A., Tanwar, B., Kumar, M., & Sharma, V. (2022). Sasha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): An emerging source of nutrients, omega 3 fatty acid and phytochemicals. *Food Chemistry*, Vol. 373, part B (ISSN 0308-8146). doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131459>

- Gutiérrez, E., & Cáceres, A. (2018). Correlación entre la conductividad eléctrica medida en el extracto de saturación del suelo y en extractos con cinco relaciones suelo-agua. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 144-156.
- Gutiérrez, L., Rosada, L., & Jiménez, A. (2011). Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *62 (1)*, 76-83.
grasas y aceites. doi:10.3989/gya044510
- Lucas, J., León, I., & Bernal, J. (2021). Harina de torta de “Sacha Inchi” (*Plukenetia volubilis*) en dietas balanceadas para juveniles de camarón (*Penaeus vannamei*). *Revista de las Agrociencias*, 16-29.
- Martínez, P. (2022). *Ciencia Unisalle*. Obtenido de Caracterización de las propiedades tecnológicas de la torta residual de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.): para su aprovechamiento en un producto panificado.:
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1749&context=ing_alimentos
- Núñez, J., Carvajal, J., & Ramírez, L. (2021). Influencia de las variaciones climáticas en la producción de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 1499-1511.
- Quintana, R. (2009). Inhibición de factores antinutricionales (taninos), presentes en la semilla y torta de sachá inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) mediante diferentes tratamientos térmicos. *Universidad Agraria de la Selva* .
- Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E., & Aguirre, E. (2018). Pan de molde enriquecido con torta extruida de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): química, reología, textura y aceptabilidad. *Scientia Agropecuaria*, 199-208.
doi:10.17268/sci.agropecu.2018.02.04

- Rodriguez, J., Vega, K., & Solorzano, S. (2021). Aceite de Sacha inchi: potenciador de exportaciones no tradicionales en el Ecuador. *Reciamuc*, 493-510.
- Rodzi, N., & Lee, L. (2022). Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.): recent insight on phytochemistry, pharmacology, organoleptic, safety and toxicity perspectives. *Heliyon*, *Volumen 8*(ISSUE 9). doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10572>
- Ruiz, C., Diaz, C., Anaya, J., & Rojas, R. (2013). Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 29-36.
- Srichamnong, W., ting, P., Pitchakarn, P., Nuchuchua, O., & Temviriyankul, P. (2018). Safety assessment of *Plukenetia volubilis* (Inca peanut) seeds, leaves, and their products. *Food Science & nutrition*, *Volume 6*(Issue 4), 962-969. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.633>
- Suwanangul, S., Jittrepotch, N., & Ruttarattanamongkol, K. (2021). Effects of Thermal Treatments on Physico-Chemical Properties and Antinutritional Factor Reductions of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Meal. *Naresuan University Journal: Science and Technology* , 43-55.
- Taipe, R., Fernández, M., Villanueva, M., & Gómez, C. (2022). Composición nutricional y digestibilidad de semilla, torta y cáscara de dos especies de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*.
- Toralva, A., Rodas, M., & Guerrero, D. (2015). Efecto de la sustitucion parcial de la harina de trigo por torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en las propiedades reologicas de la masa de pan de dulce. *Revista Ciencia & Desarrollo*, 16-21. doi:<https://doi.org/10.33326/26176033.2015.20.505>
- Universo, E. (22 de 10 de 2011). Con créditos se busca fomentar nuevo cultivo. *El Universo*.

- Vasquez, D., Hincapie, G., Cardona, M., Jaramillo, D., & Velez, L. (2017). Formulacion de una colada empleando harina de sacha inchi (*Plukenetia Volubilis L.*) proveniente del proceso de obtencion de aceite. *Perspectivas en Nutricion Humana*, 167-179. doi:10.17533/udea.penh.v19n2a04
- Vásquez, F., Verdú, S., Islas, A., Barat, J., Grau, R., Granados, M., & Ramírez, B. (2021). Efecto del tratamiento térmico en harina de avena utilizada en la sustitución de harina de trigo para la elaboración de pan. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 55-64.
- Wang, S., Zhu, V., & Kakudac, Y. (2018). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food chemistry, volumen 265*, 316-328. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>

Anexos

Anexo 1.

Tabla de demanda anual de planta piloto

MES	DIAS LABORABLES	DEMANDA DIARIA	DEMANDA MENSUAL
Enero	22	513	11.286
Febrero	20	513	10.260
Marzo	23	513	11.799
Abril	19	513	9.747
Mayo	21	513	10.773
Junio	22	513	11.286
Julio	20	513	10.260
Agosto	22	513	11.286
Septiembre	22	513	11.286
Octubre	20	513	10.260
Noviembre	20	513	10.260
Diciembre	21	513	10.773
DEMANDA ANUAL			129.276

Días laborables al año	252
Unidades diaria promedio	513
Unidades mensuales promedio	10.773

Anexo 2.

Tabla de costos de materiales indirectos

Materiales	Cantidad (anual)	Precio (\$)	Total
Mandiles	20	\$ 2,00	\$ 40,00
Mallas	100	\$ 0,10	\$ 10,00
Funda de polietileno	129.276	\$ 0,02	\$ 2.585,52
Guantes	50	\$ 0,10	\$ 5,00
Botas	8	\$ 3,20	\$ 25,60
Fundas de Basura	2.000	\$ 0,02	\$ 40,00
Cajas de cartón	10.000	\$ 0,12	\$ 1.200,00

Agentes de Limpieza	24	\$ 6,20	\$ 148,80
Total anual			\$ 4.054,92

Anexo 3.

Tablas de costos de inversión inicial

Equipos de oficina y de computo			
Cantidad	Descripción	Costo	Costo Total
5	Perchas para almacenamiento	\$ 250,00	\$ 1.250,00
1	Teléfono/Fax	\$ 150,00	\$ 150,00
1	Escritorio con sillas	\$ 150,00	\$ 150,00
1	Aire Acondicionado	\$ 350,00	\$ 350,00
2	Computadoras	\$ 600,00	\$ 1.200,00
1	Impresora Láser	\$ 250,00	\$ 100,00
			\$ 3.200,00

Maquinaria			
Cantidad	Descripción	Costo	Costo Total
1	Balanza	\$ 140,00	\$ 140,00
1	Escaldadora	\$ 3.800,00	\$ 3.800,00
1	Filtro prensa	\$ 600,00	\$ 600,00
1	Secador	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
1	Molino	\$ 200,00	\$ 200,00
1	Tamiz	\$ 538,00	\$ 538,00
1	Selladora	\$ 120,00	\$ 120,00
			\$ 8.398,00

Inversion total **\$11.598,00**
Costo de Mantenimiento Anual **\$2.899,50**

Anexo 4.*Tabla de costos de inversión inicial*

Cargo	Numero de trabajadores	Sueldo Mes	Sueldo Anual
Administrador	1	\$1.000,00	\$12.000,00
Jefe de producción	1	\$800,00	\$9.600,00
Contador	1	\$450,00	\$5.400,00
Secretaria	1	\$450,00	\$5.400,00
Operarios/Bodeguero	17	\$450,00	\$91.800,00
		\$3.150,00	\$124.200,00

Anexo 5.*Tabla de costos fijos anual*

GASTOS DE OFICINA	1.200,00
PROPAGANDA	60.000,00
COSTO DE TRANSPORTE	12.000,00
ALQUILER	18.000,00
REMUNERACIONES	124.200,00
SERVICIOS VARIOS	
AGUA	1.800,00
LUZ	6.000,00
TELEFONO	3.600,00
INTERNET	600,00
TOTAL	\$12.000,00
COSTOS FIJOS TOTALES	\$227.400,00

Anexo 6.*Tabla de predicción de precio de venta al público*

Producción total (unidades)	513,00
No. de Operarios	17
Costo por hora	1,2
Horas diarias	8
Costos de mano de Obra (unidad/día)	166,21
Costo diario del total de unidades producidas	0,324000

Materia prima		-	
Mano de Obra		0,324000	
Indirectos (Mant. de Equipos)		1,076580	
Costo de empaque		0,020000	
Costo total de fabricación			1,420580
Costo Fijo Mensual		18.950,00	
Costos de Materiales Indirectos		4.054,92	
Unidades mensuales fabricadas		10.773	
Costo Fijo por unidad			2,135424
Costos de producir 1 und.		3,556004	
Utilidad	10%	0,355600	
Precio de Venta			3,9116045

Anexo 7.*Tabla de punto de equilibrio*

PE	91287,75397	
IE	357.081,59	
Unidades	Costo total	ingresos
0	227.400,00	-
5876	235.747,59	22.985,30
11752	244.095,18	45.970,60
17629	252.442,77	68.955,90
23505	260.790,35	91.941,20
29381	269.137,94	114.926,50
35257	277.485,53	137.911,80
41133	285.833,12	160.897,09
47009	294.180,71	183.882,39
52886	302.528,30	206.867,69
58762	310.875,88	229.852,99
64638	319.223,47	252.838,29
70514	327.571,06	275.823,59
76390	335.918,65	298.808,89
82267	344.266,24	321.794,19
88143	352.613,83	344.779,49
94019	360.961,41	367.764,79
99895	369.309,00	390.750,09
105771	377.656,59	413.735,39
111647	386.004,18	436.720,68
117524	394.351,77	459.705,98
123400	402.699,36	482.691,28
129276	411.046,94	505.676,58

Anexo 8.*Gráfica de punto de equilibrio*