



**Evaluación de la adición de germinados de arveja (*Pisum sativum*) al suero de leche
para obtener una bebida biofortificada con zinc**

Mendoza Guerra, Melanie Giuliana

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia, Mgtr.

04 septiembre del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Evaluación de la adición de germinados de arveja (*Pisum sativum*) al suero de leche para obtener una bebida biofortificada con zinc**, fue realizado por la señorita: **Mendoza Guerra, Melanie Giuliana**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 04 septiembre del 2023



Firmado electrónicamente por:
**MARTHA CECILIA
VARGAS ARBOLEDA**

Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia, Mgtr.

C. C.: 1802119634

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



Plagiarism and AI Content Detection Report

UIC MENDOZA.docx

Scan details

Scan time:

September 4th, 2023 at 15:41 UTC

Total Pages:

58

Total Words:

14281

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	1.6%	227
Minor Changes	1%	148
Paraphrased	1.4%	196
Omitted Words	23.2%	3307

AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	0%	0
Human text	100%	10974

[Learn more](#)



Firmado electrónicamente por:
MARTHA CECILIA
VARGAS ARBOLEDA

Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia, Mgtr.

C. C.: 1802119634



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, **Mendoza Guerra, Melanie Giuliana**, con cédula de ciudadanía No. 175199832-7, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación de la adición de germinados de arveja (*Pisum sativum*) al suero de leche para obtener una bebida biofortificada con zinc**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 04 septiembre del 2023

Mendoza Guerra, Melanie Giuliana

C.C.: 175199832-7



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, **Mendoza Guerra, Melanie Giuliana**, con cédula de ciudadanía No 175199832-7 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación de la adición de germinados de arveja (*Pisum sativum*) al suero de leche para obtener una bebida biofortificada con zinc** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 04 septiembre del 2023

Mendoza Guerra, Melanie Giuliana

C.C.: 175199832-7

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico de todo corazón a mis padres Wilver y Yolanda, que han sido mi guía y mi apoyo en toda mi vida, ellos con su amor incondicional me han levantado en momentos difíciles, y a pesar de la distancia, me han demostrado todo su cariño motivándome a nunca rendirme.

Dedicado a mi hermana mayor Karla, que ha sido y seguirá siendo una inspiración y un ejemplo a seguir.

Son mi familia y los amo con todo mi corazón.

Agradecimientos

A mis padres y familia, por ser mi apoyo y fortaleza para alcanzar mis sueños. A Karla por siempre estar a mi lado y apoyarme como una amiga, confié en ella y a pesar de las peleas, somos hermanas y sé que siempre estaremos juntas en las buenas y sobre todo en las malas.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE IASA I, a mis profesores por todos los conocimientos y guías que me han otorgado. A mi tutora de tesis Ing. Martha Vargas y mi profesor Ing. Pablo Landázuri quienes me apoyaron en todo el proceso de culminación del presente proyecto y sin dudarlo compartieron sus conocimientos y sabiduría guiándome a ser una mejor persona y profesional

A mis amigos que han estado en mis buenos y malos momentos a lo largo de mi carrera profesional Melanie, Angelica Sebastián y Francisco que a pesar de estar lejos de mi hogar siempre tuve una familia a su lado haciéndome pasar momentos inolvidables junto su alegría inagotable apoyo en momentos de tristeza y complicidad en cualquier situación.

A mis compañeros Estefanía, Daniel y Rommel que después de trabajar juntos y apoyarnos en cualquier problema que se nos presentó en el proyecto pudimos culminar la investigación y formar nuevos lazos de amistad.

Agradezco al IASA por la oportunidad y experiencias vividas.

Mendoza Guerra Melanie Giuliana

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	13
Resumen.....	14
Abstract.....	15
CAPÍTULO I.....	16
INTRODUCCIÓN	16
Antecedentes	16
Justificación.....	18
Objetivos.....	19
<i>Objetivo general</i>	19
<i>Objetivos específicos</i>	19
Hipótesis.....	19
<i>Ho</i>	19
<i>Hi</i>	19
CAPÍTULO II.....	20
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	20

Germinados o brotes.....	20
Historia de los germinados	20
Fases de los germinados.....	21
Riesgos microbiológicos de los germinados	22
Control de calidad de los germinados	22
Generalidades de Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	22
Taxonomía.....	23
Morfología	23
Composición nutricional de los germinados de arveja.....	24
Deficiencia de minerales en la población	25
Fortificación de alimentos	26
Tipos de fortificación	26
Factores anti nutricionales.....	27
Tipos de anti nutrientes.....	27
Funciones fisiológicas del ácido fítico en las plantas.....	28
Zinc y Funciones	30
Sulfato de zinc.....	31
Suero de leche o lactosuero	31
Tipos de lactosuero.....	32
Contaminación que produce el suero de leche.....	33
Importancia del suero de leche para el consumo humano	34
Bebida a base de suero de leche	34
Factores influyentes en la vida útil de un alimento	34
Liofilizador	35
CAPÍTULO III.....	36

MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	36
Ubicación del lugar del proyecto.....	36
Metodología.....	36
Obtención de la materia prima, esterilización y limpieza de materiales	36
Fase 1: Germinación de semillas de arveja (<i>Pisum sativum</i>) bio fortificadas con zinc.....	37
<i>Preparación de la semilla</i>	37
<i>Diseño experimental</i>	39
<i>Variables agronómicas evaluadas</i>	40
<i>Pruebas de germinación</i>	40
<i>Largo de la radícula</i>	40
<i>Rendimiento biológico de los germinados</i>	41
<i>Crio congelación</i>	41
<i>Rendimiento biológico del liofilizador</i>	41
Fase 2: Preparación de bebida a base de suero de leche con alverja liofilizada y biofortificada de zinc	42
<i>Diseño experimental</i>	44
<i>Variables a evaluar</i>	44
<i>Pruebas de estantería</i>	44
<i>Potencial hidrogeno</i>	44
<i>Grados Brix</i>	44
<i>Evaluación sensorial</i>	45
<i>Contenido de zinc</i>	45
<i>Contenido de ácido fítico</i>	47
<i>Relación ácido fítico: zinc</i>	48
CAPÍTULO IV	49

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
Resultados	49
<i>Porcentaje de germinación</i>	<i>49</i>
<i>Longitud de radícula</i>	<i>49</i>
<i>Rendimiento de germinación</i>	<i>51</i>
<i>Rendimiento de la criodesecación</i>	<i>51</i>
<i>Contenido de ácido fítico.....</i>	<i>52</i>
<i>Contenido de zinc.....</i>	<i>53</i>
<i>Biodisponibilidad de zinc.....</i>	<i>54</i>
<i>Pruebas sensoriales.....</i>	<i>55</i>
<i>Grados Brix.....</i>	<i>56</i>
<i>Potencial Hidrogeno</i>	<i>56</i>
<i>Separación.....</i>	<i>58</i>
Discusión	59
CAPÍTULO V	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
Conclusiones.....	63
Recomendaciones	63
Bibliografía	65

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Composición química y nutritiva de la arveja</i>	25
Tabla 2 <i>Biodisponibilidad del zinc según la relación molar en la ingesta de zinc</i>	29
Tabla 3 <i>Requerimientos de zinc en diferentes edades (mg/día)</i>	31
Tabla 4 <i>Composición general del suero y distribución proteica</i>	32
Tabla 5 <i>Composición del lactosuero dulce y ácido</i>	33
Tabla 6 <i>Dosificación para cada tratamiento</i>	38
Tabla 7 <i>Códigos para cada tratamiento de bebida y su día correspondiente</i>	45
Tabla 8 <i>Medias y error estándar del porcentaje de germinación</i>	49
Tabla 9 <i>Medias y error estándar de la longitud radicular</i>	50
Tabla 10 <i>Medias y error estándar del rendimiento biológico de germinación</i>	51
Tabla 11 <i>Medias y error estándar del rendimiento del liofilizador</i>	52
Tabla 12 <i>Ácido fítico (mg/ 100g)</i>	52
Tabla 13 <i>Contenido de zinc (mg/l)</i>	53
Tabla 14 <i>Relación Ácido Fítico: Zinc</i>	54

Índice de figuras

Figura 1 <i>Pisum sativum</i>	24
Figura 2 <i>Visión satelital de la Hacienda “El Prado” IASA I</i>	36
Figura 3 <i>Preparación de semillas de arveja</i>	38
Figura 4 <i>Disposición de los tratamientos para la bio fortificación de germinados de alveja (Pisum sativum) en diferentes dosis de zinc</i>	39
Figura 5 <i>Pruebas de germinación de semillas de arveja</i>	40
Figura 6 <i>Proceso de liofilización</i>	42
Figura 7 <i>Diagrama de flujo para preparación de la bebida</i>	43
Figura 8 <i>Preparación de muestras de zinc</i>	46
Figura 9 <i>Concentración y lectura de zinc</i>	47
Figura 10 <i>Determinación de ácido fítico</i>	48
Figura 11 <i>Longitud radicular de germinados de arveja (Pisum sativum)</i>	50
Figura 12 <i>Contenido de zinc (mg/l)</i>	53
Figura 13 <i>Relación molar Ácido fítico: Zinc de arveja (Pisum sativum) bajo 5 dosis diferentes de zinc</i>	54
Figura 14 <i>Resultados sensoriales de la bebida bio fortificada bajo 5 dosis diferentes de zinc</i> .	55
Figura 15 <i>Pruebas de sabor a través del tiempo</i>	56
Figura 16 <i>Relación grados Brix y pH de la bebida bio fortificada bajo 5 dosis diferentes de zinc</i>	57
Figura 17 <i>Sobrenadante de la bebida para cada tratamiento</i>	58

Resumen

El zinc es un microelemento disponible en su forma mineral, es importante para varios procesos metabólicos del organismo, ya que interfiere principalmente en el crecimiento, desarrollo cognitivo y sistema inmunológico del individuo a lo largo de su vida en Latinoamérica la falta de este micronutriente muchas veces es afectada por la inaccesibilidad económica de las familias, y una de las técnicas que muchos gobiernos está aplicando para evitar este problema es la biofortificación de alimentos, por la relación costo beneficio. En el presente proyecto se evaluó cinco concentraciones de zinc (0, 25, 50, 75, 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) aplicados a germinados de arveja (*Pisum sativum*) liofilizándolos y añadidos a una bebida a base de suero de leche. La metodología se la realizo en dos fases, Fase 1: Germinación de semillas de arveja (*Pisum sativum*) bio fortificadas con zinc y la Fase 2: Preparación de bebida a base de suero de leche con alverja liofilizada y biofortificada con zinc. Los resultados obtenidos justificaron que implementar sulfato de zinc en la etapa de germinación aumenta los parámetros fisiológicos del germinado, además de obtener una bebida agradable para los sentidos y biofortificada, el tratamiento con mejor resultado fue de 75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$ con 2.19 mg. L^{-1} de zinc disponiéndolo en más del 50%, en comparación al no aplicar ningún suplemento el cual dio una disponibilidad menor al 30% con tan solo 0.57 mg. L^{-1} de zinc del total en la bebida.

Palabras clave: ARVEJA, BIOFORTIFICACIÓN, GERMINACIÓN, SUERO DE LECHE.

Abstract

Zinc is a microelement available in its mineral form, it is important for several metabolic processes of the organism, since it interferes mainly in the growth, cognitive development and immune system of the individual throughout his life in Latin America the lack of this micronutrient is often affected by the economic inaccessibility of the families, and one of the techniques that many governments are applying to avoid this problem is the biofortification of foods, due to the cost-benefit relation. In the present project, five concentrations of zinc (0, 25, 50, 75, 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) applied to pea sprouts (*Pisum sativum*) were evaluated by freeze-drying them and adding them to a whey-based beverage. The methodology was carried out in two phases, Phase 1: Germination of pea seeds (*Pisum sativum*) biofortified with zinc and Phase 2: Preparation of a whey-based beverage with freeze-dried peas biofortified with zinc. The results obtained justified that implementing zinc sulfate in the germination stage increases the physiological parameters of the sprout, in addition to obtaining a beverage that is pleasant to the senses and biofortified, the treatment with the best result was 75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$ with 2.19 mg. L^{-1} of zinc available in more than 50%, compared to no supplementation, which gave an availability of less than 30% with only 0.57 mg. L^{-1} of total zinc in the beverage.

Keywords: PEAS, BIOFORTIFICATION, DRINK, GERMINATION, WHEY.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Los germinados son conocidos desde la antigüedad por diferentes culturas, ya que se caracterizan por su alto valor nutritivo y medicinal, debido a su gran contenido de vitaminas, fibra, minerales, enzimas y otras propiedades que los hacen llamativos para una adecuada dieta (Arrieta, 2021).

La producción de germinados para consumo humano, ha ganado popularidad en los últimos años, junto con el interés de las personas por consumir alimentos más saludables (Gan *et al.*, 2017). Los germinados son caracterizados por un alto contenido de moléculas bioactivas como taninos, lignanos, indoles etc. Además, tiene una producción natural, rápida y sencilla (Dal Bosco, 2015; Di Gioia, 2023).

La germinación permite que los nutrientes de los granos estén más disponibles a la hora de la digestión en el cuerpo humano, ya que las enzimas amilasa y maltasa activadas convierten el almidón del grano en azúcar (Torres, 2017). Los brotes de *Pisum sativum* pueden seguir aumentando el contenido de antioxidantes obteniendo un producto dulce y agradable a los sentidos, además de constituir a un alimento que promueve la salud (Moguel *et al.*, 2022).

Adicional a los beneficios nutricionales que presentan los germinados, existen diversos trabajos, que demuestran que se pueden incrementar el contenido de microelementos como el Zn llegando a fortificarse (López, 2023; Salvatierra, 2022). Según el Codex Alimentarius, el enriquecimiento o fortificación de alimentos es: “La adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento para prevenir o corregir una deficiencia aparente de uno o más nutrientes en una población específica”. Esta es una estrategia para prevenir y manejar las deficiencias de vitaminas y minerales (Food and Agriculture Organization [FAO] y World health organization [WHO], 2005).

Uno de los oligoelementos más importantes y con más deficiencia en la población latinoamericana es el zinc, para el año 2012 Ecuador alcanzó el 27,5% de deficiencia de zinc, situación que no ha mejorado desde el año de 1988. La ingesta inadecuada de zinc puede causar diversas afecciones en la salud, como la baja talla y alteraciones en el desarrollo cognitivo, problemas cardiovasculares (Begum *et al.*, 2022).

En la actualidad, el mercado alimenticio no se centra en un producto nutritivo específico para los consumidores sino también en lo amigable con el medio ambiente. Los efectos de la pandemia del COVID- 19 han cambiado los hábitos de los consumidores y muchos aseguran haber cambiado en sus decisiones de compra por alimentos más saludables y más sensibles al medio ambiente (Hernández, 2021). Por esta razón, el mercado del consumo ecológico, ha crecido más del 17% en ese último año (Tambo, 2021).

La región 1 del Ecuador constituida principalmente por Carchi, Imbabura y Esmeraldas tienen como actividad laboral la producción agrícola y pecuaria, la mayor parte de la población de esta zona se dedica principalmente a la producción y comercialización de leche (Pais *et al.*, 2017).

De acuerdo con Pais *et al.* (2017) la provincia del Carchi forja una importante producción de más o menos US\$ 3.5 millones en procesamiento de lácteos, y uno de los derivados más consumidos después de la leche es el queso, generando como residuo el suero de leche. García (2022) menciona que en la economía ecuatoriana la industria lechera es una gran fuente de ingresos y que su principal producto de desecho es el lactosuero, considerado actualmente un fuerte contaminante ambiental. La carga de materia orgánica que contiene el suero de leche permite la reproducción de microorganismos produciendo cambios significativos en el ecosistema. Además, en un gran desperdicio nutricional y económico para productores lecheros ya que el 90% del volumen de la leche es lactosuero y contiene aproximadamente el

55% de sus nutrientes, entre ellos vitaminas, aminoácidos y ácido orótico, que es imprescindible para la absorción de ciertos minerales (Camacho, 2011).

Justificación

El suero de leche es un residuo líquido que se obtiene por la fabricación de queso o durante la coagulación del proceso de caseína de la leche, este subproducto lamentablemente es muy poco aprovechado, y solo por las grandes empresas que tienen la capacidad industrial de poder procesarlos y transformarlos en diferentes productos como es la leche en polvo, confitería e incluso productos farmacéuticos. Estos son procesos que familias rurales dedicadas a este campo laboral no tienen acceso, y simplemente lo desechan sin ningún tipo de tratamiento.

Por otro lado, el suero de leche posee muchas propiedades nutricionales de la leche original contando con el 95% de lactosa (azúcar de la leche), el 25% de las proteínas y el 8% de la materia grasa (Mazorra y Moreno, 2019).

Varios estudios proponen una alternativa de una bebida hidratante a partir de suero de leche de las industrias lácteas aprovechando la composición nutricional del filtrado de suero de leche que se pueda implementar en una dieta rica en proteínas y minerales (Chóez, 2010; García, 2022).

La intervención nutricional en la población es un pilar fundamental en la salud, tanto para la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, cognitivas y de crecimiento (Romero *et al.*, 2019). Una de las alternativas modernas que ha revolucionado el mercado son los germinados de leguminosas que brindan un alto aporte de proteínas de origen vegetal, son ricas en aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales y fibra. además, son fáciles de preparar y amigables con el medio ambiente.

Para aprovechar el alto contenido de nutrientes (especialmente los minerales y proteína), ofertando una solución a la inaccesibilidad de familias de escasos recursos y al

mismo tiempo minimizar el impacto ambiental producido por las industrias lácteas, se plantea la obtención de una bebida a partir del lactosuero y germinados de arveja (*Pisum sativum*) fortificados con diferentes concentraciones de zinc (0, 25, 50, 75, 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de germinados de arveja (*Pisum sativum*) al suero de leche para obtener una bebida bio fortificada con zinc.

Objetivos específicos

Obtener el germinado de arveja fortificada mediante la impregnación de zinc (0, 25, 50, 75, 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) en la semilla para su aplicación tecnológica.

Liofilizar y pulverizar los germinados para elaborar una bebida fortificada.

Determinar la vida útil del producto mediante pruebas de estantería y evaluación organoléptica.

Determinar la cantidad de zinc residual en el producto terminado (equipo de absorción atómica).

Hipótesis

Ho: El suero de leche enriquecido con germinados fortificados de arveja (*Pisum sativum*) con (0, 25, 50, 75, 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) de zinc no aumenta la cantidad de zinc residual, tiempo de vida útil ni la aceptación del producto final.

Hi: El suero de leche enriquecido con germinados fortificados de arveja (*Pisum sativum*) con (0, 25, 50, 75, 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) de zinc no aumenta al menos una de las variables a evaluar en el producto final.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Germinados o brotes

La germinación es el proceso por el cual el embrión comienza a crecer después de un período de reposo. Este fenómeno ocurre cuando la semilla se coloca en un ambiente favorable bajo ciertas condiciones, como suficiente agua, oxígeno y temperatura adecuada para que el agua se difunda a través de la cubierta y llegue al embrión (Márton *et al.*, 2010; Pérez y Zapata, 2015).

En condiciones de laboratorio, la ruptura de la cubierta seminal por parte de la raíz es el hecho que se utiliza para considerar que se ha producido la germinación, esto hablando en términos fisiológicos. Sin embargo, en condiciones de campo, la germinación no se considera completa si no hasta que aparecen y se desarrollan plántulas normales con vista de los primeros cotiledones (Pita y Pérez, 1998).

Historia de los germinados

El consumo de germinados data desde los años 3000 antes de Cristo, en China se empezó a utilizar los germinados para aliviar dolencias y enfermedades, los más comunes utilizados fueron los brotes de soja y frijón, pasaron de ser usados con fines medicinales a ser parte de la dieta (Salvatierra, 2022).

Según Hipócrates “padre de la medicina antigua en Grecia”, la salud está representada en una frase: “Que tu alimento sea tu medicina; que tu medicina sea tu alimento” que es la base de la cátedra de los germinados y la nutrición viva en la actualidad (Arrieta, 2021).

En el siglo XVIII se atribuyó a la bebida fermentada de brotes de soja un protector contra el escorbuto, enfermedad que acabó con tripulaciones enteras antes de conocer las propiedades de la bebida medicinal (Vázquez, 2020).

Los brotes se hicieron populares durante la Segunda Guerra Mundial y se convirtieron en un elemento básico de la dieta estadounidense que se hicieron proclamas para enseñar a las personas cómo cultivarlos y tener reservas alimentarias (Vázquez, 2020).

En la actualidad, el consumo de germinados ha regresado con más fuerza gracias a la popularización del veganismo, ya que cada vez son más las personas que se preocupan por su salud alimenticia, bienestar de los animales, cambio climático, y los procesos de fabricación de los alimentos, dando a los germinados una apertura a la comercialización de nuevos productos, ya que están en la capacidad para enfrentar el desorden alimenticio y lograr dietas sanas y equilibradas gracias al contenido de sus nutrientes.

Fases de los germinados

Según Eras y Eras (2022), la germinación se puede sintetizar en tres fases: Hidratación, Germinación y Crecimiento

- **Fase de Hidratación:** Durante esta fase, los tejidos que componen la semilla absorben agua y se asocia a un aumento de la actividad respiratoria. La duración de la hidratación depende de la especie, ya que cuando se hidratan los tejidos que forman el embrión se activa un proceso metabólico que es esencial para que se lleve a cabo la siguiente fase.
- **Fase de Germinación:** Esta fase corresponde a transformaciones metabólicas que van a dar paso a la fase de crecimiento, que es la etapa de desarrollo de las plántulas, en la que la absorción de agua de la semilla disminuye y el consumo de oxígeno se estabiliza.
- **Fase de Crecimiento:** Esta es la última fase del proceso y se presentan cambios morfológicos visibles en la semilla, esta fase se caracteriza por el incremento constante de absorción de agua y la actividad respiratoria, los procesos son reversibles hasta la segunda fase de germinación, a partir de la fase de crecimiento se lleva a cabo una situación fisiológica reversible, esto quiere decir que una semilla que pase la fase de

germinación tiene dos posibilidades, la primera será pasar a la fase de crecimiento y dar lugar a una plántula o la segunda perder su fuerza y morir.

Riesgos microbiológicos de los germinados

Chirtel *et al.* (2007) quien cito a la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos [FDA] informó que entre 1999 y 2005, el 40% de las enfermedades transmitidas por los alimentos estaban relacionadas con semillas germinadas.

El microbiota característico de los granos germinados muchas veces puede contener bacterias patógenas, como por ejemplo *Salmonella*, *Listeria Monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Aeromonas hydrophila* y *Escherichia coli* (Cava *et al.*, 2009).

Existen varias fuentes de contaminación en la producción de germinados, comenzando con una mala manipulación de los agricultores hacia la semilla, e incluso la irrigación con una fuente inadecuada de agua pueden dañar la estructura de la semilla y hacerla más susceptible a la contaminación.

Otro factor a tomar en cuenta es que las principales condiciones para que se produzca la germinación son temperatura y humedad, mismas condiciones que necesitan algunos hongos saprofitos para su activación por ejemplo *Aspergillus* o *Penicillium* que generan micotoxinas perjudiciales para los consumidores.

Control de calidad de los germinados

Los componentes de la calidad de la semilla incluyen aspectos genéticos, físicos, fisiológicos e incluso microbiológicos (Velázquez, 2014). Estos factores pueden ser alterados de una u otra forma al momento del transporte, almacenamiento, procesamiento e inclusive en la producción.

Generalidades de Arveja (*Pisum sativum*)

La arveja (*Pisum sativum*) es conocida con varios nombres dependiendo de su localidad: alverja, arveja, alverjita, chícharo, guisante y en inglés como pea (Ugás, 2000).

Fernández (1922) menciona que la arveja (*Pisum sativum*) es una planta herbácea e importante leguminosa nutritiva, resistente a las heladas y de estación fría que se cultiva ampliamente en todo el mundo, es un alimento muy nutritivo, con alto contenido de proteínas, aminoácidos, azúcares, hidratos de carbono, vitaminas A y C, calcio y fósforo, además de tener una pequeña cantidad de hierro.

En grano seco es altamente digestible llegando al 95% de digestibilidad, con 20% de proteínas digestibles y con varios componentes nutricionales (Tabla 1) (Fernández, 1922).

Taxonomía

De acuerdo a López (1993) la arveja (*Pisum sativum*) se clasifica en la familia *Fabaceae*, subfamilia *Faboideae*, género *Pisum* y especie *sativum*.

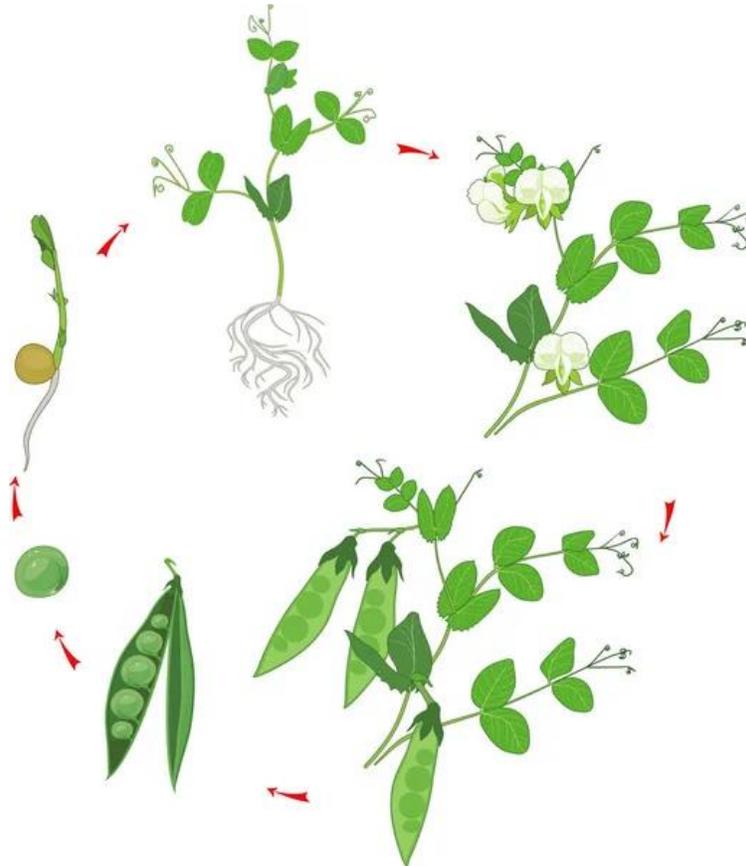
Morfología

- **Raíz:** Kehr (2018) señala que el sistema radicular tiene poco desarrollo, aunque la raíz principal puede alcanzar entre los 80 y 100 cm.
- **Tallo:** Fernández (1922) afirma los tallos son débiles, huecos, trepadores y rastreros en las que pueden ser del tipo enanos que están entre los 15 a 90 cm, medios 90 150 cm y altos de 150 a 200 cm de altura.
- **Hoja:** Las hojas de este cultivo son compuestas, normalmente entre 1-3 pares de folíolos de forma ovalada. El color de las hojas verde, y algunas son jaspeadas (Escalante, 2019).
- **Flor:** Los botones florales crecen encerrados por las hojas superiores, presentando cinco sépalos totalmente unidos que encierran el resto de la flor. Tienen fecundación autógena (Valdez, 2017).
- **Fruto y Semilla:** Las semillas pueden ser rugosas o lisas, y de forma esférica o cúbica. El color también puede variar entre crema, verde o negro, y tienen una capacidad

germinativa de tres años, mientras que el fruto es en legumbre alargada que puede contener entre 4 y 12 semillas (Proaño, 2021).

Figura 1

Pisum sativum



Nota. La figura muestra el crecimiento cíclico de una planta de arveja (*Pisum sativum*). Recuperado de (Falya, 2019).

Composición nutricional de los germinados de arveja

Una de las ventajas de la germinación de nuestras semillas es que posibilita y facilita la absorción de nutrientes (de la propia semilla) ya que reduce la presencia de anti nutrientes, como las lectinas o el ácido fítico. Estas sustancias presentes principalmente en leguminosas y cereales disminuyendo minerales y otros nutrientes, estos desaparecerán en gran medida cuando permitimos que la semilla (Cáceres, 2015).

Los germinados pueden llegar a tener hasta un 40% más de nutrientes que la futura planta. Incluso las proteínas de la semilla en cuestión son de mejor valor biológico cuando están germinadas (Tabla 1) (Bravo *et al.*, 2013; Cáceres, 2015).

Tabla 1

Composición química y nutritiva de la arveja

COMPONENTES	GRANO VERDE	GRANO SECO
Agua	78%	10.64%
Proteínas	6.3g.	24.6%
Lípidos	0.4g.	1%
Hidratos de carbono	14.4g.	62%
Fibra	2g.	4.4g
Cenizas	0.9g.	2.7g
Vitamina A	640 UI	-
Vitamina B1 o Tiamina	0.35mg.	-
Vitamina B2 o Riboflavina	0.14mg.	-
Vitamina B3 o Niacina	2.9mg.	-
Vitamina C O Ac. Ascórbico	27mg.	-
Calcio	26mg.	0.0848%
Potasio	316mg.	0.903%
Fosforo	116mg.	0.4%
Sodio	20mg.	0.104%
Hierro	116mg.	0.0006%
Valor energético	84mg.	3.57cal

Nota. Descripción de valores nutritivos en 100g de arveja en grano verde y grano seco. Adaptado de (Joshi *et al.*, 2017; Quispe, 2018; Sangronis y Machado, 2007; Valdez, 2017).

Deficiencia de minerales en la población

A diferencia de países industrializados, la principal consecuencia de países en vías de desarrollo que afecta a la población sudamericana es una alta mortalidad, especialmente causada por malas prácticas de nutrición (calidad y cantidad), como por ejemplo la inadecuada lactancia materna conjuntamente con la alimentación complementaria de la madre 6 meses

antes del parto. Dentro de las causas se encuentra la pobreza. En Latino América en el año 2002 existió 7,4 billones de personas con menos de un dólar de ingreso diario. Como consecuencia la anemia y el retardo de crecimiento son problemas frecuentes en países de desarrollo, causadas por el déficit de hierro y zinc respectivamente (Grandy *et al.*, 2010; Rosado *et al.*, 1995).

Fortificación de alimentos

Es la adición de micronutrientes a los alimentos ya procesados o que han tenido un cambio en su estructura destinado para el consumo humano, esta estrategia ayuda al estado nutricional interviniendo en la salud pública de cualquier país de manera relativamente rápida y a un costo bastante accesible (Allen *et al.*, 2017).

Hay que tener en cuenta que para la fortificación de cualquier alimento es necesario tener acceso y utilizar compuestos con buena absorción y que no afecten las propiedades sensoriales de los alimentos, Además, la fortificación es aceptable por la sociedad ya que no requiere cambios en las prácticas dietéticas (Scrimshaw, 2005).

Tipos de fortificación

Según Allen *et al.* (2017) la fortificación se refiere a la adición de micronutrientes esenciales denominados «fortificantes» en los alimentos transformados denominados «vehículos alimentarios», hay que distinguir cuatro formas de fortificación:

- **Fortificación a gran escala:** Son consumidos ampliamente por la población general y casi siempre es obligatoria.
- **Fortificación selectiva:** Alimentación diseñada para subgrupos específicos de la población, como complementos para niños o raciones para poblaciones desplazadas, puede ser obligatoria o voluntaria, esta depende de la magnitud del problema de salud pública que se está abordando.

- **Fortificación centrada:** Permite a los fabricantes de alimentos fortificar voluntariamente alimentos disponibles en el mercado, esta es siempre voluntaria, pero regida por límites reglamentarios.
- **Fortificación a domicilio:** Realizada a nivel del hogar o de la comunidad y es completamente voluntaria. La elección entre fortificación de alimentos obligatoria o voluntaria por lo general depende de las circunstancias nacionales.

Factores anti nutricionales

Según Serratos *et al.* (2009) los factores anti nutricionales son macromoléculas que se pueden encontrar en diferentes alimentos de origen vegetal como leguminosas, granos secos, cereales, incluso alimentos de origen animal como leche, pescado huevos etc.

Al momento del consumo estas macromoléculas son reconocida por el sistema inmunológico como fuente extraña, haciendo que los anticuerpos ataquen y las eliminen, impidiendo así la absorción de los nutrientes que contenga el alimento consumido, este proceso también es conocido como “alergias alimenticias” (Creus, 2004).

Tipos de anti nutrientes

- **Saponinas:** Tienen propiedades toxicas por causar la destrucción de glóbulos rojos o hemolisis, estas no tienen efectos negativos en la calidad nutricional de las proteínas, pero si puede formar complejos entre algunas cenizas que disminuyen su absorción intestinal (Martínez, 2016).
- **Lectinas:** Las plantas comúnmente las usan como reservorio de proteínas, protección de insectos bacterias y hongos. Las lectinas reducen la disponibilidad de micronutrientes como zinc y hierro causando también daños en la pared intestinal ya que pueden unirse a las células epiteliales del sistema digestivo y causar reacciones toxicas cambiando la permeabilidad del intestino (Popova y Mihaylova, 2019).

- **Taninos:** Capaces de formar complejos con proteínas y otras macromoléculas reduciendo el valor nutritivo de los alimentos, además de dañar la mucosa intestinal interfiriendo con la absorción de vitamina B12, glucosa y hierro (Martínez, 2016).
- **Nitratos:** Es una fuente de nitrógeno esencial para el crecimiento de las plantas acumulándolo en los brotes o raíces cuando está en exceso. En el cuerpo humano, los nitratos interfieren con la síntesis de la vitamina A y pueden alterar las funciones de glándulas tiroideas (Panesar *et al.*, 2007).
- **Oxalatos:** no es sintetizable por los seres humanos haciendo que se expulse a través de la orina, un alto consumo de oxalatos altera la absorción de minerales y oligoelementos afectando la hiperoxaluria (producción excesiva de oxalato) dando paso a la formación de cálculos renales de oxalato de calcio (Popova y Mihaylova, 2019).
- **Ácido fítico:** Con alta carga negativa es capaz de modificar minerales divalentes, como zinc, hierro, magnesio, calcio y cobre, así como almidones, proteínas y enzimas alterando la disponibilidad del intestino de poder absorberlos (Muzquiz *et al.*, 2004).

Funciones fisiológicas del ácido fítico en las plantas

El ácido fítico o hexafosfato de inositol se encuentra solo en alimentos de origen vegetal y es el principal almacén de fósforo de las semillas, que cuando las semillas brotan, el fitato se degrada y el fósforo se libera para ser utilizado por las plantas (Sahdstrå *et al.*, 1998)

El ácido fítico modifica la absorción del hierro y el zinc y, en menor medida, la del calcio. Esto solo se aplica a la comida vegetal que contenga ácido fítico, mas no a la absorción de otros nutrientes alimenticios a lo largo del día. Sin embargo, ingerir alimentos con alto contenido de fitatos en la mayoría de las comidas con el tiempo sí que se pueden desarrollar deficiencias en minerales. Esto rara vez es motivo de preocupación para quienes siguen una dieta rica en nutrientes, pero puede ser un problema importante durante períodos de carestía o

en los países en desarrollo donde la principal fuente de alimentos son los cereales o las legumbres (Borelli *et al.*, 2007).

Evitar los alimentos que contienen ácido fítico no es una opción ya que muchos de ellos son saludables y muy nutritivos. Además, en muchos países en desarrollo, la gente necesita legumbres y cereales como alimentos básicos. Por suerte, algunos métodos de preparación pueden reducir significativamente el contenido de ácido fítico de los alimentos. El más conocido es el remojo, germinación y fermentación que provocan la degradación del fitato (Sahdstrå *et al.*, 1998).

Según Borelli *et al.* (2007), la biodisponibilidad de zinc en el organismo está determinada por la relación ácido fítico AF/Zn en el alimento, es decir cuanto mayor sea esta relación, menor será la biodisponibilidad de zinc en el organismo, ya que el zinc puede disminuir a medida que el ácido fítico sea mayor (Tabla 2).

Tabla 2

Biodisponibilidad del zinc según la relación molar en la ingesta de zinc

Relación Molar (Fitato/zinc)	Biodisponibilidad de Zinc (%)
>30	10
15-30	15
5-15	30
<5	>50

Nota. La biodisponibilidad del zinc basada en un factor de disponibilidad y en la ingesta de zinc, va en un rango de 10 – 50% dependiendo de la relación molar (AF: Zn) de la dieta. Recuperado de (Borelli *et al.*, 2007).

Zinc y Funciones

A lo largo de los años los micronutrientes han ido creciendo en el interés principalmente para especialistas en nutrición y agrónomos en general (Kyrkby y Römheld, 2007). Varias razones se basan en la ley del mínimo de Liebig en que solo uno de los elementos faltantes puede ser el limitante crítico para que otros desarrollen su proceso productivo normal.

- **En plantas:** Por el simple hecho de que las concentraciones de micronutrientes son menores en comparación con los macronutrientes, cada uno de estos grupos tiene un rol fundamental en el crecimiento fisiológico y metabólico de la planta, en el caso del zinc ayuda principalmente en la activación de enzimas, tolerancia al estrés, constituyente de las paredes celulares y membranas citoplasmáticas, e incluso está involucrado en el crecimiento reproductivo de la planta (floración, polinización, y fructificación) (Kyrkby y Römheld, 2007).
- **En el consumo humano:** el zinc en el cuerpo humano tiene distintas funciones como son: catalítica, estructural y de regulación. Las funciones catalíticas se activan cuando las enzimas adecuadas entran en funcionamiento, al menos 300 enzimas involucradas en la canalización necesitan zinc para su actividad metabólica “metaloenzimas” (Prasad, 1996). Un ejemplo para la función estructural “metaloproteínas” es la enzima citosólica superóxido dismutasa tipo (CuZn), donde el cobre actúa como catalizador mientras el zinc ejerce funciones estructurales, esta comúnmente relacionado a uno de los antioxidantes más fuertes evitando el daño a los tejidos y folículos pilosos (Torres, 2004). Por otro lado, las células de regulación, mantenimiento o inmunológicas, van a verse afectadas a medida que la disponibilidad de zinc sea limitada, esto afectará la división celular y por efecto la recuperación de tejidos del organismo disminuirá (Tabla 3).

Tabla 3*Requerimientos de zinc en diferentes edades (mg/día)*

Edad	Genero	Ingesta dietética recomendada (mg/día)		Límites superiores de la ingesta (mg/día)
		Dieta mixta o vegetariana refinada	Dieta no refinada basada en cereales	
6-11 meses	M/F	4	5	6
1-3 años	M/F	3	3	8
4-8 años	M/F	4	5	14
9-13 años	M/F	6	9	26
14-18 años	M	10	14	44
14-18 años	F	9	11	39
Embarazada	F	11	15	39
Nodriz	F	10	11	39
≥ 19 años	M	13	19	40
≥ 19 años	F	8	9	40
Embarazada	F	10	13	40
Nodriz	F	9	10	40

Nota. Ingesta dietética recomendada y límites superiores de ingesta para zinc por edad, género y tipo de dieta. Recuperado de (López, 2009).

Sulfato de zinc

Es un fertilizante en polvo soluble, tiene como fuente principal el Azufre (S) y Zinc (Zn), es bien asimilado para las plantas así que es comúnmente usado para bio fortificación agronómica (Boccio y Monteiro, 2004). Según Gibson *et al.* (2000) el sulfato de zinc tiene la capacidad de cambiar niveles organolépticos de los alimentos al usar dosis elevadas.

Suero de leche o lactosuero

Es la fracción líquida resultante de la coagulación de leche al momento de la fabricación de quesos y mantequilla. Por cada 100 kg de leche para producir queso, el 90% se convierte en suero de leche, este tiene alta cantidad de nutrientes de la leche original (Tabla 4) (Wit, 1998).

Tabla 4*Composición general del suero y distribución proteica*

Componente	Observación
Lactosa	Posee el 95% de lactosa de leche, en una proporción de (4.5-5 % p-v). 46-52 g/l en lactosuero dulce y 44-46 g/l en lactosuero ácido.
Proteína	En una proporción de (0.8-1 % p-v). Corresponde alrededor del 25% del suero de leche original. Alto contenido de aminoácidos (leucina, isoleucina, lisina, valina) vs proteína de referencia, caseína proteína de soya y proteína humana.
Lípidos	0.5-0.8% de la materia grasa de la leche. 30% del total del contenido proteico.
A- Lactoalbúmina	Junto con la β -Lactoglobulina tienen propiedades emulsionantes e interactúa correctamente con el retinol y ácidos grasos.
B- Lactoglobulina	Representa aproximadamente la mitad de las proteínas totales del lactosuero.
Vitaminas	Tiamina 0.38mg/l; Riboflavina 1.2mg/ml; Acido nicotínico 0.85mg/ml, Acido Pantoténico 3.4 mg/ml; Piridoxina 0.42 mg/ml; Cobalamina 0.03 mg/ml; Acido ascórbico 2.2 mg/ml
Minerales	8-10% del extracto seco. Calcio (0.4-0.6 g/l en lacto suero dulce y 1.2-1.6 g/l en lactosuero ácido), potasio, sodio, magnesio, fosforo.

Nota. Adaptado de (Bauman *et al.*, 2006; Herrera, 2019; Walzem *et al.*, 2002; Wit, 1998).

Tipos de lactosuero

Existen varios tipos de sueros, esto va a depender de como sea la eliminación o coagulación de la caseína es decir el tipo de producto que se esté realizando. En cualquiera de los dos tipos de sueros obtenidos, Liu *et al.* (2005) menciona que, por cada 1 kg de queso, se originan 9 kg de lactosuero, es decir cerca del 80-90% del volumen total de la leche, además contiene el 55-60% de sus nutrientes.

- **Lactosuero dulce:** Está basado en la coagulación de enzimas específicamente por la renina con un pH de 6,5 así que es el más empleado en la industria alimenticia (Tabla 5) (Parra, 2009).

- **Lacto suero ácido:** Resulta de la adición o fermentación de ácidos orgánicos para coagular la caseína, por ejemplo, en la elaboración de quesos frescos (Jelen, 2002). Los sueros ácidos en comparación con lactosueros dulces presentan menor contenido de lactosa y más de sales minerales (Veisseyre, 1988). Sin embargo, la mayor diferencia entre los dos es la concentración de calcio. El suero dulce casi no contiene calcio (0,6 % a 0,7 %), ya que se almacena principalmente en la cuajada como para caseinato de calcio, mientras que el suero ácido (1,8 % a 1,9 % de calcio) forma quelatos como lactatos cálcicos (Jelen, 2002).

Tabla 5

Composición del lactosuero dulce y ácido

Componente (g/l)	Lactosuero dulce	Lactosuero ácido
Sólidos totales	63-70	63-70
Lactosa	46-52	44-46
Grasa	0-5	0-5
Proteína	6-10	6-8
Calcio	0.4-0.6	1.2-1.6
Fosforo	0.4-0.7	0.5-0.8
Potasio	1.4-0.7	1.4-0.6
Cloruros	2-2.2	2-2.2
Ácido Láctico %	0.05	0.05

Nota. Adaptado de (Fernández, 2016; Morán y García, 2018; Sharma y Chauhan, 2018).

Contaminación que produce el suero de leche

La mayoría de lactosuero obtenida de industrias lecheras o incluso pequeños productores muchas veces es destinado para alimentación animal cuando hay la oportunidad, cuando esta no es una opción muchas veces es desechada directamente a ríos, lagos, arroyos y quebradas, contaminando el agua por la alta cantidad de materia orgánica y su facilidad fermentativa de microorganismos. Se han propuesto varias alternativas para mitigar este

problema de contaminación, uno de los más usados es el procesamiento de alimentos enfocados más en la proteína animal que posee el lactosuero (Sinha *et al.*, 2007).

Importancia del suero de leche para el consumo humano

El consumo de lactosuero en las dietas ha traído varios beneficios. Según Cribb (2005) menciona que el lactosuero aporta los aminoácidos esenciales para el funcionamiento del cuerpo humano ya que son absorbidos con facilidad, además de que el lactosuero está reconocido por la OMS como alta fuente proteica. El suero de leche también regula el apetito y estimula la movilidad intestinal ayudando a bajar de peso a personas quien lo necesiten (Guel *et al.*, 2018).

Bebida a base de suero de leche

Varios estudios demostraron que la utilización de suero de leche es una opción viable para la reducción de impacto ambiental que esta genera aparte de ser una alternativa alimenticia para mujeres gestantes, niños y jóvenes, ya que es rico en proteínas y nutrientes originarios de la leche (Brito *et al.*, 2015; García, 2022; Morales *et al.*, 2016; Rodríguez *et al.*, 2020).

Factores influyentes en la vida útil de un alimento

Los factores que afectan la vida útil de un producto alimenticio incluyen el tipo de materia prima, la composición del producto, el proceso utilizado en la elaboración de dicho producto, las condiciones higiénicas del proceso, el empaque, almacenamiento y distribución, así como los hábitos de consumo (Carrillo y Reyes, 2013).

Algunas de las formas en las que se puede determinar la vida útil de un producto es la coloración a través del tiempo, grados de azúcar, degustaciones, e inclusive el pH, ya que los microorganismos son capaces de crecer en ambientes con diferente pH, razón por la que pueden encontrar en un alimento condiciones favorables para su desarrollo y descomponerlo o usarlo como vehículo para causar enfermedad en el consumidor (Carrillo y Reyes, 2013).

Liofilizador

La liofilización es un proceso de estabilización en cual la materia prima es congelada concentrando el agua y reduciéndolo mediante sublimación y desorción, es decir es una forma de desecado en frio, que sirve para conservar los materiales biológicos sin daño alguno, donde el producto se conserva con muy bajo contenido de agua y a temperatura ambiente, manteniendo estables todas sus propiedades nutricionales al rehidratarse (Ramírez, 2006).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA

Ubicación del lugar del proyecto

El proyecto fue realizado principalmente en los laboratorios de “Fisiología Vegetal” a 21°C y Área de “Conservación y Posrecolección” a 15°C de la Carrera de ingeniería Agropecuaria IASA I perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicada en la Hacienda “El Prado”, Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha (Figura 2).

Figura 2

Visión satelital de la Hacienda “El Prado” IASA I



Nota. Esta figura indica la ubicación satelital de los laboratorios utilizados: Agrobiotecnología, Fisiología vegetal, Laboratorio de suelos, y Conservación y Posrecolección. (Google Earth, 2023).

Metodología

Obtención de la materia prima, esterilización y limpieza de materiales

Se adquirió 5 kg de arveja seca amarilla, lisa, y mediana sin ningún tipo de agroquímico, pulpa 100% natural sabor a piña, y azúcar, el suero de leche dulce fue recolectado de la misma planta de alimentos de la hacienda “El Prado” donde realizan procesamiento de quesos mozzarella.

Tanto el agua destilada como botellas de vidrio, pinzas de metal, telas de seda y todos los objetos aptos para introducir en el auto clave, fueron esterilizados (121 °C; 1 atm; 30 minutos), los objetos de plástico fueron lavados y esterilizados bajo luz UV (15 Minutos) para mantener la inocuidad del experimento.

Fase 1: Germinación de semillas de arveja (*Pisum sativum*) bio fortificadas con zinc

Preparación de la semilla

Las semillas fueron escogidas cuidadosamente desechando las que se encontraban en mal estado en cuanto color, forma, y tamaño, las semillas se lavaron durante 7 minutos en inmersión con NaClO (Hipoclorito de sodio), a una concentración del 0.8%, seguido de eso se enjuagaron y se escurrieron varias veces con agua destilada y estéril en tiempos de 1 minuto – 3 minutos y 3 minutos para eliminar lo que pueda quedar de NaClO.

Para activar el desarrollo de las semillas secas e incrementar las dosis de tratamientos de sulfato de zinc, se mantuvo en remojo 24 horas donde se añadió la cantidad adecuada de sulfato de zinc para cada tratamiento y las semillas aumentaron de tamaño casi el doble de su peso original (Rojano, 2006; Salas *et al.*, 2018).

Para la dosificación de cada tratamiento se calculó la concentración de sulfato de zinc para (0, 25, 50, 75, 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) (Tabla 6). Las semillas de concentración 0 $\mu\text{mol. L}^{-1}$ fueron remojadas con agua destilada estéril por 24 horas sin ningún adiciónamiento de sulfato de zinc, al día siguiente se drenó el exceso de agua de todos los tratamientos y se las colocó en 4 recipientes diferentes limpios y etiquetados (tratamiento, peso inicial, y fecha), se sellaron con tela de seda y ligas que permita el paso de oxígeno y no pierda la humedad, por último se las colocó en la incubadora a 22°C en completa oscuridad durante 10 días con un riego cada 24 horas hasta que finalice el proceso de germinación y empiece el crecimiento del epicótilo (Figura 3) (Pita y Pérez, 1998) .

Tabla 6

Dosificación para cada tratamiento

Tratamiento	Concentración de Zn ($\mu\text{mol. L}^{-1}$)	Sulfato de Zinc (mg/250ml)
T0	0	0
T1	25	1.79
T2	50	3.59
T3	75	5.38
T4	100	7.17

Nota. Descripción de la dosificación de zinc asignada para cada tratamiento a evaluar. Autoría propia.

Figura 3

Preparación de semillas de arveja



Nota. A. Semillas de arveja orgánicas, B. Separación y desinfección de semillas, C. Sulfato de Zinc utilizado para la bio fortificación, D. Germinación en incubadora. Autoría propia.

Diseño experimental

Para las variables agronómicas a evaluar y las concentraciones de zinc asignadas se realizó un análisis de la varianza bajo un DCA con 4 repeticiones (Figura 4), y una prueba de comparación de medias utilizando el test de Duncan, donde se evaluó: porcentaje de germinación, longitud del germinado y rendimiento biológico de la germinación y del liofilizador.

El modelo matemático utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + Z_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

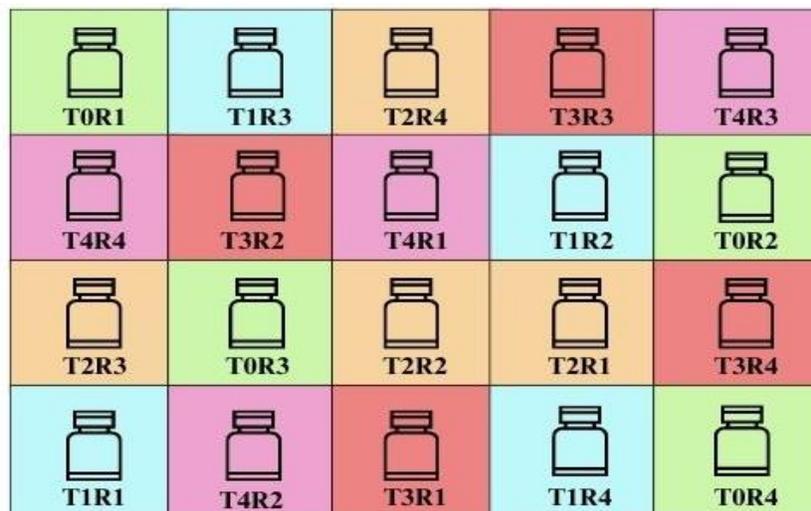
μ = Media general

Z_i = Efecto de la i -ésima concentración de zinc

ε_{ij} = Error experimental

Figura 4

*Disposición de los tratamientos para la bio fortificación de germinados de alverja (*Pisum sativum*) en diferentes dosis de zinc.*



Nota. T0 (0 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T1 (25 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T2 (50 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T3 (75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T4 (100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) con 4 repeticiones cada tratamiento. Autoría propia.

VARIABLES AGRONÓMICAS EVALUADAS

Para variables a evaluar se tomaron en cuenta: porcentaje de germinación, largo de la radícula, rendimiento biológico de los germinados, rendimiento biológico del liofilizador.

Pruebas de germinación

Al cabo de los 10 días de germinación de todos los tratamientos, se tomaron 100 semillas aleatorias de cada una de las repeticiones y fueron colocadas en bandejas de plástico para sacar un porcentaje de germinación estimada (Figura 5). Se utilizó la ecuación descrita por Wei *et al.* (2012). Para que una semilla entre en el parámetro de germinación” necesita que la radícula sea mayor a 0,5 cm.

$$\text{Porcentaje de germinación \%} = \left(\frac{\# \text{ de semillas germinadas}}{\text{total de semillas}} \right) * 100$$

Figura 5

Pruebas de germinación de semillas de arveja



Nota. 100 semillas de arveja tomadas aleatoriamente para las pruebas de germinación. Autoría propia.

LARGO DE LA RADÍCULA

Después de calcular el porcentaje de germinación se procedió a desechar las semillas de alverja no germinadas o contaminadas, para así tomar 5 semillas con la raíz completa de

cada unidad experimental. La medición se realizó con hojas de papel milimétrico, desde donde empieza el hipocótilo hasta la parte final de la raíz.

Rendimiento biológico de los germinados

Zou *et al.* (2014) describe que el rendimiento biológico y viene dado por la siguiente ecuación

$$\text{Rendimiento biológico \%} = \left(\frac{Fw}{M} \right) * 100$$

Donde:

Fw: Peso de las semillas después de los 10 días de germinación.

M: Peso del total de semillas antes de germinar (Semillas secas).

Crio congelación

Las semillas germinadas de cada tratamiento y repetición fueron empacadas y etiquetadas en fundas ziploc para ser llevadas al laboratorio de “Agrobiotecnología” donde se las conservo en el crio congelador a -80°C hasta ser trasladadas a la planta de “post recolección y conservación de alimentos” donde se encuentra el liofilizador que trabajo con cada muestra colocada de 12-18 horas a -25°C y a una presión de 20 pulg Hg.

Rendimiento biológico del liofilizador

Utilizando la misma ecuación descrita por Zou *et al.* (2014):

$$\text{Rendimiento de liofilización \%} = \left(\frac{Fw}{M} \right) * 100$$

Donde:

Fw: Peso final de las semillas secas, al salir del liofilizador

M: Peso fresco del total de semillas de germinadas (descartando impurezas).

Figura 6

Proceso de liofilización



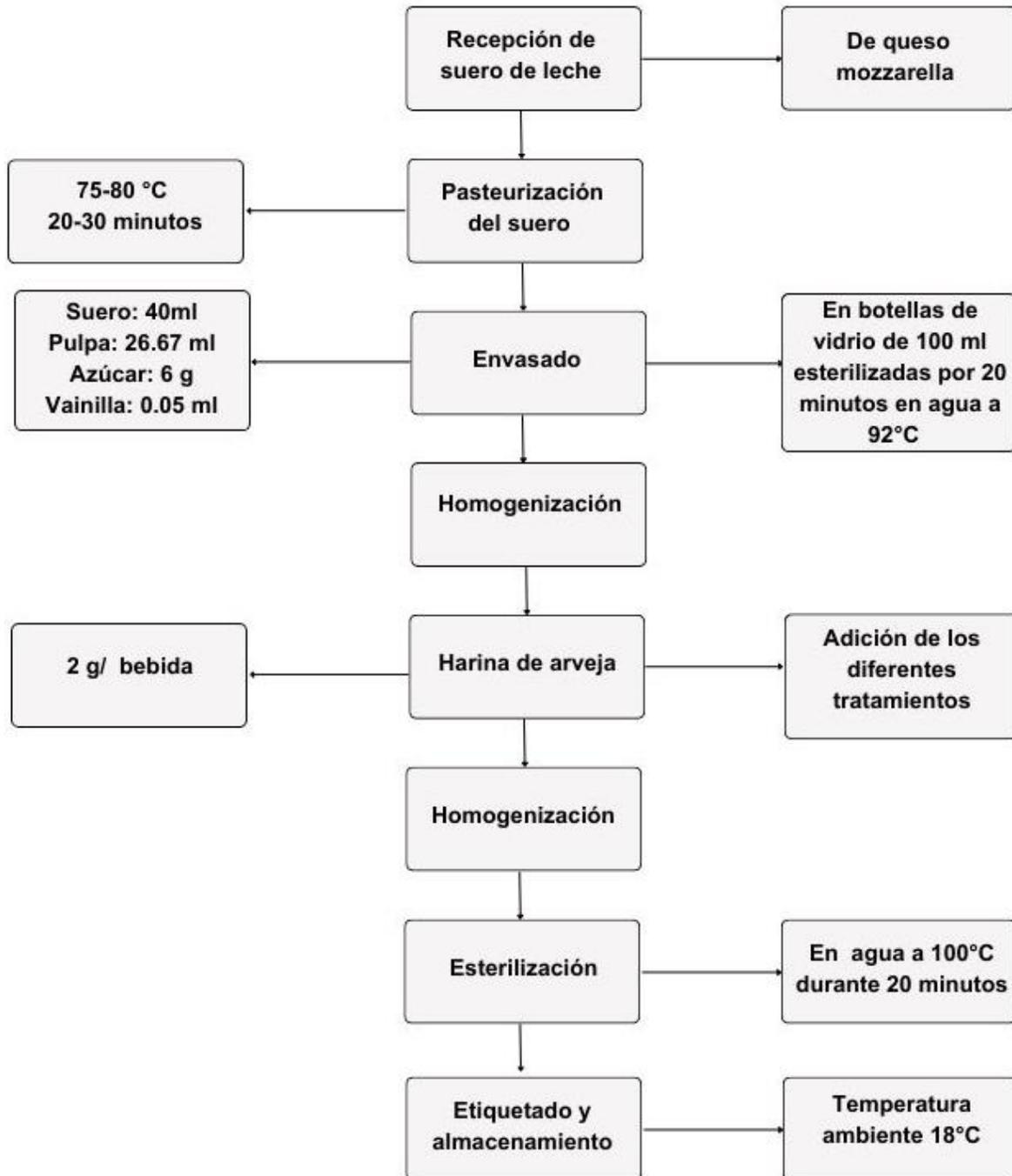
Nota. Liofilizador semi industrial utilizado para la deshidratación de germinados de arveja. Autoría propia.

Fase 2: Preparación de bebida a base de suero de leche con alverja liofilizada y bio fortificada de zinc

La bebida fue preparada en 20 botellas de vidrio estériles de 100ml/cd u donde la disposición del experimento se muestra en la (Figura 7).

Figura 7

Diagrama de flujo para preparación de la bebida



Nota. La figura representa el proceso para la elaboración de la bebida a base de suero de leche y harina de arveja fortificada. Autoría propia.

Diseño experimental

Para las variables a evaluar se realizó un análisis de la varianza bajo un DCA con 4 repeticiones, una prueba de comparación de medias utilizando el test de Duncan, donde se evaluó: Cantidad de ° Brix, pH, evaluación sensorial, contenido de zinc, ácido fítico y relación AF: Zn, el modelo matemático utilizado fue

$$Y_{ij} = \mu + Z_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

Z_i = Efecto de la i-ésima concentración de zinc

ε_{ij} = Error experimental

Variables a evaluar

Para variables a evaluar se tomaron en cuenta: Pruebas de estantería (° Brix, pH, y evaluación sensorial) contenido de zinc, ácido fítico y relación AF: Zn.

Pruebas de estantería

Las pruebas de estantería se las realizo a los 0 días, 2 días, 7 días, y 21 días donde se tomaron datos del potencial hidrogeno, grados Brix, y pruebas sensoriales, que son variables que ayudan a detectar la caducidad de un producto.

Potencial hidrogeno

Para medir el potencial de hidrógeno se utilizó un pH metro digital portátil y se tomó los datos conjuntamente con los grados Brix. Esta prueba se la realizo todos los días que hubo la evaluación sensorial.

Grados Brix

Para el control de la fermentación se midió los °Brix diariamente con un Brixómetro que mide la cantidad de azucares de un líquido, según Carrillo y Reyes, (2013) los ingredientes y

aditivos que contenga un producto afectan directamente la expiración del alimento en este caso el azúcar lo que reduce la actividad de agua y restringe el número de reacción indeseables en el alimento.

Evaluación sensorial

Se realizó el análisis sensorial de la bebida para determinar el nivel de aceptación de los 5 tratamientos en cuatro tiempos diferentes. Se selecciono un grupo de 5 catadores semi entrenados quienes evaluaron las características sensoriales por medio de encuestas que fueron realizadas con códigos al azar para no afectar los resultados (Tabla 7).

Tabla 7

Códigos para cada tratamiento de bebida y su día correspondiente

Tratamiento	0 días	2 días	7 días	21 días
T0: 0 μ mol. L ⁻¹	777491	1869994	2986390	1783874
T1: 25 μ mol. L ⁻¹	847247	1752822	3979588	2287116
T2: 50 μ mol. L ⁻¹	551542	2204102	1405157	389882
T3: 75 μ mol. L ⁻¹	419579	478296	639745	915369
T4: 100 μ mol. L ⁻¹	1877624	3786167	548164	3131919

Nota. Los códigos fueron realizados con el uso de una tabla de números aleatorios. Autoría propia.

Cada catador tuvo una muestra de 20 ml de cada tratamiento codificado, donde se evaluó aroma, sabor, aspecto, color y consistencia en escalas del 1-10, donde: 1 es desagradable y 10 muy agradable.

Contenido de zinc

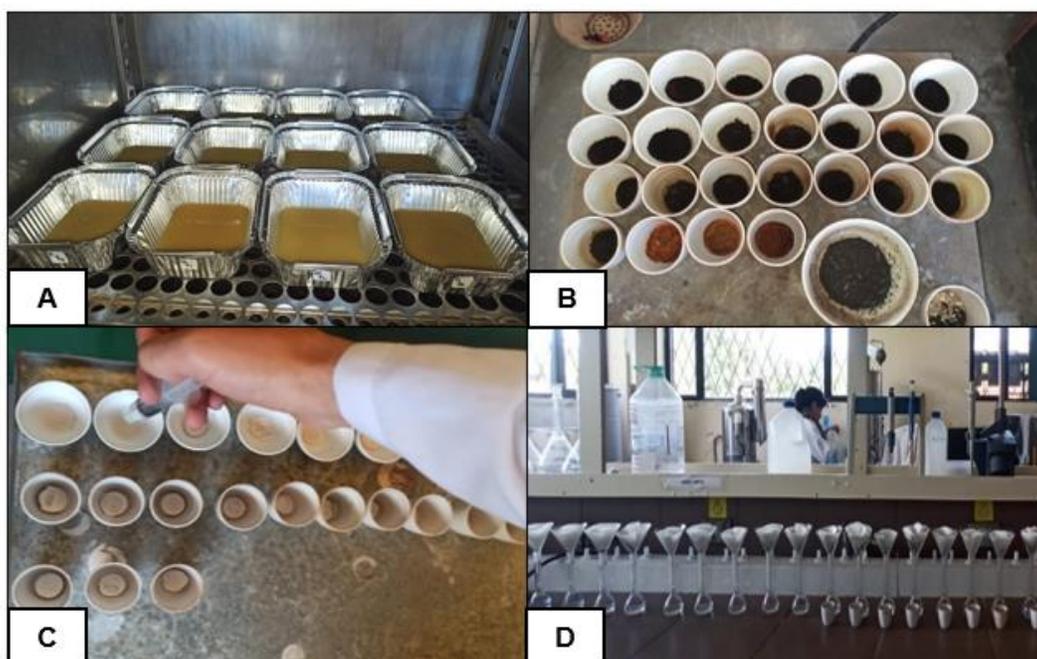
El zinc se midió en la bebida terminada, donde se secaron las muestras en la estufa por 12horas y se calcinó a 500°C por 4 horas en crisoles de porcelana, se colocó 2ml de agua desionizada cuidadosamente en el crisol para humedecer la ceniza, posteriormente se añadió 10 ml de ácido clorhídrico 2N para colocar en la plancha de calentamiento hasta ebullición, se

dejó enfriar unos minutos y se procedió a filtrar con papel Whatman número 1 recibiendo el depurado en un balón de 50 ml para aforar con agua destilada.

Para la determinación de Zinc se utilizó un Kit de "Prueba para zinc HI3854 "marca HANNA, es un kit de prueba química colorimétrica que determina la concentración de zinc en muestras dentro de un rango de 0,0 a 3,0 mg/L (ppm) (Figura 8).

Figura 8

Preparación de muestras de zinc

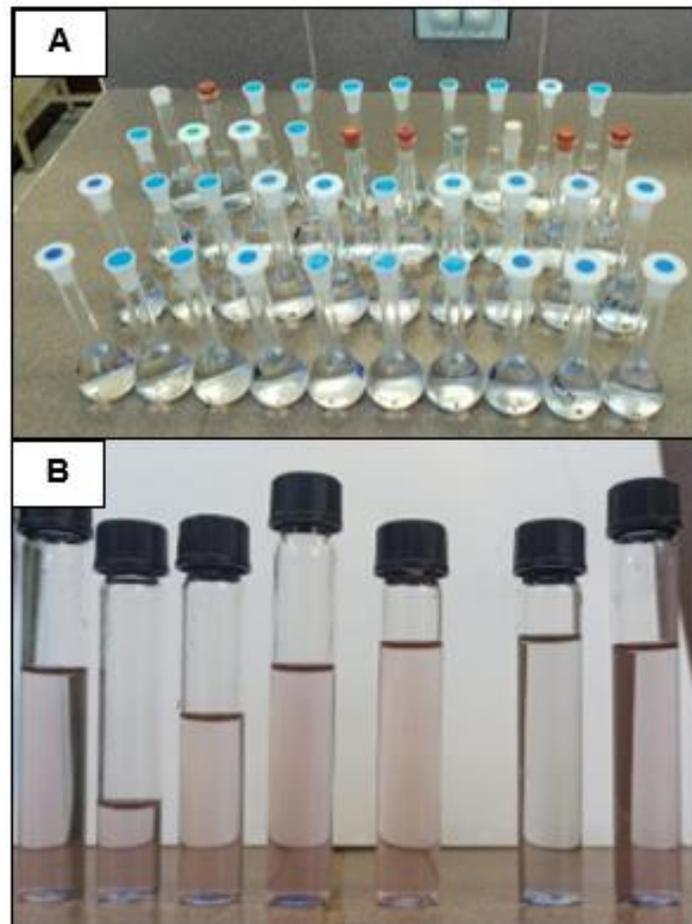


Nota. A. Secado de bebida en estufa por 12 horas B. Cenizas a 500°C por 4 horas C. 10 ml de ácido clorhídrico D. Filtración en balones de 50 ml. Autoría propia.

Para el uso del kit HI3854 se procedió a llenar un vaso de precipitación con 20 ml de la muestra previamente preparada y se añadió 1 sobre de reactivo o HI 3854A-0 hasta disolverlo completamente, de esta mezcla se tomó 10 ml y se la coloco en un tubo de ensayo para aplicar 0.5 ml del reactivo o HI 93731B-0 y mezclarlo por 15 segundos, luego se esperó 3 minutos y 30 segundos para que se desarrolle el color (Figura 9) que se leyó en el espectrofotómetro a 580 nm para una mejor precisión (Lenore *et al.*, 1996).

Figura 9

Concentración y lectura de zinc



Nota. A. Muestras de zinc preparadas de cada tratamiento B. Contenido de zinc obtenido por colorimetría del kit Hanna. Autoría propia.

Contenido de ácido fítico

Con el liofilizado de arveja ya preparado y tamizado, se extrajo 2 gramos de cada tratamiento y se mezcló con 50 ml de ácido clorhídrico (HCL) al 2% en matraces de 125 ml y se colocaron en una agitadora con incubadora incluida a 125 RPM con una temperatura de 21,7 °C durante tres horas. Posteriormente se filtró las muestras con papel Whatman número 1 para mezclarlo con 2.5ml de reactivo (Tiocianato de amonio al 3%) y aforarlo con agua destilada. Se realizó la titulación con cloruro férrico a 1.95 mg/ml de concentración, se añadió y se agito a la

mezcla para obtener una coloración amarillenta (Figura 10). Para el cálculo de la concentración de ácido fítico de utilizo la ecuación propuesta por Abulude (2004) :

$$\text{Fitato de fosforo } \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \text{Valor de la titulacion} * 1.95$$

$$\text{Fitato } \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \text{Fitato de fosforo } \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) * 3.55$$

Figura 10

Determinación de ácido fítico



Nota. Titulación con cloruro férrico a 1.95 mg/ml de concentración para cada tratamiento. Autoría propia.

Relación ácido fítico: zinc

Para evaluar la biodisponibilidad de zinc en el estudio se realizó la siguiente ecuación mediante la relación molar ácido fítico: zinc y los resultados fueron relacionados con la (Tabla 2) (Wei et al., 2012).

$$AF:Zn = \frac{\text{mmol AF}}{\text{mmol Zn}}$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Porcentaje de germinación

Los tratamientos con mayor porcentaje de germinación que no difieren entre si son: T4 (100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T3 (75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T2 (50 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), y T1 (25 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), con ($F_{4-15}= 15.42$; $p<0.0001$) (Tabla 8).

Tabla 8

Medias y error estándar del porcentaje de germinación

Tratamiento	Germinación (%)
T0: 0 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	91,25 \pm 0,55 a
T1: 25 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	95,25 \pm 0,55 b
T2: 50 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	95,75 \pm 0,55 b
T3: 75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	96,25 \pm 0,55 b
T4: 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	96,50 \pm 0,55 b

Nota. Prueba de comparación de medias de Duncan, las medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Autoría propia.

Longitud de radícula

La longitud radicular de cada tratamiento que presento diferencias significativas más altas fue T3 (75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) y T1 (25 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) que, aunque no difieren entre sí, son diferentes entre el tratamiento testigo T2 (50 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) y T4 (100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), con ($F_{4-15}= 7.97$; $p<0.0012$) (Tabla 9) (Figura 12).

Tabla 9

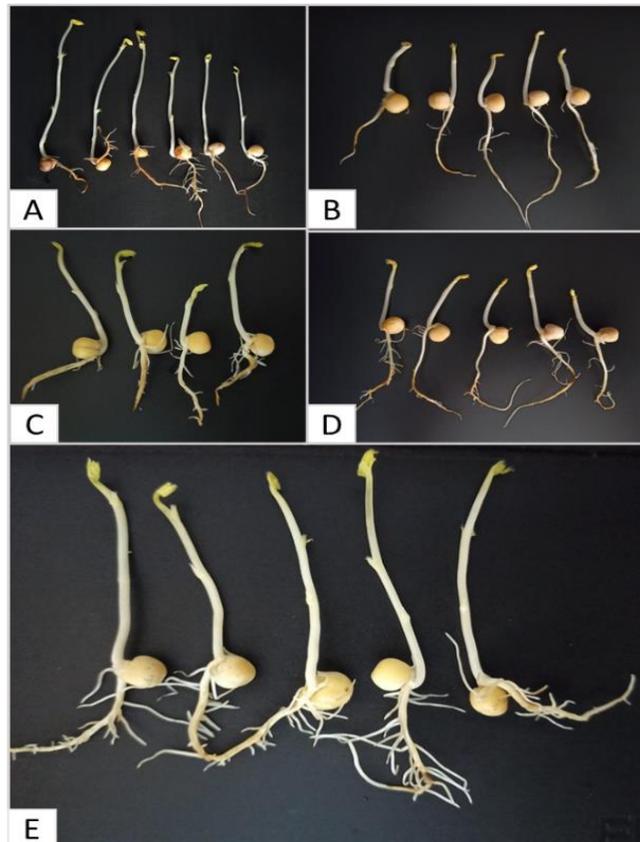
Medias y error estándar de la longitud radicular

Tratamiento	Longitud radicular (cm)
T0: 0 μ mol. L ⁻¹	4,13 \pm 0,35 a
T1: 25 μ mol. L ⁻¹	6,30 \pm 0,35 b
T2: 50 μ mol. L ⁻¹	4,85 \pm 0,35 a
T3: 75 μ mol. L ⁻¹	6,33 \pm 0,35 b
T4: 100 μ mol. L ⁻¹	4,78 \pm 0,35 a

Nota. Prueba de comparación de medias con el test de Duncan, las medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Autoría propia.

Figura 11

Longitud radicular de germinados de arveja (Pisum sativum)



Nota. A. T0 (0 μ mol. L⁻¹), B. T1 (25 μ mol. L⁻¹), C. T2 (50 μ mol. L⁻¹). D. T3 (75 μ mol. L⁻¹), E. T4 (100 μ mol. L⁻¹). Autoría propia.

Rendimiento de germinación

En cuanto al rendimiento germinativo, el tratamiento que presento diferencia significativa más alta fue T1 (25 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) con una media de 240 % con ($F_{4-15} = 304.46$; $p < 0.0001$) (Tabla 10).

Tabla 10

Medias y error estándar del rendimiento biológico de germinación

Tratamiento	Rendimiento biológico (%)
T0: 0 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	211 \pm 4.38 c
T1: 25 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	240 \pm 4.38 d
T2: 50 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	193.82 \pm 4.38 b
T3: 75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	121.50 \pm 4.38 a
T4: 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	218.19 \pm 4.38 c

Nota. Prueba de comparación de medias de Duncan, las medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Autoría propia.

Rendimiento de la criodesecación

En cuanto al rendimiento del liofilizador, el tratamiento que presento diferencia significativa más alta fue T0 (0 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), con una media de 35.32% a diferencia del T3 (75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), con 30,63% con ($F_{4-15} = 16.11$; $p < 0.0001$) el resto de resultados se pueden observar en la (Tabla 11).

Tabla 11*Medias y error estándar del rendimiento del liofilizador*

Tratamiento	Rendimiento liofilizador (%)
T0: 0 μ mol. L ⁻¹	35,32 \pm 0,44 c
T1: 25 μ mol. L ⁻¹	32,83 \pm 0,44 b
T2: 50 μ mol. L ⁻¹	34,25 \pm 0,44 c
T3: 75 μ mol. L ⁻¹	30,63 \pm 0,44 a
T4: 100 μ mol. L ⁻¹	32,71 \pm 0,44 b

Nota. Prueba de comparación de medias de Duncan, las medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Autoría propia.

Contenido de ácido fítico

El contenido de ácido fítico que se presenta en menor cantidad, es del tratamiento T2 (50 μ mol. L⁻¹ y T4 (100 μ mol. L⁻¹) ambos con valores de 2.08 (mg/100g) (Tabla 12).

Tabla 12*Ácido fítico (mg/ 100g)*

Tratamiento	Fitato (mg/100g)
T0: 0 μ mol. L ⁻¹	4,85
T1: 25 μ mol. L ⁻¹	2,77
T2: 50 μ mol. L ⁻¹	2,08
T3: 75 μ mol. L ⁻¹	4,15
T4: 100 μ mol. L ⁻¹	2,08

Nota. Resultados del ácido fítico para cada tratamiento. Autoría propia.

Contenido de zinc

El contenido de zinc no presento diferencias significativas entre cada tratamiento con la prueba de Duncan, pero presento una media mayor en el tratamiento T3 (75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) como indica la (Tabla 13) (Figura 12).

Tabla 13

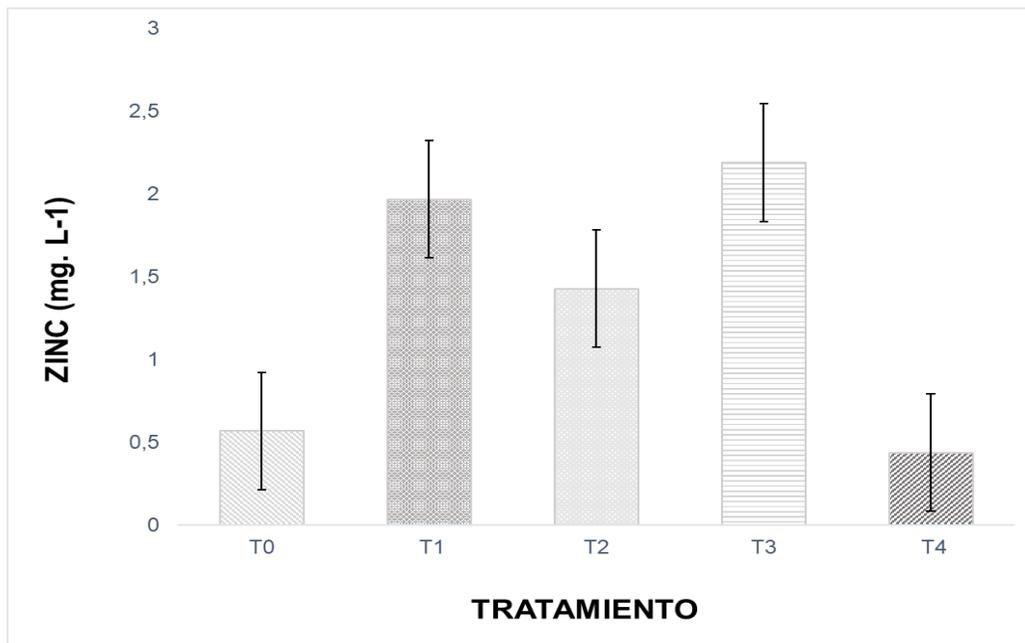
Contenido de zinc (mg/l)

Tratamiento	Zinc (mg/l)
T0: 0 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	0,57
T1: 25 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	1,97
T2: 50 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	1,43
T3: 75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	2,19
T4: 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$	0,44

Nota. Autoría propia.

Figura 12

Contenido de zinc (mg/l)



Nota. Contenido de zinc evaluado en la bebida final. Donde T0 (0 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T1 (25 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T2 (50 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T3 (75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T4 (100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$). Autoría propia.

Biodisponibilidad de zinc

La relación Acido fítico: Zinc expresada en moles tuvo más disponibilidad en el tratamiento T1 ($25\mu\text{mol. L}^{-1}$) y T2 ($50\mu\text{mol. L}^{-1}$) como se indica en la (Tabla 14) y la (Figura 13), estos resultados serán analizados en base a la (Tabla 2) donde indica que la disponibilidad de estos dos tratamientos es mayor al 50%.

Tabla 14

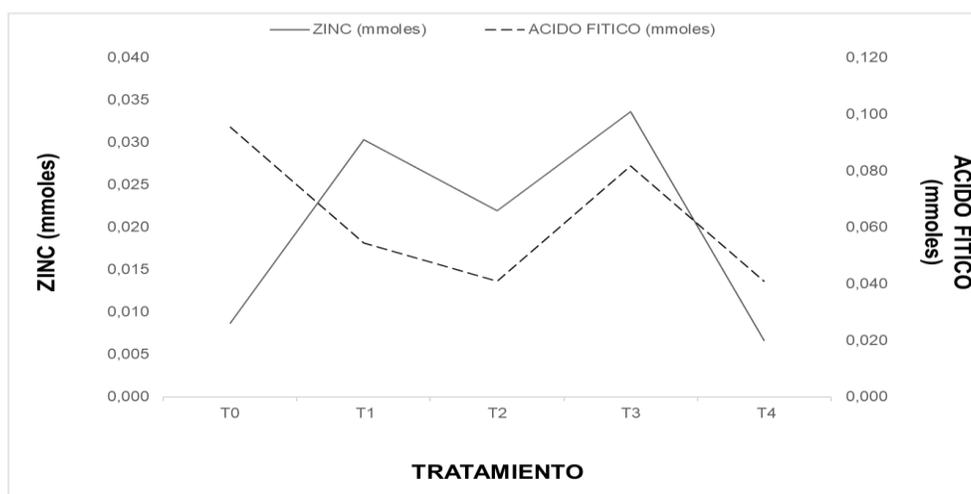
Relación Ácido Fítico: Zinc

Tratamiento	AF (mmol): Zn (mmol)	Biodisponibilidad de Zinc (%)
T0: $0\mu\text{mol. L}^{-1}$	10,948	30
T1: $25\mu\text{mol. L}^{-1}$	1,796	>50
T2: $50\mu\text{mol. L}^{-1}$	1,863	>50
T3: $75\mu\text{mol. L}^{-1}$	2,432	>50
T4: $100\mu\text{mol. L}^{-1}$	6,111	30

Nota. La tabla indica la biodisponibilidad de zinc en relación con el ácido fítico. Autoría propia.

Figura 13

Relación molar Ácido fítico: Zinc de arveja (Pisum sativum) bajo 5 dosis diferentes de zinc



Nota. Relación de la cantidad de zinc (mg.kg^{-1}) y ácido fítico (ml.100g^{-1}), en una relación molar AF: Zn, donde T0 ($0\mu\text{mol. L}^{-1}$), T1 ($25\mu\text{mol. L}^{-1}$), T2 ($50\mu\text{mol. L}^{-1}$), T3 ($75\mu\text{mol. L}^{-1}$), T4 ($100\mu\text{mol. L}^{-1}$). Autoría propia.

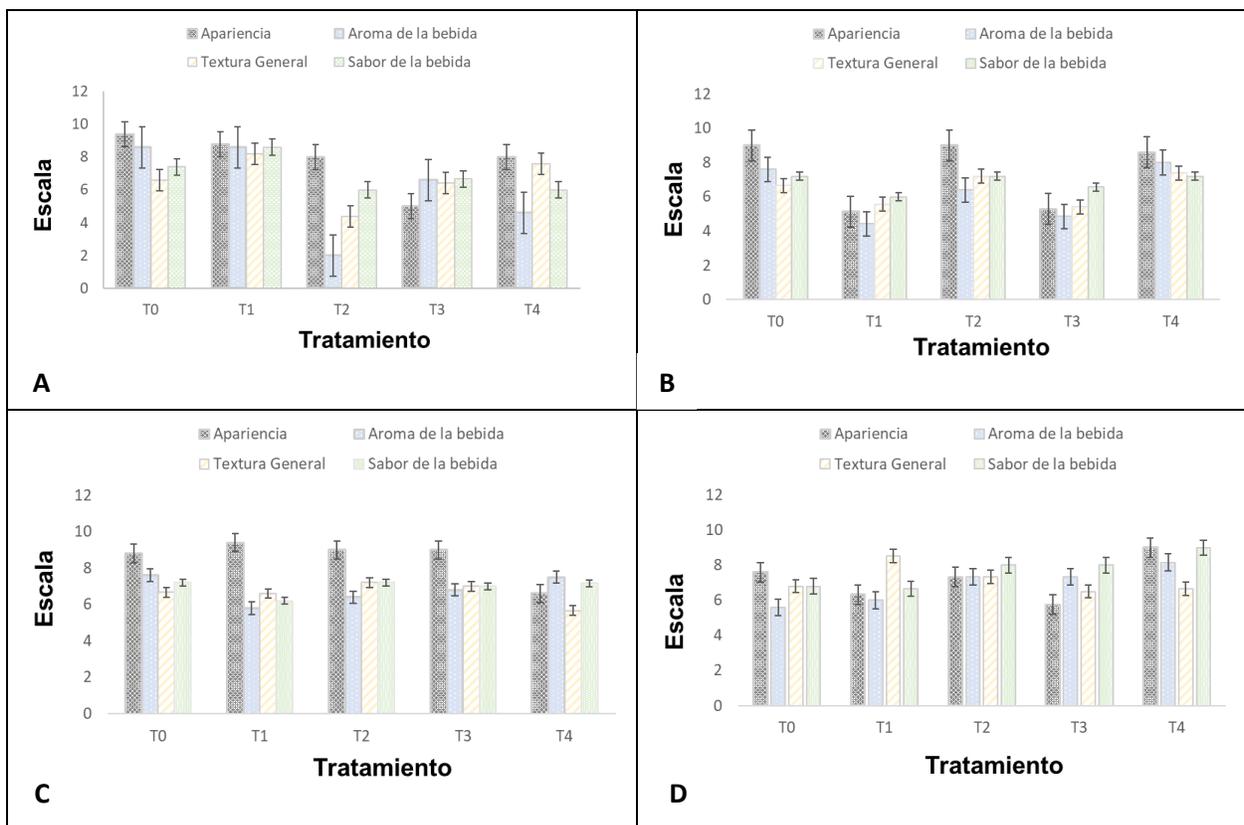
Pruebas sensoriales

Con el promedio de los resultados a lo largo de 21 días se obtuvo que el tratamiento T1 (25µmol. L⁻¹) en el día cero fue el más aceptado por los evaluadores con un resultado promedio entre apariencia, consistencia, sabor y aroma de 8.55/10, seguido por el tratamiento T4 (100 µmol. L⁻¹) en día cero con un resultado de 8.21/10 (Figura 14).

En el caso individual del sabor de la bebida, el tratamiento con mejor aceptación fue T4 (100 µmol. L⁻¹) con un promedio desde el día 0 hasta el día 21 de 7.34/10, seguido del tratamiento T3 (75 µmol. L⁻¹) con una calificación de 7.05/10 (Figura 15).

Figura 14

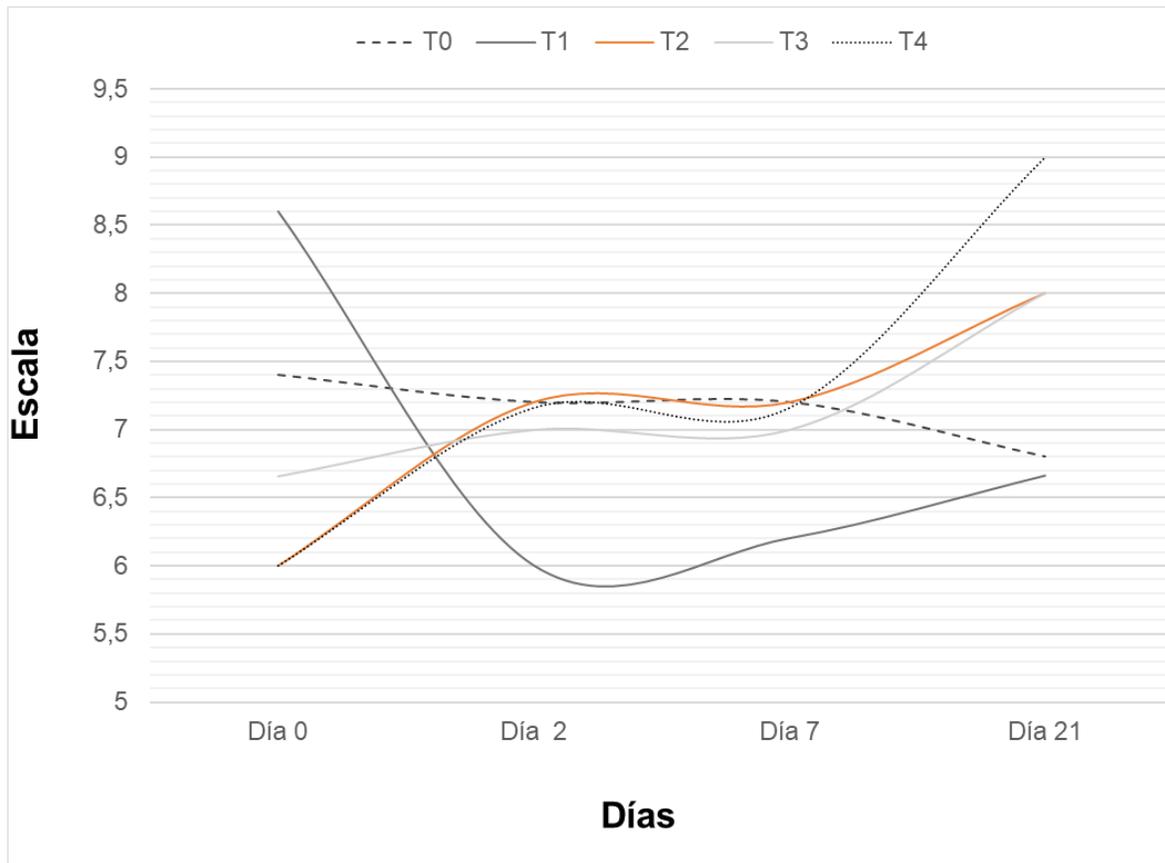
Resultados sensoriales de la bebida bio fortificada bajo 5 dosis diferentes de zinc



Nota. Resultados sensoriales (Apariencia, textura o consistencia, Aroma, y Sabor) calificados en una escala del 1-10 donde 1 es Desagradable y 10 es Agradable A: Resultados sensoriales en el día cero B: Resultados sensoriales en el día 2, C: Resultados sensoriales en el día 7 y D: Resultados sensoriales en el día 21. Donde T0 (0µmol. L⁻¹), T1 (25µmol. L⁻¹), T2 (50 µmol. L⁻¹), T3 (75 µmol. L⁻¹), T4 (100µmol. L⁻¹). Autoría propia.

Figura 15

Pruebas de sabor a través del tiempo



Nota. Resultados sensoriales de sabor de la bebida a lo largo de 21 días, donde T0 ($0\mu\text{mol. L}^{-1}$), T1 ($25\mu\text{mol. L}^{-1}$), T2 ($50\mu\text{mol. L}^{-1}$), T3 ($75\mu\text{mol. L}^{-1}$), T4 ($100\mu\text{mol. L}^{-1}$). Autoría propia.

Grados Brix

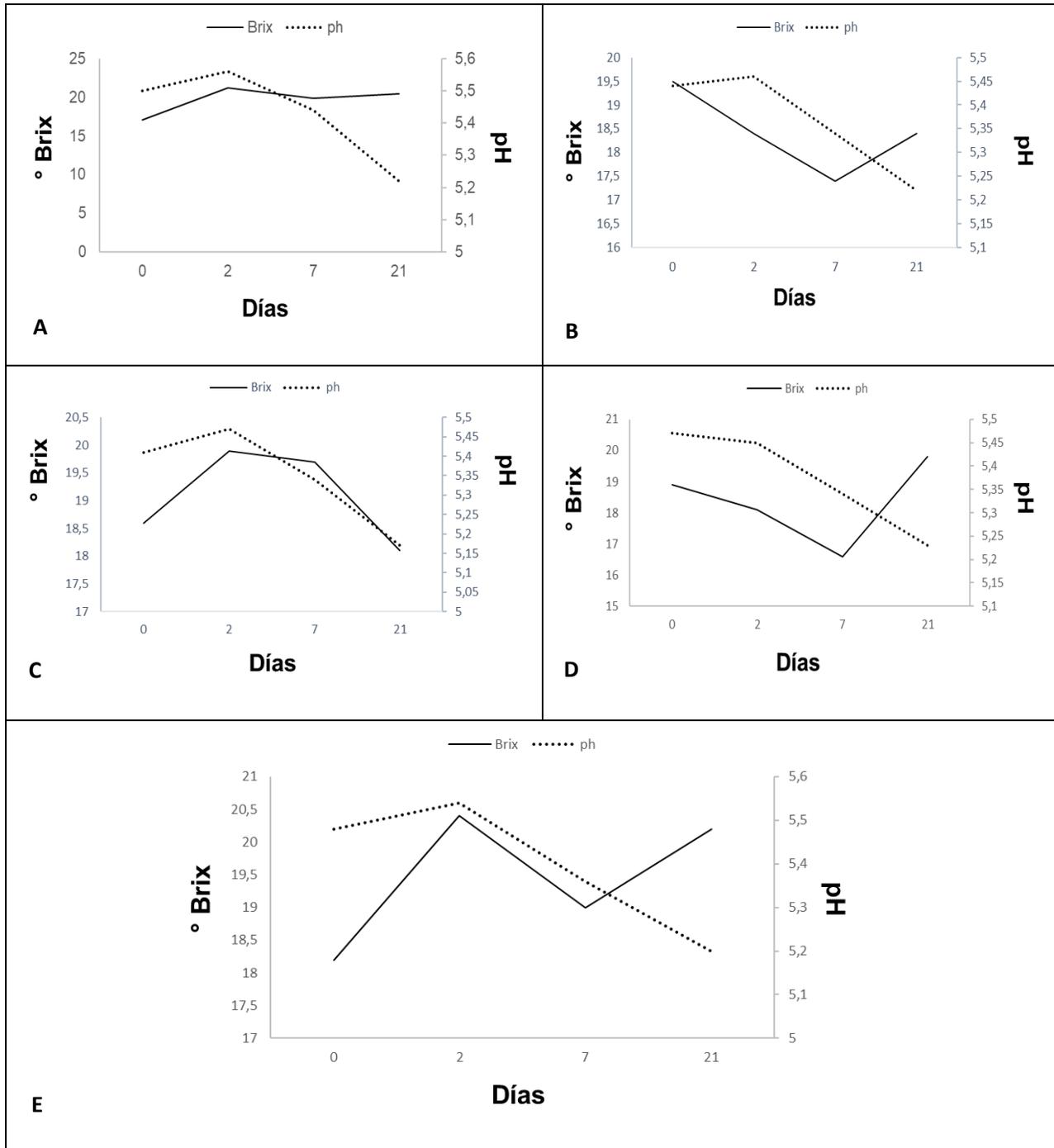
El porcentaje de azúcar más alto fue del T1 ($25\mu\text{mol. L}^{-1}$) en el día dos y en el día 21 con 21.2°Brix y 20.4°Brix respectivamente, (Figura 16).

Potencial Hidrogeno

El pH más alto de las bebidas fue del T0 ($0\mu\text{mol. L}^{-1}$) en el día dos con 5.56, es decir que la bebida es menos acida para ese tratamiento, mientras que el pH más bajo fue para el tratamiento T2 ($50\mu\text{mol. L}^{-1}$) con 5.17 en el día 21 siendo más acida que el resto de tratamientos (Figura 16).

Figura 16

Relación grados Brix y pH de la bebida bio fortificada bajo 5 dosis diferentes de zinc



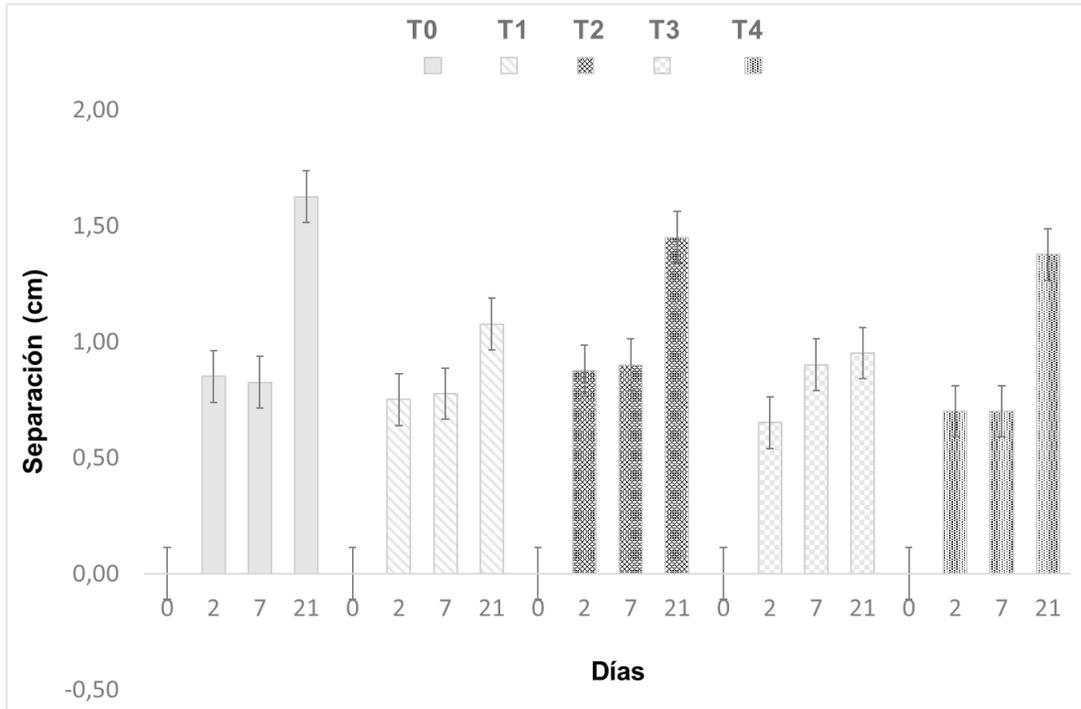
Nota. Resultados °Brix y pH tomados a lo largo de 21 días A. Resultados °Brix y pH para T0 (0μmol. L⁻¹), B: Resultados °Brix y pH para T1 (25μmol. L⁻¹), C: Resultados °Brix y pH para T2 (50 μmol. L⁻¹) y D: Resultados °Brix y pH para T3 (75 μmol. L⁻¹), E: Resultados °Brix y pH para T4 (100μmol. L⁻¹). Autoría propia.

Separación

El sobrenadante de las bebidas fue mayor para el tratamiento T1 ($25\mu\text{mol. L}^{-1}$) en el día 21 y en el día 21 con 1.63 cm (Figura 17).

Figura 17

Sobrenadante de la bebida para cada tratamiento



Nota. El gráfico de barras muestra el sobrenadante de la bebida de cada tratamiento a lo largo de 21 días, donde T0 ($0\mu\text{mol. L}^{-1}$), T1 ($25\mu\text{mol. L}^{-1}$), T2 ($50\mu\text{mol. L}^{-1}$), T3 ($75\mu\text{mol. L}^{-1}$), T4 ($100\mu\text{mol. L}^{-1}$). Autoría propia.

Discusión

El zinc es un oligoelemento necesario en las dietas desde edades tempranas, éste sirve para la diferenciación celular, sistema inmunológico y el crecimiento en talla del individuo (Staub *et al.*, 2021), el zinc se encuentra en huesos, tejidos, y todos los órganos del cuerpo, a pesar de esto no existe un lugar específico que funcione como reserva de zinc, es decir, que si existe alguna variación en la dieta, el cuerpo no cuenta con reservas de zinc, que se puedan liberar para la necesidad diaria.

Por lo antes expuesto uno de los problemas en Ecuador es la desnutrición en etapas iniciales por lo que una bebida de suero de leche y biofortificada con germinados, puede ser una alternativa viable para programas Gubernamentales y familias de escasos recursos permitiendo una mejor alimentación.

De acuerdo a los datos obtenidos, se ha encontrado que, al incorporar germinados de arveja, liofilizados y biofortificados con zinc en una bebida de suero de leche los tratamientos T3 ($75 \mu\text{mol. L}^{-1}$), T1 ($25\mu\text{mol. L}^{-1}$) y T2 ($50 \mu\text{mol. L}^{-1}$) con 2.19 mg. L^{-1} , 1.97 mg. L^{-1} y 1.43 mg. L^{-1} de zinc respectivamente, la cantidad de este mineral será superior a diferencia de los germinados sin inclusión de zinc T0 ($0 \mu\text{mol. L}^{-1}$) y la dosis más alta T4 ($100 \mu\text{mol. L}^{-1}$) con 0.57 mg. L^{-1} , y 0.44 mg. L^{-1} .

Si bien esta bebida suplementa como máximo 2.19 mg. L^{-1} y lo recomendado para infantes de 1 a 3 años es de 3 mg. L^{-1} , el resto de la ingesta de Zn puede ser suplementado con la dieta diaria, como frutas, verduras y carnes (FAO, 2010). Una de las ventajas de esta bebida es que su biodisponibilidad es mayor al 50% en los tratamientos que van desde el $25\mu\text{mol. L}^{-1}$ a $75 \mu\text{mol. L}^{-1}$ a diferencia de no colocar Zn $0 \mu\text{mol. L}^{-1}$ y a un exceso con $100 \mu\text{mol. L}^{-1}$ obteniendo una disponibilidad del 30%, debido a la relación AF: Zn ver (Tabla 2). Salvatierra (2022) demuestra que en germinados de alfalfa con suplemento de sulfato de zinc a (0, 10, 20, 30, 40 $\mu\text{g. ml}^{-1}$) la disponibilidad es mayor al 50% en la relación ácido fítico: zinc.

Con respecto las variables agronómicas de la Fase 1: (Germinación de semillas de *arveja Pisum sativum* biofortificadas con zinc) el porcentaje de germinación y longitud de raíz, no tuvo una diferencia significativa con respecto de otros tratamientos, sin embargo, la dosis con mejor resultado fue del tratamiento T4 ($100 \mu\text{mol. L}^{-1}$) con una germinación del 96.5 % y para el tratamiento T3 ($75 \mu\text{mol. L}^{-1}$) una longitud de raíz de 6.33 cm, a diferencia del testigo que llegó al 91.25% de germinación y 4.13 cm en longitud radicular. En germinados de lenteja a una suplementación de zinc de $100 \mu\text{mol. L}^{-1}$ y $200 \mu\text{mol. L}^{-1}$ López (2023) obtuvo los mejores resultados en comparación con el testigo. En el estudio de Loaiza (2023) la germinación y longitud de raíz de frejol mungo a una concentración $225 \mu\text{mol. L}^{-1}$ de zinc presentó el 92.67% de germinación y 5,77 cm en longitud de raíz siendo estos sus mejores resultados.

En cuanto a los valores del rendimiento biológico obtenidos en el presente proyecto, el mejor resultado fue en el tratamiento T1 ($25 \mu\text{mol. L}^{-1}$) con 240% de rendimiento en su germinación a los 10 días, los resultados se asemejan a los obtenidos por López (2023) quien demostró que con dosis de (0, 25, 50, 100 y $200 \mu\text{mol. L}^{-1}$) en germinados de lenteja el rendimiento no es afectado significativamente el entre tratamientos.

Para la fase 2 referente a datos de la bebida esta se realizó con 60% suero de leche y 40% pulpa de piña donde se obtuvo que el pH fue disminuyendo a medida que pasaba el tiempo para todos los tratamientos, esto se debe a una fermentación láctica que sufrió la bebida, según Ulloa (2006) este fenómeno es iniciado por bacterias ácido lácticas como organismos anaerobios, es decir que se desarrollan en ausencia de oxígeno, estas bacterias inician un proceso por el cual la lactosa (el azúcar de la leche) se transforma en ácido láctico subiendo el nivel de acides del producto, sin embargo, para Chóez (2010) quien preparo bebidas a base de lactosuero en concentraciones de (agua 70% y suero de leche 30%) y (agua 90% y suero de leche 10%) obtuvo pH de 3.7 y 3.3 respectivamente, asegurando que mientras menos sea el valor del lactosuero más acida será la bebida.

El nivel de azúcar la bebida originalmente posee en promedio 18.5 °Brix en el día cero para los tratamientos T1 (25 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T2 (50 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), T3 (75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) y T4 (100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), al llegar al día 21 se pudo observar (Figura 16) que en cada tratamiento hubo un incremento y descenso entre los días 2 y 7 del grado de azúcar, según Chalen *et al.* (2017) el zinc es un catalizador enzimático que permite el desdoblamiento del almidón, convirtiéndolo nuevamente en azúcares, y así elevando los grados Brix de la bebida. En el caso de arveja, Castro, (2005) menciona que esta posee 48% de almidón, y las enzimas que tienen la capacidad de desdoblar almidones son la α - y β -amilasas, según Pérez (2017) menciona que en cualquier proceso de la germinación las enzimas más características son las maltasas y amilasas, quienes romperán el endospermo amiláceo y lo convertirán en glucosa.

Para el caso de la sobrenadante de los sólidos totales, se puede observar en la (Figura 17) que a medida que pasa el tiempo los sólidos más densos tienden a sedimentarse en el fondo y el lactosuero se suspende en la superficie, este comportamiento se observa en todos los tratamientos desde el más bajo T0 (0 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) hasta el más alto T4 (100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$), según Álvarez (2014) la sedimentación y precipitación en la fabricación de alimentos y bebidas de consumo humano, consiste en la separación por gravedad para obtener una suspensión concentrada y un líquido transparente, y una condición necesaria es que la densidad del sólido sea mayor que la densidad del líquido.

Para el análisis sensorial en pruebas de sabor el tratamiento con mejor aceptación fue para la concentración de T4 (100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) con un promedio desde el día 0 hasta el día 21 de 7.34/10, seguido del tratamiento T3 (75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) con una calificación de 7.05/10 (Figura 15), los evaluadores mencionaron que el sabor de los germinados es más fuerte en el resto de tratamientos, los cuales no fueron de su agrado. En el caso del amaranto, calabacina, huauzontle y canola, un estudio que determinó el sabor de estos germinados, llegaron a la conclusión de que los germinados de huauzontle y amaranto fue mejor que en los de canola

calabacita siendo estos mucho más amargos (Barrón *et al.*, 2009). Existe un procedimiento de molienda en húmedo, capaz de suprimir el sabor amargo de la arveja dando un producto con mejor sabor que sirva para la utilización en la alimentación humana (Alasino, 2009).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La bio fortificación de zinc en germinados de arveja (*Pisum sativum*), evaluada en la bebida (Producto final) a diferentes exposiciones (0, 25, 50, 75, 100 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) de zinc, logro fijar mayor cantidad del mineral en una concentración de 75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$ (T3) con 2.19 mg. L^{-1} y una biodisponibilidad mayor al 50%.
- El porcentaje de germinación, longitud radicular, y rendimiento biológico con respecto al resto de tratamientos suplementados con zinc no tuvieron diferencias significativas entre sí, sin embargo, existo diferencias notables de estas variables en comparación al testigo T0 (0 $\mu\text{mol. L}^{-1}$).
- Con estos resultados se llegó a obtener un alimento fortificado para el consumo humano, en especial en edades tempranas de 1-3 años. La liofilización de los germinados de arveja permitió conservar varias enzimas catalizadoras y minerales que fueron añadidas directamente a la bebida.
- Al evaluar los resultados de estantería como pH, sobrenadantes, grados brix y pruebas sensoriales el tratamiento más conveniente fue el de T3 (75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$) que estuvo en el rango de aceptación a los 21 días tanto por los evaluadores en la degustación como en los resultados de glucosa, pH y sobrenadantes.

Recomendaciones

- Se recomienda el uso de la suplementación de zinc en germinados de arveja en una concertación de 75 $\mu\text{mol. L}^{-1}$ para una biodisponibilidad mayor al 50 %.
- La bebida a base de suero de leche y germinados de arveja bio fortificados con zinc es recomendable para niños de 1-3 años edad.

- Para mejorar las bio fortificaciones en germinados de arveja se recomienda la suplementación con distintos minerales y vitaminas que se encuentren en decadencia poblacional.
- La bebida al tener ingredientes básicos como suero de leche y germinados de arveja, la cantidad de proteína que puede tener deberá ser evaluada por laboratorios especializados.
- Se recomienda generar un plan de vinculación con la sociedad junto con municipios encargados de la zona y que la bebida sea disponible para hogares que lo necesiten.
- Usar suero de leche en diversos alimentos ayudara a funciones probióticas en la flora intestinal gracias a las bacterias acido lácticas que esta posee, además de ser un subproducto que tiene gran impacto ambiental la alimentación a base de lactosuero es una opción viable para reducir este problema.
- Se recomienda hacer análisis microbiológicos para asegurar la presencia de bacterias acido lácticas

Bibliografía

- Abulude, F. (2004). Effect of Processing on Nutritional Composition, Phytate and Functional Properties of Rice (*Oryza sativa* L) Flour. *Nigerian Food Journal*, 22(1), 97–104.
<https://doi.org/10.4314/nifoj.v22i1.33573>
- Alasino, M. (2009). *Harina de arveja en la elaboración de pan, estudio del efecto de emulsionantes como mejoradores de volumen y vida útil* [Tesis, Universidad Nacional del Litoral]. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/145>
- Allen, L., De Benoist, B., Dary, O. y Hurrell, R. (2017). *Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes*. Organización Mundial de la Salud [Archivo PDF].
<https://iris.who.int/handle/10665/255541>
- Arévalo, J., Amaya, J., Vázquez, H., De la Mora, P. y Estrada, J. (2008). Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*Enterolobium cyclocarpum*), *Interciencia*, 33(11), 850–854.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008001100015#:~:text=En%20lo%20que%20se%20refiere,la%20salud%20humana%20o%20animal.
- Arrieta, A. (2021). *Importancia de los Germinados Para el Consumo Humano* [Trabajo de grado, Universidad de Santander].
<https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/7a237582-f0a9-4f0d-bff5-1895399aff1f>
- Barrón, M., Villanueva, C., García, M., y Colinas, M. (2009). Valor nutrición y contenido de saponinas en germinados de huauzontle (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), calabacita (*Cucurbita pepo* L.), canola (*Brassica napus* L.) y amaranto (*Amaranthus leucocarpus* S.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(3), 237–243.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2009000500003&script=sci_abstract&lng=pt

Bauman, D., Mather, I., Wall, R., y Lock, A. (2006). Major Advances Associated with the Biosynthesis of Milk. *Journal of Dairy Science*, 89(4), 1235–1243.

[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72192-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72192-0)

Begum, F., Me, M. y Christov, M. (2022). The Role of Zinc in Cardiovascular Disease.

Cardiology in review, 30(2), 100–108. 10.1097/CRD.0000000000000382.

Boccio, J. y Monteiro, J. (2004). Fortificación de alimentos con hierro y zinc: pros y contras desde un punto de vista alimenticio y nutricional. *Revista de Nutrição*, 17(1), 71–78.

<https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000100008>

Borelli, M., Ramón, A. y de la Vega, S. (2007). Interacción calcio-fitato-cinc en yogures con cereales. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 13(1), 26-29.

https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/NUT_12007_Interaccion_calcio.pdf

Brito, H., Santillán, A., Arteaga, M., Ramos, E. Villalón, P. y Rincón, A. (2015). Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental.

European Scientific Journal, 11(26), 1857–7881.

<https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/6245>

Brittmarie, S., Annette, A., Barbro, K. y Åke, C. (1998). Effect of Protein Level and Protein Source on Zinc Absorption in Humans. *The Journal of Nutrition*, 119(1), 48–53.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jn/119.1.48>

Camacho, R. (2011). *Estudio de la Adición de Diferentes Niveles de Suero de Leche (24, 36, 48 %) en la Elaboración de Yogurt Tipo I* [Tesis de licenciatura, Escuela Superior

Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/859>

- Carrillo, M. y Reyes, A. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 2(3), 1-25.
<https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/20>
- Castro, G. (2005). *Evaluación de harinas de arveja (Pisum sativum L.) de tres cultivares, como sustituto parcial de harina de pescado, en la formulación de alimento para salmónidos* [Tesis, Universidad Austral de Chile]. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/57063>
- Cava, R., Sangronis, E., Rodríguez, M. y Colina, J. (2009). Calidad microbiológica de semillas germinadas de *Phaseolus vulgaris*. *Interciencia*, 34(11), 796–800.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009001100009
- Chalen, J., Peñafiel, M. y Saltos, A. (2017). Eliminación de la materia orgánica e inorgánica presentes en el agua residual de una industria de pulpa de fruta empleando un catalizador enzimático. *Dominio de Las Ciencias*, 3(3), 362–376.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6326656>
- Chirtel, S. Fu, T., Reineke, K. y Vanpelt, O. (2007). Factors Influencing the Growth of Salmonella during Sprouting of Naturally Contaminated Alfalfa Seeds. *Journal of Food Protection*, 71(5), 888–896. <https://doi.org/https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.5.888>
- Choez, J. (2010). *Elaboración de una bebida hidratante a base de lactosuero y enriquecida con vitaminas* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24219>
- Creus, E. (2004). Alergias alimentarias. *Offarm*, 23(9), 88–89. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-alergias-alimentarias-13067350>
- Cribb, P. (2005). *Las Proteínas del Suero de Leche de los Estados Unidos y la Nutrición en los Deportes*. [Monografía, U.S. Dairy Export Council].
https://www.academia.edu/4802502/LAS_PROTE%C3%8DNAS_DEL_SUERO_DE_LE

CHE_DE_LOS_ESTADOS_UNIDOS_Y_LA_NUTRICI%C3%93N_EN_LOS_DEPORTE
S

- Dal Bosco, A., Castellini, C., Martino, M., Mattioli, S., Marconi, O., Sileoni, V., Ruggeri, S., Tei, F. y Benincasa, P. (2015). The effect of dietary alfalfa and flax sprouts on rabbit meat antioxidant content, lipid oxidation and fatty acid composition. *Meat Science*, 106, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.03.021>
- Di Gioia, F., Hong, J., Pisani, C., Petropoulos, S., Bai, J. y Roskopf, E. (2023). Yield performance, mineral profile, and nitrate content in a selection of seventeen microgreen species. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1220691>
- Enrriquez, J., Bodden, S y Hernández, A. (2021). Sustainable Diets, A Way to improve and maintain eating behaviors and health in times of COVID-19 in first-year university students. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.26420/AustinJNutriFoodSci.2021.1150>
- Eras, M. y Eras, R. (2022). *Aprovechamiento de germinados tiernos de cereales y leguminosas como alimentos sustentables mediante la elaboración de provisiones innovadoras en el Centro aliviatu de la ciudad de Loja, año 2022* [Proyecto de investigación, Instituto Superior Tecnológico Sudamericano].
- Escalante, M. (2019). *Riqueza, dominancia, diversidad y composición florística de árboles en la localidad de Loboyoc, Tambopata- Madre de Dios* [Tesis de grado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNA_29977266cdba99b55d03a12bee631b6ehttp://dspace.tecnologicosudamericano.edu.ec/jspui/handle/123456789/626
- Falya, M. (2019). Ciclo de vida de la planta de guisante con sistema radicular [Fotografía]. Depositphotos. <https://www.istockphoto.com/es/vector/ciclo-de-vida-de-planta-de-guisante-con-sistema-radicular-etapas-de-crecimiento-de-gm1139424525-304542765>

- Fernández, A., Rojas, E., García, A, Mejía, J. y Bravo, A (2016). Evaluación fisicoquímica, sensorial y vida útil de galletas enriquecidas con subproductos proteicos de suero de quesería. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 26(2), 71–79.
<https://www.researchgate.net/publication/305852945>
- Fernández, J. (1922). Manual práctico de horticultura: escrito expresamente para el cultivo de las hortalizas en el Norte de España. (Vol. 16). Editorial: El Carbayon.
<http://hdl.handle.net/10651/30047>
- Food and Agriculture Organization y World Health Organization. (2005). Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias Comisión del Codex Alimentarius. *Alimentos Producidos Orgánicamente* (pp. 4-65). FAO. <https://www.fao.org/3/a0369s/a0369s.pdf>
- Gan, R., Lui, W., Wu, K., Chan, C., Dai, S., Sui, Z. y Corke, H. (2017). Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science and Technology*, 59, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.010>
- García, K. (2022). *Evaluación de la adición de harina de chocho (Lupinus mutabilis) al suero de leche para obtención de una bebida energética natural* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
<https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/35900>
- Gibson, R., Hotz, C., Temple, L., Yeudall, F., Mtitimuni, B. y Ferguson, E. (2000). Dietary strategies to combat deficiencies of iron, zinc, and vitamin A in developing countries: Development, implementation, monitoring, and evaluation. *Food and Nutrition Bulletin*, 21(2), 219-231. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/156482650002100218>
- Grandy, G., Weisstaub, G. y López, D. (2010). Deficiencia de hierro y zinc en niños. *Crop Sci*, 36(3), 25–31. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-06752010000100005

- Guel, G., Hernández, J. y Rodríguez, G. (2018). Uso de bacterias obtenidas a partir de suero de leche y su uso potencial como probióticos en la industria alimentaria. *Revista Boliviana de Química*, 35(1). <https://www.redalyc.org/journal/4263/426355610006/html/>
- Herrera, A., Alarcón, A., Salmerón, I. y Rodríguez, J. (2019). Efectos fisiológicos de los péptidos bioactivos derivados de las proteínas del lactosuero en la salud: Una revisión. *Revista Chilena de Nutrición*, 46(2), 205–214.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182019000200205>
- Jelen, P. (2002). Whey processing: Utilization and products. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 1, 2739–2745. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227235-8/00511-3>
- Joshi, M., Timilsena, Y. y Adhikari, B. (2017). Global production, processing and utilization of lentil: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(12), 2898–2913.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61793-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61793-3)
- Kehr, E., Bastias, M., Saavedra, G. y Fontanilla, C. (2018). *Arveja verde agroindustria* [Archivo PDF].
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68821/1.%20Arveja%20verde%20agroindustria.pdf?sequence=2&isAllowed=y4>
- Kyrkby, E. y Römheld, V. (2007). *Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad* [Archivo PDF].
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/MicronutrientesenlaFisiologia.pdf>
- Lenore, S., Greenberg, A. y Rhodes, A. (1996). *Métodos normalizados: Para el análisis de aguas potables y residuales*. American Public Health Association, American Water Works Association y Water Pollution Control Federation.
file:///C:/Users/59396/Downloads/metodos-normalizados-para-el-analisis-de-aguas-potables-y-residuales-17nbsped-9788479780319_compress.pdf

- Liu, X., Chung, Y., Yang, S. y Yousef, A. (2005). Continuous nisin production in laboratory media and whey permeate by immobilized *Lactococcus lactis*. *Process Biochemistry*, 40(1), 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2003.11.032>
- Loaiza, M. (2023). *Efecto de cuatro concentraciones de zinc sobre los parámetros productivos y fisiológicos en germinados de Vigna radiata* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/36529>
- López, D., Castillo, C. y Diazgranados, D. (2009). El zinc en la salud humana - II. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(2), 240–247. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182010000200014>
- López, J. (1993). *Manual de botánica sistemática*. Universidad Nacional Agraria [Archivo PDF]. <https://repositorio.una.edu.ni/2800/1/nf70l864m.pdf>
- López, Y. (2023). *Efecto de cinco niveles de zinc sobre los parámetros fisiológicos y de producción en germinados de Lens culinaris* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/36530>
- Maradini, A., Ribeiro, M., Da Silva, J., Pinheiro, H., Paes, J. y Dos Reis, J. (2017). Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8), 1618–1630. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.1001811>
- Martínez, M. (2016). *Antinutrientes Proteicos de las Leguminosas: Tipos, Toxicidad y Efectos Fisiológicos* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/18140>
- Márton, M., Mándoki, Z., Csapó, J. y Csapó, Z. (2010). The role of sprouts in human nutrition. A review. *Acta Universitatis Sapientiae Alimentaria*, 3, 81–117. <https://isga-sprouts.org/wp-content/uploads/2014/03/TheRoleofSproutsinHumanNutrition-MelyndaMarton.pdf>
- Mazorra, M. y Moreno, J. (2019). Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal. *CienciaUAT*, 14(1), 133-144.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582019000200133

- Moguel, D., Borges, J., Gallardo, T., Jiménez, C. y Ruiz, J. (2022). Impact of germination time on protein solubility and anti-inflammatory properties of *Pisum sativum* L grains. *Food Chemistry: X*, 13,1-6. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100219>
- Morales, P. (2016). *Elaboración de una bebida fortificada sabor a mango a base de suero de leche como propuesta para niños en edad escolar* [Proyecto especial de graduación, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5774>
- Morán, N. y Muñoz, M. (2018). *Diseño de una bebida hidratante a partir de permeado de suero de leche de una industria láctea* [Proyecto integrador, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/46962>
- Muzquiz, M., Hill, G., Cuadrado, C., Pedrosa, M. y Burbano, C. (2004). Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. *Wageningen Academic*, 110, 2-386. <https://www.researchgate.net/publication/235635489>
- Paco, G. (2014). *Separación por sedimentación, alcohol y acidez de lípidos, procedimiento para la aplicación y validación oficial del sistema haccp en la fabricación de alimentos y bebidas de consumo humano* [Tesis, Universidad Nacional de San Agustín]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3261140#:~:text=La%20sedimentaci%C3%B3n%20consiste%20en%20la,mayor%20que%20la%20del%20fluido>
- Pais, J., Núñez, J., Lara, M., Rivera, L., Trujillo, L. y Cuaran, M. (2017). Valorización del suero de leche: Una visión desde la biotecnología. *Bionatura*, 2(4), 468–476. https://www.researchgate.net/publication/323986239_Valorizacion_del_suero_de_leche_Una_vision_desde_la_biotecnologia

- Panesar, P., Kennedy, J., Gandhi, D. y Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.035>
- Parra, R. (2009). Lactosuero: Importancia en la Industria de Alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 4967–4982.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472009000100021&script=sci_abstract&lng=es#:~:text=Para%20la%20industria%20alimentaria%2C%20el,una%20amplia%20gama%20de%20alimentos.
- Pérez, A. y Zapata, S. (2015). *Evaluación del comportamiento comercial de los germinados y brotes tiernos en la ciudad de Medellín: posibles alternativas de comercialización* [Trabajo de grado, Universitaria Lasallista].
<http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/1576>
- Pita, M. y Pérez, F. (1998). *Germinación de Semillas*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación [Archivo PDF].
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf
- Popova, A. y Mihaylova, D. (2019). Antinutrients in Plant-based Foods: A Review. *The Open Biotechnology Journal*, 13(1), 68–76. <https://doi.org/10.2174/1874070701913010068>
- Prasad, A. (1996). Zinc deficiency in women, infants and children. *Journal of the American College of Nutrition*, 15(2), 113–120. <https://doi.org/10.1080/07315724.1996.10718575>
- Proaño, E. (2021). *Caracterización agromorfológica de 20 accesiones de arveja (Pisum sativum) del banco activo de semillas de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la parroquia de Constantino Fernández perteneciente al cantón Ambato* [Proyecto de investigación, Universidad Técnica de Cotopaxi].
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10167>

- Quispe, E. (2018). *Abonamiento orgánico e inoculación en el rendimiento de variedades de arveja (Pisum sativum L.) Pampa del Arco - Ayacucho* [Tesis, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3094>
- Ramírez, J. (2006). Liofilización de alimentos. *Revisiones de la Ciencia Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*, 6(2), 1–31.
https://www.academia.edu/25497591/Liofilizaci%C3%B3n_de_alimentos
- Rodríguez, A., Abad, C., Pérez, A. y Diéguez, K. (2020). Elaboración de una bebida a base de suero lácteo y pulpa de *Theobroma grandiflorum*. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2), 166–175. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(18\)166-175](https://doi.org/10.18684/bsaa(18)166-175)
- Rojano, L. (2006). *El empleo de atmósferas modificadas en la conservación de arveja (Pisum Sativum L. ssp. sativum var. sativum)* [Proyecto de investigación, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3353>
- Romero, K., Sánchez, B., Vega, V. y Salvent, A. (2019). Estado nutricional en adultos de población rural en un cantón de la sierra ecuatoriana. *Revista Ciencias de la Salud*, 18(1), 52-66 <http://www.scielo.org.co/pdf/recis/v18n1/1692-7273-recis-18-01-52.pdf>
- Rosado, J., Bourge, H. y Saint-Martin, B. (1995). Deficiencia de vitaminas y minerales en México. Una revisión crítica del estado de la información: I. Deficiencia de minerales. *Salud Pública México*, 37(2), 130-139. <https://www.redalyc.org/pdf/106/10637207.pdf>
- Romero, L., Gonzales, F., Abad, N., Ramírez, A. y Guamán, M. (2020). El zinc en el tratamiento de la talla baja. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(2), 341-349.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000200341
- Salas, L., Gaucín, J., Preciado, P., Gonzales, J., Ayala, A. y Segura, M. (2018). Aplicación de ácido cítrico incrementa la calidad y capacidad antioxidante de germinados de lenteja.

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (20).

<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.999>

Salvatierra, X. (2022). *Efecto de diferentes concentraciones de zinc sobre parámetros de crecimiento en germinados de alfalfa (Medicago sativa) y su potencial fortificación para consumo humano* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/35892>

Sangronis, E. y Machado, C. (2007). Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *LWT - Food Science and Technology*, 40(1), 116–120. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.08.003>

Scrimshaw, N. (2005). La fortificación de alimentos: una estrategia nutricional indispensable. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 18(1), 64-68.

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522005000100012

Serratos, J., Carreón, J., Castañeda, H., Garzó, P. y García, J. (2009). Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*Enterolobium cyclocarpum*), *Interciencia*, 33(11), 850–854.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913612>

Sharma, K. y Chauhan, E. (2018). Multifaceted Whey Protein: Its Applications in Food Industry. *International Journal of Health Sciences and Research*, 8, 262-268.

<https://doi.org/https://doi.org/10.52403/ijhsr>

Sinha, R., Radha, C., Prakash, J. y Kaul, P. (2007). Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. *Food Chemistry*, 101(4), 1484–1491. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.04.021>

Staub, E., Evers, K. y Askie, L. (2021). Enteral zinc supplementation for prevention of morbidity and mortality in preterm neonates. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1(3), 1-44. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012797.pub2>

- Tambo, L. (2021). *La moda del consumo de alimentos ecológicos impulsa la venta en las tiendas del sector*. Crónica vasca.
https://cronicavasca.elespanol.com/sociedad/20210728/la-del-consumo-alimentos-ecologicos-impulsa-tiendas/599940016_0.html
- Torres, A. y Valcarcel (2004). El zinc: la chispa de la vida. *Revista Cubana de Pediatría*, 74(4).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0034-753120040004000008&script=sci_arttext&lng=en
- Torres, C. (2017). *Caracterización sintomatológica del exceso de micronutrientes (Fe, B, Mn, Mo, Zn y Cu) a partir de los 45 días del trasplante del cultivo de ají charapita (Capsicum frutescens) en una solución nutritiva en Pucallpa* [Tesis, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3676>
- Ugás, R., Siura, S., Delgado de la Flor, F., Casas, A y Toledo, J (2000). *Datos Básicos de Hortalizas*. Universidad nacional Agraria La molina [Archivo PDF].
<http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Datosbasicos.html>
- Ulloa, J. (2006). *Utilización del suero de leche en la elaboración de bebidas de bajo grado alcohólico con el empleo de bacterias ácido lácticas* [Proyecto de investigación, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3358>
- Valdez, N. (2017). *rendimiento en vaina verde de variedades de arveja (Pisum sativum) con y sin tutor. socos a 3200 MSNM – Ayacucho* [Tesis, Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2666>
- Vázquez, M. (2020). Germinados, fuente viva de alimentación. Excelencias Gourmet.
<https://excelenciasgourmet.com/es/salud/germinados-fuente-viva-de-alimentacion>
- Veisseyre, R. (1988). *Lactología técnica composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche*. En Z, Acribia.

https://dama.umh.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991000076899706331&context=U&vid=34CVA_UMH:VU1&lang=es

- Velázquez, H. (2014). Estudio fisiológico en familias prolíficas de un lote de producción de semilla de la variedad de maíz Jaguan [Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/7476>
- Walzem, R., Dillard, C. y German, J. (2002). Whey components: Millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: What we know and what we may be overlooking. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(4), 353–375.
<https://doi.org/10.1080/10408690290825574>
- Wei, Y., Shohag, M., Wang, Y., Lu, L., Wu, C. y Yang, X. (2012). Effect of zinc sulfate fortification in germinated brown rice on seed zinc concentration, bioavailability, and seed germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(7), 1871–1879.
<https://doi.org/10.1021/jf205025b>
- Wit, J. (1998). Nutritional and Functional characteristics of whey proteins in food products. *Journal of Dairy Science*, 81(3), 597–608. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75613-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75613-9)
- Zou, T., Xu, N., Hu, G., Pang, J. y Xu, H. (2014). Biofortification of soybean sprouts with zinc and bioaccessibility of zinc in the sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(14), 3053–3060. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6658>