



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGROINDUSTRIA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE CUATRO VARIEDADES DE
MAIZ (*Zea mays* L.) PARA EL PROCESO DE ENLATADO”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de
Ingeniera Agroindustrial.

Autora:

Mayorga Torres Leslie Monserrath

Tutora:

Zambrano Ochoa Zoila Eliana

Cotutora:

Villacrés Poveda Clara Elena

LATACUNGA – ECUADOR

AGOSTO 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Mayorga Torres Leslie Monserrath, con cédula de ciudadanía No. 1850785211, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE CUATRO VARIEDADES DE MAIZ (Zea mays L.) PARA EL PROCESO DE ENLATADO**, siendo la Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Mg, tutora del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 22 de Julio del 2025



Leslie Monserrath Mayorga Torres
C.C: 1850785211
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MAYORGA TORRES LESLIE MONSERRATH**, identificada con cédula de ciudadanía N° 1850785211, de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigsalema, en calidad de Rectora y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE CUATRO VARIEDADES DE MAIZ (*Zea mays* L.) PARA EL PROCESO DE ENLATADO**” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico:

Fecha de inicio de la carrera: Abril – Agosto 2021

Fecha de finalización: Abril 2025 - Agosto 2025

Tutora: Ingeniera Mg. Zoila Eliana Zambrano Ochoa

Tema: “**EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE CUATRO VARIEDADES DE MAIZ (*Zea mays* L.) PARA EL PROCESO DE ENLATADO**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir: a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de julio del 2025.



Leslie Monserrath Mayorga Torres
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación sobre el título:

“EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE CUATRO VARIEDADES DE MAIZ (*Zea mays* L.) PARA EL PROCESO DE ENLATADO”, de Mayorga Torres Leslie Monserrath, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 22 de julio del 2025



Inga Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Mg.

C.C. 0501773931

DOCENTE TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Mayorga Torres Leslie Monserrath, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE CUATRO VARIEDADES DE MAIZ (*Zea mays L.*) PARA EL PROCESO DE ENLATADO”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

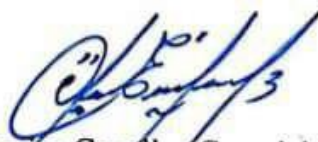
Latacunga, 23 de julio del 2025



Ing. Edwin Fabián Cerda Andino, Mg.
C.C: 0501369805
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes, Mg.
C.C: 0501511604
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal, Mg.
C.C: 0501864854
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haber sido el espacio donde se forjaron mis conocimientos, y en especial a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, quienes, con compromiso y entrega, me brindaron las herramientas necesarias para desarrollar este proyecto académico. Cada una de sus enseñanzas ha sido fundamental para alcanzar esta meta.

De manera especial, agradezco al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por permitirme realizar mi trabajo de titulación en sus instalaciones, ofreciéndome los recursos y el respaldo necesario para el desarrollo de esta investigación. En particular, expreso mi más sincero agradecimiento a la Ing. Elena Villacrés, quien fue una guía constante, un pilar fundamental y un soporte invaluable a lo largo de todo este proceso.

Asimismo, quiero expresar mi reconocimiento a la Ing. Eliana Zambrano, mi tutora de tesis, por su acompañamiento cercano, sus acertadas orientaciones, su motivación permanente y el impulso que me brindó en cada etapa. Su apoyo fue esencial para superar los desafíos que implicó este camino.

A todos quienes de una u otra manera aportaron en este proyecto, ¡gracias infinitas!

Monse Mayorga

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, por darme fuerza en los momentos más oscuros y por nunca apartarse de mi lado. Sin Ti, nada de esto habría sido posible.

A mi papá, con todo mi amor. Gracias por ser mi pilar inquebrantable, por creer en mí aun cuando yo dudaba, y por darme siempre palabras de aliento. Este logro también es tuyo.

A mi mamá y a mis hermanos, por ser ese lazo firme que me sostuvo. Gracias por su amor, por su compañía, por las risas compartidas y por hacer de este camino menos solitario.

A Toñito, gracias por estar en cada paso, por tu fe en mí y por cada palabra de aliento que me devolvió la calma. Tu apoyo ha significado más de lo que puedes imaginar.

A mis adoradas mascotas: Chester y Titina, que ya no están, pero viven para siempre en mi corazón. Y a Honey y Noah, que con su amor y compañía alegraron mis días y me acompañaron en las noches de desvelo.

Y a mis amigos, que con sus ocurrencias, abrazos y locuras hicieron que la universidad se convirtiera en una etapa única e inolvidable.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

Monse Mayorga

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA EL PROCESO DE ENLATADO”

Autora:

Mayorga Torres Leslie Monserrath

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la aptitud de cuatro variedades de maíz (*Zea mays* L.) para el proceso de enlatado, considerando sus características fisicoquímicas, nutricionales y su comportamiento frente al tratamiento térmico. Las variedades seleccionadas fueron INIAP101, INIAP-122, CHAZO e INIAP-193, cultivadas bajo condiciones similares y cosechadas en tres momentos distintos de maduración fisiológica. A través del análisis de parámetros como pH, acidez titulable, sólidos solubles, dureza, fracturabilidad, almidón total, azúcares reductores, humedad, proteína, fibra y grasa, se determinaron los días óptimos de cosecha para cada variedad: 162 días para INIAP-101, 197 días para INIAP-122, 190 días para CHAZO y 210 días para INIAP-193. El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DBCA), y se aplicaron análisis estadísticos como ANOVA y prueba de Tukey al 95 % de confianza para identificar diferencias significativas entre tratamientos. Posteriormente, las muestras seleccionadas fueron sometidas a un tratamiento térmico uniforme a 121 °C durante 10 minutos, obteniendo un valor F_0 de 9,77 minutos, lo cual garantiza la destrucción de microorganismos patógenos como *Clostridium botulinum*, cumpliendo con los estándares de inocuidad alimentaria para productos enlatados de baja acidez. Para determinar la aptitud al enlatado, se evaluaron tres parámetros clave tras el tratamiento térmico: grado de rotura de los granos, viscosidad del líquido de gobierno y contenido de sólidos totales en el mismo líquido. Se consideró que los valores más bajos en estos indicadores reflejan una mejor calidad del producto final. De acuerdo con estos criterios, la variedad INIAP-193 cosechada a los 210 días presentó el mejor comportamiento global, al registrar la menor fractura de grano, menor viscosidad y cantidad de sólidos suspendidos en el líquido de gobierno. Los resultados obtenidos permiten establecer recomendaciones técnicas sobre el momento óptimo de cosecha y condiciones de procesamiento térmico, contribuyendo a la producción de maíz enlatado de alta calidad, con estabilidad estructural, buena apariencia y adecuado perfil nutricional, fortaleciendo así el desarrollo agroindustrial y la oferta de productos listos para el consumo. **Palabras clave:** Maíz, enlatado, tratamiento térmico, punto óptimo de cosecha

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES
TITLE: “EVALUATION OF THE SUITABILITY OF FOUR VARIETIES OF CORN
(Zea mays L.) FOR THE CANNING PROCESS”

Author:

Mayorga Torres Leslie Monserrath

ABSTRACT

The aim of this research is to evaluate the suitability of four maize (*Zea mays* L.) varieties for the canning process, considering their physicochemical and nutritional characteristics and their behaviour under heat treatment. The selected varieties were INIAP-101, INIAP-122, CHAZO and INIAP-193, grown under similar conditions and harvested at three different stages of physiological maturation. Through the analysis of parameters such as pH, titratable acidity, soluble solids, hardness, fracturability, total starch, reducing sugars, moisture, protein, fibre and fat, the optimal harvest days were determined for each variety: 162 days for INIAP-101, 197 days for INIAP-122, 190 days for CHAZO and 210 days for INIAP-193. The study was carried out under a completely randomised design (DBCA), and statistical analyses such as ANOVA and Tukey's test at 95 % confidence were applied to identify significant differences between treatments. Subsequently, the selected samples were subjected to a uniform heat treatment at 121 °C for 10 minutes, obtaining an F_0 value of 9.77 minutes, which guarantees the destruction of pathogenic microorganisms such as *Clostridium botulinum*, complying with food safety standards for low-acid canned products. To determine suitability for canning, three key parameters were evaluated after heat treatment: degree of kernel breakage, viscosity of the governing liquid and total solids content in the governing liquid. Lower values for these indicators were considered to reflect better quality of the final product. According to these criteria, the INIAP-193 variety harvested at 210 days showed the best overall performance, with the lowest kernel breakage, viscosity and amount of suspended solids in the governing liquid. The results obtained allow establishing technical recommendations on the optimal harvesting time and thermal processing conditions, contributing to the production of high quality canned maize, with structural stability, good appearance and adequate nutritional profile, thus strengthening agro-industrial development and the supply of ready-to-eat products.

KEYWORDS: Corn, Canning, Heat treatment, Optimal harvesting point.

INDICE

| | |
|--|------|
| DECLARACION DE AUTORIA | ii |
| CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR | iii |
| AVAL DE LA TUTORA DE EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | v |
| AVAL APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACION | vi |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| DEDICATORIA | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | xi |

| | |
|--|------|
| INDICE | xiii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. INFORMACIÓN | 3 |
| 1.1. Institución: | 3 |
| 1.2. Facultad que auspicia: | 3 |
| 1.3. Carrera que auspicia: | 3 |
| 1.4. Título del proyecto de investigación: | 3 |
| 1.5. Equipo de Trabajo: | 3 |
| 1.6. Lugar de ejecución: | 4 |
| 1.7. Fecha de inicio | 4 |
| 1.8. Fecha de finalización | 4 |
| 1.9. Líneas de investigación | 4 |
| 1.10. Sub línea de investigación planteado por la carrera..... | 4 |
| 2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO | 4 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 5 |
| 3.1. Descripción del problema | 5 |
| 4.2 Formulación del problema | 7 |
| 4. OBJETIVOS..... | 7 |
| 5.1 Objetivo general | 7 |
| 5.2 Objetivos específicos | 7 |

| | | | |
|-------|---|----|---------|
| 5. | ACTIVIDADES TAREAS..... | 7 | Y |
| 6. | MARCO | 9 | TEÓRICO |
| 6.1. | Antecedentes | 9 | |
| 6.2. | Fundamentación teórica | 10 | |
| 6.2.1 | El maíz..... | 10 | |
| 6.2.2 | Identificación taxonómica del maíz | 10 | |
| 6.2.4 | Ciclo del cultivo | 13 | |
| 6.2.5 | Aspectos agroecológicos del maíz | 13 | |
| 6.2.6 | Genotipos de estudio | 15 | |
| 6.2.7 | Composición nutricional del maíz..... | 17 | |
| 6.2.8 | Tratamientos térmicos | 19 | |
| 6.2.9 | Proceso de enlatado en granos de maíz | 21 | |
| 6.3. | MARCO CONCEPTUAL | 22 | |
| 6.3.1 | Aptitud para el enlatado | 22 | |
| 6.3.2 | Botulinum cook | 22 | |
| 6.3.3 | Capacidad de retención de agua (CRA) | 22 | |
| 6.3.4 | Esfericidad | 22 | |
| 6.3.5 | Estado lechoso (R4) | 22 | |

| | | |
|--------|---------------------------------|----|
| 6.3.6 | Estado masoso (R5) | 22 |
| 6.3.7 | Letalidad térmica (Fo) | 22 |
| 6.3.8 | Lisina | 23 |
| 6.3.9 | Punto de corte de cosecha | 23 |
| 6.3.10 | Reacción de Maillard | 23 |
| 6.3.11 | Triptófano | 23 |
| 6.3.12 | Valor Fo | 23 |
| 6.3.13 | Vitaminas hidrosolubles | 23 |
| 6.3.14 | Vitaminas liposolubles | 23 |
| 6.3.15 | Zeínas | 23 |
| 7. | METODOLOGÍA | 24 |
| 7.1. | TIPOS DE INVESTIGACIÓN | 24 |
| 7.1.1 | Investigación aplicada | 24 |
| 7.1.2 | Investigación descriptiva | 24 |
| 7.1.3 | Investigación explicativa | 24 |
| 7.2. | MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN | 25 |
| 7.2.1 | Método cuantitativo..... | 25 |

| | | |
|-------|---|----|
| 7.2.2 | Método experimental..... | 25 |
| 7.3. | TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN | 25 |
| 7.3.1 | Observación | 25 |
| 7.3.2 | Experimentación..... | 26 |
| 7.3.3 | Consulta | 26 |
| 7.4. | Instrumentos de investigación | 26 |
| 7.4.1 | Para la Observación | 26 |
| 7.4.2 | Equipos de laboratorio: | 26 |
| 7.4.3 | Software estadístico: | 26 |
| 7.4.4 | Datos bibliográficos: | 26 |
| 7.5. | Materiales y métodos | 27 |
| 7.5.1 | Materia prima | 27 |
| 7.5.2 | Metodología de análisis fisicoquímico del maíz en estado fresco | 28 |
| 7.5.4 | Metodología de determinación de índice de calidad para enlatado | 35 |
| 7.5.5 | Metodología del desarrollo del enlatado de maíz..... | 37 |
| 7.5.6 | Diagrama de procesos | 39 |

| | | |
|--------|---|----|
| 8. | VALIDACION DE HIPÓTESIS | 39 |
| 8.1. | Hipótesis nula (Ho) | 39 |
| 8.2. | Hipótesis Alternativa (H1) | 39 |
| 8.3. | Validación de hipótesis | 40 |
| 9. | DISEÑO EXPERIMENTAL..... | 40 |
| 9.1. | Factores de estudio | 41 |
| 9.2. | Tratamientos | 42 |
| 9.5 | Variables | 44 |
| 10. | ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS | 45 |
| 10.1. | Resultados de los análisis para determinar el punto óptimo de cosecha..... | 45 |
| 10.1.1 | Variedad INIAP 101..... | 45 |
| 10.1.2 | Variedad INIAP 122..... | 47 |
| 10.1.3 | VARIEDAD CHAZO | 49 |
| 10.1.4 | VARIEDAD 193 | 51 |
| 10.2. | Resultados de los análisis fisicoquímicos en el punto óptimo de cosecha. | 54 |
| 10.2.1 | Composición fisicoquímica del grano en el punto óptimo de cosecha | 55 |
| 10.3. | Evaluación del proceso calórico de esterilización | 66 |
| 11.3.1 | Cálculo del Fo (Muerte térmica) | 67 |
| 10.4. | Evaluación del efecto del procesamiento térmico en la calidad físico química del maíz | |

| | |
|---|----|
| enlatado | 68 |
| 10.4.1 Comparación fisicoquímica de la variedad INIAP 101 en estado fresco y cocido | 68 |
| 10.4.2 Comparación fisicoquímica de la variedad INIAP 122 en estado fresco y cocido | 72 |
| 10.4.3 Comparación fisicoquímica de la variedad CHAZO en estado fresco y cocido | 79 |
| 10.4.4 Comparación fisicoquímica de la variedad INIAP 193 en estado fresco y cocido | 84 |
| 11. IMPACTOS DEL PROYECTO | 93 |
| 11.1. Impacto técnico | 93 |
| 11.2. Impacto económico | 93 |
| 11.3. Impacto social | 94 |
| 12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO | 94 |
| 13. CONCLUSIONES | 95 |
| 14. RECOMENDACIONES | 97 |
| 15. BIBLIOGRAFÍA | 98 |

| | |
|--|------|
| Índice de tablas | xxii |
| Tabla 1 Actividades y tareas | 7 |
| Tabla 2 Clasificación taxonómica del maíz | 11 |
| Tabla 3 Genotipos de estudio..... | 15 |
| Tabla 4 Fotografías de variedades de maíz | 15 |
| Tabla 5 Composición nutricional del maíz | 17 |
| Tabla 6 Parámetros para cálculo de Fo | 19 |
| Tabla 7 Materia prima, fechas y días de cosecha..... | 27 |
| Tabla 8 Factores de estudio..... | 42 |

| | | |
|----------|---|----|
| Tabla 9 | Esquema ADEVA en la evaluación de cuatro variedades de maíz para el proceso de enlatado ----- | 44 |
| Tabla 10 | Tratamientos----- | 45 |
| Tabla 11 | Variables ----- | 46 |
| Tabla 12 | Análisis para punto óptimo de cosecha INIAP 101 ----- | 47 |
| Tabla 13 | Análisis fisicoquímicos para punto óptimo de cosecha variedad CHAZO----- | 51 |
| Tabla 14 | Análisis para punto óptimo de cosecha variedad CHAZO ----- | 53 |
| Tabla 15 | Parámetros fisicoquímicos en el punto óptimo de cosecha ----- | 57 |
| Tabla 16 | Análisis de color en el punto óptimo de cosecha----- | 58 |
| Tabla 17 | Análisis de tamaño y forma en el punto óptimo de cosecha----- | 59 |
| Tabla 18 | Resultados de azúcares reductores, almidón, saponinas y humedad en el punto óptimo ----- | 61 |
| | de cosecha----- | 61 |
| Tabla 19 | Resultados de proteína, fibra y humedad en el punto óptimo de cosecha ----- | 65 |
| Tabla 20 | Datos para cálculo de Fo----- | 68 |
| Tabla 21 | Comparación azúcares reductores fresco vs cocido INIAP 101 ----- | 69 |
| Tabla 22 | Comparación almidón total fresco vs cocido INIAP 101 ----- | 69 |
| Tabla 23 | Comparación humedad fresco vs cocido INIAP 101 ----- | 70 |
| Tabla 24 | Comparación proteína fresco vs cocido INIAP 101 ----- | 71 |
| Tabla 25 | Comparación fibra fresco vs cocido INIAP 101 ----- | 71 |
| Tabla 26 | Comparación grasa fresco vs cocido INIAP 101----- | 72 |
| Tabla 27 | Comparación azúcares reductores fresco vs cocido INIAP 122 ----- | 73 |
| Tabla 28 | Comparación almidón total fresco vs cocido INIAP 122----- | 74 |
| Tabla 29 | Comparación humedad fresco vs cocido INIAP 122----- | 75 |

| | |
|---|----|
| Tabla 30 Comparación proteína fresco vs cocido INIAP 122 ----- | 75 |
| Tabla 31 Comparación fibra -fresco vs cocido INIAP 122 ----- | 76 |
| Tabla 32 Comparación grasa fresco vs cocido INIAP 122----- | 77 |
| Tabla 33 Comparación azúcares reductores vs cocido variedad CHAZO ----- | 79 |
| Tabla 34 Comparación almidón total fresco vs cocido variedad CHAZO----- | 80 |
| Tabla 35 Comparación humedad fresco vs cocido variedad CHAZO----- | 81 |
| Tabla 36 Comparación proteína fresco vs cocido variedad CHAZO ----- | 81 |
| Tabla 37 Comparación fibra fresco vs cocido variedad CHAZO ----- | 82 |
| Tabla 38 Comparación grasa fresco vs cocido variedad CHAZO ----- | 83 |
| Tabla 39 Comparación azúcares reductores fresco vs cocido INIAP 193 ----- | 85 |
| Tabla 40 Comparación almidón total fresco vs cocido INIAP 193 ----- | 86 |
| Tabla 41 Comparación humedad fresco vs cocido INIAP 193 ----- | 87 |
| Tabla 42 Comparación proteína fresco vs cocido INIAP 193 ----- | 88 |
| Tabla 43 Comparación fibra fresco vs cocido INIAP 193 ----- | 88 |
| Tabla 44 Comparación grasa fresco vs cocido INIAP 193----- | 89 |
| Tabla 45 Índice de calidad física de maíz enlatado por variedad y día de cosecha----- | 92 |
| Tabla 46 Presupuesto del proyecto ----- | 94 |

Índice de gráficos

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 Ciclo de cultivo de maíz | 13 |
| Gráfico 2 Determinación del punto óptimo de cosecha INIAP 101 | 46 |
| Gráfico 3 Determinación del punto óptimo de cosecha INIAP 122 | 48 |

| | | |
|------------|--|----|
| Grafico 4 | Determinación del punto óptimo de cosecha variedad CHAZO | 50 |
| Gráfico 5 | Determinación del punto óptimo de cosecha variedad INIAP 193 | 53 |
| Grafico 6 | Parámetros colorimétricos de variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha | 56 |
| Grafico 7 | Parámetros de tamaño y forma de variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha | 58 |
| Grafico 8 | Contenido de azúcares en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha. | 60 |
| Grafico 9 | Contenido de almidón en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha. | 61 |
| Grafico 10 | Contenido de saponinas en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha. | 62 |
| Grafico 11 | Contenido de humedad en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha. | 63 |
| Grafico 12 | Contenido de proteína en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha. | 64 |
| Grafico 13 | Contenido de fibra en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha. | 65 |
| Grafico 14 | Contenido de grasa en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha | 66 |
| Grafico 15 | Parámetros fisicoquímicos- INIAP101 (fresco vs cocido) | 72 |
| Grafico 16 | Parámetros fisicoquímicos- INIAP 122 (fresco vs cocido). | 78 |
| Grafico 17 | Parámetros fisicoquímicos- variedad CHAZO (fresco vs cocido) | 84 |
| Grafico 18 | Parámetros fisicoquímicos- INIAP 193 (fresco vs cocido) | 91 |

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L.*) representa uno de los cultivos más estratégicos y relevantes en América Latina, tanto por su valor alimenticio como por su amplio potencial de aprovechamiento industrial. En el contexto ecuatoriano, desempeña un papel clave en la seguridad alimentaria y en el sustento económico de zonas rurales, especialmente en las regiones centro y norte de la Sierra, donde predomina el cultivo por parte de pequeños y medianos productores para diversos fines: consumo fresco, grano seco o transformación agroindustrial (FAO, 2021; INEC, 2022). Esta importancia ha motivado la incorporación de tecnologías que permiten generar valor agregado, siendo el enlatado una de las alternativas más relevantes, dado que incrementa la vida útil del producto y amplía su aplicabilidad en la cadena de valor.

El método de enlatado consiste en someter el alimento a procesos térmicos intensivos, superiores a 100 °C, dentro de recipientes herméticos. Este procedimiento busca eliminar microorganismos patógenos sin comprometer significativamente las propiedades nutricionales ni sensoriales del producto. Aunque ampliamente aplicado en hortalizas, su eficacia depende de variables como la calidad fisiológica del grano, su estado de madurez al momento de la cosecha, y la respuesta específica de cada variedad frente al tratamiento térmico (Holdsworth & Simpson, 2007). En el caso del maíz, estas condiciones se tornan cruciales, ya que el proceso de maduración conlleva alteraciones en la estructura, composición y estabilidad del grano, influyendo directamente en el desempeño del producto final enlatado.

Las variedades de maíz difieren notablemente en parámetros como el pH, acidez, sólidos solubles, dureza, grado de fractura, contenido de materia seca y perfil nutricional (proteína, fibra, grasa). Estos factores, junto con su comportamiento en condiciones de cocción (por ejemplo, a 121 °C en autoclave), permiten evaluar su viabilidad tecnológica para la elaboración de productos enlatados (Guerrero et al., 2019; Aguirre et al., 2020). Asimismo, el cálculo del valor F_0 es indispensable para asegurar una esterilización efectiva y la eliminación de microorganismos termorresistentes como *Clostridium botulinum*, lo que garantiza la inocuidad del producto (Holdsworth & Simpson, 2007).

En este contexto, se hace imprescindible llevar a cabo una caracterización integral que considere tanto los atributos fisicoquímicos y nutricionales como la respuesta del grano al procesamiento térmico bajo condiciones simuladas de enlatado. Identificar el punto óptimo de cosecha, la variedad con mejor rendimiento post-cocción y los factores determinantes de la calidad del producto es clave para impulsar el desarrollo de alimentos industrializados seguros, estables y de alto valor agregado.

Por ello, el presente estudio tiene como finalidad evaluar la aptitud de cuatro variedades de maíz (INIAP-101, INIAP-122, CHAZO e INIAP-193) frente al proceso de enlatado, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos, colorimétricos, texturales, nutricionales y microbiológicos tras someterse a un tratamiento térmico estándar. Los resultados permitirán establecer lineamientos técnicos para optimizar la selección de materia prima y diseñar procesos industriales más eficientes, en beneficio de la competitividad y sostenibilidad de la agroindustria ecuatoriana.

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Institución:

Universidad Técnica de Cotopaxi

1.2. Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

1.3. Carrera que auspicia:

Carrera de Agroindustria

1.4. Título del proyecto de investigación:

EVALUAR LA APTITUD DE CUATRO VARIEDADES DE MAIZ (*Zea mays L.*) PARA EL PROCESO DE ENLATADO

1.5. Equipo de Trabajo:**Tutora:**

Ing. Mg Zoila Eliana Zambrano Ochoa **Cotutora:**

Ing. Villacrés Poveda Clara Elena Mg.

Tesista:

Leslie Monserrath Mayorga Torres

1.6. Lugar de ejecución:

Panamericana Sur, kilómetro 1 (sector Cutuglagua), Cantón Mejía, Provincia de Pichincha, Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Estación Experimental Santa Catalina

1.7. Fecha de inicio: marzo 2025

1.8. Fecha de finalización: agosto 2025

1.9. Líneas de investigación

Procesos tecnológicos, bioactivos, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

1.10 Sub línea de investigación planteado por la carrera

Investigación-innovación y emprendimientos

2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La presente investigación se justifica por su potencial aporte al fortalecimiento del sector agroindustrial ecuatoriano, al proporcionar una evaluación técnica de la idoneidad de distintas variedades de maíz para su transformación mediante procesos de enlatado. En un escenario donde aumenta la demanda de alimentos seguros, estables y con mayor vida útil, el enlatado se consolida como una solución efectiva para preservar productos agrícolas como el maíz, incrementando su valor agregado y disminuyendo las pérdidas asociadas al manejo postcosecha (FAO, 2021).

Pese a que Ecuador mantiene una producción considerable de maíz, su aprovechamiento a nivel industrial continúa limitado a aplicaciones convencionales, con escasa incorporación de innovación tecnológica. La ausencia de investigaciones enfocadas en la respuesta de las variedades nacionales frente al tratamiento térmico representa una barrera significativa para la diversificación de productos procesados, reduciendo la competitividad del sector agroalimentario (INEC, 2022). Esta falta de información técnica dificulta que productores y pequeños emprendimientos tomen decisiones fundamentadas respecto a la selección varietal, el momento óptimo de cosecha y las condiciones de procesamiento que garanticen un producto de alta calidad e inocuidad.

En respuesta a esta problemática, el presente estudio busca generar evidencia técnica concreta sobre variables críticas como el pH, la acidez, los sólidos solubles, la dureza, textura, color y composición nutricional, tanto en estado crudo como posterior a la cocción en autoclave. Esta información permitirá identificar las variedades con mejor desempeño ante el proceso térmico de enlatado, brindando soporte técnico a plantas de procesamiento y microempresas rurales interesadas en innovar su oferta de productos derivados del maíz (Guerrero et al., 2019).

El valor social de esta investigación radica en su aplicabilidad directa en contextos productivos locales, como el caso de Latacunga, donde el maíz es un cultivo estratégico para los pequeños agricultores. Proporcionar lineamientos técnicos que favorezcan la transformación del grano en productos con mayor valor comercial puede dinamizar la economía rural, generar empleo y fortalecer la seguridad alimentaria a través del aprovechamiento de variedades nacionales (Aguirre et al., 2020).

Desde el punto de vista académico y metodológico, el trabajo se sustenta en el uso de herramientas estadísticas como el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de Tukey, lo que asegura un abordaje riguroso para la identificación de diferencias significativas entre tratamientos. Esta solidez metodológica contribuye a la generación de conocimiento replicable y aplicable, sentando las bases para futuras investigaciones en el campo de la aptitud tecnológica de materias primas agrícolas (Holdsworth & Simpson, 2007).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Descripción del problema

El crecimiento sostenido de la población mundial ha incrementado la demanda por alimentos que no solo sean seguros y nutritivos, sino que además tengan una vida útil prolongada. En respuesta a esta necesidad, la industria agroalimentaria ha impulsado tecnologías de conservación como el enlatado, que permiten mantener la estabilidad microbiológica de los productos sin necesidad de refrigeración, lo que facilita su distribución y acceso en zonas con limitaciones logísticas (FAO, 2021). No obstante, la eficacia del enlatado depende en gran medida de la naturaleza del alimento a procesar, ya que sus características fisicoquímicas y estructurales condicionan la resistencia térmica, textura final, y aceptabilidad del producto (Holdsworth & Simpson, 2007).

En países como Ecuador, donde el maíz (*Zea mays* L.) constituye uno de los cultivos de mayor importancia alimentaria y económica, el potencial de transformación agroindustrial sigue siendo limitado. La mayoría de la producción se destina al consumo fresco o seco, mientras que los productos de valor agregado son escasos y dependen de tecnologías poco estandarizadas (INEC, 2022). A pesar de que existen programas de mejoramiento genético y variedades desarrolladas por instituciones como INIAP, aún no se cuenta con suficiente información científica sobre su desempeño en procesos térmicos como el enlatado. Esta falta de datos técnicos impide establecer

recomendaciones claras para productores y procesadores, restringiendo la innovación en la cadena de valor del maíz (Guerrero et al., 2019).

En la provincia de Cotopaxi, específicamente en el cantón Latacunga, la producción de maíz es parte del sustento de comunidades rurales, que buscan alternativas para dar valor agregado a su cosecha. Sin embargo, muchas iniciativas fracasan por desconocer qué variedad se adapta mejor al proceso térmico, en qué momento debe ser cosechada, o cómo mantener la textura, el color y los atributos nutricionales tras el tratamiento en autoclave (Aguirre et al., 2020). Esta carencia de criterios técnicos adecuados se traduce en productos inconsistentes, con pérdidas sensoriales o microbiológicas, y por tanto poco competitivos frente al mercado.

Si esta situación persiste, el resultado será el desaprovechamiento de una materia prima con alto potencial, el aumento de las pérdidas postcosecha y el estancamiento de pequeños emprendimientos que podrían ser parte de una agroindustria rural más fortalecida. Además, se perdería la oportunidad de sustituir importaciones de productos enlatados, desarrollar empleo local y asegurar alimentos inocuos y accesibles para la población ecuatoriana.

Por tanto, es indispensable desarrollar estudios científicos que evalúen el comportamiento de variedades locales y mejoradas de maíz durante el proceso de enlatado, considerando sus atributos fisicoquímicos, texturales, nutricionales y térmicos. Esta información permitirá definir protocolos técnicos de cosecha y procesamiento, seleccionar variedades más aptas y orientar estrategias de escalamiento industrial para dinamizar el sector agroalimentario del país desde lo local hacia lo nacional.

4.2 Formulación del problema

¿Las variedades de maíz INIAP-101, INIAP-122, CHAZO e INIAP-193 presentan la aptitud tecnológica adecuada para el proceso de enlatado, ¿Según sus características fisicoquímicas, texturales, nutricionales y su respuesta al tratamiento térmico?

4. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

- Evaluar la aptitud de cuatro variedades de maíz (*Zea mays* L.) para el proceso de enlatado

5.2 Objetivos específicos

- Establecer el tiempo óptimo de cosecha de cuatro variedades de maíz en estado fresco destinadas a la elaboración de enlatados.

- Caracterizar las propiedades físicas y la composición química de cuatro variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.
- Evaluar el proceso calórico de esterilización
- Determinar el efecto del procesamiento térmico en las características fisicoquímicas de cuatro variedades maíz.

5. ACTIVIDADES Y TAREAS

Tabla 1 Actividades y tareas

| Objetivo | Actividad | Metodología | Resultados |
|--|--|--|--|
| Establecer el tiempo óptimo de cosecha de cuatro variedades de maíz en estado fresco destinadas a la | Muestreos escalonados en distintos días después de la siembra, evaluando parámetros de | - Mediciones de pH (Lectura con potenciómetro) -Acidez (Método de titulación acidobase) -Sólidos solubles (Lectura con refractómetro de mesa) | Determinación del número de días óptimos de cosecha para cada variedad, priorizando aquellos que |
| elaboración de enlatados. | madurez fisiológica y calidad tecnológica. | -Materia seca (Método gravimétrico de secado en mufla) -Textura (dureza, fracturabilidad) (Ensayo instrumental de textura por compresión) | conserven mejores características para el enlatado. |

| | | | |
|--|--|--|--|
| <p>Caracterizar las propiedades físicas y la composición química de cuatro variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.</p> | <p>Análisis integral de las muestras recolectadas en el punto óptimo de cosecha</p> | <p>-Color (Ensayo instrumental de color) - Tamaño y forma (Ensayo instrumental de tamaño y forma.) --Azúcares reductores (Smith y Cronin (1953) -Almidón total (Tobar y Coll (1990) - Saponinas, humedad, proteína, fibra y grasa. (Análisis por espectroscopía de reflectancia en infrarrojo cercano (NIR).</p> | <p>Obtención de perfiles fisicoquímicos comparativos de cada variedad, permitiendo identificar sus ventajas o limitaciones para la elaboración de productos enlatados.</p> |
| <p>Evaluar el proceso calórico de esterilización</p> | <p>Ejecución de proceso térmico</p> | <p>-Determinación del tiempo requerido para lograr la muerte térmica (F_0)</p> | <p>Confirmación del tratamiento térmico apto para la elaboración de enlatado</p> |
| <p>Determinar el efecto del procesamiento térmico en las características fisicoquímicas de cuatro variedades maíz.</p> | <p>Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de las muestras después del enlatado</p> | <p>-Azúcares reductores (Smith y Cronin (1953), almidón total (Tobar y Coll (1990) -Humedad. proteína, fibra, grasa (Análisis por espectroscopía de reflectancia en infrarrojo cercano</p> | <p>Impacto del tratamiento térmico sobre la calidad de cada variedad, determinando cuál conserva mejor sus</p> |

| | | | |
|--|--|--|-----------------------------------|
| | | (NIR).. -Índice de calidad para enlatado: ° rotura (Conteo manual) sólidos totales (Método gravimétrico por desecación en mufla) y viscosidad (Método empírico de flujo por tiempo, utilizando viscosímetro tipo copa (Zahn o Ford) en el líquido de gobierno | propiedades tras el procesamiento |
|--|--|--|-----------------------------------|

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Antecedentes

En la investigación intitulada *Cosecha y poscosecha del maíz*, realizada por Gustavo Adolfo Ligarreto Moreno (2017) de la Universidad Nacional de Colombia, se establecieron como objetivos identificar el punto óptimo de cosecha según el contenido de humedad del grano. Se concluyó que para granos secos una humedad cercana al 25 %, y para choclo entre 70-74 %, es ideal para garantizar calidad física y reducir daños en procesos posteriores como enlatado.

En *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) en la zona media de la Parroquia Malchinguí* (Coral Valenzuela et al., 2019), se evaluaron dos genotipos locales (Pepa y Amarillo) en seis sitios experimentales. El estudio tuvo como objetivo comparar características cuantitativas y cualitativas, concluyendo diferencias significativas en peso de grano y tamaño de mazorca, lo cual orienta la selección de germoplasma promisorio para procesos industriales como el enlatado.

En la publicación de Carlos Parera (2017), *Producción de maíz dulce*, se planteó evaluar el rendimiento y estado de cosecha del maíz dulce con fines industriales. Se concluyó que la madurez ideal para enlatado y alimentos frescos se sitúa entre los estados R4 (lechoso) y R5 (masoso), cuando los granos presentan alrededor del 20-25 % de humedad, para optimizar firmeza textural y calidad nutricional.

El estudio *El cultivo del maíz* (Universidad de Sonora, s.f.) se propuso definir los estados fenológicos correspondientes al enlatado y almacenamiento. Se encontró que cosechar entre R4– R5, con grano lechoso-masoso y contenido de humedad ≥ 20 %, permite un correcto procesamiento térmico y buen rendimiento postcosecha.

De este modo, se refuerza el enfoque del presente trabajo, que busca evaluar el comportamiento de variedades nacionales frente al enlatado, integrando variables fisicoquímicas y texturales que contribuyan al desarrollo de productos agroindustriales de alto valor agregado.

6.2 Fundamentación teórica

6.2.1 El maíz

6.2.1.1 Origen.

El maíz tuvo su origen en una región específica de México y posteriormente se extendió a otras partes de América. El entorno que dio vida al maíz se caracterizaba por un clima estacional, con inviernos secos y lluvias estivales, en una zona montañosa con pendientes pronunciadas y suelos calizos. (Acosta, 2025)

Según (Yáñez et al., 2013), En la Sierra del Ecuador, el cultivo de maíz es fundamental debido a su amplia superficie cultivada y su importancia en la dieta local. La distribución de variedades de maíz en la región se debe a las preferencias y costumbres de los agricultores, con diferentes tipos predominando en la sierra norte, central y sur. Actualmente, se han identificado 29 razas de maíz en el Ecuador, de las cuales 17 se encuentran en la sierra, lo que ha permitido al INIAP desarrollar variedades mejoradas que aprovechan la riqueza genética de la región.

6.2.2 Identificación taxonómica del maíz

El maíz (*Zea mays L.*) se destaca como uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, no solo por su amplio consumo humano y animal, sino también por su aplicación en múltiples industrias, desde la alimentaria hasta la energética. Su clasificación taxonómica resulta fundamental para entender su evolución, sus relaciones filogenéticas y las características que lo diferencian de otros cereales. Esta información sistemática permite establecer criterios para su identificación, manejo agronómico y mejoramiento genético.

Desde el punto de vista biológico, el maíz pertenece al reino Plantae y al orden Poales, compartiendo similitudes estructurales con otros cereales de la familia Poaceae. A través de su análisis taxonómico, se puede conocer con mayor precisión su origen mesoamericano, su domesticación y su adaptación a distintas condiciones agroecológicas. Esta comprensión es clave para seleccionar genotipos con mayor tolerancia al estrés, mejor respuesta industrial y mejores

características nutricionales. A continuación, se detalla su ubicación taxonómica desde el nivel de reino hasta la especie.

Tabla 2 *Clasificación taxonómica del maíz*

| | |
|------------|---------------|
| Reino | Plantae |
| Subreino | Tracheobionta |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Liliopsida |
| Subclase | Commelinidae |
| Orden | Poales |
| Familia | Poaceae |
| Subfamilia | Panicoideae |
| Tribu | Maydeae |
| Género | Zea |
| Especie | Mays |

Fuente: (Valladares, 2010)

6.2.3. Características botánicas y morfológicas.

Según (Abarca,2014), el maíz presenta las siguientes características botánicas:

6.2.3.1 Raíz

Estas raíces se presentan en forma de fascículos y tienen la función de brindar un anclaje firme y seguro a la planta. En ocasiones, se pueden observar protuberancias o nudos en la superficie del suelo, especialmente en las raíces secundarias o adventicias.

6.2.3.2 Tallo

Se caracteriza por ser una estructura simple y erguida, similar a una caña, con un interior sólido y una altura considerable que puede llegar hasta los 4 metros. Además, es robusto y no presenta ramificaciones.

6.2.3.3 Hojas

Las hojas son largas y lanceoladas, con una disposición alterna en el tallo y nervaduras paralelas. Son de gran tamaño y envuelven el tallo, presentando vello en la superficie superior.

Además, los bordes de las hojas son extremadamente afilados y cortantes.

6.2.3.4 Inflorescencia

Esta planta es monoica, lo que significa que presenta inflorescencias masculinas y femeninas separadas dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina se presenta en forma de panícula, también conocida como espigón o penacho, de color amarillo y contiene aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen. Cada flor de la panícula tiene tres estambres donde se produce el polen.

Por otro lado, la inflorescencia femenina, una vez fecundada por los granos de polen, se convierte en una mazorca. La mazorca está compuesta por semillas (granos de maíz) dispuestas a lo largo de un eje central y está cubierta por hojas verdes. En la parte superior de la mazorca, se encuentra un penacho de color amarillo oscuro formado por estilos.

6.2.3.5 Grano

La semilla de maíz, que en realidad es un fruto, está cubierta por una capa dura llamada pericarpio. Debajo del pericarpio se encuentra la capa de aleurona, que es responsable del color del grano, que puede ser blanco, amarillo o morado, y contiene proteínas. En el interior del grano se encuentra el endospermo, que constituye aproximadamente el 85-90% del peso del grano.

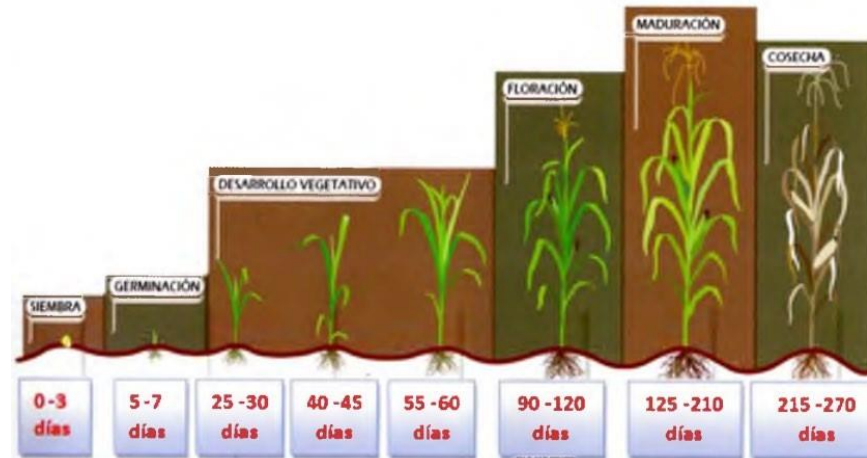
Dentro del grano también se encuentra el embrión, que está formado por dos partes principales: la radícula, que es la raíz embrionaria, y la plúmula, que es la parte embrionaria que dará lugar a la parte aérea de la planta.

6.2.4 Ciclo del cultivo

Yáñez et al. (2010) describen que plantas de maíz de todas las variedades se desarrollan de la misma manera, sin embargo, el tiempo entre etapas de crecimiento varían dependiendo del tipo de

maíz. Por lo general el maíz de altura tienen un ciclo de cultivo de 215 a 270 días, desde la siembra hasta la cosecha.

Gráfico 1
maíz



Ciclo de cultivo de

Fuente: (Yáñez et al., 2013)

Aspectos agroecológicos del

6.2.5

maíz

El maíz

(*Zea mays*

L.) es uno de los cultivos más versátiles y adaptables del mundo, cultivado desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 3.000 metros. Esta adaptabilidad responde a su diversidad genética y a la existencia de distintas razas y variedades que permiten su siembra en una amplia gama de condiciones agroclimáticas (González et al., 2020).

6.2.5.1. Zonas productoras

En Ecuador, el maíz se cultiva ampliamente en las regiones de la Costa y la Sierra. En la Sierra, destacan provincias como Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi y Tungurahua; mientras que en la Costa, Manabí, Los Ríos y Guayas concentran gran parte de la producción nacional (MAG, 2023).

6.2.5.2. Altitud

El maíz puede desarrollarse desde zonas costeras hasta alturas superiores a los 3.500 m s. n. m., aunque el rango óptimo varía entre los 1.500 y 2.800 m s. n. m. en la región andina ecuatoriana (INIAP, 2013). Las variedades mejoradas para la Sierra han sido adaptadas a climas templados de altura, mientras que las híbridas de la Costa se orientan hacia climas tropicales y subtropicales.

6.2.5.3. Temperatura

La temperatura es uno de los factores determinantes para el desarrollo del maíz. El rango óptimo para su crecimiento se encuentra entre 18 °C y 27 °C. Temperaturas por debajo de los 10 °C retrasan la germinación y el desarrollo vegetativo, mientras que valores superiores a los 35 °C pueden reducir la tasa de polinización y afectar el llenado del grano (Martínez et al., 2019).

6.2.5.4. Precipitación

En cuanto a la precipitación, el maíz requiere entre 500 y 1.200 mm anuales, distribuidos de manera uniforme durante su ciclo fenológico. Un déficit hídrico en las etapas críticas de floración y llenado de grano puede reducir significativamente el rendimiento (FAO, 2021). En regiones con precipitaciones estacionales, es frecuente complementar con riego en la fase vegetativa.

6.2.5.5. Suelo

El cultivo de maíz prospera en suelos bien drenados, de textura franca o franco-arenosa, con buen contenido de materia orgánica y pH entre 5,5 y 7,5. Suelos compactados, salinos o excesivamente ácidos dificultan el desarrollo radicular y limitan la absorción de nutrientes (Yáñez et al., 2013). Las labores de preparación del terreno, como el arado y la nivelación, son fundamentales para un establecimiento uniforme del cultivo.

6.2.5.6. Época de siembra

La época de siembra varía según la zona agroecológica. En la Sierra ecuatoriana, se siembra comúnmente entre septiembre y diciembre, aprovechando las lluvias de la temporada. En la Costa, la siembra principal se realiza entre enero y marzo, coincidiendo con el régimen lluvioso (MAG, 2023).

6.2.5.7. Cosecha y almacenamiento

El maíz (*Zea mays L.*) se destaca como uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, no solo por su amplio consumo humano y animal, sino también por su aplicación en múltiples industrias, desde la alimentaria hasta la energética. Su clasificación taxonómica resulta fundamental para entender su evolución, sus relaciones filogenéticas y las características que lo diferencian de otros cereales. Esta información sistemática permite establecer criterios para su identificación, manejo agronómico y mejoramiento genético.

Desde el punto de vista biológico, el maíz pertenece al reino Plantae y al orden Poales, compartiendo similitudes estructurales con otros cereales de la familia Poaceae. A través de su análisis taxonómico, se puede conocer con mayor precisión su origen mesoamericano, su domesticación y su adaptación a distintas condiciones agroecológicas.

Desde el enfoque biológico, el maíz se clasifica dentro del reino Plantae y pertenece al orden Poales, lo que lo sitúa junto a otros cereales de gran importancia agrícola dentro de la familia Poaceae. Esta clasificación no solo revela sus relaciones filogenéticas, sino que también permite entender aspectos clave de su estructura, fisiología y comportamiento agronómico. El estudio de

su taxonomía ha permitido rastrear su origen mesoamericano, así como su proceso de domesticación ancestral, que dio lugar a una especie altamente adaptable



6.2.6 Genotipos de estudio

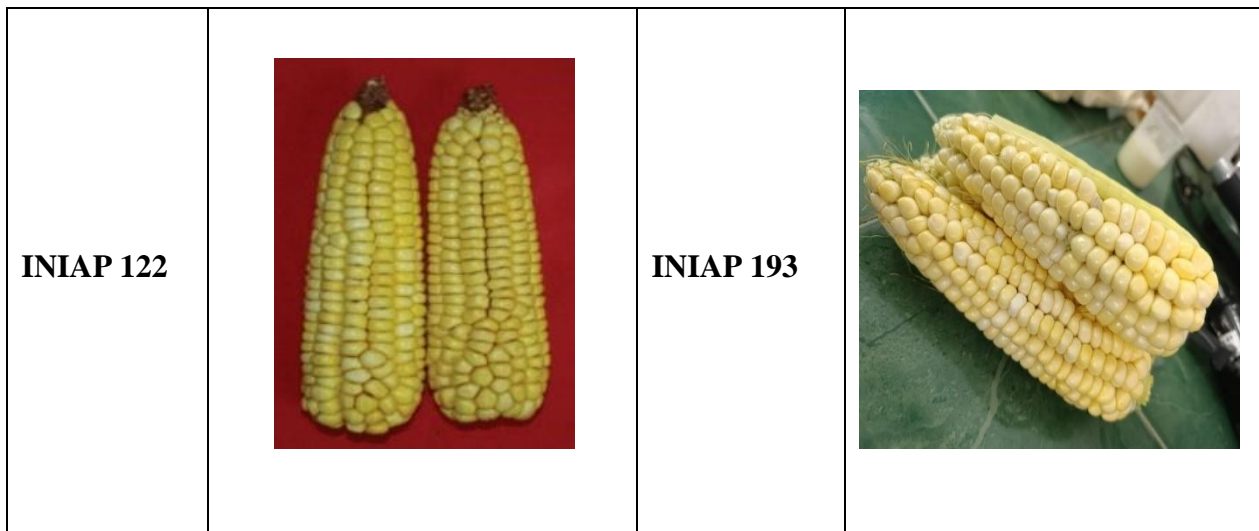
Tabla 3 Genotipos de estudio

| Genotipo | Tipo | Grano | Días cosecha | | Alturas | | Usos | Zonas |
|------------------|-----------------|------------------|--------------|-----------|---------|---------|------------------------------|-----------------------|
| | | | En seco | En choclo | Planta | Mazorca | | |
| INIAP 101 | Blanco Harinoso | Grande harinoso | 205 días | 120 días | 195 cm | 94 cm | Alimentación humana | Pichincha, Azuay |
| INIAP 122 | Amarillo suave | Grande duro | 225 días | 135 días | 250cm | 140 cm | Alimentación humana y animal | Imbabura |
| CHAZO | Blanco Harinoso | Grande suave | 256 días | 193 días | 214 cm | 90 cm | Alimentación humana | Chimborazo |
| INIAP 193 | Amarillo suave | Amarillo pequeño | 210 días | 197 días | 240 cm | 90cm | Alimentación humana y animal | Sierra centro norte y |

Fuente: (Yáñez et al., 2013)

Tabla 4 Fotografías de variedades de maíz

| VARIEDAD | EJEMPLAR | VARIEDAD | EJEMPLAR |
|------------------|---|--------------|---|
| INIAP 101 |  | CHAZO |  |



Fuente: (Yáñez et al., 2013)

En la región andina del Ecuador se cultivan diversos genotipos de maíz que presentan una amplia variabilidad morfológica y agronómica. Esta diversidad es el resultado de procesos de domesticación ancestral combinados con programas de mejoramiento genético orientados a incrementar el rendimiento, mejorar la adaptación al medio y optimizar su aprovechamiento agroindustrial (INIAP, 2013).

Los genotipos andinos se diferencian principalmente por el tipo y tamaño del grano, el ciclo de desarrollo (días a cosecha en estado seco y en choclo), la altura de la planta y la inserción de la mazorca, así como por su destino de uso, ya sea para consumo humano directo o alimentación animal. Estas características están fuertemente influenciadas por factores agroecológicos como altitud, temperatura, régimen de lluvias y tipo de suelo (González et al., 2020).

La Tabla 3 resume los principales atributos agronómicos de algunos genotipos representativos cultivados en zonas de la Sierra ecuatoriana, incluyendo datos sobre días a cosecha, altura de planta, usos y zonas de producción. Por su parte, la Tabla 4 presenta fotografías ilustrativas de dichas variedades, permitiendo visualizar las diferencias fenotípicas entre los materiales evaluados.

6.2.7 Composición nutricional del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de gran importancia mundial por su valor nutricional y versatilidad. Su composición depende de la variedad y estado de madurez. En general, contiene entre 60–70 % de carbohidratos (principalmente almidón), 8–11 % de proteínas, 3–5 % de lípidos y hasta 12 % de fibra dietética (Salinas et al., 2016; FAO, 1992).

En cuanto a su perfil proteico, el maíz contiene principalmente zeínas, proteínas deficientes en lisina y triptófano, por lo que su valor nutricional mejora al combinarse con leguminosas (Paredes-López & Mendoza, 2020). Además, aporta grasas poliinsaturadas como el ácido linoleico, y micronutrientes como vitaminas del complejo B y minerales como magnesio, fósforo y zinc (Serna-Saldívar, 2010).

Tabla 5 Composición nutricional del maíz

| COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL MAÍZ | |
|---|-------------|
| (g/100g) | MAIZ |
| Humedad | 11.3 |
| Proteína | 8.8 |
| Lípidos | 3.8 |
| Carbohidratos | 65.0 |
| Fibra | 9.8 |
| Minerales | 1.3 |

6.2.7.1 Almidón

El almidón es el principal componente del grano, representando entre el 60 y 70 % de su peso seco. Se encuentra mayoritariamente en el endospermo y está compuesto por amilosa y amilopectina, cuya proporción influye en la textura, digestibilidad y aptitud industrial del grano (Serna-Saldívar, 2010).

6.2.7.2 Proteínas

El maíz contiene entre 8 y 11 %, siendo las zeínas las más abundantes. Estas son de bajo valor biológico por su deficiencia en lisina y triptófano, lo que limita su calidad proteica. No obstante, este déficit puede compensarse con la incorporación de leguminosas en la dieta (ParedesLópez & Mendoza, 2020).

6.2.7.3 Aceite y ácidos grasos

El aceite del grano de maíz se encuentra principalmente en el germen y su contenido varía genéticamente, oscilando entre el 3 y el 18 por ciento. Este aceite se caracteriza por tener un bajo

nivel de ácidos grasos saturados, como el ácido palmítico y esteárico, con valores medios del 11 y 2 por ciento, respectivamente. En cambio, es rico en ácidos grasos poliinsaturados, especialmente el ácido linoleico, que representa cerca del 24 por ciento de su composición.

6.2.7.4 Fibra dietética

La fibra dietética del maíz está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina, y puede representar entre 7 y 12 % del peso del grano. Esta fracción mejora la salud digestiva y regula la absorción de glucosa y lípidos (Salinas et al., 2016).

6.2.7.5 Vitaminas liposolubles

El maíz aporta principalmente vitamina E (tocoferoles) y provitamina A (carotenos), presentes en mayor cantidad en variedades pigmentadas. Estas vitaminas actúan como antioxidantes naturales (López et al., 2019).

6.2.7.6 Vitaminas hidrosolubles

Entre las vitaminas hidrosolubles se destacan las del complejo B: tiamina (B1), niacina (B3) y riboflavina (B2), necesarias para el metabolismo energético. Sin embargo, parte de estas se pierde durante el procesamiento, por lo que su biodisponibilidad puede verse afectada (Serna-Saldívar, 2010; FAO, 1992).

6.2.8 Tratamientos térmicos

Los tratamientos térmicos son una parte fundamental en la industria alimentaria, ya que permiten garantizar la seguridad y calidad de los productos alimenticios. En particular, el maíz enlatado es un ejemplo de cómo los tratamientos térmicos pueden ser utilizados para prolongar la vida útil y mejorar la calidad del producto.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los tratamientos térmicos son esenciales para eliminar los microorganismos patógenos y reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos (OMS, 2018). En el caso del maíz enlatado, los tratamientos térmicos pueden incluir el escaldado, la esterilización y la pasteurización.

El escaldado es un proceso que implica la aplicación de calor para inactivar enzimas y reducir la carga microbiana (Fellows, 2009). La esterilización, por otro lado, es un proceso que implica la aplicación de calor y presión para eliminar cualquier microorganismo patógeno (Campbell-Platt, 2017). La pasteurización es un proceso que implica la aplicación de calor para reducir la carga microbiana y prolongar la vida útil del producto (Lewis & Heppell, 2000).

En el caso del maíz enlatado, los tratamientos térmicos pueden variar dependiendo del tipo de maíz, la variedad y el proceso de enlatado específico. Sin embargo, en general, los tratamientos térmicos pueden incluir temperaturas de 80-90°C durante 10-30 minutos para el escaldado, 115-121°C durante 30-60 minutos para la esterilización y 70-80°C durante 10-30 minutos para la pasteurización (FAO, 2013).

6.2.8.1 Muerte térmica (F_0)

El valor F_0 es un parámetro fundamental en el diseño y evaluación de procesos térmicos en alimentos enlatados. Representa el tiempo equivalente, en minutos, a 121,1 °C (250 °F) necesario para lograr una reducción microbiana específica, generalmente en referencia al microorganismo más resistente de interés, como *Clostridium botulinum* en alimentos de baja acidez (Holdsworth & Simpson, 2008).

Este valor se utiliza para garantizar la inocuidad microbiológica del producto, sin comprometer en exceso sus características sensoriales o nutricionales. El valor F_0 permite comparar tratamientos térmicos realizados a diferentes temperaturas y duraciones, estandarizándolos a una base común (121,1 °C).

6.2.8.2 Cálculo del valor F_0

El cálculo del valor F_0 depende de la curva de temperatura durante el proceso térmico y del conocimiento del valor z , que es la constante de temperatura necesaria para lograr una reducción logarítmica (1 log) en el valor D del microorganismo.

La fórmula general para calcular F_0 es:

$$F_0 = t \cdot 10^{\frac{T - T_{ref}}{z}}$$

Donde:

Tabla 6 Parámetros para cálculo de F_0

| | |
|-----------|--|
| t | Tiempo total del tratamiento (min) |
| T | temperatura del proceso (°C) |
| T_{ref} | temperatura de referencia |
| z | Resistencia térmica del microorganismo |

Un valor F_0 más alto indica un tratamiento térmico más letal, lo que garantiza mayor destrucción microbiana, pero también podría comprometer la calidad del alimento. Un valor F_0 más bajo podría ser insuficiente para asegurar la inocuidad del producto. Para alimentos de baja acidez ($\text{pH} > 4.6$), se considera un F_0 de 3 minutos como mínimo, equivalente a una reducción de 12 log de *Clostridium botulinum*, conocida como el "botulinum cook" (Jay, 2005).

6.2.8.3 Aplicación del F_0 en enlatado

En esta investigación, el valor F_0 se emplea para evaluar la eficacia del tratamiento térmico aplicado al maíz enlatado de las variedades INIAP 101, INIAP 122, CHAZO e INIAP 193. Con este parámetro se determina si el tiempo y temperatura del proceso (121 °C por 8, 9 y 10 minutos) son suficientes para garantizar la destrucción microbiana sin afectar negativamente la calidad fisicoquímica del producto. Además, el F_0 permite estandarizar el proceso entre las diferentes variedades y días de cosecha, contribuyendo a establecer una recomendación técnica para la agroindustria.

6.2.9 Proceso de enlatado en granos de maíz

El proceso de enlatado en granos es un método de conservación que implica la selección, limpieza, preparación y envasado de granos en latas para su posterior distribución y consumo.

6.2.9.1. Selección de materia prima

La selección de materia prima es el primer paso en el proceso de enlatado en granos. En esta etapa, se seleccionan los granos de alta calidad que cumplan con los estándares de calidad y seguridad alimentaria (FAO, 2013). Los granos pueden ser de diferentes tipos, como maíz, arroz, trigo, etc.

6.2.9.2. Limpieza y lavado

La limpieza y el lavado de los granos son fundamentales para eliminar cualquier impureza o contaminante que pueda afectar la calidad del producto final (IFT, 2019). En esta etapa, se utilizan equipos de limpieza y lavado para eliminar cualquier suciedad, polvo u otros contaminantes de los granos.

6.2.9.3. Remojado y escurrido

El remojado y el escurrido de los granos son necesarios para rehidratarse y eliminar el exceso de agua (USDA, 2020). En esta etapa, se sumergen los granos en agua para rehidratarse, y luego se escurren para eliminar el exceso de agua.

6.2.9.4. Limpieza de latas

La limpieza de las latas es fundamental para garantizar que estén libres de cualquier contaminante o impureza que pueda afectar la calidad del producto final (FDA, 2018). En esta etapa, se utilizan equipos de limpieza para eliminar cualquier suciedad o contaminante de las latas.

6.2.9.5 Llenado

El llenado de las latas es el proceso de introducir los granos en las latas (IFT, 2019). En esta etapa, se utilizan equipos de llenado para introducir los granos en las latas de manera precisa y eficiente.

6.2.9.6. Cierre o sellado

El cierre o sellado de las latas es el proceso de cerrar las latas para que estén herméticamente selladas (FDA, 2018). En esta etapa, se utilizan equipos de cierre para cerrar las latas de manera precisa y eficiente.

6.2.9.7. Tratamiento térmico y enfriamiento

El tratamiento térmico y el enfriamiento son necesarios para esterilizar el producto y prevenir la contaminación (IFT, 2019). En esta etapa, se someten las latas a un tratamiento térmico para esterilizar el producto, y luego se enfrían para detener el proceso de esterilización.

6.3 MARCO CONCEPTUAL

6.3.1. Aptitud para el enlatado

Capacidad de una variedad vegetal para soportar el tratamiento térmico sin deterioro significativo de su calidad sensorial, nutricional o estructural, como textura o color.

6.3.2. Botulinum cook

Término usado en la industria alimentaria para describir el tratamiento térmico necesario (generalmente a 121 °C) para destruir esporas de *Clostridium botulinum*, garantizando la esterilidad comercial del producto enlatado.

6.3.3. Capacidad de retención de agua (CRA)

Propiedad funcional que indica la habilidad de un alimento para retener agua durante el procesamiento. Influye en la textura, jugosidad y estabilidad del producto final.

6.3.4. Esfericidad

Índice que indica cuán cercana es la forma de un objeto (como un grano) a una esfera perfecta. Se calcula a partir de las dimensiones del grano y tiene implicancia en su comportamiento en procesamiento.

6.3.5. Estado lechoso (R4)

Etapa fisiológica del maíz en la que el grano presenta un contenido alto de humedad y una textura suave, con el endospermo en estado líquido opaco. Ideal para consumo fresco o enlatado tipo choclo.

6.3.6. Estado masoso (R5)

Fase de madurez en la que el contenido del grano es pastoso y más firme. Marca la transición hacia la madurez fisiológica y es evaluada para fines industriales.

6.3.7. Letalidad térmica (F_0)

Indicador que expresa el tiempo equivalente de un tratamiento térmico a 121,1 °C necesario para eliminar microorganismos patógenos, especialmente *Clostridium botulinum*.

6.3.8. Lisina

Aminoácido esencial que el cuerpo humano no puede sintetizar. Es necesario para el crecimiento y la reparación de tejidos, y se encuentra en baja proporción en cereales como el maíz.

6.3.9. Punto de corte de cosecha

Momento específico en el desarrollo del cultivo en el que se decide la cosecha, basado en parámetros como humedad, textura, dulzor o composición química, según el destino industrial.

6.3.10. Reacción de Maillard

Reacción química entre azúcares reductores y aminoácidos durante el calentamiento. Genera compuestos responsables de coloración, aroma y sabor en productos procesados térmicamente.

6.3.11. Triptófano

Aminoácido esencial precursor de la serotonina y el niacina. Su deficiencia en el maíz reduce el valor biológico de sus proteínas.

6.3.12. Valor F_0

Unidad que representa la letalidad acumulada de un tratamiento térmico en condiciones estándar (121,1 °C, $z = 10$). Se usa para garantizar la esterilidad comercial de alimentos enlatados.

6.3.13. Vitaminas hidrosolubles

Vitaminas solubles en agua, especialmente del complejo B (B1, B2, B3), esenciales para el metabolismo energético y neurológico.

6.3.14. Vitaminas liposolubles

Vitaminas solubles en grasa, como A, D, E y K. En el maíz, destacan la vitamina E (tocoferoles) y provitamina A (carotenos), con acción antioxidante.

6.3.15. Zeínas

Prolaminas específicas del maíz, localizadas en el endospermo. Son insolubles en agua y pobres en lisina y triptófano, lo que limita su calidad nutricional.

7. METODOLOGÍA

7.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

7.1.1 Investigación aplicada

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver un problema práctico dentro del sector agroindustrial, relacionado con la determinación del momento óptimo de cosecha de cuatro variedades de maíz (INIAP 101, INIAP 122, CHAZO e INIAP 193), con el objetivo de evaluar su aptitud para el proceso de enlatado. Al identificar el punto ideal de cosecha y cómo este influye en las características fisicoquímicas posprocesamiento, se espera mejorar la calidad del producto final, optimizar los tiempos de producción y aumentar la rentabilidad del proceso industrial. Esta investigación responde a una necesidad real de la industria alimentaria, que demanda productos con buenas condiciones de textura, sabor y conservación, sin comprometer la eficiencia del procesamiento térmico.

7.1.2 Investigación descriptiva

Este estudio también es de carácter descriptivo, ya que se encarga de analizar y detallar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las variedades de maíz INIAP 101, INIAP 122, CHAZO e INIAP 193 en distintos días de cosecha. Se describen parámetros como azúcares reductores, almidón, humedad, proteína, fibra, grasa, pH, acidez, dureza, fracturabilidad, viscosidad y sólidos del líquido de gobierno, tanto en estado fresco como luego del tratamiento

térmico. Esta descripción permite observar el comportamiento de cada variedad a lo largo del tiempo de maduración, facilitando la identificación de sus características más relevantes para el enlatado, sin buscar aún establecer relaciones causales.

7.1.3 Investigación explicativa

Pretende comprender y justificar los efectos del momento de cosecha y del procesamiento térmico sobre la calidad del maíz enlatado. En este sentido, se busca explicar por qué determinadas fechas de cosecha permiten conservar mejor las características deseables en cada variedad (como menor grado de rotura, mayor viscosidad o adecuada firmeza) y qué factores internos o condiciones fisicoquímicas están involucradas. Este enfoque permite profundizar en las relaciones causa-efecto, por ejemplo, entre el contenido de materia seca y la estabilidad estructural del grano tras la cocción, aportando bases técnicas para recomendar prácticas de cosecha y procesamiento adecuadas para cada variedad.

7.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

7.2.1 Método cuantitativo

La investigación cuantitativa es aquella que reclama la intervención de datos cuantificables o numéricos (cantidades, magnitudes), por lo que trabajan con universos muy grandes (sobre los cuales toman muestras representativas como criterio de validación).

Esta reúne datos numéricos que pueden ser jerarquizados, medidos o categorizados a través de análisis estadístico y ayuda a descubrir patrones y relaciones, así como a realizar generalizaciones.

7.2.2 Método experimental

El método experimental es un enfoque científico que permite establecer relaciones causa-efecto mediante la manipulación controlada de variables. En esta investigación se aplicó para evaluar cómo influyen diferentes variedades de maíz, días de cosecha y el tratamiento térmico sobre las propiedades fisicoquímicas y nutricionales del producto enlatado. Este método se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA), permitiendo controlar variables y aplicar análisis estadísticos válidos para comparar los tratamientos (Hernández et al., 2014).

7.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

7.3.1. Observación

La técnica de observación fue empleada para registrar de manera sistemática y objetiva las características físicas y químicas del maíz de las variedades INIAP 101, INIAP 122, CHAZO e INIAP 193 durante los diferentes días de cosecha. Esta técnica permitió identificar visualmente cambios relacionados con el grado de madurez y el efecto del procesamiento térmico sobre aspectos como el color, textura y apariencia general del producto (Tamayo y Tamayo, 2011). La observación también se aplicó durante la evaluación post-enlatado, permitiendo reconocer defectos físicos o alteraciones visibles en los granos.

7.3.2. Experimentación

La experimentación constituyó la técnica principal del estudio, ya que permitió evaluar el efecto del momento de cosecha en la calidad fisicoquímica del maíz enlatado. Se utilizó un diseño completamente al azar, donde se aplicaron tratamientos térmicos a muestras de maíz cosechadas en distintas fechas, y posteriormente se analizaron parámetros como pH, acidez, viscosidad del líquido, contenido de sólidos, dureza, fracturabilidad, almidón, azúcares, proteína, fibra y grasa. La experimentación facilita el control de variables y el establecimiento de relaciones causales (Sampieri, Collado & Lucio, 2014), permitiendo así determinar el momento óptimo de cosecha para cada variedad en función de su respuesta al procesamiento.

7.3.3 Consulta

La técnica de consulta se utilizó para la revisión, recopilación y análisis de información científica y técnica relacionada con la fisiología del maíz, sus propiedades agroindustriales, procesos térmicos y estándares de calidad para enlatado. Esta técnica permitió contextualizar el problema de investigación, sustentar los antecedentes y fundamentar teóricamente los parámetros evaluados en el estudio. Según Hernández et al. (2014), la consulta documental es esencial para establecer el estado del arte de una investigación y garantizar una base teórica sólida.

7.4. Instrumentos de investigación

7.4.1. Para la Observación:

Libreta de campo, fichas de registro y fotografías

7.4.2. Equipos de laboratorio:

Mufla, viscosímetro, refractómetro, potenciómetro, balanzas analíticas

7.4.3. Software estadístico:

Infostat

7.4.4. Datos bibliográficos:

Tesis, artículos, fichas técnicas.

7.5 Materiales y métodos

La ejecución de la investigación y el desarrollo de los análisis fisicoquímicos se llevó a cabo durante el periodo académico abril-agosto 2025, en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), específicamente en la Estación Experimental Santa Catalina, ubicada en la provincia de Pichincha. Las actividades se desarrollaron en el área de Nutrición y Calidad, donde se realizaron los procesos de muestreo, acondicionamiento, procesamiento térmico y análisis de laboratorio de las diferentes variedades de maíz evaluadas.

7.5.1 Materia prima .

La materia prima empleada en esta investigación estuvo compuesta por cuatro variedades de maíz (*Zea mays L.*): INIAP 101, INIAP 122, CHAZO e INIAP 193, las cuales fueron sembradas el 26 de noviembre de 2024 en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Todas las variedades se cultivaron bajo condiciones homogéneas de clima, suelo y manejo agronómico, lo que permitió asegurar una base experimental uniforme. Esta estandarización fue clave para evaluar con mayor precisión las diferencias atribuibles a la genética y el estado de madurez del grano, evitando que factores externos alteren los resultados relacionados con sus propiedades fisicoquímicas y nutricionales.

La elección de estas variedades responde tanto a su disponibilidad en el contexto nacional como a su potencial agroindustrial, ya que han sido desarrolladas o evaluadas por instituciones como el INIAP por su rendimiento, adaptabilidad y características de calidad. Al trabajar con materiales genéticos contrastantes, se buscó no solo comparar su comportamiento frente al enlatado, sino también generar información útil que sirva de referencia para productores, investigadores y

procesadores que deseen seleccionar la mejor opción en función de los requerimientos del mercado o del producto final deseado.

Tabla 7 Materia prima, fechas y días de cosecha

| Variedad | Muestras | Fecha de cosecha | DÍAS |
|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------|
| INIAP 101 | M1 | 01-may-25 | 155 días |
| | M2 | 08-may-25 | 162 días |
| | M2 | 15-may-25 | 169 días |
| INIAP 122 | M1 | 22-may-25 | 176 días |
| | M2 | 29-may-25 | 183 días |
| | M3 | 05-jun-25 | 190 días |
| | M4 | 12-jun-25 | 197 días |
| CHAZO | M1 | 05-jun-25 | 190 días |
| | M2 | 12-jun-25 | 197 días |
| | M3 | 19-jun-25 | 204 días |
| INIAP 193 | M1 | 12-jun-25 | 197 días |
| | M2 | 19-jun-25 | 204 días |
| | M3 | 25-jun-25 | 210 días |

7.5.2 Metodología de análisis fisicoquímico del maíz en estado fresco

7..2.1 Determinación de pH

Método empleado: Lectura directa con potenciómetro

Materiales y equipos

- Vaso de precipitación
- Licuadora manual
- Medidor de pH marca Metrohm 827 pH lab

Procedimiento

Se pesaron 50 gramos de grano de maíz fresco y se trituraron utilizando una licuadora manual, hasta obtener aproximadamente 30 ml de leche de maíz (harina líquida), y se realiza la lectura con la ayuda del potenciómetro.

7.5.2.2 Determinación de acidez titulable

Método empleado: Titulación ácido-base con NaOH 0,1 N.

Materiales y equipos

- Vasos de precipitación
- Licuadora manual
- pipeta de 25 mL
- Potenciómetro

Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N
- Fenolftaleína

Procedimiento

Se trituraron 50 g de maíz fresco utilizando una licuadora manual para obtener leche de choclo. Se transfirieron 10 mL del extracto a un vaso de precipitación. Se añadieron 3 gotas de fenolftaleína como indicador. Posteriormente, se tituló con solución de NaOH 0,1 N hasta alcanzar un pH final de 8,2

7.5.2.3 Determinación de sólidos solubles Método

empleado:

Materiales y equipos

- Vasos de precipitación
- Licuadora manual
- Refractómetro de laboratorio ATAGO con termómetro digital

Procedimiento

Se trituraron aproximadamente 50 gramos de maíz fresco con ayuda de una licuadora manual para obtener leche de maíz. Posteriormente, se colocó una pequeña muestra de este líquido en el prisma

de un refractómetro de laboratorio ATAGO y se realizó la lectura directa del contenido de brix. El equipo fue previamente calibrado con agua destilada para asegurar la precisión de los resultados.

7.5.2.4 Determinación de materia seca

Método empleado: Método gravimétrico de secado en mufla.

Materiales y equipos

- Balanza analítica digital marca OHAUS explorer
- Platos de aluminio para secado
- Mufla de laboratorio marca Mermmert Edelsrahl Rost Frei
- Pinzas metálicas

Procedimiento

Se pesaron previamente los platos de aluminio vacíos, registrando su peso inicial. Luego, sin tarar la balanza, se colocaron aproximadamente 10 gramos de granos de maíz fresco directamente sobre los platos. Las muestras se introdujeron en la mufla y se sometieron a una temperatura de 110 °C durante 24 horas, siguiendo el protocolo de secado hasta peso constante. Finalmente, se retiraron los platos y se registró el peso final para calcular el contenido de materia seca.

7.5.2.5 Determinación de parámetros de textura (dureza y fracturabilidad) Método

empleado: Ensayo instrumental de textura por compresión.

Materiales y equipos

- Texturómetro TA. XT2i Texture Analyser de Stable Micro Systems)
- Juego de cuchillas tipo guillotina
- Muestras homogéneas de granos de maíz

Procedimiento

- Se seleccionaron granos de maíz con características morfológicas similares. Cada grano fue colocado en el texturómetro, equipado con cuchillas tipo guillotina ajustadas a una separación de 3 mm.
- El equipo fue calibrado para aplicar una fuerza de 4.5 N para la medición de dureza y 4 N para la evaluación de fracturabilidad. Las muestras fueron sometidas a corte hasta su rotura, y los valores correspondientes fueron registrados mediante el software incorporado del equipo, el cual entregó los resultados automáticamente. **7.5.2.6 Determinación de parámetros de color (L* C* y h*) Método empleado:** Ensayo instrumental de color.

Materiales y equipos

Colorímetro portátil Dr. Lange Spectro-Color

-
-

- Cabina de iluminación estandarizada
Mazorcas enteras de maíz

Procedimiento

- Las muestras fueron tomadas en estado fresco, utilizando mazorcas enteras, las cuales fueron colocadas dentro de una cabina con iluminación uniforme. Previamente, el equipo fue calibrado con una superficie blanca estándar siguiendo las recomendaciones del fabricante.
- Cada muestra fue ubicada de forma horizontal y centrada bajo el sensor de lectura, asegurando un contacto adecuado con el punto de medición. Se obtuvieron directamente los valores de L^* , C^* y h^* desde la pantalla del equipo, registrando las mediciones en tres puntos diferentes de cada mazorca para obtener un promedio representativo. **7.5.2.7 Determinación de tamaño y forma (Diámetro mayor y menor) Método empleado:** Ensayo instrumental de tamaño y forma.

Materiales y equipos

- Pie de rey marca Mitutoyo Absolute Digimatic
- Granos de maíz en estado fresco

Procedimiento

- Ambas medidas se realizaron alineando correctamente el grano sobre el calibrador y asegurando el contacto sin deformar la muestra. Las mediciones se repitieron en tres granos por cada unidad experimental, registrando el promedio de los valores para su posterior análisis estadístico.

7.5.3 Metodología de análisis fisicoquímico del maíz en estado fresco y cocido

7.5.3.1 Determinación de azúcares reductores

Método empleado: Smith y Cronin (1953), adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Materiales y equipos

- Ácido pícrico
-
-

-
-
-
-
- Carbonato de sodio al 20%
- Etanol al 80%
- Agua destilada
- Vórtex
- Tubos de ensayo
- Fotómetro de filtro modelo PF-11 marca Macherey-Nagel (MN)
- Baño María o baño de agua hirviente
- Pipetas automáticas
- Licuadora
- Embudos de filtración
- Material aforado (balón volumétrico 50ml)

Procedimiento

- Se pesaron 15 g de muestra fresca de maíz y se añadieron 40 mL de etanol al 80%, procediendo a licuar la mezcla hasta homogenizar completamente. El extracto se filtró y se aforó a 50 mL con etanol al 80%.
- Posteriormente, se pipetearon 500 μ L de etanol al 80% y 0,5 mL de cada una de las soluciones estándar o muestra extraída, en tubos de ensayo. A cada tubo se añadieron 3 mL de solución de ácido pícrico y 1,5 mL de carbonato de sodio al 20%.
- Se agitó la mezcla vigorosamente utilizando un vórtex, y los tubos se colocaron en un baño de agua hirviente durante 25 minutos. Después del tratamiento térmico, las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se realizó la lectura de absorbancia a 510 nm en un espectrofotómetro.
- Abs: $0.918x + 0.391$
-
-

•

7.5.3.2 Determinación de almidón total

Método empleado: Tobar y Coll (1990), adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Materiales y equipos

- Hidróxido de potasio (KOH) 4 N
 - Enzima Thermamil®
 - Ácido clorhídrico (HCl) 5 N
- Reactivo Antrona
Agua destilada

•

•

-
-
-
-
- Agitador magnético
- Vaso de precipitación
- Probeta
- Vasos aforados de 100 y 200 mL
- Tubos de ensayo
- Fotómetro de filtro modelo PF-11 marca Macherey-Nagel (MN)
- Balanza analítica
- Sistema de ebullición (baño de agua o plancha calefactora)
- Papel filtro

Procedimiento

- Se pesaron 500 mg de muestra seca molida en un vaso de precipitación. A esta se le añadieron 10 mL de agua destilada y 10 mL de solución de KOH 4 N. La mezcla se sometió a agitación magnética durante 30 minutos.
- Posteriormente, se procedió a neutralizar la mezcla hasta alcanzar un pH entre 6.5 y 7, utilizando ácido clorhídrico 5 N. Una vez neutralizado, se añadieron 100 mL de la enzima Thermamil®, y la solución fue llevada a ebullición durante 20 minutos para la digestión enzimática del almidón.
- Una vez finalizado el tratamiento térmico, se dejó enfriar la mezcla a temperatura ambiente, se filtró el contenido y se llevó a un vaso aforado de 100 mL. Luego se realizó una dilución hasta 200 mL con agua destilada.
- Para el análisis colorimétrico, se colocaron 1 mL de la disolución y 2 mL del reactivo Antrona en tubos de ensayo. Se agitó la mezcla con agua fría y se colocó nuevamente a ebullición durante 5 minutos. Tras enfriar, la absorbancia fue leída en un espectrofotómetro a 625 nm, interpolando los resultados en una curva estándar de glucosa para obtener el contenido de almidón total.

- Abs: $0,0328x - 0,0612$ (mg/L)

7.5.3.3 Determinación de saponinas

Método empleado: Determinación por colorimetría.

Materiales y equipos

Etanol al 50%

Ácido acético

Ácido sulfúrico concentrado

Curva estándar de saponinas ($y = 0,4059x - 0,0151$)

- Agua destilada
- Tubos de ensayo
- Centrífuga
- Vortex
- Baño María (a 60 °C)
- Espectrofotómetro (520 nm)
- Balanza analítica
- Probetas y micropipetas
- Papel filtro

Procedimiento

- Se pesó 1 g de muestra molida y se añadió 25 mL de etanol al 50%. La mezcla se agitó durante 30 minutos y posteriormente fue centrifugada y filtrada. Se recolectó el extracto filtrado y se utilizaron 0,5 mL de este en un tubo de ensayo, al que se agregaron 1 mL de una mezcla de ácido acético y ácido sulfúrico en proporción 1:1.
- Los tubos se agitaron con ayuda de un vortex y se colocaron en baño María a 60 °C durante 30 minutos. Después del enfriamiento, se procedió a leer la absorbancia a 520 nm en un espectrofotómetro.
- Abs= $0,4059x - 0,0151$ (mg/mL).

7.5.3.4 Determinación de parámetros nutricionales (proteína fibra y grasa, humedad)

Método empleado: Análisis por espectroscopía de reflectancia en infrarrojo cercano (NIR).

-
-
-
-

Materiales y equipos

- Harina de maíz (muestra seca y molida)
- Placas Petri
- Espátula
- Espectrómetro portátil de radiación cercana al infrarrojo (NIR) marca StellarCASENIR

Procedimiento

- Se utilizó harina de maíz obtenida a partir de los granos secos, previamente molidos hasta obtener una granulometría homogénea. Se colocó una cantidad suficiente de muestra en una placa Petri, procurando que el fondo quede completamente cubierto y uniforme, evitando espacios vacíos o burbujas de aire que puedan interferir con la lectura del haz de luz. Luego, la placa se colocó en la cámara de lectura del analizador NIR. El equipo, calibrado previamente para los parámetros nutricionales de interés, arrojó directamente los porcentajes de proteína, fibra cruda y grasa presentes en la muestra.

7.5.4 Metodología de determinación de índice de calidad para enlatado

7.5.4.1 Determinación de grado de rotura

Materiales y equipos

- Enlatado de maíz

Procedimiento

Para este análisis, se evaluó el porcentaje de granos rotos o abiertos presentes en las muestras después del tratamiento térmico (enlatado). Se procedió a abrir manualmente cada envase y se extrajeron todos los granos de maíz. Posteriormente, se realizó un conteo individual, diferenciando los granos completos de aquellos que presentaban rotura o apertura visible. Con estos datos se determinó el porcentaje de granos dañados mediante una regla de tres simple.

7.5.4.2 Determinación de sólidos totales

Método empleado: Método gravimétrico por desecación en mufla

Materiales y equipos

- Placas Petri resistentes a temperatura
- Pipeta graduada o probeta (10 mL)
- Balanza analítica de precisión
- Mufla de secado

Procedimiento

- Se tomó una placa Petri limpia y seca, la cual fue pesada en la balanza analítica y se registró su peso vacío. Posteriormente, se añadieron 10 mL del líquido de gobierno (extraído del interior de la lata de maíz procesado) utilizando una pipeta o probeta graduada. La muestra fue colocada cuidadosamente en una mufla, donde se dejó durante toda la noche a temperatura constante (105 °C aprox.), hasta lograr la evaporación completa del agua.
- Después del secado, se dejó enfriar a temperatura ambiente en un desecador (si está disponible) y se pesó nuevamente para determinar el contenido de residuos secos.

7.5.4.3 Determinación de viscosidad

Método empleado: Método empírico de flujo por tiempo, utilizando viscosímetro tipo copa (Zahn o Ford)

Materiales y equipos

- Viscosímetro tipo copa (Ford N.º 4 o Zahn N.º a especificar)
- Pera de succión manual (pipeta de goma)
- Cronómetro digital
- Gradilla o soporte para viscosímetro
- Recipiente para recolectar el líquido
- Líquido de gobierno del enlatado (muestra)

Procedimiento

- Se tomó una muestra del líquido de gobierno proveniente del maíz enlatado y se vertió en el viscosímetro tipo copa, previamente limpio y seco. Con la ayuda de una pera de succión manual, se llenó completamente la copa hasta el borde superior del orificio de salida.
- Una vez llena, se dejó que el líquido fluyera por gravedad, y se cronometró el tiempo exacto (en segundos) que tardó en vaciarse completamente. Este tiempo fue registrado para su posterior interpretación.
- En caso de contar con una tabla de conversión oficial del fabricante del viscosímetro, el tiempo fue convertido a centipoise (cP). Si no, el valor se reportó directamente como tiempo de flujo (segundos), el cual indica la viscosidad relativa del líquido.

7.5.5 Metodología del desarrollo del enlatado de maíz

Materia prima

Se utilizaron cuatro variedades de maíz: INIAP-101, INIAP-122, CHAZO e INIAP-193. Estas fueron cultivadas en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), y proporcionadas por el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz.

7.5.5.1 Equipos y materiales

- Balanza digital
- Bandejas plásticas
- Recipientes plásticos (para lavado y remojo)
- Cocina industrial
- Selladora de latas semiautomática
- Autoclave
- Termómetro digital (para control de temperatura)
- Latas metálicas limpias (tipo comercial para conservas)
- Mazorcas de maíz fresco (variedades INIAP-101, INIAP-122, CHAZO e INIAP-193)
- Agua potable
- Vinagre blanco
- Sal común (15 g por lata)
- Azúcar blanca (45 g por lata)

7.5.5.2 Procedimiento

• Recepción de la materia prima:

Se recibieron las mazorcas de las cuatro variedades de maíz cultivadas. Se inspeccionaron visualmente para asegurar su integridad.

• Deshojado y clasificación:

Se retiraron manualmente las hojas y brácteas de las mazorcas. Luego se clasificaron separando las que presentaban daño físico o microbiológico.

• Desgranado:

Las mazorcas sanas se desgranaron manualmente para separar los granos.

• Pesado:

Los granos obtenidos fueron pesados utilizando una balanza digital, según el requerimiento por envase.

- **Lavado y remojo:**

Se lavaron los granos con agua potable y posteriormente se colocaron en remojo durante 1 hora con agua y vinagre, para eliminar impurezas y residuos microbiológicos.

- **Cocción previa:**

El maíz remojado fue cocido durante 12 minutos en agua a ebullición, con el objetivo de suavizar la textura antes del enlatado.

- **Llenado de latas:**

Se introdujeron los granos cocidos en latas metálicas previamente limpias. Se añadió el líquido de gobierno, compuesto por 45 g de azúcar y 15 g de sal por litro de agua, dejando una pulgada de distancia que otorga sabor y apariencia homogénea.

- **Sellado:**

Las latas fueron cerradas herméticamente utilizando una selladora semiautomática.

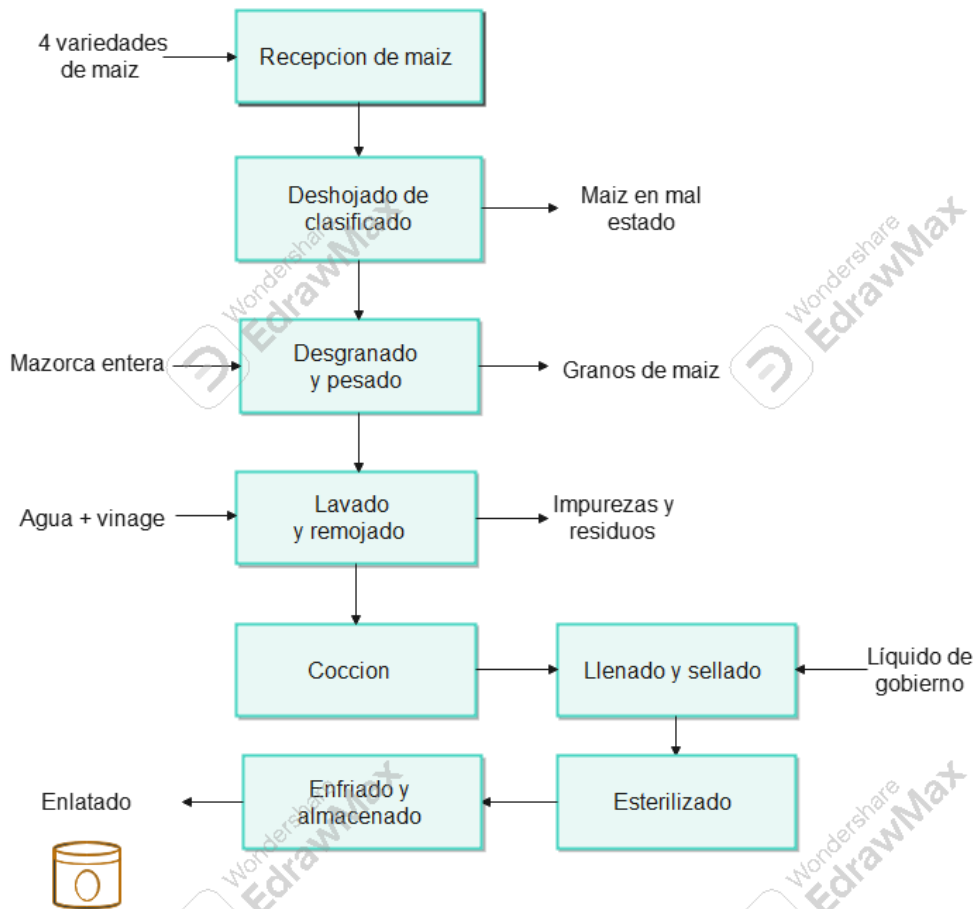
- **Esterilización (botulinum cook):**

Las latas selladas se colocaron en autoclave y se esterilizaron a 121 °C durante 10 minutos, con el fin de asegurar la destrucción de *Clostridium botulinum* y otros microorganismos.

- **Enfriado y almacenamiento:**

Una vez finalizada la esterilización, las latas fueron enfriadas a temperatura ambiente y almacenadas en condiciones ambientales secas

7.5.6 Diagrama de procesos



8. VALIDACION DE HIPÓTESIS

8.1 Hipótesis nula (H₀)

Las 4 variedades de maíz: INIAP 101, INIAP 122, CHAZO, INIAP 193 y los días puntos óptimos de cosecha no tiene un efecto significativo en las características fisicoquímicas, texturales y nutricionales del enlatado de maíz.

8.2 Hipótesis Alternativa (H₁)

Las 4 variedades de maíz: INIAP 101, INIAP 122, CHAZO, INIAP 193 y los días puntos óptimos de cosecha tienen un efecto significativo en las características fisicoquímicas, texturales y nutricionales del enlatado de maíz.

8.3 Validación de hipótesis

La hipótesis alternativa se valida porque los análisis estadísticos aplicados (ANOVA y prueba de Tukey al 95 % de confianza) demostraron que tanto las variedades de maíz (INIAP 101, INIAP 122, CHAZO e INIAP 193) como los días de cosecha influyen significativamente en las características fisicoquímicas, texturales y nutricionales del maíz enlatado. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en parámetros como almidón total, azúcares reductores, proteína, fibra, grasa, humedad, viscosidad, grado de rotura y sólidos del líquido de gobierno. Estos resultados confirman que el comportamiento del maíz frente al procesamiento térmico no es uniforme entre variedades ni entre diferentes estados de madurez, lo que evidencia la interacción entre el genotipo y el momento de cosecha como factores determinantes en la calidad final del producto enlatado.

9. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la disposición de los tratamientos se adoptó un diseño completamente aleatorizado (DCA), con el objetivo de garantizar la homogeneidad en la asignación experimental. El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANOVA), considerando un nivel de significancia del 5 % ($p \leq 0,05$), lo que permitió identificar posibles diferencias significativas en función de las variables: variedad genética, etapa de cosecha y condición del grano (estado fresco o cocido).

En los casos en que se encontraron diferencias estadísticas relevantes, se procedió a aplicar la prueba de Tukey para comparaciones múltiples entre los tratamientos. Todas las evaluaciones estadísticas fueron realizadas empleando el software InfoStat, versión Estudiante 2020

9.1 Factores de estudio

Tabla 8 Factores de estudio

| | | |
|----------|--------------------|---------------|
| Factor A | Variedades de maíz | a1. INIAP 101 |
| | | a2. INIAP 122 |

| | | |
|---|-----------|---------------|
| | | a3. CHAZO |
| | | a4. INIAP 193 |
| Factor B (Días de cosecha para variedades de maíz) | INIAP 101 | b1. 155 días |
| | | b2. 162 días |
| | | b3. 169 días |
| | INIAP 122 | b4. 176 días |
| | | b5. 183 días |
| | | b6. 190 días |
| | | b7. 197 días |
| | CHAZO | b8. 190 días |
| | | b9. 197 días |
| | | b10. 204 días |
| | INIAP 193 | b11. 197 días |
| | | b12. 204 días |
| | | b13. 210 días |

En total se trabajó con 13 tratamientos, que surgieron de la combinación entre las variedades de maíz seleccionadas y los días en que se realizó la cosecha. Cada uno de estos tratamientos representó una condición distinta que fue evaluada tanto en estado fresco como cocido, simulando el proceso de enlatado. Esta organización permitió observar de manera comparativa cómo se comporta el grano en diferentes momentos de madurez y con ello identificar cuáles combinaciones ofrecen mejores resultados para su aprovechamiento agroindustrial.

Tabla 9 Esquema ADEVA en la evaluación de cuatro variedades de maíz para el proceso de enlatado

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Fórmula |
|----------------------|--------------------|-------------------------------|
| Repeticiones | 2 | $r - 1$ |
| Factor A | 3 | $A - 1$ |
| Factor B | 12 | $B - 1$ |
| A x B | 35 | $(A - 1) (B - 1)$ |
| Error Experimental | 60 | $(A \times B) \times (r - 1)$ |
| Total | 112 | $(A \times B \times r) - 1$ |

9.2 Tratamientos

Para este estudio, se planteó un diseño experimental que permitiera evaluar de forma integral el comportamiento del maíz frente al proceso de enlatado. Se trabajó con dos factores clave: por un lado, el factor A, que incluyó cuatro variedades de maíz de alto interés para la agroindustria ecuatoriana: INIAP 101, INIAP 122, CHAZO e INIAP 193. Por otro lado, el factor B consideró los días de cosecha, ya que el momento en que se recolecta el grano puede influir significativamente en su textura, composición y respuesta al tratamiento térmico.

Durante el diseño, se identificó que la variedad INIAP 122 presentaba un desarrollo fisiológico más variable, por lo que se tomó la decisión de incluir un muestreo adicional (un día más de cosecha) con el fin de tener mayor precisión en sus resultados y entender mejor su comportamiento en distintas etapas de maduración.

Tabla 10 Tratamientos

| Evaluación de cuatro variedades de maíz para enlatado | | | |
|---|------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Repeticiones | Número de tratamientos | Codificación | Descripción |
| Repeticón I | T1 | a1b1 | Maiz INIAP 101, 155 días de cosecha |
| | T2 | a1b2 | Maiz INIAP 101, 162 días de cosecha |
| | T3 | a1b3 | Maiz INIAP 101, 169 días de cosecha |
| | T4 | a2b4 | Maiz INIAP 122, 176 días de cosecha |
| | T5 | a2b5 | Maiz INIAP 122, 183 días de cosecha |
| | T6 | a2b6 | Maiz INIAP 122, 190 días de cosecha |
| | T7 | a2b7 | Maiz INIAP 122, 197 días de cosecha |
| | T8 | a3b8 | Maiz CHAZO, 190 días de cosecha |
| | T9 | a3b9 | Maiz CHAZO, 197 días de cosecha |
| | T10 | a3b10 | Maiz INIAP CHAZO, 204 días de cosecha |
| | T11 | a4b11 | Maiz INIAP 193, 197 días de cosecha |
| | T12 | a4b12 | Maiz INIAP 193, 204 días de cosecha |

| | | | |
|--|-----|-------|-------------------------------------|
| | T13 | a4b13 | Maiz INIAP 193, 210 días de cosecha |
|--|-----|-------|-------------------------------------|

En esta investigación se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento y para cada parámetro evaluado, con el propósito de mejorar la precisión de los cálculos y disminuir el error experimental. etapas preliminares. Todas las repeticiones se desarrollaron bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), siguiendo los principios de la experimentación científica.

9.5 Variables

Tabla 11 Variables

| Variable Dependiente | Variable Independiente | Indicadores | Medición |
|---|--|---|--|
| Evaluación de cuatro variedades de maíz para enlatado | Variedades de maíz. INIAP 101 INIAP 122 CHAZO INIAP193 | Análisis para determinación del punto óptimo de cosecha | Físicos químicos: - PH - Acidez - Sólidos solubles - Materia seca - Dureza - Fracturabilidad |
| | Días de cosecha 155 días 162 días 169 días 176 días 183 días 190 días 183 días 190 días 197 días | Análisis fisicoquímicos en el punto óptimo de cosecha | - Colorimetría - Tamaño y forma - Azúcares reductores - Almidones totales - Saponinas - Humedad - Proteína - Fibra - Grasa |
| | 190 días 197 días 204 días | Análisis fisicoquímicos después del tratamiento térmico e índice de calidad para enlatado | - Azúcares reductores - Almidón total - Humedad - Proteína - Fibra - Grasa |

| | | | |
|--|--|---------------------------------|--|
| | | Índice de calidad para enlatado | <ul style="list-style-type: none"> - % rotura del grano. - Sólidos totales en el líquido de gobierno - Viscosidad en el líquido de gobierno |
|--|--|---------------------------------|--|

10. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

10.1 Resultados de los análisis para determinar el punto óptimo de cosecha.

Con el fin de establecer el tiempo óptimo de cosecha para cada una de las cuatro variedades de maíz (INIAP-101, INIAP-122, CHAZO e INIAP-193), se realizaron muestreos escalonados en distintos días después de la siembra. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos y texturales que permiten identificar el estado de madurez fisiológica más adecuado para el enlatado. A continuación, se presentan los resultados obtenidos por variedad y por parámetro.

10.1.1 Variedad INIAP 101

La variedad INIAP-101 fue evaluada a los días 155, 162 y 169 después de la siembra. Para cada día se realizaron tres repeticiones por parámetro. A continuación, se presentan los resultados por cada variable analizada.

Tabla 12 Análisis para punto óptimo de cosecha INIAP 101

| Parámetro | INIAP 101 | | |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
| | 155 días | 162 días | 169 días |
| pH | 6,82 ± 0,09 A | 6,87 ± 0,12 A | 6,85 ± 0,13 A |
| Acidez | 0,98 ± 0,20 A | 1,35 ± 0,17 A | 1,18 ± 0,12 A |
| Sólidos Solubles | 10,25 ± 0,99 A | 11,26 ± 0,74 A | 11,17 ± 0,93 A |
| Materia seca | 21,88 ± 0,27 A | 27,79 ± 0,97 B | 27,25 ± 0,52 B |
| Dureza | 11,05 ± 0,34 A | 4,32 ± 0,34 A | 13,46 ± 1,42 A |
| Fracturabilidad | 3,04 ± 3,30 A | 7,02 ± 3,29 B | 12,33 ± 2,52 B |

10.1.1.1 Interpretación de resultados de la variedad INIAP 101

Según la tabla 11. El parámetro pH no presentó diferencias significativas entre los días 155, 162 y 169 (letra “A” en todos los casos), lo cual indica estabilidad en la acidez del grano a lo largo del

período evaluado. Por tanto, este parámetro no es determinante para establecer el punto óptimo de cosecha.

En cuanto a la acidez titulable, no se observaron diferencias estadísticas significativas. Aunque el valor más alto se registró a los 162 días ($1,35 \pm 0,17$), esta diferencia no fue suficiente para influir en la elección del día óptimo.

Los sólidos solubles fueron ligeramente más altos a los 162 días ($11,26 \pm 0,74$), indicando mayor contenido de azúcares en esa etapa. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre días, por lo que se considera un dato complementario.

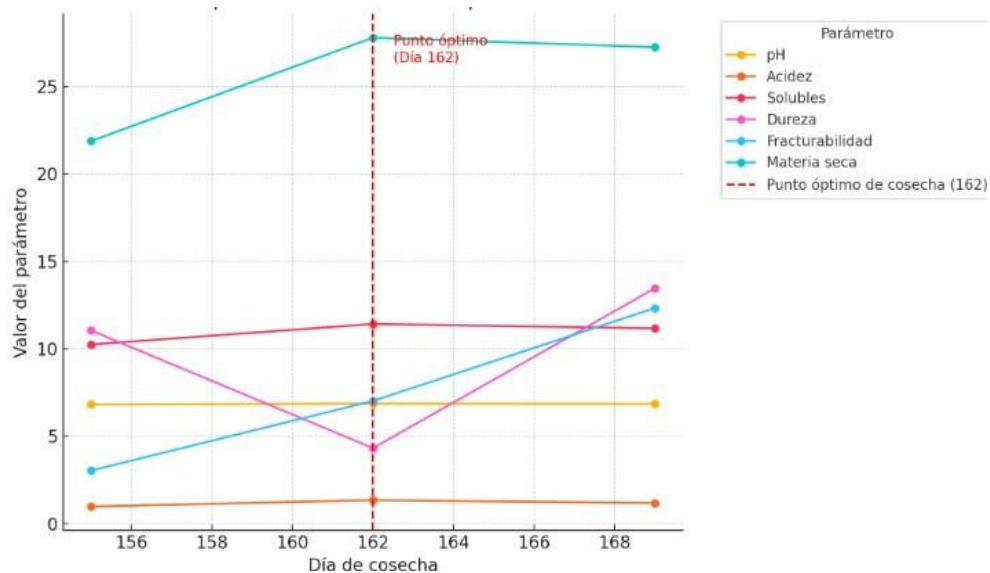
La materia seca presentó su valor más alto a los 162 días ($27,79 \pm 0,97$), lo que sugiere mayor concentración de nutrientes y menor contenido de agua, favoreciendo la estabilidad del producto.

Respecto a la dureza, se observó una disminución significativa a los 162 días ($4,32 \pm 0,34$ N), en comparación con los días 155 y 169, donde los granos presentaron una textura más firme. Este resultado indica que el maíz alcanzó una textura más adecuada para el enlatado en este punto.

La fracturabilidad también fue menor a los 162 días ($7,02 \pm 3,29$), lo cual indica una mayor integridad estructural del grano tras la cocción. A los 169 días, el valor fue considerablemente mayor ($12,33 \pm 2,52$), reflejando una mayor tendencia a la rotura.

10.1.1.2 Determinación del punto óptimo de cosecha para la variedad INIAP 101

Gráfico 2 Determinación del punto óptimo de cosecha INIAP 101



Según el análisis del gráfico 2. de los parámetros evaluados en la variedad INIAP-101 confirma que el día 162 representa el punto óptimo de cosecha. En esta fecha se observa el máximo contenido de materia seca y sólidos solubles, lo que indica una adecuada concentración de nutrientes y azúcares, deseable para el enlatado. Simultáneamente, se registra la menor dureza y fracturabilidad, lo que sugiere una textura más blanda y estable durante el proceso térmico. Por otro lado, los valores de pH y acidez se mantienen constantes entre los tres días evaluados, lo que indica que estos parámetros no influyen directamente en la determinación del punto óptimo. En conjunto, el comportamiento de las variables físicas y químicas respalda que el día 162 ofrece el mejor equilibrio entre calidad tecnológica y estado de madurez fisiológica para esta variedad.

10.1.2 Variedad INIAP 122

La variedad INIAP-122 fue evaluada a los días 177, 183, 190 y 197 después de la siembra. Para cada uno de estos días se realizaron tres repeticiones por parámetro. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada variable analizada.

Tabla 12.

Análisis para punto óptimo de cosecha INIAP 122

| Parámetro | INIAP 122 | | | |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 177 días | 183 días | 190 días | 197 días |
| pH | 6,78 ± 0,08 A | 6,73 ± 0,15 A | 6,62 ± 0,15 A | 6,80 ± 0,11 A |
| Acidez | 1,07 ± 0,08 A | 1,70 ± 0,11 B | 1,63 ± 0,08 B | 1,68 ± 0,21 B |
| Sólidos Solubles | 11,42 ± 0,38 A | 12,25 ± 0,99 A | 11,83 ± 0,75 A | 13,33 ± 1,86 A |
| Materia seca | 31,69 ± 0,57 A | 34,04 ± 0,65 B | 39,50 ± 0,41 C | 39,89 ± 0,48 C |
| Dureza | 4,87 ± 0,10 A | 13,54 ± 2,11 A | 9,02 ± 2,09 A | 14,66 ± 0,22 A |
| Fracturabilidad | 4,39 ± 0,29 A | 4,35 ± 0,23 A | 4,08 ± 0,01 A | 12,76 ± 0,20 B |

10.1.2.1 Interpretación de resultados de la variedad INIAP 122

Según el análisis de la tabla 12. Los valores de pH se mantuvieron estables entre los días 177 y 197, sin diferencias significativas. Esto indica que este parámetro no influye de forma directa en la determinación del punto óptimo de cosecha.

Se observó un incremento de la acidez a partir del día 183, con valores significativamente más altos frente al día 177. Esto sugiere una mayor acumulación de compuestos ácidos conforme avanza la madurez, lo cual mejora la conservación del maíz enlatado.

Los sólidos solubles aumentaron hacia los días finales, alcanzando su valor más alto a los 197 días. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticas entre los primeros tres muestreos. El día 190 mantiene un buen nivel de azúcares sin comprometer la firmeza, lo cual es ideal para el enlatado.

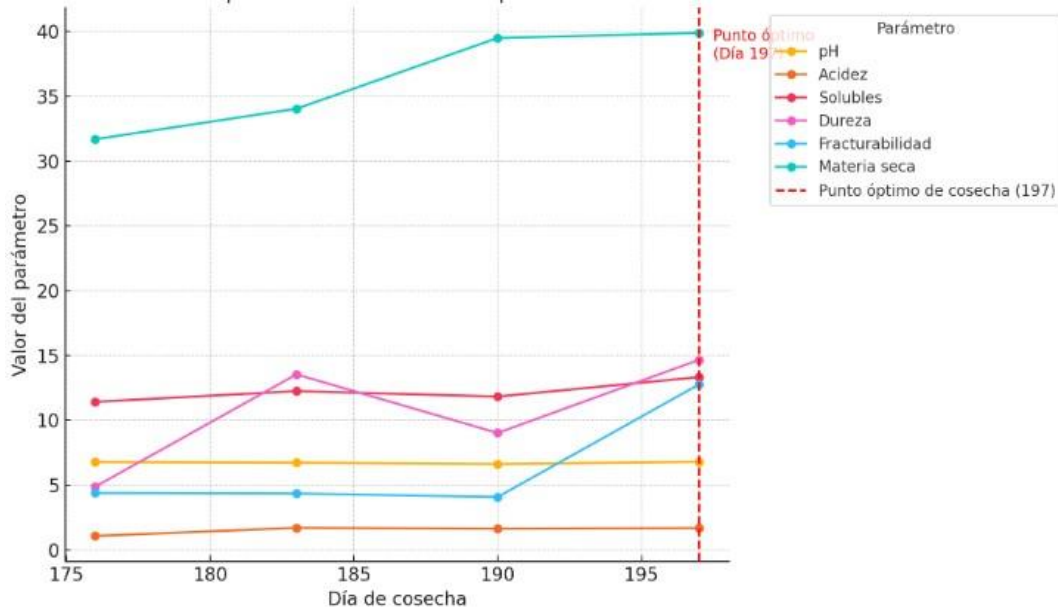
Este parámetro mostró un incremento constante, con el mayor valor a los 197 días. El día 190 alcanzó un contenido elevado (39,50 %), considerado adecuado para asegurar menor contenido de agua y mayor concentración de nutrientes.

La dureza fue más baja a los 190 días, mientras que en los días 183 y 197 fue significativamente mayor. Esta reducción indica que el grano a los 190 días posee mejor textura para consumo, evitando una sensación excesivamente firme.

El día 190 presentó el valor más bajo de fracturabilidad, lo que evidencia una menor propensión al rompimiento de los granos. En cambio, a los 197 días este parámetro aumentó considerablemente, lo que puede afectar la presentación del producto final.

10.1.2.2 Determinación del punto óptimo de cosecha para la variedad INIAP 122

Gráfico 3 Determinación del punto óptimo de cosecha INIAP 122



El análisis gráfico 3. muestra que el día 197 es el punto óptimo de cosecha para la variedad INIAP-122. A esta fecha, se observa un mayor contenido de materia seca ($\approx 40\%$), lo cual es deseable para procesos industriales como el enlatado por su menor contenido de agua y mejor estabilidad del producto. Además, los sólidos solubles alcanzan su punto máximo, lo que favorece el sabor y perfil tecnológico del grano.

En cuanto a la dureza y fracturabilidad, aunque aumentan ligeramente, se mantienen en un rango aceptable para asegurar una buena textura sin comprometer la integridad del grano. Los valores de pH y acidez se estabilizan, lo que garantiza una adecuada conservación y perfil sensorial. Por tanto, el comportamiento conjunto de los parámetros físicos y químicos en el día 197 indica que este es el momento más adecuado para la cosecha de INIAP-122 con fines de enlatado.

10.1.3 VARIEDAD CHAZO

La variedad CHAZO fue evaluada a los días 190, 197 y 204 después de la siembra. Se realizaron tres repeticiones por parámetro en cada día, permitiendo identificar el momento óptimo de cosecha según los cambios en sus propiedades fisicoquímicas y texturales.

Tabla 13 Análisis fisicoquímicos para punto óptimo de cosecha variedad CHAZO

| Parámetro | CHAZO | | |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 190 días | 197 días | 204 días |
| pH | $6,83 \pm 0,08$ A | $6,57 \pm 0,08$ A | $6,84 \pm 0,16$ A |

| | | | |
|------------------|----------------|----------------|-------------------|
| Acidez | 1,47 ± 0,20 A | 1,73 ± 0,16 A | 1,68 ± 0,15 A |
| Sólidos Solubles | 11,67 ± 1,51 A | 12,17 ± 0,98 A | 11,83 ± 1,33 A |
| Materia seca | 21,08 ± 0,69 A | 40,55 ± 0,72 C | 26,69 ± 0,13 B |
| Dureza | 18,01 ± 0,79 A | 14,88 ± 2,78 A | 1539,32 ± 34,86 B |
| Fracturabilidad | 4,16 ± 0,02 A | 8,15 ± 4,42 A | 416,17 ± 1,09 B |

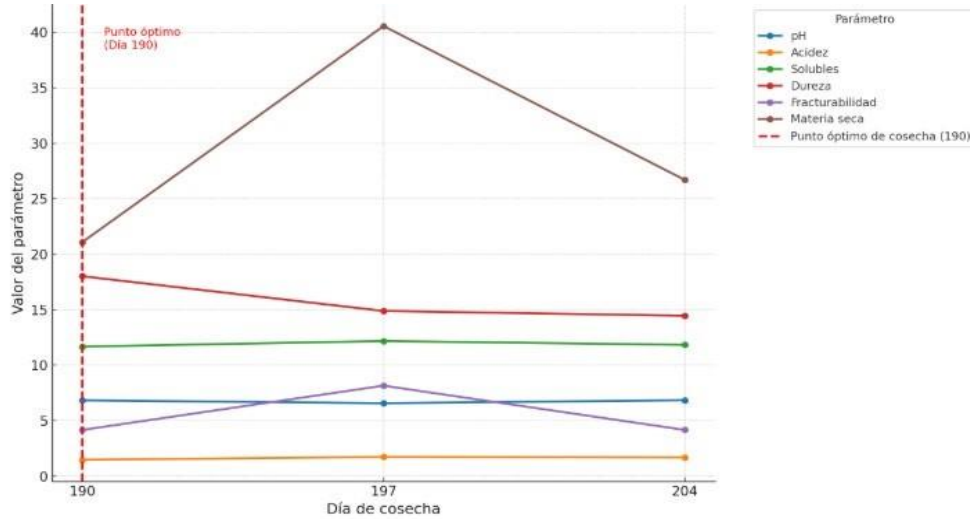
En cuanto al pH, los valores se mantuvieron estables, sin diferencias estadísticas entre los días de evaluación (6,83–6,84), indicando un comportamiento constante en este parámetro. Por su parte, la acidez titulable aumentó levemente a los 197 días, lo que podría atribuirse a procesos bioquímicos asociados a la maduración.

Los sólidos solubles presentaron un ligero incremento a los 197 días (12,17 ± 0,98 A), lo cual indica una mayor concentración de azúcares y compuestos solubles, atributos deseables para el sabor y la calidad del grano destinado al enlatado. No obstante, estos valores decrecieron levemente a los 204 días, reflejando un posible inicio de degradación de compuestos solubles. El comportamiento de la materia seca fue clave en la determinación del punto óptimo: se alcanzó el mayor valor a los 197 días (40,55 %), lo que mejora la conservación y rendimiento industrial del producto, pero cayó bruscamente a los 204 días (26,69 %), lo cual podría afectar la estabilidad del grano en el envase.

En el parámetro de dureza, se registró un incremento brusco a los 204 días (1539,32 g), lo que puede ser desfavorable en términos de textura aceptable para el consumidor. La fracturabilidad también aumentó desproporcionadamente en ese mismo día (416,17), reflejando una pérdida de integridad estructural del grano, posiblemente por sobre maduración.

10.1.3.1. Determinación del punto óptimo de cosecha para la variedad CHAZO

Grafico 4 Determinación del punto óptimo de cosecha variedad CHAZO



Con base en los parámetros fisicoquímicos y texturales evaluados, se determinó que el día 190 representa el punto óptimo de cosecha para la variedad CHAZO. A esta fecha, se observó una adecuada materia seca (21,08 %), buena consistencia del grano (dureza: 18,01 g), y baja fracturabilidad (4,16), lo cual favorece la integridad estructural del producto durante el enlatado. En el gráfico 4, se evidencia cómo la materia seca alcanza un pico excesivo a los 197 días y luego decrece a los 204 días, acompañado de una elevación marcada en la fracturabilidad (416,17), lo que indica un deterioro estructural. De igual manera, la dureza disminuye después del día 190, sugiriendo una pérdida de firmeza que puede afectar la textura final del producto.

Los valores de pH, acidez y sólidos solubles permanecieron estables, sin diferencias significativas, reforzando que la selección del día óptimo debe centrarse en parámetros texturales e industriales. Por tanto, el día 190 combina de manera equilibrada las características deseadas para asegurar la calidad del maíz en estado fresco destinado al proceso de enlatado.

10.1.4 VARIEDAD 193

La variedad INIAP-193 fue evaluada a los 197, 204 y 210 días después de la siembra. A continuación, se detalla el comportamiento de cada parámetro fisicoquímico y textural.

Tabla 14 Análisis para punto óptimo de cosecha variedad CHAZO

| Parámetro | INIAP 193 | | |
|-----------|---------------|---------------|---------------|
| | 197 días | 204 días | 210 días |
| pH | 6,88 ± 0,10 A | 6,70 ± 0,07 A | 6,88 ± 0,14 A |

| | | | |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
| Acidez | 1,73 ± 0,16 A | 1,78 ± 0,08 A | 1,37 ± 0,15 A |
| Sólidos Solubles | 15,17 ± 1,17 A | 23,33 ± 1,97 B | 23,83 ± 0,75 B |
| Materia seca | 29,52 ± 0,36 A | 33,09 ± 1,20 A | 44,57 ± 0,80 B |
| Dureza | 5,42 ± 0,91 A | 3,61 ± 0,31 B | 2,91 ± 0,85 B |
| Fracturabilidad | 4,83 ± 0,23 B | 3,11 ± 0,47 A | 4,46 ± 0,21 B |

El pH se mantuvo relativamente constante entre los días evaluados, con valores entre 6,70 y 6,88, sin diferencias significativas. Esto sugiere que no hubo cambios relevantes en la acidez activa del grano durante la maduración, lo cual es favorable para la estabilidad del producto.

Se observó una ligera disminución en la acidez a medida que avanzaron los días, bajando de 1,78 a 1,37 %. Este comportamiento indica una reducción en la concentración de ácidos orgánicos, lo cual es consistente con una mayor madurez del grano y puede favorecer la aceptabilidad del producto final.

Este parámetro presentó un incremento significativo entre los días 197 y 204 (15,17 % a 23,33 %), manteniéndose alto a los 210 días. Un mayor contenido de solubles puede estar asociado a una mayor concentración de azúcares y compuestos solubles, lo cual favorece el sabor y la dulzura natural del producto enlatado.

Se evidenció un ascenso progresivo en la materia seca desde 29,52 % hasta 44,57 %, reflejando una acumulación de biomasa y maduración fisiológica del grano. Este parámetro es clave en la textura del maíz y su comportamiento durante el proceso térmico, siendo ideal un nivel intermedio-alto como el observado a los 210 días.

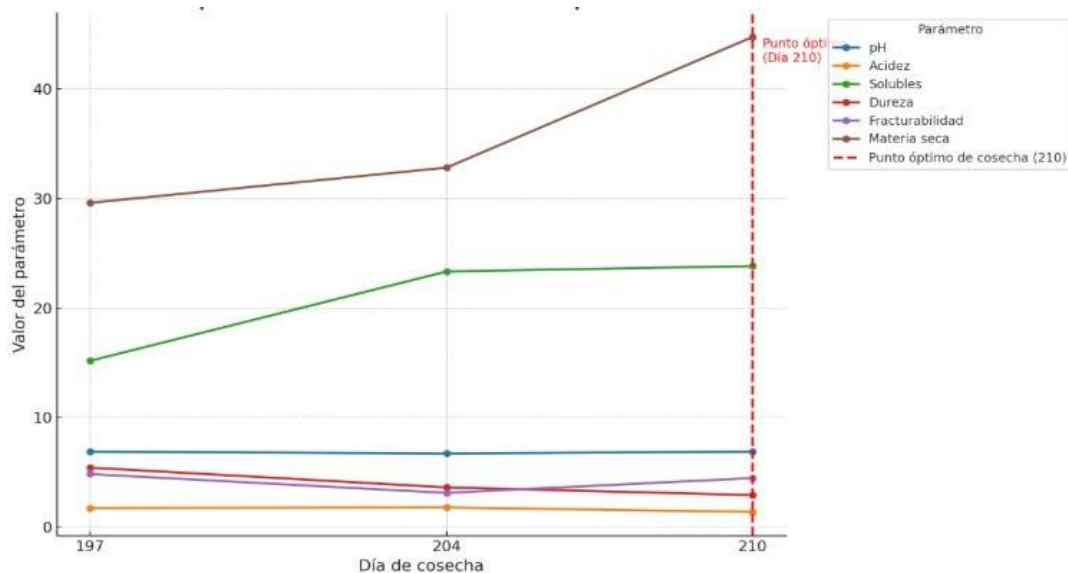
La dureza del grano mostró una disminución desde 5,42 a 3,61 g a los 204 días, seguida de una ligera recuperación (4,92 g) a los 210 días. Esto indica un reajuste estructural que favorece la textura deseable al final del proceso, sin llegar a extremos que compliquen la cocción o afecten la masticabilidad.

La fracturabilidad se mantuvo dentro de valores moderados, con una leve disminución hacia los 204 días (3,11), y un aumento leve al final (4,46). Estos valores sugieren que el grano conserva su integridad estructural, reduciendo el riesgo de ruptura durante el enlatado.

En conjunto, estos resultados permiten comprender mejor cómo evoluciona el grano de maíz a lo largo de su maduración y qué implicaciones tiene esto en su comportamiento durante el enlatado. La estabilidad en el pH, la reducción controlada de la acidez, el aumento de sólidos solubles y materia seca, junto con un equilibrio en la dureza y fracturabilidad, son aspectos clave que influyen directamente en la calidad final del producto. Desde una mirada agroindustrial, contar con este tipo de información es fundamental para tomar decisiones acertadas sobre el momento ideal de cosecha y garantizar que el maíz llegue a planta con las condiciones óptimas para lograr un producto enlatado atractivo, funcional y con buena aceptación por parte del consumidor.

10.1.4.1 Determinación del punto óptimo de cosecha para la variedad INIAP 193

Gráfico 5 Determinación del punto óptimo de cosecha variedad INIAP 193



Con base en el comportamiento observado en el gráfico 5 de evolución de parámetros para la variedad INIAP-193, se concluye que el día 210 representa el punto óptimo de cosecha. Esto se respalda en la tendencia ascendente de materia seca y sólidos solubles, parámetros que reflejan una maduración fisiológica completa y un contenido nutricional adecuado para procesos industriales como el enlatado.

Además, la disminución progresiva en la acidez y la estabilidad del pH indican una menor actividad enzimática y microbiana, lo cual es favorable para la conservación. Por su parte, los valores

moderados de fracturabilidad y dureza sugieren una estructura del grano resistente pero no excesivamente rígida, ideal para soportar el tratamiento térmico sin deterioro significativo.

En conjunto, la combinación de alta materia seca (44,57 %), mayor concentración de solubles (23,83 %) y parámetros texturales equilibrados al día 210, confirman que esta etapa del desarrollo del maíz es la más adecuada para la cosecha con destino al enlatado, asegurando calidad, integridad y valor nutricional del producto final

Con base en los parámetros fisicoquímicos evaluados en las cuatro variedades de maíz en diferentes días de cosecha, se identificaron diferencias significativas que permitieron establecer el punto óptimo de recolección para cada una. Estos puntos se determinaron considerando la combinación más favorable entre pH, acidez, sólidos solubles, dureza, fracturabilidad y contenido de materia seca, orientados a garantizar un grano con buena integridad estructural y calidad tecnológica para el proceso de enlatado.

Para la variedad INIAP 101, el día 162 se estableció como el más adecuado, al presentar una textura intermedia con buena composición química. En el caso de INIAP 122, el día 197 mostró los mejores resultados en cuanto a firmeza y contenido de sólidos. La variedad CHAZO también alcanzó su punto óptimo el día 197, destacando por una adecuada dureza y estabilidad estructural. Finalmente, para INIAP 193, el día 210 fue el más favorable, al presentar el mayor contenido de materia seca, adecuado pH y buena resistencia al tratamiento térmico.

10.2 Resultados de los análisis fisicoquímicos en el punto óptimo de cosecha.

Con el propósito de determinar la aptitud de diferentes variedades de maíz para el proceso de enlatado, resulta fundamental caracterizar sus propiedades físicas y composición química en el punto óptimo de cosecha. Estas características influyen directamente en el comportamiento del grano durante el tratamiento térmico, así como en la calidad sensorial y nutricional del producto final.

En esta sección se presentan los resultados correspondientes a la caracterización fisicoquímica de las variedades INIAP 101, INIAP 122, CHAZO e INIAP 193, evaluadas en sus respectivos días óptimos de cosecha. Se analizaron parámetros físicos como el color (L^* , C^* , h^*), tamaño (diámetro mayor y menor) y composición proximal, incluyendo el contenido de azúcares reductores, almidones totales, saponinas, humedad proteína, fibra y grasa. La información obtenida permite comparar objetivamente las ventajas o limitaciones de cada variedad en función de los análisis realizados para la elaboración de productos enlatados.

Los resultados se presentan en tablas que integran la media, desviación estándar y comparaciones estadísticas mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$), lo que permite identificar diferencias significativas entre las variedades evaluadas.

Tabla 15 *Parámetros fisicoquímicos en el punto óptimo de cosecha*

| | | INIAP 101 (162 días) | INIAP 122 (197 días) | CHAZO (190 días) | INIAP 193 (210 días) |
|---------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Colorimetría | L* | 66,84 ± 1,46 | 61,48 ± 1,17 ^a | 64,53 ± 1,67 ^{ab} | 63,16 ± 2,28 ^b |
| | C* | 18,01 ± 0,65 ^a | 43,14 ± 0,60 ^b | 18,62 ± 0,55 ^a | 39,91 ± 2,98 ^b |
| | H* | 91,78 ± 1,42 ^b | 89,37 ± 1,16 ^b | 92,05 ± 0,97 ^b | 86,02 ± 0,33 ^a |
| Tamaño y forma | Diámetro mayor | 232,87 ± 0,49 ^b | 230,39 ± 0,91 ^a | 231,79 ± 1,03 ^{ab} | 230,65 ± 0,47 ^a |
| | Diámetro menor | 228,12 ± 0,57 ^{ab} | 228,31 ± 0,73 ^{ab} | 228,52 ± 0,79 ^{ab} | 226,69 ± 0,28 ^a |
| Azúcares reductores | % Azúcares | 0,42 ± 0,04 ^a | 3,24 ± 0,02 ^b | 3,38 ± 0,02 ^c | 3,21 ± 0,02 ^b |
| Almidón total | % Almidón | 70,98 ± 1,84 ^b | 96,09 ± 2,37 ^d | 38,45 ± 1,44 ^a | 79,94 ± 0,75 ^c |
| Saponinas | % Saponinas | 0,0100 ± 0,0017 ^a | 0,0100 ± 0,0100 ^a | 0,0200 ± 0,0033 ^b | 0,0015 ± 0,0008 ^a |
| Humedad | % Humedad | 6,47 ± 0,12 ^a | 8,73 ± 0,15 ^a | 15,13 ± 4,01 ^b | 7,13 ± 0,65 ^a |
| Nutricionales | % Proteína | 8,57 ± 0,06 ^a | 10,67 ± 0,12 ^b | 11,63 ± 1,24 ^b | 10,47 ± 0,15 ^b |
| | % Fibra | 11,43 ± 0,06 ^b | 13,37 ± 0,15 ^c | 10,33 ± 0,58 ^a | 11,02 ± 0,03 ^b |
| | % Grasa | 1,25 ± 0,06 ^a | 2,82 ± 0,21 ^c | 2,87 ± 0,38 ^c | 2,21 ± 0,21 ^b |

10.2.1 Composición fisicoquímica del grano en el punto óptimo de cosecha

10.2.1.1 Colorimetría del grano de maíz en su punto óptimo de cosecha

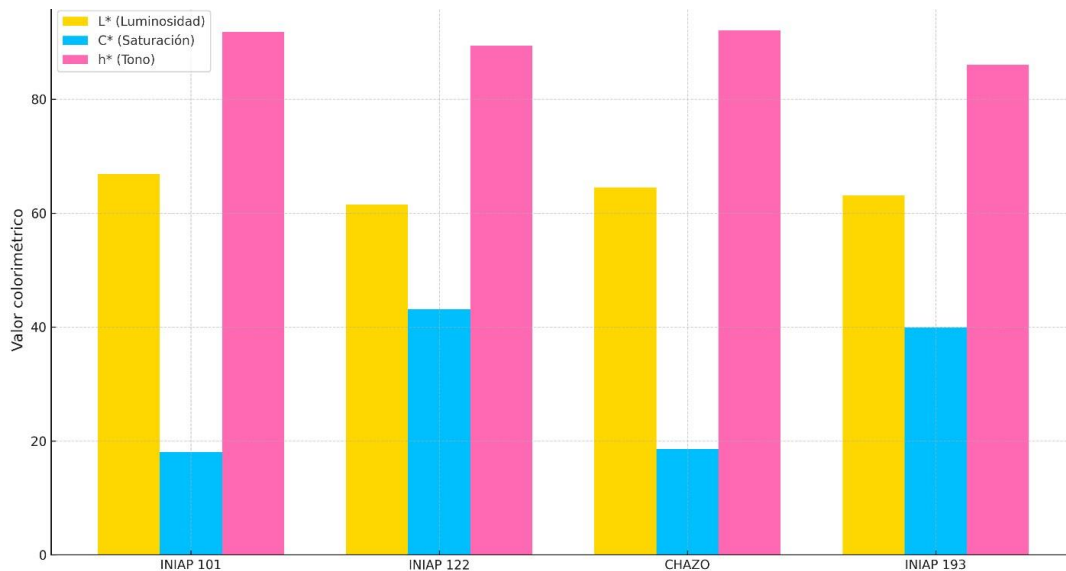
El análisis de color constituye un parámetro fundamental para la caracterización física del grano, ya que influye directamente en la percepción visual y en la aceptabilidad del producto final. En este estudio, se evaluaron los parámetros colorimétricos L* (luminosidad), C* (saturación) y h* (tono) en las cuatro variedades de maíz, recolectadas en su respectivo punto óptimo de cosecha. La Tabla 15. presenta los valores promedio con su respectiva desviación estándar y comparación estadística

mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). Se observaron diferencias significativas entre variedades en los tres parámetros evaluados ($p < 0,05$).

Tabla 16 Análisis de color en el punto óptimo de cosecha

| Días | Variedad | Colorimetría | | |
|------|-----------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | L* | C* | H* |
| 162 | INIAP 101 | 66,84 ± 1,46 ^b | 18,01 ± 0,65 ^a | 91,78 ± 1,42 ^b |
| 197 | INIAP 122 | 61,48 ± 1,17 ^a | 43,14 ± 0,60 ^b | 89,37 ± 1,16 ^b |
| 190 | CHAZO | 64,53 ± 1,67 ^{ab} | 18,62 ± 0,55 ^a | 92,05 ± 0,97 ^b |
| 210 | INIAP 193 | 63,16 ± 2,28 ^b | 39,91 ± 2,98 ^b | 86,02 ± 0,33 ^a |

Grafico 6 Parámetros colorimétricos de variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha



Los valores de luminosidad (L*), saturación (C*) y ángulo de tono (h*) permitieron evidenciar diferencias significativas en el color del grano de maíz entre las variedades evaluadas en su punto óptimo de cosecha ($p < 0,05$).

En cuanto al parámetro L*, que representa la luminosidad del grano, se observó que la variedad INIAP 101 presentó el valor más alto (66,84^b), indicando un color más claro, mientras que INIAP 122 mostró el valor más bajo (61,48^a), asociado a un grano de apariencia más oscura. Las

variedades CHAZO e INIAP 193 presentaron valores intermedios, con diferencias estadísticamente no significativas entre ellas.

Respecto al valor de C^* (saturación), que describe la intensidad del color, INIAP 122 (43,14^b) e INIAP 193 (39,91^b) mostraron los colores más intensos, significativamente superiores a INIAP 101 y CHAZO, las cuales compartieron la misma letra (^a), indicando colores más pálidos o menos saturados.

Finalmente, el ángulo de tono h^* , que define el matiz del color, fue más alto en CHAZO (92,05^b), lo que sugiere un tono más amarillento, mientras que INIAP 193 (86,02^a) presentó el valor más bajo, indicando una tendencia hacia tonalidades más rojizas. INIAP 101 y 122 se ubicaron entre ambos extremos, con valores estadísticamente similares a CHAZO.

Estas diferencias en los parámetros colorimétricos son relevantes para la presentación del producto enlatado, ya que el color es un atributo determinante para la aceptación del consumidor. Granos más claros y con matices amarillentos suelen ser preferidos en productos de maíz tierno, mientras que colores más oscuros o saturados podrían asociarse a una mayor madurez o a una menor calidad visual.

10.2.1.2 Tamaño y forma del grano

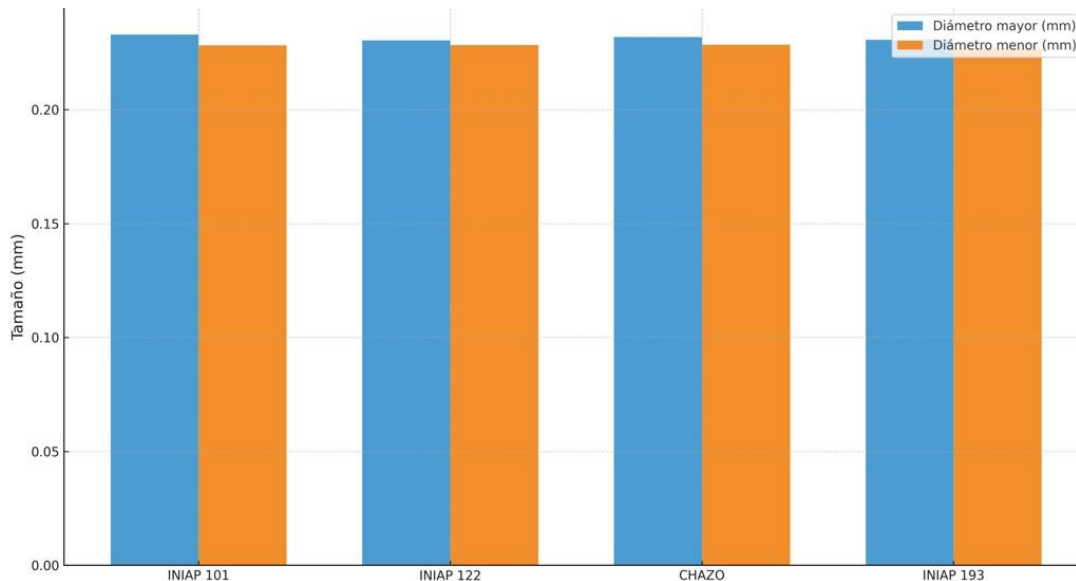
El tamaño del grano es una característica importante para la selección de materia prima en productos enlatados, ya que incide en el rendimiento volumétrico, la apariencia visual y la distribución del producto en el envase. En este estudio se evaluaron los diámetros mayor y menor del grano para cada variedad de maíz en su punto óptimo de cosecha.

Tabla 17 *Análisis de tamaño y forma en el punto óptimo de cosecha*

| | | Tamaño y forma | |
|------|----------|----------------|----------------|
| Días | Variedad | Diámetro mayor | Diámetro menor |

| | | | |
|-----|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 162 | INIAP 101 | 232,87 ± 0,49 ^b | 228,12 ± 0,57 ^{ab} |
| 197 | INIAP 122 | 230,39 ± 0,91 ^a | 228,31 ± 0,73 ^{ab} |
| 190 | CHAZO | 231,79 ± 1,03 ^{ab} | 228,52 ± 0,79 ^{ab} |
| 210 | INIAP 193 | 230,65 ± 0,47 ^a | 226,69 ± 0,28 ^a |

Grafico 7 *Parámetros de tamaño y forma de variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha*



En cuanto al diámetro mayor del grano, se observó que la variedad INIAP 101 presentó el valor más alto (0,233 mm), siendo significativamente superior a INIAP 122 (0,230 mm), mientras que CHAZO (0,232 mm) e INIAP 193 (0,231 mm) se ubicaron en una posición intermedia sin diferencias estadísticas claras entre ellas ($p = 0,0144$).

Respecto al diámetro menor, INIAP 193 presentó el grano más estrecho (0,227 mm), siendo significativamente diferente de CHAZO (0,229 mm). Las demás variedades compartieron letras estadísticas, lo cual indica similitud en la forma transversal del grano.

Estas diferencias en tamaño y forma pueden influir en el llenado del envase, la compactación del producto y la textura tras el tratamiento térmico. Granos de mayor tamaño podrían tener mejor

presencia en el producto final, mientras que aquellos más pequeños podrían facilitar una distribución más homogénea.

10.2.1.3 Determinación de azúcares reductores, almidón, saponinas y humedad en el punto óptimo de cosecha

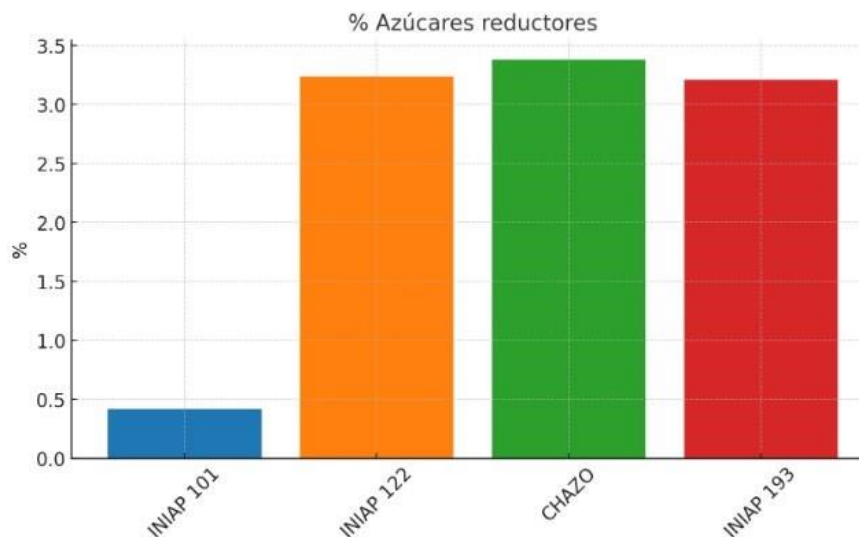
Tabla 18 Resultados de azúcares reductores, almidón, saponinas y humedad en el punto óptimo de cosecha

| Días | Variedad | % Azúcares | % almidón | % Saponinas | % Humedad |
|------|-----------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 162 | INIAP 101 | 0,42 ± 0,04 ^a | 70,98 ± 1,84 ^b | 0,0100 ± 0,0017 ^a | 6,47 ± 0, 12 ^a |
| 197 | INIAP 122 | 3,24 ± 0,02 ^b | 96,09 ± 2,37 ^d | 0,0100 ± 0,0100 ^a | 8,73 ± 0, 15 ^a |
| 190 | CHAZO | 3,38 ± 0,02 ^c | 38,45 ± 1, 44 ^a | 0,0200 ± 0,0033 ^b | 15,13 ± 4,01 ^b |
| 210 | INIAP 193 | 3,21 ± 0,02 ^b | 79,94 ± 0,75 ^c | 0,0015 ± 0,0008 ^a | 7,13 ± 0, 65 ^a |

10.2.1.3.1 Contenido de azúcares variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.

Gráfico 8

Contenido de azúcares en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.



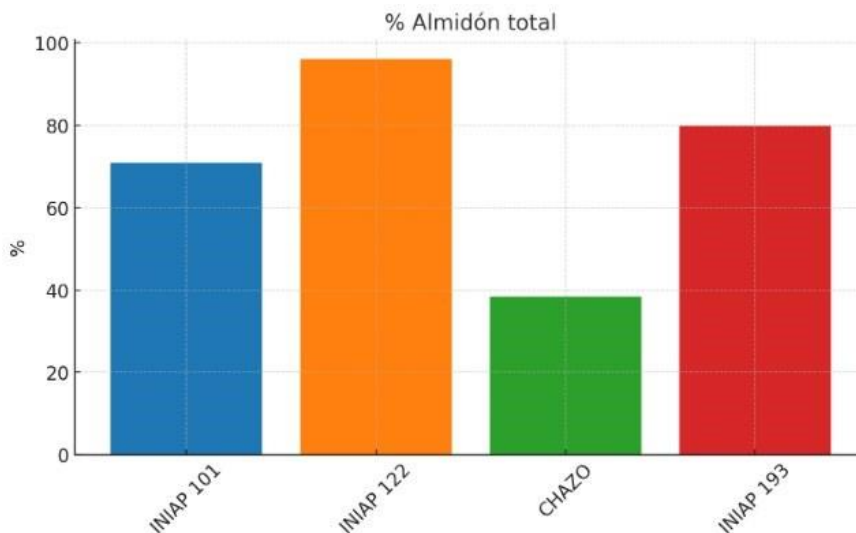
El contenido más bajo de azúcares reductores se observó en INIAP 101 (0,42 %), mientras que CHAZO presentó la mayor concentración (3,38 %). INIAP 122 e INIAP 193 no mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí ($p < 0,0001$). Estos resultados reflejan diferentes grados de madurez fisiológica, ya que un menor contenido de azúcares puede indicar mayor conversión a almidón durante el desarrollo del grano (Zhou et al., 2022).

Desde el punto de vista tecnológico, estos resultados son relevantes porque influyen directamente en el perfil sensorial del producto final. Un mayor contenido de azúcares reductores, como el observado en la variedad CHAZO, puede favorecer la percepción de dulzura y mejorar la aceptabilidad del maíz enlatado, especialmente si se destina a consumo directo. En cambio, niveles más bajos, como los de INIAP 101, podrían ser más adecuados para procesos donde se priorice la firmeza del grano y menor caramelización durante el tratamiento térmico. Esta variabilidad entre variedades ofrece oportunidades para segmentar su uso según las necesidades del mercado y tipo de producto agroindustrial que se desee elaborar.

10.2.1.3. Contenido de almidón en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.

Gráfico 9

Contenido de almidón en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.

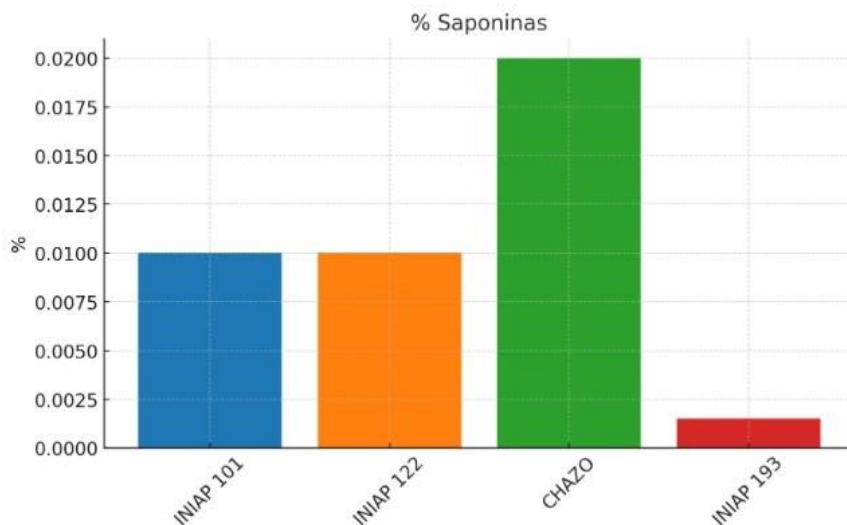


INIAP 122 fue la variedad con mayor contenido de almidón (96,09 %), seguida de INIAP 193 e INIAP 101. CHAZO presentó un valor significativamente inferior (38,45 %) ($p < 0,0001$). Esta diferencia puede influir directamente en la textura y gelatinización del grano durante el tratamiento térmico, siendo favorable en variedades con alto contenido de almidón (Cervantes et al., 2021).

El alto contenido de almidón en variedades como INIAP 122 no solo mejora la textura final del producto tras la cocción, sino que también aporta ventajas tecnológicas importantes, como una mayor capacidad de absorción de agua y mejor comportamiento durante el tratamiento térmico. Esto se traduce en granos más suaves, con buena consistencia y estabilidad, características deseables para un maíz enlatado de calidad. En contraste, el bajo nivel de almidón en CHAZO podría comprometer esas cualidades, aunque podría tener potencial en formulaciones específicas o productos donde se requiera menor viscosidad o mayor integridad del grano. Esta información permite orientar mejor el uso de cada variedad según su perfil funcional en el proceso industrial.

10.2.1.3.3 Contenido de saponinas en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.

Grafico 10 Contenido de saponinas en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.

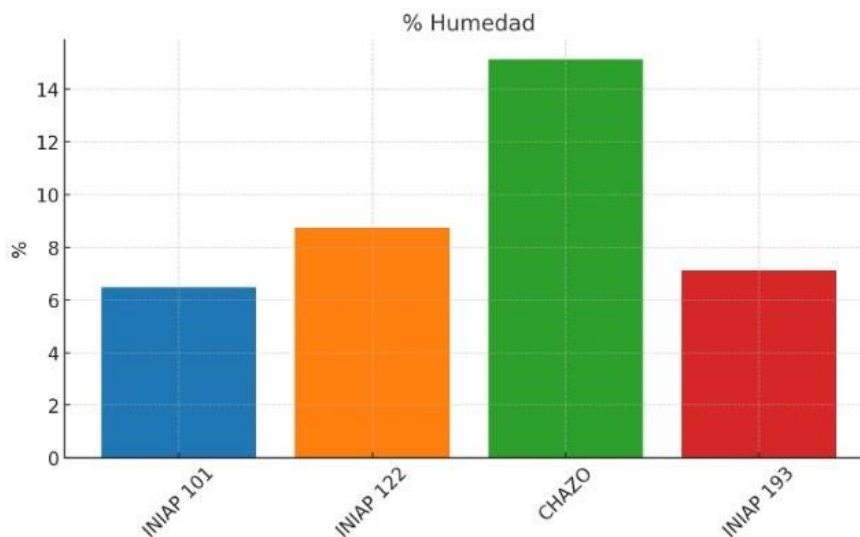


Aunque no se observaron diferencias entre INIAP 101, INIAP 122 e INIAP 193, la variedad CHAZO mostró un contenido de saponinas significativamente mayor (0,02 %) ($p = 0,0016$). Las saponinas están asociadas con notas amargas y astringencia, lo que podría representar una limitación sensorial en la formulación de productos procesados.

Desde la perspectiva del desarrollo de alimentos, el contenido de saponinas es un aspecto clave a considerar, ya que estas sustancias pueden influir negativamente en la experiencia del consumidor debido a su sabor amargo y sensación astringente. En el caso de la variedad CHAZO, su mayor concentración podría requerir ajustes en la formulación o procesos adicionales como lavados, escaldado o combinaciones con ingredientes que ayuden a enmascarar esos compuestos. Sin embargo, también es importante considerar que, en niveles controlados, las saponinas pueden tener beneficios funcionales, por lo que su presencia no necesariamente descalifica a la variedad, sino que invita a un enfoque más estratégico en su aprovechamiento.

10.2.1.3.4 Contenido de humedad en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.

Grafico 11 Contenido de humedad en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.



CHAZO presentó el mayor contenido de humedad (15,13 %), significativamente superior al resto de variedades ($p = 0,0029$). Un mayor contenido de humedad puede influir en la textura del grano cocido y su estabilidad durante el almacenamiento, siendo un aspecto importante en la selección de materia prima para enlatado (FAO, 2019).

10.2.1.4 Determinación de proteína, grasa, fibra en el punto óptimo de cosecha

La evaluación de la composición nutricional de los granos de maíz en su punto óptimo de cosecha permitió identificar diferencias significativas entre variedades en cuanto al contenido de proteína,

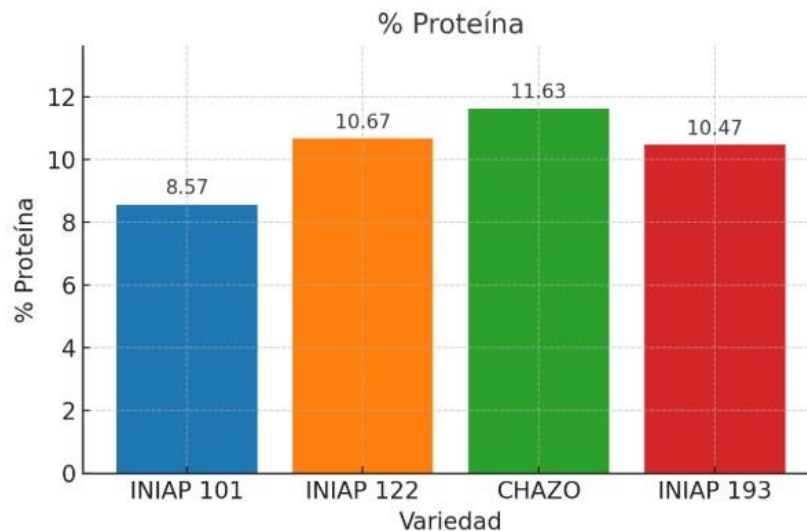
fibra y grasa. Estos componentes son fundamentales no solo por su aporte al valor nutricional del producto final, sino también por su influencia en la textura, estabilidad y aceptación del maíz enlatado. A continuación, se presenta la comparación estadística de estos parámetros entre las variedades analizadas.

Tabla 19 Resultados de proteína, fibra y humedad en el punto óptimo de cosecha

| Días | Variedad | Nutricionales | | |
|------|-----------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | % Proteína | % Fibra | % Grasa |
| 162 | INIAP 101 | 8,57 ± 0,06 ^a | 11,43 ± 0,06 ^b | 1,25 ± 0,06 ^a |
| 197 | INIAP 122 | 10,67 ± 0,12 ^b | 13,37 ± 0,15 ^c | 2,82 ± 0,21 ^c |
| 190 | CHAZO | 11,63 ± 1,24 ^b | 10,33 ± 0,58 ^a | 2,87 ± 0,38 ^c |
| 210 | INIAP 193 | 10,47 ± 0,15 ^b | 11,02 ± 0,03 ^b | 2,21 ± 0,21 ^b |

10.2.1.4.1 Contenido de proteína de las variedades en el punto óptimo de cosecha

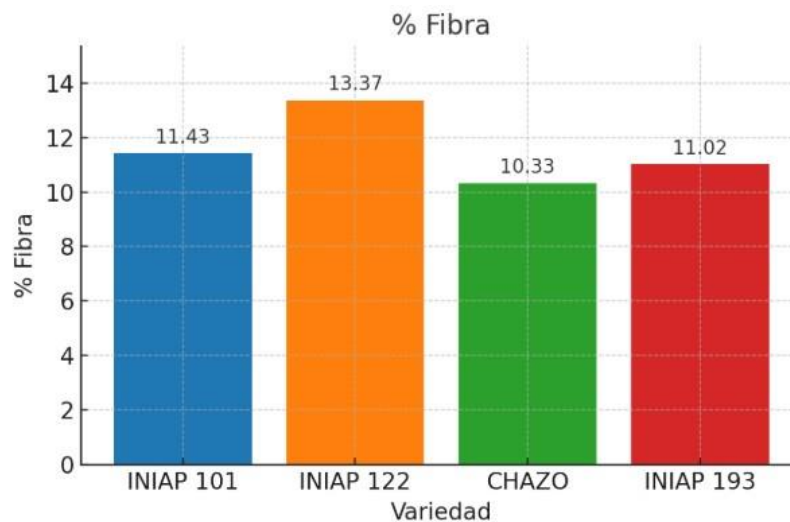
Grafico 12 Contenido de proteína en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.



Se observaron diferencias significativas entre las variedades analizadas ($p = 0,0024$). La variedad CHAZO presentó el mayor contenido de proteína (11,63 %), lo que representa una ventaja desde el punto de vista nutricional. Le siguieron INIAP 122 (10,67 %) e INIAP 193 (10,47 %), que no mostraron diferencias estadísticas entre sí. Por su parte, INIAP 101 registró el valor más bajo (8,57 %), siendo significativamente diferente del resto. Estos resultados indican que CHAZO puede ser la variedad más adecuada cuando se busca desarrollar productos enlatados con mayor valor proteico, lo cual es especialmente importante para consumidores que buscan alimentos funcionales o enriquecidos.

10.2.1.4.2 Contenido de fibra de las variedades en el punto óptimo de cosecha

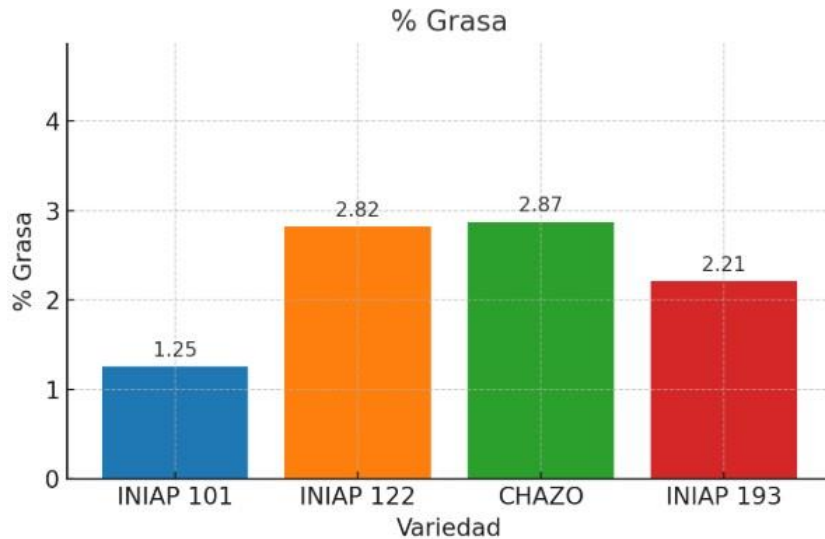
Grafico 13 Contenido de fibra en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha.



Respecto al contenido de fibra, también se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$). La variedad INIAP 122 se destacó con el mayor valor (13,37 %), significativamente superior a todas las demás. Le siguieron INIAP 101 (11,43 %) e INIAP 193 (11,02 %), que no presentaron diferencias estadísticas entre ellas. CHAZO registró el valor más bajo (10,33 %), siendo estadísticamente diferente. El alto contenido de fibra en INIAP 122 representa un atributo positivo desde el punto de vista funcional, ya que la fibra dietética está relacionada con beneficios digestivos y metabólicos.

10.2.1.4.3 Contenido de grasa de las variedades en el punto óptimo de cosecha

Grafico 14 Contenido de grasa en variedades de maíz en su punto óptimo de cosecha



En cuanto al contenido de grasa, la variedad CHAZO presentó el valor más alto (2,87 %), seguida muy de cerca por INIAP 122 (2,82 %). Estas dos variedades no mostraron diferencias estadísticas entre sí. Por otro lado, INIAP 193 (2,21 %) y INIAP 101 (1,25 %) tuvieron contenidos significativamente menores ($p = 0,0003$). Aunque un mayor contenido de grasa puede mejorar la textura y el sabor del grano cocido, también debe considerarse en función de los objetivos del producto final: si se busca un perfil bajo en lípidos, INIAP 101 sería más apropiada; si se prioriza suavidad y aporte energético, CHAZO y 122 serían opciones más convenientes.

10.3 Evaluación del proceso calórico de esterilización

El tratamiento térmico es una etapa crítica en la elaboración de productos enlatados, especialmente en alimentos de baja acidez como el maíz, donde la presencia de microorganismos esporulados como *Clostridium botulinum* representa un riesgo sanitario importante. Por esta razón, se aplicó un proceso de esterilización a 121 °C durante 10 minutos a todas las muestras experimentales.

Para validar la efectividad de este tratamiento, se calculó el valor F_0 , el cual permite cuantificar la letalidad térmica del proceso y verificar si cumple con los criterios de seguridad alimentaria exigidos internacionalmente. De acuerdo con la Food and Drug Administration (FDA), un valor $F_0 \geq 3$ minutos es suficiente para asegurar la esterilidad comercial en alimentos de baja acidez, lo que

garantiza la inocuidad del producto durante el almacenamiento a temperatura ambiente (FDA, 2020).

11.3.1 Cálculo del F_0 (Muerte térmica)

El valor F_0 se calculó utilizando la siguiente fórmula estándar para procesos térmicos a temperatura constante:

$$FFF = t * 10^{\frac{T-T_{TTTTT}}{z}}$$

Donde:

Tabla 20 Datos para cálculo de F_0

| | | |
|-------------|--|------------|
| t | Tiempo total del tratamiento (min) | 10 minutos |
| T | temperatura del proceso (°C) | 121 °C |
| T_{TTTTT} | temperatura de referencia | 121,1 °C |
| z | Resistencia térmica del microorganismo | 10°C |

Sustitución en fórmula

$$FFF = 10 * 10^{\frac{121-121.1}{10}}$$

$$FFF = 10 * 10^{-0.01}$$

$$FFF = 9,77 \text{ mmmmmmmmttFFmm}$$

El cálculo del valor F_0 permitió confirmar que el proceso térmico aplicado a 121 °C durante 10 minutos fue eficaz para alcanzar la esterilidad comercial en todas las muestras de maíz enlatado.

Con un valor estimado de $F_0 = 9,77$ minutos, se supera ampliamente el umbral mínimo de seguridad microbiológica establecido por la FDA (2020) para alimentos de baja acidez. Por tanto, el tratamiento térmico empleado se considera apto y seguro para la elaboración de productos enlatados de maíz, asegurando su estabilidad e inocuidad durante el almacenamiento.

10.4 Evaluación del efecto del procesamiento térmico en la calidad físico química del maíz enlatado

10.4.1 Comparación fisicoquímica de la variedad INIAP 101 en estado fresco y cocido

10.4.1.1 Comparación del porcentaje de azúcares reductores en estado fresco y cocido de la variedad INIAP 101

Tabla 21 Comparación azúcares reductores fresco vs cocido INIAP 101

| % Azúcares reductores | | | |
|-----------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 101 | 155 días | 2,98 ± 0,02 c | 2,98 ± 0,02 a |
| | 162 días | 2,89 ± 0,02 b | 2,89 ± 0,02 b |
| | 169 días | 2,77 ± 0,02 a | 2,78 ± 0,03 c |

El tratamiento térmico no afectó de forma considerable el contenido de azúcares reductores en la variedad INIAP-101 en ninguno de los tres días evaluados. Este comportamiento podría deberse a la resistencia térmica de los azúcares simples presentes o al hecho de que el tiempo y temperatura empleados fueron adecuados para conservar este componente.

10.4.1.2 Comparación del porcentaje de almidón total en estado fresco y cocido de la variedad

INIAP 101

Tabla 22 Comparación almidón total fresco vs cocido INIAP 101

| % Almidón total |
|-----------------|
|-----------------|

| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
|-----------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| INIAP 101 | 155 días | 82,67 ± 0,37 a | 82,67 ± 0,23 c |
| | 162 días | 92,65 ± 0,37 b | 92,65 ± 1,06 b |
| | 169 días | 99,66 ± 0,37 c | 99,66 ± 0,23 a |

El contenido de almidón no se modificó significativamente después del procesamiento térmico en ninguno de los días evaluados para la variedad INIAP-101. Esto demuestra que el almidón en esta variedad presenta una alta resistencia a la gelatinización o pérdida durante el enlatado, lo cual es favorable para mantener la textura y estructura del grano.

10.4.1.3 Comparación del porcentaje de humedad en estado fresco y cocido de la variedad INIAP 101

Tabla 23 Comparación humedad fresco vs cocido INIAP 101

| % Humedad | | | |
|------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 101 | 155 días | 5,97 ± 0,16 a | 5,6 ± 0,44 a |
| | 162 días | 5,40 ± 0,16 a | 5,57 ± 0,35 a |
| | 169 días | 14,37 ± 0,16 b | 13,07 ± 2,22 b |

El tratamiento térmico provocó leves reducciones en el contenido de humedad, especialmente en granos más maduros. Sin embargo, la estabilidad observada en días más tempranos indica que la variedad INIAP-101 tiene buen comportamiento frente a la deshidratación térmica, lo cual es importante para conservar la calidad del producto enlatado.

10.4.1.4 Comparación del porcentaje de proteína en estado fresco y cocido de la variedad

INIAP 101**Tabla 24 Comparación proteína fresco vs cocido INIAP 101**

| % Proteína | | | |
|-------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 101 | 155 días | 5,84 ± 0,12 a | 5,84 ± 0,11 b |
| | 162 días | 5,43 ± 0,12 a | 5,43 ± 0,32 b |
| | 169 días | 6,80 ± 0,12 b | 6,63 ± 0,38 a |

El contenido de proteína de la variedad INIAP-101 se mantuvo altamente estable tras el procesamiento térmico, con mínimas pérdidas incluso en los días de cosecha más avanzados. Esto es favorable desde el punto de vista de la conservación del valor nutricional del producto enlatado. Este comportamiento es especialmente valioso en un contexto donde los consumidores buscan productos procesados que conserven sus propiedades nutricionales. La estabilidad de la proteína en INIAP-101 sugiere que esta variedad puede ser una buena candidata para desarrollar alimentos enlatados con valor agregado, dirigidos a públicos que priorizan la calidad nutricional, como escolares, adultos mayores o personas con dietas equilibradas.

Además, esta característica permite diferenciar el producto en el mercado frente a otros derivados de maíz con menor aporte proteico tras el procesamiento térmico.

10.4.1.5 Comparación del porcentaje de fibra en estado fresco y cocido de la variedad INIAP**101****Tabla 25 Comparación fibra fresco vs cocido INIAP 101**

| % Fibra | | | |
|-----------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |

| | | | |
|-----------|----------|---------------|---------------|
| INIAP 101 | 155 días | 4,61 ± 0,21 a | 4,61 ± 0,29 a |
| | 162 días | 4,70 ± 0,21 a | 4,7 ± 0,44 a |
| | 169 días | 4,60 ± 0,21 a | 4,6 ± 0,36 a |

El contenido de fibra en INIAP-101 no presentó ningún cambio significativo tras el proceso térmico, lo cual es un indicador positivo de estabilidad nutricional. Esta conservación resulta favorable para el desarrollo de productos enlatados con buen aporte de fibra dietética.

10.4.1.6 Comparación del porcentaje de grasa en estado fresco y cocido de la variedad INIAP

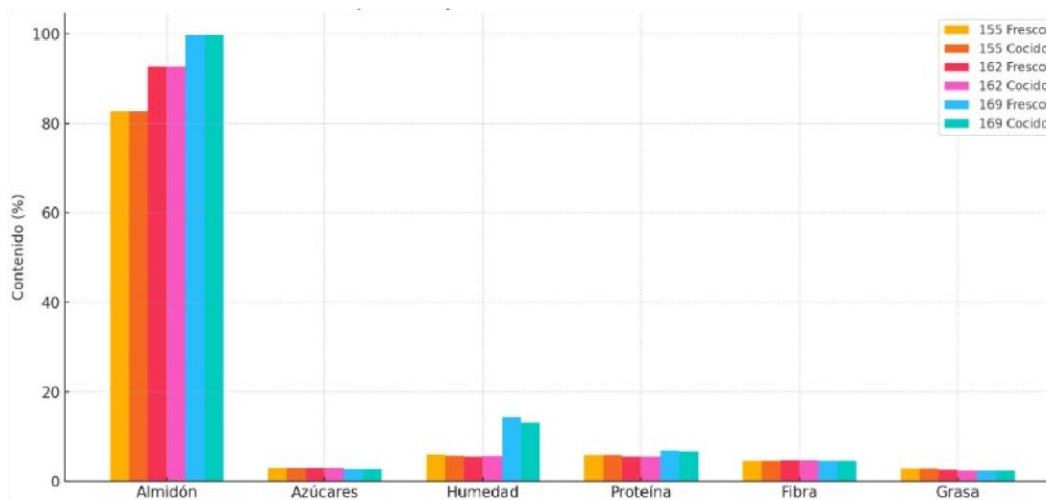
101

Tabla 26 Comparación grasa fresco vs cocido INIAP 101

| % Grasa | | | |
|-----------|-----------------|---------------|---------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 101 | 155 días | 2,88 ± 0,14 a | 2,88 ± 0,2 b |
| | 162 días | 2,50 ± 0,14 a | 2,35 ± 0,21 a |
| | 169 días | 2,32 ± 0,14 a | 2,32 ± 0,04 a |

El contenido de grasa en la variedad INIAP-101 se mantuvo relativamente constante tras el procesamiento térmico. La ligera pérdida a los 162 días no fue significativa, lo que indica que esta variedad presenta buena retención de componentes lipídicos, factor importante para preservar el valor nutricional y el sabor en productos enlatados.

Grafico 15 Parámetros fisicoquímicos- INIAP101 (fresco vs cocido)



A partir del análisis de los parámetros fisicoquímicos en estado fresco y cocido, se observó que la variedad INIAP-101 presentó cierta estabilidad en componentes como azúcares reductores, fibra y grasa, los cuales no mostraron diferencias significativas tras el procesamiento térmico. Sin embargo, el contenido de almidón que, aunque no disminuyó drásticamente, se mantuvo elevado incluso después del tratamiento, lo cual puede generar inconvenientes tecnológicos como la gelatinización excesiva y la opacidad del líquido de gobierno. La humedad experimentó una leve reducción, atribuible a la pérdida de agua durante el proceso térmico, mientras que la proteína mostró una ligera desnaturalización a los 169 días. En conjunto, aunque la variedad INIAP-101 conserva algunas propiedades nutricionales tras el enlatado, sus características no fueron las más favorables para el proceso, en comparación con otras variedades evaluadas.

10.4.2 Comparación fisicoquímica de la variedad INIAP 122 en estado fresco y cocido

10.4.2.1 Comparación del porcentaje de azúcares reductores en estado fresco y cocido de la variedad INIAP 122

Tabla 27 Comparación azúcares reductores fresco vs cocido INIAP 122

| % Azúcares reductores | | | |
|------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| | | | |

| | | | |
|--------------|----------|---------------|---------------|
| INIAP 122 | 176 días | 3,43 ± 0,01 d | 3,30 ± 0,03 b |
| | 183 días | 3,35 ± 0,01 c | 3,35 ± 0,04 a |
| | 190 días | 3,24 ± 0,01 b | 3,25 ± 0,01 a |
| | 197 días | 3,15 ± 0,01 a | 3,15 ± 0,03 a |

La variedad INIAP 122 mostró una ligera disminución en el contenido de azúcares reductores tras el procesamiento térmico, especialmente a los 177 días, donde se observó una reducción de 3.43 % a 3.30 %. A partir de los 183 días en adelante, los valores cocidos se mantuvieron prácticamente constantes o sin diferencias significativas respecto a los frescos, lo cual indica que esta variedad conserva en buena medida sus azúcares simples después del enlatado.

10.4.2.2 Comparación del porcentaje de almidón total en estado fresco y cocido de la variedad

INIAP 122

Tabla 28 Comparación almidón total fresco vs cocido INIAP 122

| % Almidón total | | | |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 122 | 176 días | 94,62 ± 0,63 a | 94,62 ± 2,07 a |
| | 183 días | 94,57 ± 0,63 a | 94,57 ± 0,49 a |
| | 190 días | 97,66 ± 0,63 b | 97,66 ± 0,61 b |
| | 197 días | 99,62 ± 0,63 b | 99,62 ± 0,39 b |

El contenido de almidón total en la variedad INIAP 122 se mantuvo prácticamente constante antes y después del tratamiento térmico. En todos los días de cosecha evaluados, no se evidenciaron pérdidas significativas, lo que sugiere una alta estabilidad térmica del almidón en esta variedad. A partir de los 190 días, se observó un aumento progresivo en el contenido de almidón, alcanzando su punto máximo a los 197 días, tanto en estado fresco como cocido. Esta acumulación es consistente con el avance de la madurez fisiológica del grano, y su conservación tras el enlatado podría favorecer la textura del producto final sin generar exceso de viscosidad.

10.4.2.3 Comparación del porcentaje de humedad en estado fresco y cocido de la variedad INIAP 122

Tabla 29 Comparación humedad fresco vs cocido INIAP 122

| % Humedad | | | |
|--------------|-----------------|----------------|----------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 122 | 176 días | 7,93 ± 0,16 c | 8,63 ± 0,15 b |
| | 183 días | 11,07 ± 0,16 d | 14,03 ± 0,05 a |
| | 190 días | 2,13 ± 0,16 a | 4,3 ± 0,26 a |
| | 197 días | 6,53 ± 0,16 b | 6,27 ± 0,13 a |

El comportamiento de la humedad en la variedad INIAP 122 fue variable entre los días de cosecha, observándose un incremento tras el tratamiento térmico en casi todos los casos, especialmente a los 183 días, donde se elevó de 11,07 % a 14,03 %. Este aumento puede atribuirse a la absorción de agua durante la cocción, un fenómeno frecuente en el enlatado. En contraste, a los 190 días se registraron los valores más bajos tanto en fresco como en cocido, lo cual puede estar relacionado con una menor hidratación del grano maduro.

10.4.2.4 Comparación del porcentaje de proteína en estado fresco y cocido de la variedad INIAP 12

Tabla 30 Comparación proteína fresco vs cocido INIAP 122

| % Proteína | | | |
|--------------|-----------------|----------------|---------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 122 | 176 días | 8,63 ± 0,17 c | 8,03 ± 0,01 b |
| | 183 días | 14,53 ± 0,17 d | 9,25 ± 0,02 d |
| | 190 días | 4,30 ± 0,17 a | 5,9 ± 0,1 a |

| | | | |
|--|----------|---------------|-------------|
| | 197 días | 6,50 ± 0,17 b | 8,4 ± 0,1 c |
|--|----------|---------------|-------------|

El contenido de proteína en la variedad INIAP 122 mostró una disminución significativa tras el tratamiento térmico, en especial a los 183 días, donde descendió de 14,53 % a 9,25 %. Este comportamiento puede estar asociado a la desnaturalización de proteínas por efecto del calor, así como a su posible solubilización en el líquido de gobierno. A diferencia de este comportamiento, a los 190 y 197 días se observó un incremento leve en el valor postratamiento, lo que sugiere una mayor concentración por efecto de pérdida de humedad o variabilidad experimental. En general, el contenido proteico en INIAP 122 es alto en estado fresco, pero susceptible a reducciones durante el enlatado.

Este tipo de variabilidad en la retención proteica refleja lo complejo que puede ser el procesamiento térmico en distintas etapas de maduración. Si bien INIAP 122 destaca por su alto contenido proteico en estado fresco, su sensibilidad al calor puede representar un desafío si no se controlan adecuadamente las condiciones del enlatado. Desde una perspectiva agroindustrial, esto sugiere que esta variedad podría requerir ajustes específicos en el tiempo o temperatura de cocción para minimizar pérdidas nutricionales, especialmente si se busca desarrollar un producto con valor agregado enfocado en el aporte de proteínas.

10.4.2.5 Comparación del porcentaje de fibra en estado fresco y cocido de la variedad INIAP

122

Tabla 31 Comparación fibra -fresco vs cocido INIAP 122

| % Fibra | | | |
|--------------|-----------------|---------------|----------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 122 | 176 días | 8,03 ± 0,08 b | 7,93 ± 0,32 d |
| | 183 días | 9,23 ± 0,08 c | 11,07 ± 0,15 d |

| | | | |
|--|----------|---------------|---------------|
| | 190 días | 6,03 ± 0,08 a | 2,34 ± 0,49 a |
| | 197 días | 6,03 ± 0,08 b | 6,67 ± 0,31 b |

El contenido de fibra en INIAP 122 presentó comportamientos contrastantes después del procesamiento térmico. En los días 177 y 197, las diferencias fueron mínimas, lo cual indica una buena estabilidad de la fibra en esas etapas. Sin embargo, a los 183 días se observó un incremento tras la cocción, posiblemente por concentración derivada de la pérdida de humedad o cambios en la solubilidad de otros componentes. A los 190 días, en cambio, la fibra disminuyó drásticamente, lo que puede explicarse por una solubilización parcial o lixiviación hacia el líquido de gobierno.

Este tipo de variaciones en el contenido de fibra reflejan cómo pequeños cambios en el estado de madurez o en la estructura del grano pueden influir en la conservación de componentes funcionales durante el enlatado. Si bien la fibra tiende a ser estable, factores como la humedad, la compactación celular o la intensidad del tratamiento térmico pueden favorecer su liberación al medio de cocción.

Desde un enfoque productivo, esto destaca la necesidad de evaluar no solo la variedad, sino también el día de cosecha como un punto crítico para garantizar que el producto final mantenga un buen perfil nutricional, especialmente si se apunta a un mercado que valora los alimentos funcionales y saludables.

10.4.2.6 Comparación del porcentaje de grasa en estado fresco y cocido de la variedad INIAP

122

Tabla 32 Comparación grasa fresco vs cocido INIAP 122

| % Grasa | | | |
|--------------|-----------------|---------------|---------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 122 | 176 días | 2,33 ± 0,01 b | 2,33 ± 0,01 b |
| | 183 días | 2,46 ± 0,01 c | 2,45 ± 0,04 c |
| | 190 días | 2,17 ± 0,01 a | 2,16 ± 0,01 a |

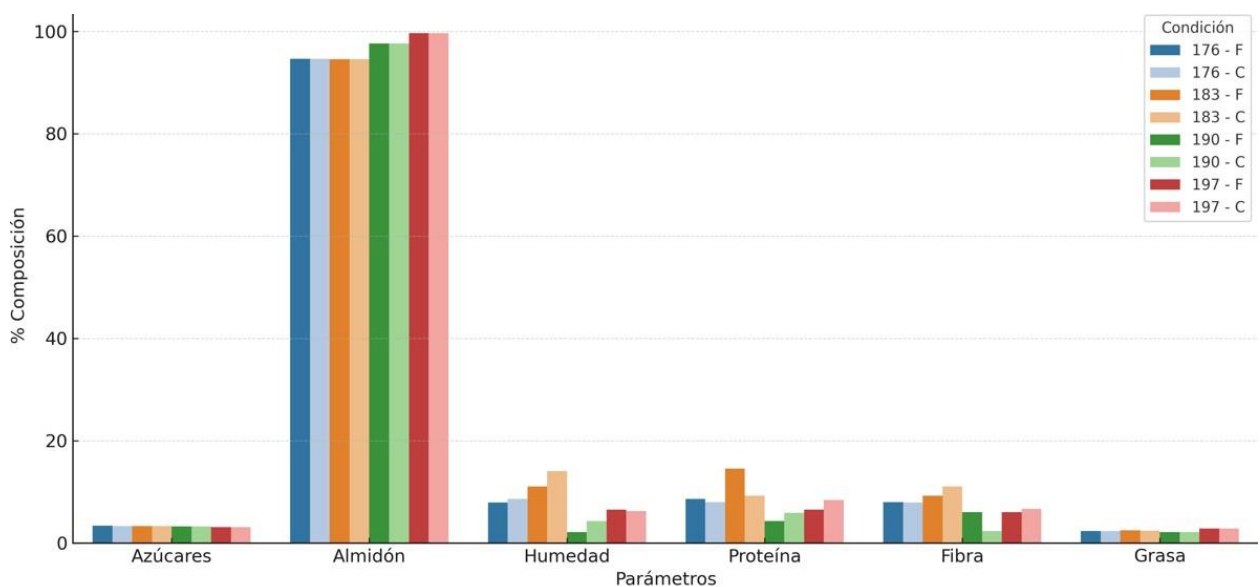
| | | | |
|--|----------|---------------|---------------|
| | 197 días | 2,84 ± 0,01 d | 2,86 ± 0,02 d |
|--|----------|---------------|---------------|

El contenido de grasa en INIAP 122 se mantuvo relativamente estable tras el procesamiento térmico, sin evidenciar cambios significativos. Las diferencias entre el estado fresco y cocido fueron mínimas, incluso imperceptibles en algunos días (por ejemplo, 177 y 190 días). Este resultado indica una buena resistencia térmica de los lípidos presentes en esta variedad, lo que es deseable para mantener el valor nutricional del producto.

La estabilidad del contenido graso en INIAP 122 resulta positiva desde el punto de vista nutricional y tecnológico, ya que garantiza que el aporte energético del maíz se mantenga tras el enlatado.

Además, esta resistencia térmica de los lípidos sugiere que la variedad puede soportar condiciones de procesamiento sin comprometer su perfil lipídico, algo especialmente valioso en productos dirigidos a consumidores que buscan alimentos procesados, pero con una composición nutricional equilibrada. Este comportamiento también puede facilitar el diseño de formulaciones más estables, sin necesidad de compensar pérdidas grasas en el producto final.

Grafico 16 Parámetros fisicoquímicos- INIAP 122 (fresco vs cocido).



En términos generales, los valores de almidón total se mantuvieron relativamente constantes entre el estado fresco y cocido, evidenciando que este componente no presentó pérdidas significativas durante el tratamiento térmico. Esto puede atribuirse a la resistencia del almidón a la lixiviación bajo las condiciones aplicadas.

En cuanto a los azúcares reductores, se observó una ligera disminución en los primeros días de cosecha, lo cual es consistente con posibles reacciones de degradación térmica o disolución en el

líquido de gobierno. Sin embargo, la diferencia no fue pronunciada, y en algunos puntos se mantuvo estable.

Los valores de humedad mostraron un comportamiento más variable. En especial, a los 183 días se detectó un aumento significativo tras el cocido, lo que podría deberse a una mayor absorción de agua por parte del grano o a la variabilidad de las condiciones de carga y sellado. Este cambio es importante, ya que puede afectar la textura y estabilidad del producto.

Con relación a la proteína, se evidenció una reducción moderada en algunos puntos, como en el día 183, lo que puede deberse a fenómenos de desnaturalización o dilución durante el proceso.

No obstante, en otros días los niveles se mantuvieron relativamente estables.

El contenido de fibra también presentó fluctuaciones; por ejemplo, se observó un notable descenso tras el cocido en el día 190, probablemente relacionado con la solubilización parcial de compuestos estructurales. Sin embargo, en otros tiempos de cosecha se mantuvo más constante. Por último, la grasa no presentó cambios importantes, lo cual es común, dado que este compuesto tiene menor solubilidad en agua y mayor estabilidad térmica.

10.4.3 Comparación fisicoquímica de la variedad CHAZO en estado fresco y cocido

10.4.3.1 Comparación del porcentaje de azúcares reductores en estado fresco y cocido de la variedad CHAZO

Tabla 33 Comparación azúcares reductores vs cocido variedad CHAZO

| % Azúcares reductores | | | |
|------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| CHAZO | 190 días | 1,92 ± 0,02 c | 1,89 ± 0,07 b |
| | 197 días | 1,06 ± 0,02 b | 1,08 ± 0,05 a |
| | 204 días | 0,43 ± 0,02 a | 0,28 ± 0,16 c |

Los niveles de azúcares reductores en la variedad CHAZO mostraron una tendencia decreciente con el avance de la madurez, tanto en estado fresco como cocido, lo cual es coherente con el proceso natural de conversión de azúcares simples en compuestos más complejos como almidón.

A los 190 días, se presentó el valor más alto (1,92 % en fresco y 1,89 % en cocido), mientras que a los 204 días, el contenido disminuyó drásticamente, llegando a 0,43 % en fresco y 0,28 % en cocido, siendo esta la etapa más avanzada de madurez. Esta diferencia es significativa y evidencia una fuerte degradación o transformación de los azúcares durante el desarrollo del grano.

El procesamiento térmico (enlatado) no provocó un cambio drástico en todos los casos, salvo en el día 204, donde sí se percibe una reducción marcada del contenido de azúcares tras el cocido. Esta caída puede deberse a reacciones de Maillard, caramelización, o lixiviación de los azúcares al líquido de gobierno.

10.4.3.2 Comparación del porcentaje de almidón total en estado fresco y cocido de la variedad CHAZO

Tabla 34 Comparación almidón total fresco vs cocido variedad CHAZO

| % Almidón total | | | |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| CHAZO | 190 días | 93,05 ± 2,91 c | 93,05 ± 6,3 a |
| | 197 días | 51,36 ± 2,91 b | 51,36 ± 2,65 b |
| | 204 días | 37,35 ± 2,91 a | 37,35 ± 5,43 c |

El contenido de almidón en la variedad CHAZO disminuyó significativamente con la madurez, pasando de 93,05 % a los 190 días a 37,35 % a los 204 días, tanto en estado fresco como cocido.

El procesamiento térmico no alteró los valores de forma considerable, pero el descenso natural con los días es notorio. A diferencia de otras variedades, CHAZO mostró una pérdida marcada de almidón, lo que puede afectar negativamente la textura y consistencia del producto enlatado. El punto más favorable fue a los 190 días, con mayor contenido de almidón y mejor aptitud para enlatado en este aspecto.

10.4.3.3 Comparación del porcentaje de humedad en estado fresco y cocido de la variedad CHAZO

Tabla 35 Comparación humedad fresco vs cocido variedad CHAZO

| % Humedad | | | |
|------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| CHAZO | 190 días | 10,83 ± 0,09 c | 4,37 ± 0,21 a |
| | 197 días | 4,37 ± 0,09 a | 4,7 ± 0,44 a |
| | 204 días | 6,47 ± 0,09 b | 4,43 ± 0,15 a |

En estado fresco, el contenido de humedad en CHAZO disminuyó notablemente entre los 190 y 197 días, pasando de 10,83 % a 4,37 %, lo que indica una fuerte pérdida de agua con la madurez. Tras el procesamiento térmico, los valores se estabilizaron alrededor del 4,4 %, sin diferencias significativas entre los días. Esto sugiere que el tratamiento térmico uniformó la humedad final del producto, independientemente del estado inicial.

10.4.3.4 Comparación del porcentaje de proteína en estado fresco y cocido de la variedad CHAZO

Tabla 36 Comparación proteína fresco vs cocido variedad CHAZO

| % Proteína | | | |
|-------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| CHAZO | 190 días | 12,07 ± 0,16 c | 5,63 ± 0,15 c |
| | 197 días | 4,60 ± 0,16 a | 6 ± 0,1 b |
| | 204 días | 8,27 ± 0,16 b | 7,5 ± 0,1 a |

CHAZO presentó un alto contenido de proteína en fresco a los 190 días (12,07 %), pero con una fuerte reducción tras el cocido (5,63 %), evidenciando pérdida por el tratamiento térmico. A los 197 días, el valor cocido (6,00 %) fue mayor que en fresco (4,60 %), posiblemente por concentración tras la pérdida de humedad. A los 204 días, los valores fueron similares (8,27 % en

fresco y 7,50 % en cocido), reflejando mayor estabilidad. En general, la variedad retiene mejor su proteína en cosechas más tardías.

10.4.3.5 Comparación del porcentaje de fibra en estado fresco y cocido de la variedad CHAZO

Tabla 37 Comparación fibra fresco vs cocido variedad CHAZO

| % Fibra | | | |
|----------|-----------------|---------------|---------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| CHAZO | 190 días | 1,87 ± 0,07 a | 1,87 ± 0,15 a |
| | 197 días | 2,30 ± 0,07 b | 2,3 ± 0,1 a |
| | 204 días | 5,00 ± 0,07 c | 5,27 ± 0,15 a |

El contenido de fibra aumentó progresivamente con los días de cosecha, tanto en estado fresco como cocido. A los 190 y 197 días los valores fueron bajos (1,87 % – 2,30 %), mientras que a los 204 días alcanzaron el pico más alto (5,00 % en fresco y 5,27 % en cocido). No se evidenciaron diferencias significativas entre estados, lo que indica que la fibra se conservó adecuadamente tras el procesamiento térmico.

El incremento progresivo en el contenido de fibra hacia los 204 días refleja una mayor acumulación estructural en el grano, posiblemente asociada al cierre del ciclo fisiológico del maíz. Desde el punto de vista del consumidor, este comportamiento es una ventaja, ya que permite obtener un producto final con mejor aporte de fibra dietética sin necesidad de enriquecerlo artificialmente. Además, el hecho de que no existan diferencias significativas entre el estado fresco y cocido demuestra que el tratamiento térmico no compromete este componente funcional, lo que refuerza el potencial de estas variedades como base para alimentos procesados saludables y con buena aceptación en mercados que valoran la nutrición natural.

10.4.3.6 Comparación del porcentaje de grasa en estado fresco y cocido de la variedad

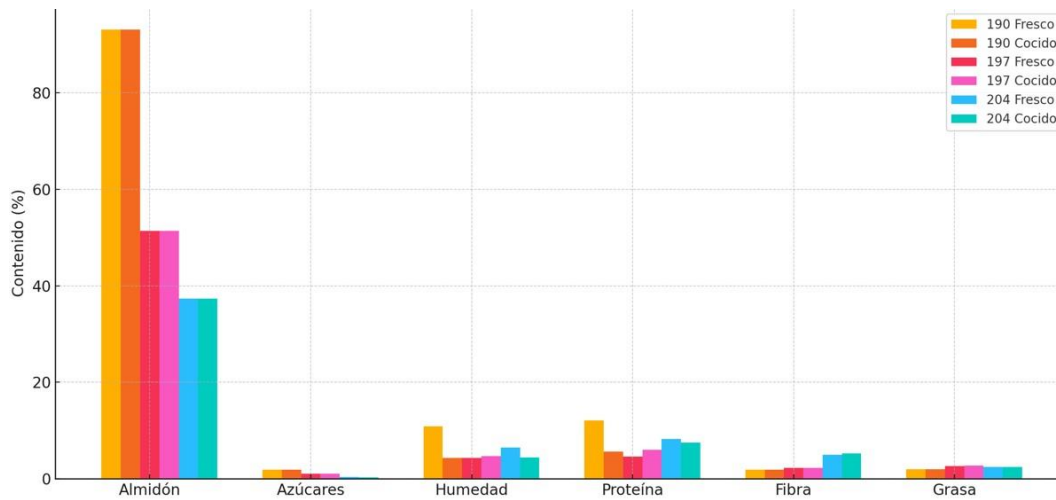
CHAZO**Tabla 38 Comparación grasa fresco vs cocido variedad CHAZO**

| % Grasa | | | |
|----------|-----------------|---------------|---------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| CHAZO | 190 días | 2,03 ± 0,04 a | 2,03 ± 0,06 b |
| | 197 días | 2,63 ± 0,04 c | 2,73 ± 0,08 a |
| | 204 días | 2,49 ± 0,04 b | 2,43 ± 0,03 b |

Los niveles de grasa se mantuvieron estables tras el cocido, sin pérdidas marcadas. A los 190 días, el valor fue constante (2,03 % en ambos estados). A los 197 días se registró el pico más alto (2,63 % fresco y 2,73 % cocido), seguido por una leve reducción a los 204 días. En general, la grasa fue bien retenida tras el procesamiento térmico, mostrando buena estabilidad lipídica.

Esta estabilidad en el contenido de grasa a lo largo de los días de cosecha y tras el tratamiento térmico representa una ventaja tecnológica importante, ya que permite conservar el valor energético del maíz sin necesidad de ajustes adicionales en formulación. La buena retención lipídica observada en los diferentes estados sugiere que los lípidos presentes en el grano poseen resistencia a la oxidación y a la degradación por calor, lo cual es favorable para mantener tanto el perfil nutricional como las características sensoriales del producto enlatado. Este comportamiento también facilita el desarrollo de productos consistentes en calidad y más atractivos para consumidores que buscan opciones procesadas pero nutritivas.

Grafico 17 *Parámetros fisicoquímicos- variedad CHAZO (fresco vs cocido)*



En la variedad CHAZO, el contenido de azúcares reductores disminuyó progresivamente con la madurez y también presentó una ligera reducción tras el tratamiento térmico, especialmente a los 204 días, lo cual podría estar relacionado con reacciones de Maillard durante el enlatado. El almidón total mostró una marcada reducción conforme aumentaron los días de cosecha, tanto en estado fresco como cocido, siendo notable que el procesamiento térmico no alteró significativamente su concentración, lo que indica estabilidad frente al calor. En cuanto a la humedad, se observó una reducción evidente después del tratamiento térmico en todos los puntos de cosecha, resultado esperable por la pérdida de agua durante la cocción.

El contenido de proteína varió entre días, pero en general disminuyó ligeramente después del enlatado, lo que puede atribuirse a la desnaturalización térmica. Por su parte, la fibra se mantuvo estable entre fresco y cocido, sin diferencias significativas, y la grasa mostró una ligera variación, pero sin alteraciones relevantes tras el tratamiento térmico, indicando resistencia del lípido al calor aplicado. En conjunto, los cambios observados en la variedad CHAZO fueron consistentes con los efectos típicos del procesamiento térmico sobre matrices vegetales.

10.4.4 Comparación fisicoquímica de la variedad INIAP 193 en estado fresco y cocido

10.4.4.1 Comparación del porcentaje de azúcares reductores en estado fresco y cocido de la variedad INIAP 193

Tabla 39 Comparación azúcares reductores fresco vs cocido INIAP 193

| % Azúcares reductores | | | |
|------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 193 | 197 días | 0,09 ± 0,0017 c | 0,09 ± 0,02 b |
| | 204 días | 0,03 ± 0,0017 b | 0,02 ± 0,01 a |
| | 210 días | 0,00 ± 0,0017 a | 0,01 ± 0,01 a |

En la variedad INIAP 193, se evidenció una clara disminución en el contenido de azúcares reductores conforme aumentaron los días de cosecha, tanto en estado fresco como cocido. A los 197 días, se registró el valor más alto (0.09%) en estado fresco, mientras que a los 204 días se redujo a 0.03%, y a los 210 días prácticamente desapareció (0.00%). En estado cocido se observó una tendencia similar, con ligeras variaciones: 0.09% a los 197 días, 0.02% a los 204 días y 0.01% a los 210 días. Esta evolución refleja el consumo o transformación de azúcares reductores durante el proceso de maduración del grano, así como una leve disminución adicional tras el tratamiento térmico. La reducción de estos compuestos es favorable desde el punto de vista del procesamiento, ya que podría minimizar la ocurrencia de reacciones de Maillard durante la cocción, contribuyendo a mantener el color y la estabilidad del producto enlatado.

Desde la perspectiva del procesamiento térmico, esta disminución progresiva de los azúcares reductores en INIAP 193 puede considerarse una ventaja tecnológica. Al reducirse estos compuestos, disminuye también el riesgo de oscurecimiento no enzimático y de aparición de sabores no deseados durante la cocción, lo cual es fundamental para mantener la calidad visual y sensorial del maíz enlatado.

10.4.4.2 Comparación del porcentaje de almidón total en estado fresco y cocido de la variedad

INIAP 193**Tabla 40 Comparación almidón total fresco vs cocido INIAP 193**

| % Almidón total | | | |
|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 193 | 197 días | 46,82 ± 2,93 a | 46,82 ± 6,62 a |
| | 204 días | 60,18 ± 2,93 b | 60,18 ± 5,7 a |
| | 210 días | 97,67 ± 2,93 c | 97,67 ± 0,15 b |

En la variedad INIAP 193 se observó un incremento progresivo del contenido de almidón total conforme aumentaron los días de cosecha, tanto en estado fresco como en estado cocido. A los 197 días, el valor fue el más bajo (46,82%), aumentando a 60,18% a los 204 días y alcanzando el máximo (97,67%) a los 210 días. Esta misma tendencia se mantuvo después del procesamiento térmico, aunque con ligeras diferencias en las desviaciones estándar. El aumento del almidón con la maduración del grano es coherente con la acumulación de reservas energéticas, típica en etapas avanzadas de desarrollo. Además, la cocción no generó pérdidas significativas del almidón en los días 197 y 204, pero sí se registró una menor desviación a los 210 días, lo que sugiere una mayor estabilidad estructural del grano en ese punto. Estos resultados refuerzan la elección del día 210 como óptimo para la cosecha, dado que la mayor concentración de almidón puede mejorar la textura y consistencia del maíz enlatado.

Este comportamiento confirma que, en la variedad INIAP 193, una cosecha más tardía no solo favorece la acumulación de almidón, sino que también aporta ventajas tecnológicas en el procesamiento. Una mayor concentración de almidón contribuye a mejorar la firmeza y cohesión del grano tras el tratamiento térmico, evitando texturas blandas o sobre cocidas.

10.4.4.3 Comparación del porcentaje de humedad en estado fresco y cocido de la variedad

INIAP 193**Tabla 41 Comparación humedad fresco vs cocido INIAP 193**

| % Humedad | | | |
|------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 193 | 155 días | 10.83 ± 0.18 c | 10,83 ± 0,38 c |
| | 162 días | 5.57 ± 0.18 a | 5,57 ± 0,25 a |
| | 169 días | 6.47 ± 0.18 b | 6,47 ± 0,31 b |

El contenido de humedad en la variedad INIAP 193 mostró una disminución significativa a medida que avanzaron los días de cosecha. En estado fresco, la mayor humedad se registró a los 197 días (10,83%), mientras que los valores más bajos se observaron a los 204 días (5,57%) y 210 días (6,47%), evidenciando una mayor deshidratación natural del grano con la maduración. Esta misma tendencia se mantuvo tras el tratamiento térmico, sin variaciones significativas entre los estados. La conservación de la humedad tras la cocción indica que el grano retuvo en parte su estructura, pero también sugiere que en etapas más tempranas (como a los 197 días) el contenido de agua podría afectar negativamente la textura del producto final enlatado. En cambio, los niveles moderados de humedad a los 210 días podrían favorecer una mejor consistencia del grano y una mayor estabilidad durante el almacenamiento. Desde el punto de vista del procesamiento, una menor humedad en etapas avanzadas de madurez como la observada a los 210 días representa una ventaja operativa, ya que reduce el riesgo de sobrecocción, ablandamiento excesivo o deformación del grano durante el enlatado. Además, niveles moderados de humedad permiten una mejor penetración del calor sin comprometer la estructura interna del grano, lo cual es clave para asegurar una cocción uniforme y una textura firme en el producto final.

10.4.4.4 Comparación del porcentaje de proteína en estado fresco y cocido de la variedad

INIAP 193**Tabla 42 Comparación proteína fresco vs cocido INIAP 193**

| % Proteína | | | |
|-------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
| INIAP 193 | 197 días | 12,07 ± 0,16 c | 12,07 ± 0,15 c |
| | 204 días | 4,60 ± 0,16 a | 4,60 ± 0,44 a |
| | 210 días | 8,27 ± 0,16 b | 8,27 ± 0,15 b |

El contenido de proteína en la variedad INIAP 193 mostró diferencias marcadas entre los días de cosecha. A los 197 días, se registró el valor más alto tanto en estado fresco como cocido (12,07%), lo que sugiere una etapa de mayor acumulación proteica en el grano. Sin embargo, a los 204 días se observó una disminución significativa (4,60%), mientras que a los 210 días la proteína aumentó nuevamente a 8,27%. Esta tendencia se mantuvo constante en ambos estados (fresco y cocido), sin pérdidas significativas por efecto del tratamiento térmico. Estos resultados reflejan que el contenido proteico está fuertemente influenciado por el estado de madurez del grano, y que la cocción a 121 °C por 10 minutos no afectó notablemente su integridad nutricional. En términos de aptitud para el enlatado, valores estables y medianamente altos, como los observados a los 210 días, podrían ser preferibles por su balance entre calidad y conservación.

Desde una perspectiva nutricional y productiva, este tipo de comportamiento es clave para definir el momento óptimo de cosecha, especialmente cuando se busca un equilibrio entre valor nutritivo y estabilidad del producto procesado. La recuperación del contenido proteico a los 210 días, junto con su resistencia al tratamiento térmico, refuerza el potencial de esta variedad para aplicaciones donde se priorice la conservación de nutrientes sin necesidad de suplementación.

10.4.4.5 Comparación del porcentaje de fibra en estado fresco y cocido de la variedad INIAP 193

Tabla 43 Comparación fibra fresco vs cocido INIAP 193

| % Fibra |
|----------------|
|----------------|

| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
|-----------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| INIAP 193 | 197 días | 1,71 ± 0,09 a | 1,71 ± 0,03 a |
| | 204 días | 1,83 ± 0,09 a | 1,80 ± 0,2 a |
| | 210 días | 1,76 ± 0,09 a | 1,76 ± 0,08 a |

El contenido de fibra en la variedad INIAP 193 no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes días de cosecha ni entre el estado fresco y cocido, manteniéndose en un rango estrecho entre 1,71% y 1,83%. Esto indica que el tratamiento térmico aplicado (121 °C por 10 minutos) no afectó de forma considerable la fibra dietética del grano. Además, la estabilidad de este parámetro a lo largo de la maduración sugiere una composición estructural constante en la pared celular.

Esta estabilidad en el contenido de fibra resulta favorable al momento de diseñar productos enlatados que conserven sus propiedades funcionales sin requerir aditivos o enriquecimientos adicionales. Que el grano mantenga su fibra dietética sin importar el día de cosecha ni el procesamiento térmico es una fortaleza, ya que garantiza uniformidad en el producto final y facilita su estandarización en planta. Además, esta constancia estructural podría traducirse en una textura más predecible y agradable al paladar, beneficiando tanto al productor como al consumidor que busca alimentos nutritivos y estables.

10.4.4.6 Comparación del porcentaje de grasa en estado fresco y cocido de la variedad INIAP

193

Tabla 44 Comparación grasa fresco vs cocido INIAP 193

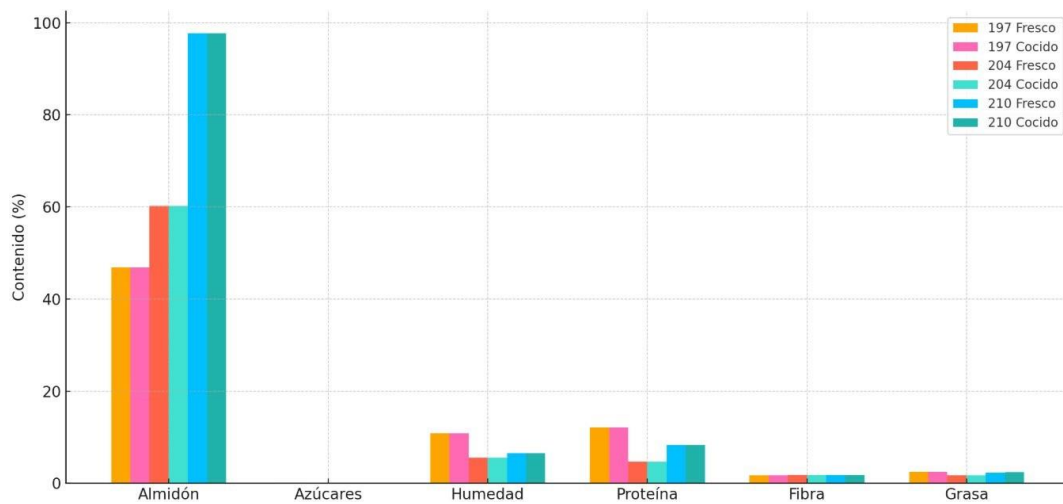
| |
|----------------|
| % Grasa |
|----------------|

| Variedad | Días de cosecha | Estado fresco | Estado cocido |
|-----------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| INIAP 193 | 197 días | 2,45 ± 0,08 b | 2,53 ± 0,03 b |
| | 204 días | 1,69 ± 0,08 a | 1,69 ± 0,07 a |
| | 210 días | 2,29 ± 0,08 b | 2,42 ± 0,05 b |

El contenido de grasa en la variedad INIAP 193 mostró diferencias significativas entre los días de cosecha, observándose el valor más bajo en los 204 días (1,69%), mientras que en los días 197 y 210 se registraron contenidos más altos y similares, tanto en estado fresco como cocido. El tratamiento térmico no generó reducciones notables en el contenido de grasa, manteniéndose relativamente constante entre estados. Esta estabilidad indica que los lípidos presentes en el grano no se degradaron o volatilizaron significativamente durante el enlatado, lo cual es relevante para conservar el valor energético del producto final. Además, el ligero aumento en algunos casos podría deberse a una mayor extractabilidad de la grasa tras la ruptura celular por el calor.

Desde el punto de vista industrial, esta estabilidad en el contenido de grasa es una ventaja, ya que permite asegurar el valor energético del maíz enlatado sin comprometer su calidad durante el proceso térmico. La resistencia de los lípidos a la degradación sugiere que INIAP 193 puede ser utilizada en formulaciones donde se desee mantener el aporte calórico sin necesidad de fortificación adicional. Además, el leve aumento de grasa observado tras la cocción puede mejorar la sensación en boca y contribuir a una textura más cremosa o agradable, aspectos que influyen directamente en la aceptación del producto por parte del consumidor.

Grafico 18 Parámetros fisicoquímicos- INIAP 193 (fresco vs cocido)



En la variedad INIAP 193, se observa una disminución progresiva en el contenido de azúcares reductores a medida que avanza la madurez, siendo prácticamente nulo en estado cocido a los 210 días, lo cual sugiere un mayor aprovechamiento del almidón. En cuanto al almidón total, se incrementa significativamente desde los 197 hasta los 210 días, tanto en estado fresco como cocido, indicando una mayor acumulación de reservas energéticas al final del ciclo, lo que es deseable para procesos industriales. La humedad muestra una tendencia descendente, especialmente en el día 204, lo que puede influir positivamente en la estabilidad del producto enlatado. En relación con la proteína, se evidencia una ligera disminución tras el cocido, sin embargo, a los 210 días se mantiene un contenido aceptable. La fibra permanece constante sin diferencias significativas entre estado fresco y cocido, lo que indica que este componente estructural no se ve afectado por el tratamiento térmico. Finalmente, en cuanto a la grasa, se mantiene estable, con una ligera reducción en el día 204 cocido, pero en general no presenta cambios marcados. En conjunto, estos resultados refuerzan que el día 210 representa el mejor momento de cosecha para esta variedad, al conservar adecuadamente sus propiedades tras el enlatado.

12.4.5 Índice de calidad para determinar la mejor variedad de enlatado

El proceso de enlatado implica someter al grano de maíz a altas temperaturas, lo cual puede afectar su estructura física y la calidad del líquido de gobierno. Para establecer cuál de las variedades evaluadas presentó la mejor aptitud para este tipo de procesamiento, se consideraron tres parámetros físicos clave: grado de rotura, viscosidad del líquido de gobierno y contenido de sólidos en el líquido.

Estos atributos fueron seleccionados por ser indicadores directos de la resistencia del grano al tratamiento térmico y del impacto sobre la presentación y textura final del producto. A cada variedad se le calculó la sumatoria de las medias de estos tres parámetros, y se consideró como más apta aquella con el valor más bajo, reflejando menor deterioro físico y menor alteración del líquido de gobierno.

Tabla 45 Índice de calidad física de maíz enlatado por variedad y día de cosecha

| | Días de cosecha | Sólidos totales | Grado rotura | Viscosidad | SUMATORIAS |
|-----------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| INIAP 101 | 155 días | 8,82 | 62,7 | 87,6 | 159,12 |
| | 162 días | 13,26 | 30,55 | 88,33 | 132,14 |
| | 169 días | 16,13 | 16,41 | 87,26 | 119,8 |
| INIAP 122 | 176 días | 13,1 | 10,3 | 85,67 | 109,07 |
| | 183 días | 13,07 | 6,49 | 88,31 | 107,87 |
| | 190 días | 10,51 | 1,56 | 88,4 | 100,47 |
| | 197 días | 10,15 | 0,71 | 88,43 | 99,29 |
| CHAZO | 190 días | 10,83 | 1,65 | 88,38 | 100,86 |
| | 197 días | 11,61 | 0,72 | 88,43 | 100,76 |
| | 204 días | 5,43 | 0,6 | 88,43 | 94,46 |
| INIAP 193 | 197 días | 4,03 | 2,78 | 88,43 | 95,24 |
| | 204 días | 4,65 | 1,74 | 88,43 | 94,82 |
| | 210 días | 2,66 | 0,65 | 88,42 | 91,73 |

La Tabla 45. muestra los valores de sólidos totales, grado de rotura y viscosidad del líquido de gobierno para cada combinación de variedad y día de cosecha, junto con la sumatoria de estos tres parámetros. Esta sumatoria se utilizó como criterio para establecer la aptitud del maíz para el proceso de enlatado.

Un menor valor en la sumatoria indica una mejor aptitud para el enlatado, ya que:

- Menor contenido de sólidos totales en el líquido de gobierno refleja una menor pérdida de componentes del grano durante el tratamiento térmico.
- Menor grado de rotura implica una mayor integridad del grano tras el procesamiento, lo que mejora la apariencia y la textura del producto final.
- Menor viscosidad del líquido de gobierno indica menos exudado del grano, facilitando un mejor manejo y presentación del producto.

Bajo este criterio, la muestra correspondiente a INIAP 193 cosechada a los 210 días presentó la menor sumatoria (91,73), lo que la posiciona como la variedad con mayor aptitud para el enlatado, al conservar en mejor estado sus características físicas tras el tratamiento térmico.

Este enfoque metodológico permitió comparar objetivamente todas las variedades y determinar cuál combinación de variedad y madurez ofrece un rendimiento tecnológico superior en términos de calidad final del producto enlatado.

11. IMPACTOS DEL PROYECTO

11.1 Impacto técnico

El proyecto aporta significativamente al ámbito técnico agroindustrial al generar información precisa sobre el momento óptimo de cosecha y la variedad de maíz más apta para el proceso de enlatado. Esto permite optimizar procesos de selección, cosecha y procesamiento, mejorando la calidad del producto final y la eficiencia en la línea de producción. Además, establece parámetros fisicoquímicos y texturales validados experimentalmente, que pueden ser replicados o adaptados en futuras investigaciones o a nivel industrial.

11.2 Impacto económico

Desde el punto de vista económico, el uso de variedades de maíz con mejor comportamiento en el enlatado reduce pérdidas por rotura de granos, menor deterioro del líquido de gobierno y mayor vida útil del producto. Esto se traduce en menores costos de reprocesamiento y mayor rentabilidad. Asimismo, identificar el día óptimo de cosecha evita cosechas prematuras o tardías, lo cual incrementa la eficiencia y el rendimiento económico del cultivo.

11.3 Impacto social

El desarrollo de productos derivados del maíz con mejor calidad y mayor vida útil favorece el acceso de la población a alimentos procesados de mayor valor nutricional. Además, fomenta la

generación de empleo a nivel local, tanto en el campo como en la agroindustria, e impulsa la valorización del maíz ecuatoriano como materia prima para productos con valor agregado.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Tabla 46 Presupuesto del proyecto

| Ítem | Cantidad | Valor unitario (USD) | Subtotal (USD) |
|---|-----------------|-----------------------------|-----------------------|
| Compra de maíz INIAP-101 (1/4 quintal) | 1 | 10 | 10 |
| Compra de maíz INIAP-122 (1/4 quintal) | 1 | 10 | 10 |
| Compra de maíz CHAZO (1/4 quintal) | 1 | 10 | 10 |
| Compra de maíz INIAP-193 (1/4 quintal) | 1 | 10 | 10 |
| Reactivos para análisis (pH, acidez, sólidos, etc.) | 1 | 45 | 45 |
| Análisis laboratorio (almidón, saponinas, proteína, etc.) | 1 | 80 | 80 |
| Copias e impresión de resultados | 100 | 0,1 | 10 |
| Pasajes y gasolina (visitas INIAP,) | 3 | 30 | 90 |
| Almuerzos durante muestreo y análisis | 5 | 6 | 30 |
| Mantenimiento vehículo | 1 | 20 | 20 |
| Análisis de azúcares reductores | 1 | 12 | 12 |
| Análisis de almidón total | 1 | 14 | 14 |
| Análisis de saponinas | 1 | 15 | 15 |
| Análisis de materia seca | 1 | 10 | 10 |
| Análisis de humedad | 1 | 10 | 10 |
| Análisis de proteína | 1 | 12 | 12 |
| Análisis de fibra | 1 | 11 | 11 |
| Análisis de grasa | 1 | 11 | 11 |
| Análisis de dureza | 1 | 13 | 13 |

| | | | |
|-----------------------------|-----|----|----|
| Análisis de fracturabilidad | 1 | 13 | 13 |
| TOTAL | 436 | | |

13. CONCLUSIONES

- La determinación del tiempo óptimo de cosecha para las variedades INIAP 101, INIAP 122, CHAZO e INIAP 193 permitió identificar los días en los que cada genotipo alcanzó un equilibrio adecuado entre madurez fisiológica, textura, contenido de materia seca y resistencia estructural, parámetros clave para asegurar un buen desempeño en el proceso de enlatado. En la variedad INIAP 101, el día 162 se estableció como el más adecuado, al presentar una dureza intermedia, buena fracturabilidad y contenido equilibrado de materia seca. Para INIAP 122, el día 197 fue el óptimo, destacando por su mayor firmeza y resistencia, sin comprometer su integridad en el tratamiento térmico. En la variedad de maíz CHAZO, el día 190 se identificó como ideal debido a su textura manejable, baja fracturabilidad y dureza estable, evitando los excesos observados en días posteriores. Finalmente, la variedad INIAP 193 mostró su mejor comportamiento a los 210 días, al combinar una alta concentración de sólidos, buena resistencia estructural y adecuada acidez. Estos resultados, sustentados en análisis estadísticos y gráficos multivariantes, validan que el momento de cosecha influye de manera determinante en la calidad del producto final, siendo crucial para garantizar la eficiencia del proceso térmico y la estabilidad fisicoquímica del maíz enlatado.
- La caracterización física y química de las variedades de maíz INIAP 101, INIAP 122, CHAZO e INIAP 193 en sus respectivos puntos óptimos de cosecha permitió establecer perfiles diferenciados que influyen directamente en su comportamiento durante el enlatado. En términos físicos, los parámetros colorimétricos (L^* , C^* , h^*) mostraron diferencias significativas entre variedades, destacando INIAP 101 por su mayor luminosidad, INIAP 122 y 193 por su saturación intensa, y CHAZO por presentar tonos más amarillentos, atributos que afectan la percepción visual del consumidor. En cuanto a tamaño y forma, INIAP 101 presentó el mayor diámetro, lo cual puede mejorar la presencia en el envase,

mientras que INIAP 193 presentó granos más estrechos, favoreciendo una distribución más uniforme.

Desde el punto de vista químico, INIAP 122 se destacó por su alto contenido de almidón (96,09 %) y fibra (13,37 %), mientras que la variedad CHAZO presentó el mayor nivel de azúcares reductores (3,38 %) y humedad (15,13 %), lo que puede influir en la textura del grano tras la cocción. INIAP 193 ofreció un equilibrio entre almidón y humedad, mientras que INIAP 101 mostró los valores más bajos en azúcares y grasa, lo cual podría asociarse con una madurez más avanzada y menor energía calórica. En cuanto a la composición nutricional, CHAZO se posicionó como la variedad con mayor contenido proteico (11,63 %), mientras que INIAP 122 aportó mayor fibra y grasa útil para formulaciones funcionales.

- La evaluación del proceso térmico aplicado al maíz enlatado confirmó su eficacia en alcanzar los estándares de esterilidad comercial requeridos para alimentos de baja acidez. El valor F_0 obtenido fue de 9,77 minutos, calculado a partir de un tratamiento térmico de 10 minutos a 121 °C, utilizando como referencia un T_{ref} de 121,1 °C y un valor z de 10 °C, correspondiente a la resistencia térmica de *Clostridium botulinum*. Este resultado supera el umbral mínimo de seguridad microbiológica establecido por organismos internacionales como la FDA, garantizando que el tratamiento aplicado es suficiente para la inactivación de microorganismos patógenos y esporulados. Por tanto, se valida que el protocolo de esterilización utilizado es apto, seguro y eficaz para asegurar la inocuidad y estabilidad del producto enlatado de maíz durante su almacenamiento y vida útil comercial.
- La evaluación del efecto del tratamiento térmico sobre las características fisicoquímicas del maíz permitió evidenciar que, si bien algunos componentes presentaron ligeras variaciones tras el enlatado, muchas propiedades nutricionales y estructurales se mantuvieron estables, dependiendo de la variedad y del día de cosecha. En general, los azúcares reductores, el almidón, la fibra y la grasa fueron los parámetros más resistentes al proceso térmico, mientras que la humedad y la proteína mostraron cambios más notorios, especialmente en etapas avanzadas de maduración. La variedad INIAP 193 cosechada a los 210 días presentó el mejor comportamiento postratamiento, conservando niveles adecuados de almidón, proteína y grasa, con reducida pérdida de sólidos en el líquido de gobierno, bajo grado de rotura y viscosidad estable. El análisis integrado de estos tres indicadores físicos —grado

de rotura, viscosidad del líquido de gobierno y contenido de sólidos— permitió establecer un índice de aptitud para el enlatado, donde INIAP 193 (210 días) alcanzó la menor sumatoria (91,73), lo que confirma su superioridad tecnológica. Estos resultados demuestran que el procesamiento térmico a 121 °C por 10 minutos fue eficaz y suficientemente suave para preservar la calidad del maíz, y que la selección adecuada de la variedad y del día de cosecha es clave para optimizar la integridad estructural, el valor nutricional y la estabilidad del producto final enlatado.

14. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los agricultores que deseen destinar el maíz al enlatado adopten los días de cosecha óptimos determinados en esta investigación para cada variedad, ya que estos garantizan una mejor calidad fisicoquímica y nutricional del producto final. Es fundamental aplicar un tratamiento térmico estandarizado (121 °C por 10 minutos), como el evaluado en este estudio, para asegurar la esterilidad comercial del maíz enlatado sin comprometer sus características sensoriales y nutricionales.
- La variedad INIAP-193 demostró mayor aptitud para el enlatado. Se recomienda fomentar su cultivo y su aprovechamiento agroindustrial, especialmente en zonas productoras con condiciones agroecológicas similares.

Se sugiere continuar evaluaciones técnicas en cultivos andinos y tropicales utilizando metodologías de análisis como las aplicadas en este proyecto, para ampliar las opciones de productos procesados con valor agregado.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales*, 30(2), 00-00.
- Aguirre, A. (2018). Producción de maíz enlatado. Editorial Universitaria. •
 Barceló, A. M. (2020). *Percepción de los productores de maíz (Zea mays, Lin.) sobre sus plagas claves: principales aspectos agroecológicos en área agrícolas de Venezuela*. Editorial Universitaria (Cuba).

- Boyer, CD y Shannon, JC 1987. Carbohidratos del grano. En SA Watson y PE Ramstad, eds. Maíz: química y tecnología, pag. 253-272. St Paul, Minnesota, EE.UU., Am. Asociación. Química de cereales.
- Campbell-Platt, G. (2017). Food Science and Technology. Wiley-Blackwell.
- Caviedes C., M. (2003). INIAP-101: Variedad de maíz blanco precoz (2a ed.). Quito, EC, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Plegable no. 82).
- Chiriboga, M., & Torres, P. (2018). *Innovación tecnológica en sistemas agroalimentarios del Ecuador*. Instituto de Altos Estudios Nacionales - IAEN.
- Coral Valenzuela, J. V., Andrade Bolaños, H. J., Pumisacho Gualoto, M. M., & Caicedo Chávez, J. D. (2019). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) en la zona media de la Parroquia Malchinguí*. University Central of Ecuador.

[scielo.org.mx+6ResearchGate+6Revistas USFQ+6](#)

- FAO (2013). Codex Alimentarius: Canned Fruits and Vegetables. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2017). Guía para la producción de maíz. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO (2019). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (1992). *Maíz en la nutrición humana*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org>

- FAO. (2021). *Agroindustria rural y desarrollo territorial en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>
- FAO. (2021). *Maize: International statistics and trends*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FDA (2018). Food Safety Modernization Act. Food and Drug Administration.
- Fellows, P. J. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice*. Woodhead Publishing.
- Food Control (2018). Effect of Harvest Time on the Quality and Safety of Corn. Volumen 90, Número 1.
- García, J. (2019). Evaluación de la calidad del maíz en función del momento de cosecha. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de México.
- González, A., Rodríguez, M., & Paredes, F. (2020). *Ecofisiología del maíz: aspectos clave en la productividad del cultivo*. Revista Cultivos Tropicales, 41(3), 40–52. ●
 Guacho Abarca, E. F. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad San José de Chazo* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- IFT (2019). Food Technology. Institute of Food Technologists.
- INEGI (2019). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI (2019). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INIAP. (2013). *Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras* (Guía No. 96). Programa de Maíz.
- INIAP. (2022). *Informe técnico anual 2021-2022: Programa de mejoramiento de maíz*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

- - Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina. (1981). Cultive maíz blanco "INIAP-101". Quito, Ecuador:
- Autor. (Plegable no. 28).
- Journal of Food Science (2020). Effect of Harvest Time on the Presence of Pathogenic Microorganisms in Corn. Volumen 85, Número 5.
- Lewis, M. J., & Heppell, N. J. (2000). Continuous Thermal Processing of Foods: Pasteurization and UHT Sterilization. Springer.
 - Ligarreto Moreno, G. A. (2017). *Cosecha y poscosecha del maíz*. Universidad Nacional de Colombia. es.wikipedia.org+3Repositorio UNAL+3Descos+3
 - López, A., Gutiérrez, J., & Rivera, C. (2019). *Contenido de compuestos bioactivos en variedades de maíz andino*. Revista de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 20(3), 45–53.
 - López, A., Herrera, J., & Martínez, C. (2020). *Procesos agroindustriales en granos andinos: impacto en la economía rural*. Editorial AgroAndina.
 - López, M. (2020). Efecto del momento de cosecha en la calidad y seguridad del maíz enlatado. Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Volumen 20, Número 1.
 - MAG. (2023). *Informe agroproductivo nacional del cultivo de maíz*. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.
 - Martínez, J., Torres, L., & Cueva, D. (2019). *Manejo agronómico del cultivo de maíz en diferentes pisos altitudinales*. Revista Agroandes, 11(2), 85–94.
 - OMS (2018). Seguridad Alimentaria. Organización Mundial de la Salud.
 - Ortiz, J. A., Méndez, E. E., & Ramos, C. J. (2021). *Composición química del maíz dulce (Zea mays L.) en función del estado de madurez*. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas, 50(2), 135–144.

-
- Paredes-López, O., & Mendoza, V. (2020). *Biotecnología del maíz en América Latina: composición y mejoramiento nutricional*. Agroindustria y Alimentos, 24(1), 33–42.
- Parera, C. A. (2017). *Producción de maíz dulce*. Ediciones INTA. [ResearchGate](#) ●
 Salinas, M., Torres, A., & Chávez, H. (2016). *Evaluación del perfil nutricional de variedades de maíz andino*. Revista Peruana de Agricultura, 18(3), 95–102.
- Salinas, M., Torres, A., & Chávez, H. (2016). *Evaluación del perfil nutricional de variedades de maíz andino*. Revista Peruana de Agricultura, 18(3), 95–102.
- Serna-Saldívar, S. O. (2010). *Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes*. CRC Press.
- Universidad de Sonora. (s. f.). *El cultivo del maíz*. Departamento de Agricultura y Ganadería. [Agricultura UNISON](#)
- USDA (2020). Food Safety and Inspection Service. United States Department of Agriculture.
- Valladares, C. (2010). *Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano*. Universidad Nacional Autónoma de Honduras centro universitario regional del litoral Atlántico (CURLA), departamento de producción vegetal asignatura cultivos de grano Sección, 10(01).
- Yáñez G., C. (2013). INIAP-101: "Blanco Harioso Precoz". Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz.
- Yáñez G., C., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Zambrano Mendoza, J. L., Caicedo, M., Heredia, J., Sangoquiza Caiza, C. A. & Quimbita, A. (2010). *Guía de producción de maíz de altura (Guía No. 96)*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2440>
- Yáñez, C., Zambrano, J., & Caicedo, M. (2013). *Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras* (Guía No. 96). INIAP, Programa de Maíz.

-
- Zambrano, G., Paredes, C., & Medina, R. (2019). *Tecnologías aplicadas al manejo poscosecha del maíz en el Ecuador*. Revista Agroproductividad, 12(3), 45-52.
<https://doi.org/10.32854/agrop.v12i3.254>
- Zárate Oviedo, A. P. (2013). Evaluación de la regeneración de doble haploides de maíz suave variedad INIAP-101 mediante la técnica de cultivo de anteras. (Tesis de Ingeniería). Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Vida, Ingeniería en Biotecnología, Sangolquí, Ecuador.