

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**EVALUACIÓN DEL DETERIORO DEL CHOCOLATE CON
DIFERENTES PORCENTAJES DE CACAO SOMETIDOS A
DIFERENTES TIEMPOS DE IRRADIACIÓN SOLAR**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Autores: Bach. Cindy Vanessa Echeverre Meza

Egr. Jean Paul Rojas Rojas

Asesores: Dr. Ernesto Hernández Martínez

Dr. Lenin Quiñones Huatangari

Línea de investigación: Ingeniería de Procesos Alimentarios (LI_IIA_03)

JAÉN – PERÚ

2025

Echeverre Meza Cindy Vanessa Rojas Rojas Jean Pa...

EVALUACIÓN DEL DETERIORO DEL CHOCOLATE CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CACAO SOMETIDOS A DIFER...

 Quick Submit

 Quick Submit

 Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

tm:oid::1:3306543682

56 Páginas

Fecha de entrega

1 ago 2025, 8:53 a.m. GMT-5

10.291 Palabras

Fecha de descarga

1 ago 2025, 8:57 a.m. GMT-5

56.235 Caracteres

Nombre de archivo

INFORME_FINAL_310725_1.pdf

Tamaño de archivo

2,4 MB


Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería




5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo. Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable de la Unidad de Prescripción de la Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 21 de agosto del año 2025, siendo las 11:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano
Secretario: Dr. Gary Charly García Guevara
Vocal: Mg. Ralph Stein Rivera Botonares, para evaluar la Sustentación de:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "EVALUACIÓN DEL DETERIORO DEL CHOCOLATE CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CACAO SOMETIDOS A DIFERENTES TIEMPOS DE IRRADIACIÓN SOLAR", presentado por las tesisistas Cindy Vanessa Echeverre Meza y Jean Paul Rojas Rojas de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:


(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:


- | | | |
|----------------|------------|-------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | (X) |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 13:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 21 de agosto de 2025


Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano
Presidente


Dr. Gary Charly García Guevara
Secretario


Mg. Ralph Stein Rivera Botonares
Vocal

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO
DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, **Cindy Vanessa Echeverre Meza**, egresado de la carrera Profesional de carrera de **Industrias Alimentarias** de la Facultad de **Ingeniería** de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI **71890484**.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

"EVALUACIÓN DEL DETERIORO DEL CHOCOLATE CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CACAO SOMETIDOS A DIFERENTES TIEMPOS DE IRRADIACIÓN SOLAR".

Asesorado por **Dr. Ernesto Hernández Martínez** y **Dr. Lenin Quiñones Huatangari**.

El mismo que presento bajo la modalidad de **presencial** para optar; el Título Profesional/Grado Académico de **Ingeniero de industrias Alimentarias**.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 7 de noviembre del 2025.



Cindy Vanessa Echeverre Meza

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO
DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, **Jean Paul Rojas Rojas**, egresado de la carrera Profesional de carrera de **Industrias Alimentarias** de la Facultad de **Ingeniería** de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI **75758470**.

Declaro bajo juramento que:

7. Soy Autor del trabajo titulado:

“EVALUACIÓN DEL DETERIORO DEL CHOCOLATE CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CACAO SOMETIDOS A DIFERENTES TIEMPOS DE IRRADIACIÓN SOLAR”.

Asesorado por **Dr. Ernesto Hernández Martínez** y **Dr. Lenin Quiñones Huatangari**.

El mismo que presento bajo la modalidad de **presencial** para optar; el Título Profesional/Grado Académico de **Ingeniero de industrias Alimentarias**.

8. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

9. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.

10. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

11. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.

12. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 7 de noviembre del 2025.



Jean Paul Rojas Rojas

ÍNDICE

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MATERIALES Y MÉTODOS	14
2.1 Lugar de ejecución	14
2.2 Materiales	14
2.3 Metodología	14
2.3.1 Variables de estudio	14
2.3.2 Métodos de análisis	15
2.3.3 Procedimiento experimental	16
2.4 Diseño experimental	17
2.5 Análisis de datos	20
III. RESULTADOS	22
3.1 Número de cristales de grasas afloradas	22
3.2 Porcentaje de superficie con cristales de grasa aflorados	24
3.3 Medidas repetidas en el tiempo	27
IV. DISCUSIÓN	29
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
5.1 Conclusiones	32
5.2 Recomendaciones	33
VI. REFERENCIAS	34
AGRADECIMIENTO	37
DEDICATORIA	38
ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valores de P del número de cristales de grasas según factores y tiempo de almacenamiento	28
Tabla 2	Valores de P del porcentaje de superficie de las grasas afloradas según factores y tiempo de almacenamiento.....	28
Tabla 3	Número de cristales de grasa aflorados durante el almacenamiento.....	39
Tabla 4	Porcentaje de la superficie de las grasas afloradas durante el almacenamiento	39
Tabla 5	ED del Número de cristales de grasa aflorados para todos los tratamientos durante el almacenamiento.....	40
Tabla 6	ED del Número de cristales de grasa afloradas en función a la concentración del cacao durante el almacenamiento	40
Tabla 7	ED del Número de cristales de grasa afloradas en función al tiempo de irradiación solar durante el almacenamiento	41
Tabla 8	ED del porcentaje de superficie de las grasas afloradas para todos los tratamientos durante el almacenamiento.....	41
Tabla 9	ED del porcentaje de superficie de las grasas afloradas en función a la concentración de cacao durante el almacenamiento	42
Tabla 10	ED del porcentaje de superficie de las grasas afloradas en función al tiempo de irradiación solar durante el almacenamiento.	42
Tabla 11	Cristales de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 2	43
Tabla 12	Cristales de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 3	44
Tabla 13	Cristales de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 4	45
Tabla 14	Cristales de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 5	46
Tabla 15	Cristales de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 6	47
Tabla 16	48
Tabla 17	Porcentaje de superficie de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 3.....	49
Tabla 18	Porcentaje de superficie de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 4.....	50
Tabla 19	Porcentaje de superficie de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 5.....	51

Tabla 20 Porcentaje de superficie de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 6.....	52
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo para la evaluación del deterioro del chocolate	16
Figura 2 Esquema experimental para la evaluación del deterioro de chocolate.....	19
Figura 3 Número de cristales de grasas afloradas para todos los tratamientos durante el almacenamiento.....	22
Figura 4 Número de cristales de grasas afloradas en función a la concentración de cacao durante el almacenamiento.....	23
Figura 5 Número de cristales de grasas afloradas en función al tiempo de irradiación solar durante el almacenamiento.....	24
Figura 6 Porcentaje de superficie con cristales de grasa aflorados para todos los tratamientos durante el almacenamiento	25
Figura 7 Porcentaje de superficie con cristales de grasa aflorados en función a la concentración de cacao durante el almacenamiento	26
Figura 8 Porcentaje de superficie con cristales de grasa aflorados en función al tiempo de irradiación solar durante el almacenamiento	27
Figura 9 Presentación del chocolate de la empresa orquídea.....	53
Figura 10 Desempacado del chocolate.....	53
Figura 11 Rotulado del chocolate con sus diferentes tiempos	54
Figura 12 Ablandamiento del chocolate y almacenamiento	54
Figura 13 Moldeado del chocolate.....	54
Figura 14 Tratamientos que no fueron expuestos a la irradiación solar T1y T4	55
Figura 15 Tratamientos que fueron expuestos a la irradiación solar por 5 minutos, T2 y T5.....	55
Figura 16 Tratamientos fueron expuestos a la irradiación solar por 10 minutos, T3 y T6.	55
Figura 17 Conteo de cristales de grasa aflorados mediante el contador de colonias digital.	56
Figura 18 T1, imágenes de las repeticiones durante el tiempo de almacenamiento	57
Figura 19 T2, imágenes de las repeticiones durante el tiempo de almacenamiento	58
Figura 20 T3, imágenes de las repeticiones durante el tiempo de almacenamiento	59
Figura 21 T4, imágenes de las repeticiones durante el tiempo de almacenamiento	60
Figura 22 T5, imágenes durante el tiempo de almacenamiento	61
Figura 23 T6, imágenes durante el tiempo de almacenamiento	62
Figura 24 Aplicación leaf doctor según Android.....	63
Figura 25 Análisis del porcentaje de superficie de grasas afloradas.....	63

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo principal de evaluar el deterioro del chocolate comercial con diferentes concentraciones de cacao (65 % y 72 %) expuesto a variados tiempos de irradiación solar (0, 5 y 10 minutos) durante seis semanas de almacenamiento. Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×3 y medidas repetidas en el tiempo, con tres repeticiones por cada tratamiento. Se evaluaron dos variables dependientes: el número de cristales de grasa aflorados, determinado mediante recuento en placa, y el porcentaje de superficie con cristales de grasa aflorados, cuantificado a partir de imágenes fotográficas procesadas con el software Leaf Doctor. Los resultados mostraron que el tiempo de irradiación solar influyó significativamente en el incremento de ambas variables dependientes. En cuanto a la concentración de cacao, el 72 % condujo a dos comportamientos extremos: una mayor cuantificación de cristales y superficie aflorada en el tratamiento con 10 minutos de irradiación (T6) y una menor cuantificación en el tratamiento sin irradiación (T4). Se concluye que la irradiación solar con diferentes tiempos afecta significativamente la migración de cristales de grasa hacia la superficie del chocolate, mientras que la concentración de cacao, evaluada de manera independiente, no mostró efectos significativos durante el almacenamiento.

Palabras clave: Radiación electromagnética, floración, bloom, conservación, estrés térmico, almacenamiento.

ABSTRACT

This research was conducted with the main objective of evaluating the deterioration of commercial chocolate with different cocoa concentrations (65% and 72%) exposed to varying periods of solar irradiation (0, 5, and 10 minutes) during six weeks of storage. A completely randomized design with a 2×3 factorial arrangement and repeated measures over time was applied, with three replicates for each treatment. Two dependent variables were evaluated: the number of fat crystals that had surfaced, determined by plate counting, and the percentage of surface area with fat crystals that had surfaced, quantified from photographic images processed with Leaf Doctor software. The results showed that the duration of solar irradiation significantly influenced the increase in both dependent variables. As for the cocoa concentration, 72% led to two extreme behaviors: a higher quantification of crystals and surface area in the treatment with 10 minutes of irradiation (T6), and a lower quantification in the treatment without irradiation (T4). It is concluded that solar irradiation with different times significantly affects the migration of fat crystals to the surface of the chocolate, while the cocoa concentration, evaluated independently, showed no significant effects during storage.

Keywords: Electromagnetic radiation, flowering, bloom, conservation, thermal stress, storage.

I. INTRODUCCIÓN

El chocolate es un alimento muy popular y a su vez muy consumido por gran parte de la población, especialmente por los niños, además contiene componentes benéficos como flavonoides, fenólicos y antioxidantes; sin embargo, este producto por acción del incremento de temperatura en climas tropicales sufre un ablandamiento conllevando al derretimiento y disminuyendo la vida útil del chocolate, debido a la floración de grasa (Delgado, 2022).

La floración de grasa se manifiesta como una neblina blanquecina y opaca en la superficie del chocolate, producto de cambios estructurales durante el almacenamiento a altas temperaturas, afectando negativamente su apariencia y calidad (Dahlenborg et al. 2015).

Este fenómeno ha sido considerado un defecto importante en la industria de la confitería durante décadas, generalmente asociado a la transición polimórfica y migración de grasa según la investigación de (Sonwai y Rousseau, 2010).

En la actualidad, diversos estudios se enfocan en mejorar la conservación del chocolate (Abad et al. 2020); sin embargo, el efecto de la irradiación solar directa sobre su deterioro ha sido poco explorado, pese a que muchas marcas incluyen recomendaciones sobre su correcta conservación (Rodríguez, 2021).

Hoy en día, la gran mayoría de los consumidores tienden a preferir productos que ofrecen múltiples beneficios nutricionales para aumentar sus beneficios para la salud. El chocolate es un nutriente que contiene aproximadamente un 30% de grasa, un 6% de proteínas, un 61% de carbohidratos y un 3% de humedad y minerales (fósforo, calcio, hierro) y además contiene vitaminas A y complejo B (Valenzuela, 2007). Por este motivo se ha convertido en objeto de múltiples investigaciones relacionadas con la salud.

No obstante, la irradiación solar puede alterar significativamente su calidad, afectando procesos fundamentales como el templado, que es clave para obtener un chocolate brillante, texturizado y estable. La degradación de este proceso puede inducir la formación de cristales inestables y el blanqueamiento superficial (Pirouzian et al. 2020).

La cristalización y el punto de fusión de la manteca de cacao están estrechamente ligados al templado, ya que se busca formar cristales estables en cantidad y tamaño adecuados para una estructura uniforme, evitando la lubricación superficial (Ramírez, 2022).

Así mismo, Castro et al. (2022) han estudiado el comportamiento polimórfico y de cristalización de la manteca de cacao en diferentes condiciones, así como la influencia de aceites vegetales y modos de atemperado sobre las propiedades térmicas y físicas del chocolate.

Además, Bakalis et al. (2011) desarrollaron modelos para predecir la cinética de transición de fases de las grasas del chocolate, lo cual es crucial para controlar procesos como el desmoldeo y la limpieza, gracias a la comprensión de la contracción y adherencia del producto.

Ante este contexto, la presente investigación propone un enfoque experimental novedoso al utilizar la irradiación solar directa como factor de estrés térmico, con el fin de evaluar el deterioro del chocolate producido con distintas concentraciones de cacao y sometido a diferentes tiempos de irradiación solar. Esta aproximación simula condiciones reales de transporte y almacenamiento, particularmente en zonas tropicales como Jaén, donde las temperaturas y la radiación solar son elevadas.

El objetivo principal de la dicha investigación consiste en evaluar el deterioro por cristalización de grasas generadas por efecto de la radiación solar aplicado a chocolates producidos con diferentes concentraciones de cacao. Los objetivos específicos fueron medir el número de cristales de grasa aflorados en las placas petri para cada tratamiento, así como el porcentaje de superficie de las grasas afloradas en las imágenes fotográficas obtenidas para cada tratamiento, evaluar el efecto del tiempo por un periodo de seis semanas de almacenamiento.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Lugar de ejecución

Se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Tecnología de Alimentos del Departamento de Ingeniería de Industrias Alimentarias, así como en el Laboratorio de Microbiología del Departamento de Tecnología Médica de la Universidad Nacional de Jaén.

2.2 Materiales

Materia prima: Se utilizó chocolate Dark (oscuro), que contiene 72 % de cacao y Mild Dark (oscuro suave), que contiene 65 % de cacao, de la marca Orquídea (Figura 9) que son ofertados en el supermercado Plaza Vea de la ciudad de Chiclayo.

Utensilios: Los materiales utilizados para dicha investigación son placas petri, cuchillo, tabla de picar, espátula, campana desecada, caja aislante de tecnopor, microondas marca Imaco, contador de colonias digital marca Tecnal CP-600/1.

2.3 Metodología

2.3.1 Variables de estudio

Variables independientes

- **Concentración de cacao**, correspondiente a la concentración de cacao que el fabricante ha utilizado en formulación aportada tanto por la pasta como la manteca. Los niveles de la variable son 72 % cacao, tipo comercial Dark (comercialmente corresponde a oscuro), 65 % cacao, tipo comercial Mild Dark (comercialmente corresponde a oscuro suave).
- **Tiempo de irradiación solar**, correspondiente a los minutos en los cuales los chocolates comerciales fueron expuestos en forma directa a la radiación solar. Los niveles de la variable son 0 min, 5 min y 10 min.

Variables interviniente

- **Tiempo de almacenamiento**, considerado como una variable interviniente de carácter temporal, evaluado con esquema de medidas repetidas (6 niveles: semana 1 a 6).

- **Número de cristales de grasa aflorados**, corresponde a la migración de los cristales hacia la superficie del chocolate que se agrupan formando nódulos grasos perceptibles con el sentido de la vista.
- **Porcentaje de superficie de las grasas afloradas**, correspondiente al porcentaje de área de chocolate expuesto en la placa Petri, que cambia el porcentaje de la superficie por efecto de la afloración de las grasas, es decir, es el área que ocupa la primera variable denominada número de cristales de grasa aflorados.

2.3.2 Métodos de análisis

Número de cristales de grasa aflorados

Se evaluó mediante una metodología propuesta en microbiología (Aguilar Y Guamuro, 2022) que se ha trasladado para el conteo de cristales de grasa aflorados, dado que adoptan el mismo comportamiento morfológico análogo a los recuentos microbiológicos, en el cual se hace el recuento manual mediante un contador de colonias digital CP-600/1, en donde se cuenta un haz de luz procedente de una lámpara de luz fluorescente de 22W debajo de la placa y una lupa de magnificación de 1.5x, así como una pluma para realizar el conteo, tal como se aprecia en la Figura 17.

Porcentaje de superficie de las grasas afloradas

Se utilizó una aplicación para Android denominada Leaf Doctor (Pethybridge y Scot, 2015) utilizando un dispositivo celular Samsung A31 (Figura 24) que cuenta con una cámara incorporada de 48 megapíxeles para la toma de imágenes fotográficas a través del tiempo, durante su almacenamiento del chocolate. Se capturó la fotografía de la placa Petri, la propuesta innovadora consiste en recortar la imagen en forma circular (Figura 25) para que encaje con la forma de la placa petri, representando el 100% del total de la superficie del chocolate. Durante el almacenamiento, cuando los cristales de grasa afloran o migran hacia la superficie, éstos tienen un color blanquecino diferente al color propio del chocolate, entonces en la imagen capturada se aprecian los porcentajes

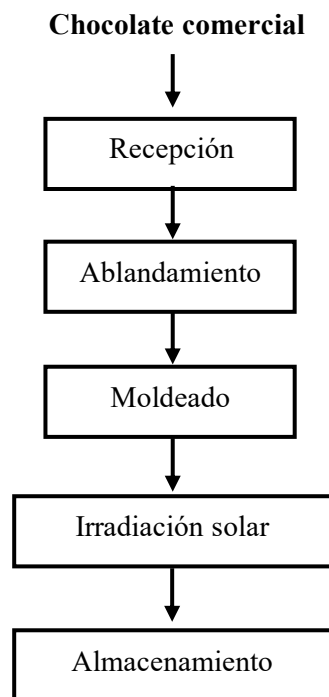
de superficie diferenciados que son identificados, analizados y procesados por el software propuesto.

2.3.3 Procedimiento experimental

En el diagrama de operaciones siguiente mostrado en la Figura 1, se muestran los procesos para el deterioro del chocolate.

Figura 1

Diagrama de flujo para la evaluación del deterioro del chocolate



Descripción de operaciones unitarias

- a) **Recepción:** La materia prima fue recepcionada en el Laboratorio de Tecnología de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.
- b) **Ablandamiento:** Las muestras de chocolate comercial fueron retiradas de su empaque primario (caja de cartón) y su envase interior de aluminio se colocaron dentro de una incubadora por 10 minutos a una temperatura de 30°C (Ramírez, 2022) con la finalidad de moldear la masa de chocolate en la placa petri (Figuras 10,11y 12)

- c) **Moldeado:** Se moldeó el chocolate con una espátula dentro de una placa petri (Figura 13).
- d) **Irradiación solar:** El día 02/10/24 a las 13:00, el chocolate fue expuesto a la radiación solar en la provincia de Jaén, Cajamarca, Perú, en el patio del edificio principal de la Escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias, sin nubosidad, cielo despejado, habiendo sol intenso, a través de la aplicación del Clima de Google figuró en el Smartphone una sensación térmica de 35°, humedad del 50 %, índice UV de 11 y viento de 9 Km/h. En esta etapa fue donde se controló la variable independiente tiempo de irradiación solar en donde hubo tratamientos que no fueron expuestos al sol y tratamientos que sí fueron expuestos a 5 min. y 10 min. Luego de la irradiación solar se muestra el estado de los tratamientos según las Figuras 14, 15 y 16.
- e) **Almacenamiento:** Las muestras fueron almacenadas en una campana de desecación para su respectiva evaluación y toma de imágenes y fotografías realizadas en el Laboratorio de Tecnología Médica. Se realizó la evaluación durante 6 semanas, haciendo el conteo de la cristalización en el Laboratorio de Microbiología, así como también se evaluó la variable Porcentaje de superficie formados según las fotografías, se utilizó una caja aislante de tecnopor para el traslado de las muestras, evitando así interferencia de variables externas como la temperatura o irradiación solar.

2.4 Diseño experimental

El estudio fue realizado mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×3 y medidas repetidas en el tiempo.

Diseño factorial completamente aleatorizado 2×3

Factores independientes:

- Concentración de cacao (2 niveles: 65 % y 72 %)
- Tiempo de irradiación solar (3 niveles: 0, 5 y 10 minutos)

Esto genera un total de 6 tratamientos (2×3).

Repeticiones: 3 por tratamiento → 18 unidades experimentales.

Este diseño permite evaluar los efectos individuales y la interacción entre los factores concentraciones de cacao y tiempo de irradiación solar.

Diseño de medidas repetidas

Cada unidad experimental fue evaluada durante 6 semanas de almacenamiento.

Se midieron semanalmente las variables:

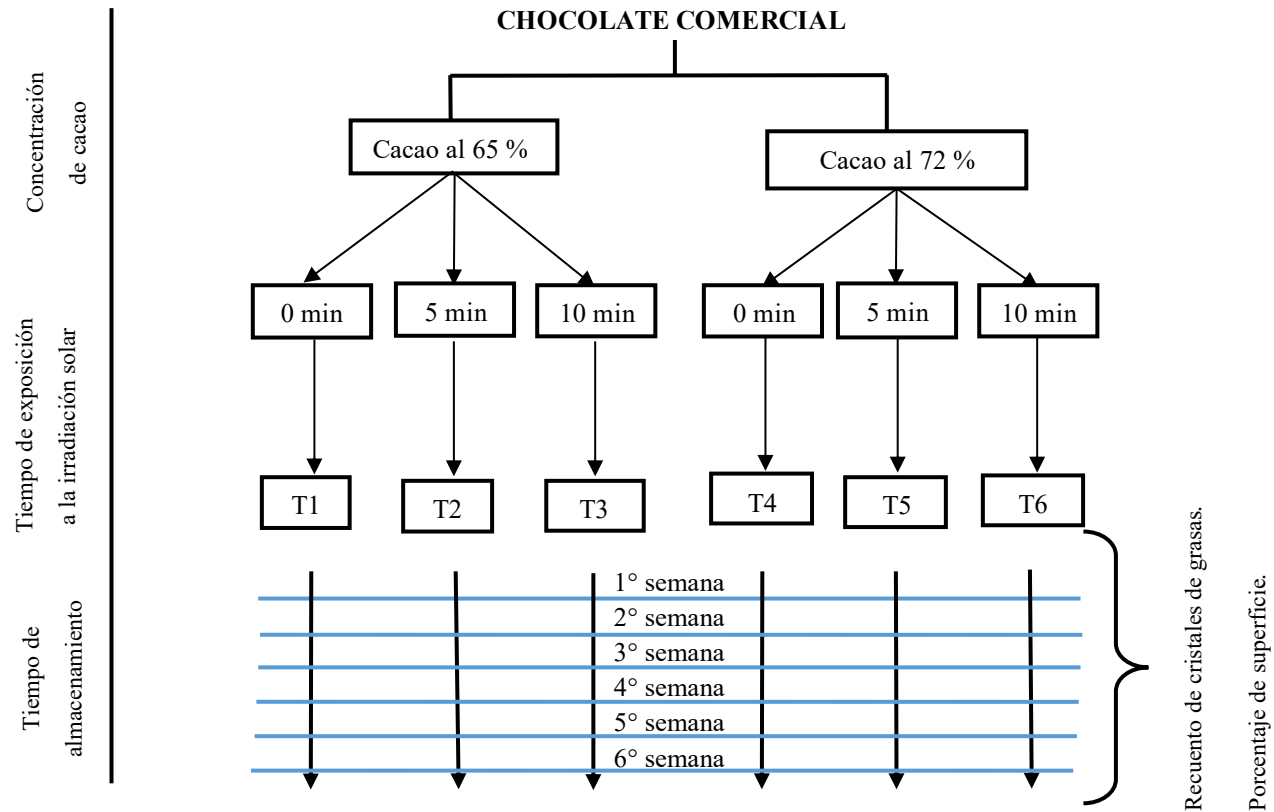
- Número de cristales de grasa aflorados.
- Porcentaje de superficie con cristales de grasa.

Esto añade una dimensión longitudinal (tiempo) al estudio, usando análisis tipo ANOVA de medidas repetidas para evaluar la evolución del deterioro.

En la Figura 2 se muestra el esquema experimental de la investigación

Figura 2

Esquema experimental para la evaluación del deterioro de chocolate



2.5 Análisis de datos

Los datos experimentales recolectados de la presente investigación fueron organizados y procesados utilizando una hoja de cálculo en Microsoft Excel, considerando como variables dependientes:

- Recuento de cristales de grasa aflorados, cuantificados en placas Petri.
- Porcentaje de superficie correspondiente a las grasas afloradas, evaluada mediante el análisis de imágenes fotográficas capturadas semanalmente.

Estas variables permitieron monitorear de manera cuantitativa el deterioro del chocolate bajo diferentes condiciones experimentales.

Para evaluar la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, se aplicó un análisis de varianza para medidas repetidas (ANOVA), empleando el complemento estadístico XLSTAT en Microsoft Excel. Este enfoque resulta apropiado cuando se realizan mediciones sucesivas sobre las mismas unidades experimentales, ya que permite analizar tanto los efectos principales como las interacciones entre los factores evaluados.

En este estudio, los factores principales considerados fueron:

- **Concentración de cacao:** formulaciones con 65 % y 72 %.
- **Tiempo de irradiación solar:** 0, 5 y 10 minutos.

Además, se evaluó la interacción entre las repeticiones y las semanas para comprobar si existían variaciones significativas en las respuestas de deterioro a lo largo del tiempo de almacenamiento (variable interviniente de carácter temporal evaluado bajo un esquema de medidas repetidas, semanas 1 a 6). Este análisis permitió confirmar la consistencia de los resultados entre réplicas, fortaleciendo la validez experimental del estudio.

Posteriormente, se aplicó la prueba de comparación múltiple LSD (Least Significant Difference) con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$), con el objetivo de identificar con precisión qué tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí. Las diferencias fueron consideradas significativas cuando la probabilidad de error fue inferior al 5%.

Para el análisis estadístico de las mediciones sucesivas, se aplicó un ANOVA de medidas repetidas (Tablas 11 a 20), incorporando como verificación inicial la prueba de esfericidad de Mauchly, la cual permitió comprobar el cumplimiento del supuesto de esfericidad, es decir, la igualdad de varianzas entre las diferencias de los niveles del factor intra-sujetos (tiempo de almacenamiento) (Girden, 1992; Field, 2018). En caso de incumplimiento de este supuesto, se consideraron las correcciones de Greenhouse–Geisser y Huynh–Feldt para ajustar los grados de libertad (Girden, 1992). Asimismo, se evaluaron los efectos intersujetos, con el fin de identificar la influencia de los factores principales (concentración de cacao y tiempo de irradiación solar) entre los tratamientos, y los efectos intrasujetos, orientados a determinar la evolución del deterioro del chocolate en función del tiempo de almacenamiento (variable temporal con medidas repetidas) (Maxwell & Delaney, 2004).

Los resultados de estos análisis se presentaron en las Tablas 1 y 2, donde se muestran los valores de p para el número de cristales de grasa y el porcentaje de superficie con cristales aflorados según los factores experimentales y el tiempo de almacenamiento.

III. RESULTADOS

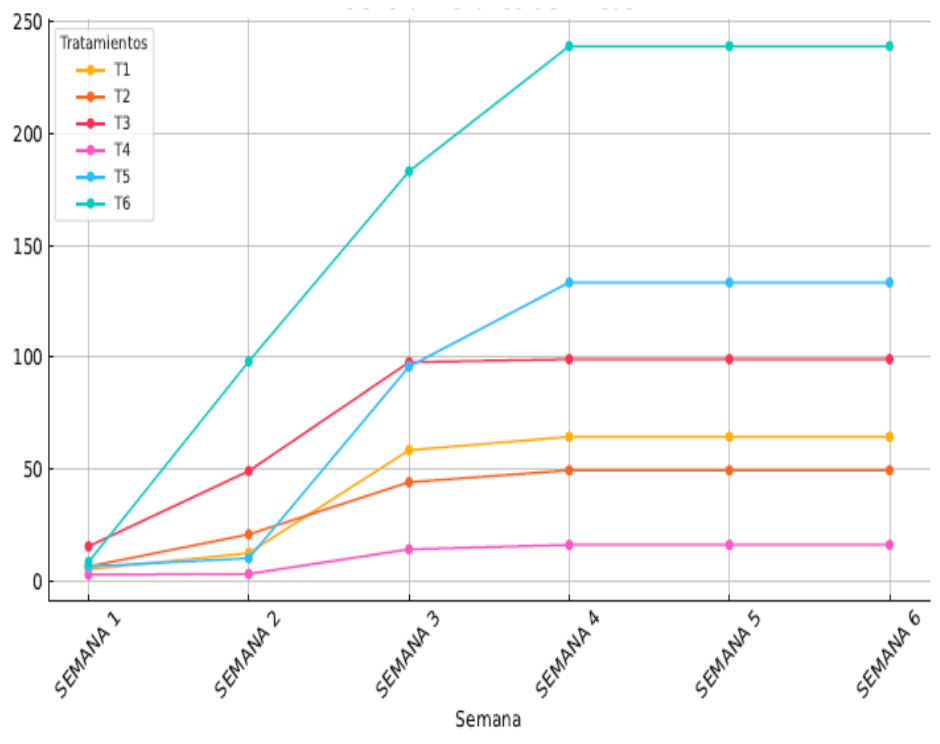
En el marco de la investigación, se presentaron los resultados correspondientes a los objetivos específicos que se muestran en las Figuras 18 a 23.

3.1 Número de cristales de grasas a floradas.

En la Figura 3 (Tabla 3 de Anexo), se obtuvieron los resultados del conteo del número de cristales de grasa a florados en el chocolate durante su almacenamiento, todas presentaron cambios en las tres primeras semanas, mientras que en las siguientes tres semanas se mantuvieron estables.

Figura 3

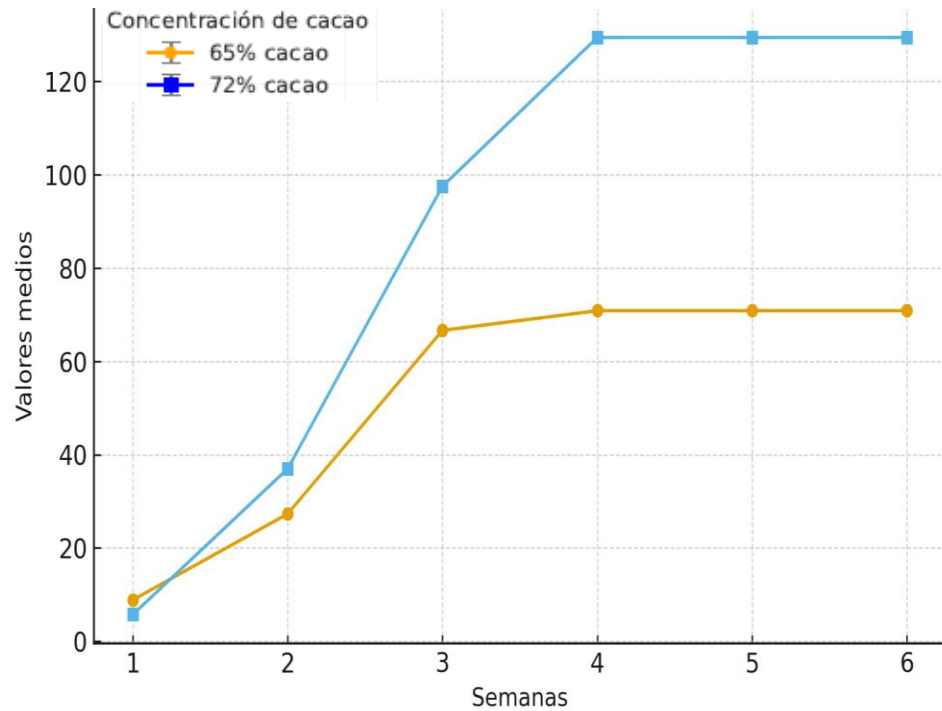
Número de cristales de grasas a floradas para todos los tratamientos durante el almacenamiento



En la Figura 4 (Tabla 6 del Anexo), se aprecia que durante las seis semanas la categoría (nivel de variable) “Concentración de cacao 65 %” y “Concentración de cacao 72 %” no tienen diferencia significativa con los grupos.

Figura 4

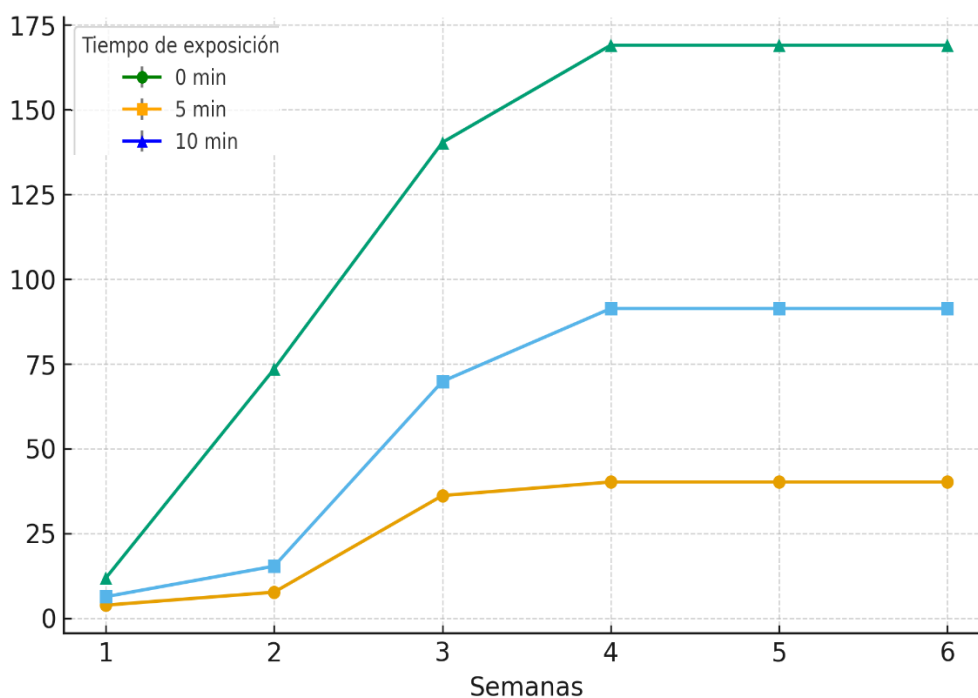
Número de cristales de grasas afloradas en función a la concentración de cacao durante el almacenamiento



En la Figura 5 (Tabla 7 del Anexo) se observa que, durante las semanas 1, 2 y 3, la categoría correspondiente a “Tiempo de irradiación solar de 10 minutos (TIS 10)” presenta diferencias estadísticamente significativas respecto a las categorías “TIS 5” y “TIS 0”, ya que pertenece al grupo “a”, mientras que las otras dos pertenecen al grupo “b”. Esto indica que el TIS 10 generó un mayor número de cristales de grasa en comparación con los demás tratamientos. En contraste, entre “TIS 5” y “TIS 0” no se observa una diferencia significativa, al compartir ambas la misma letra superíndice (“b”), lo que las agrupa estadísticamente en un mismo nivel.

Figura 5

Número de cristales de grasas afloradas en función al tiempo de irradiación solar durante el almacenamiento



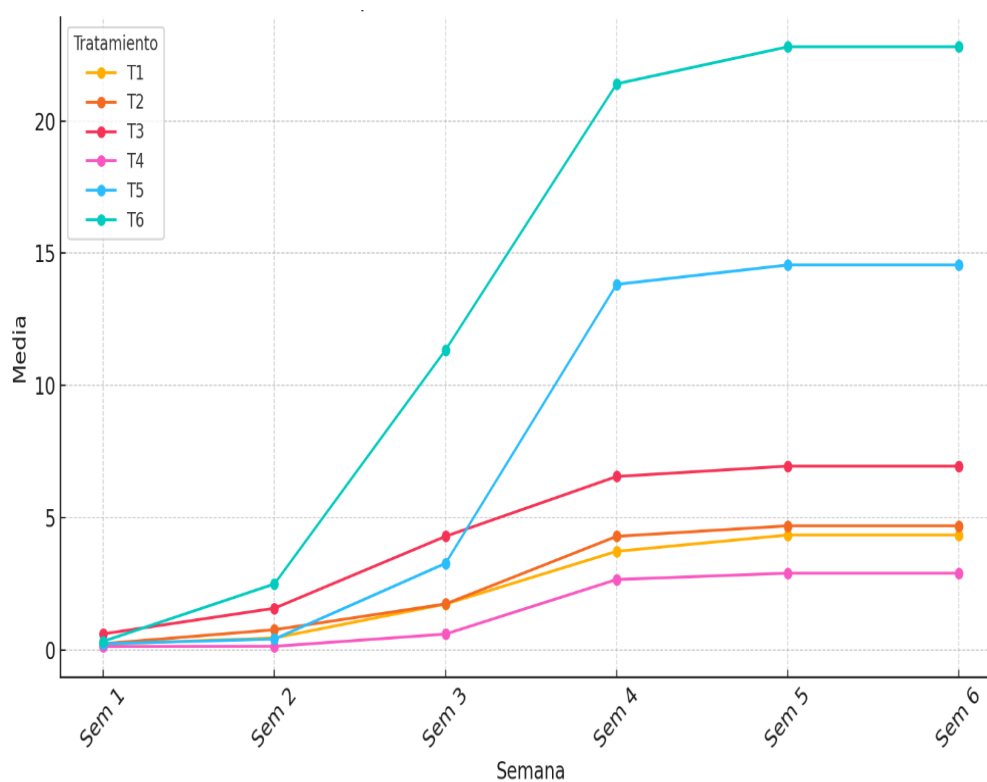
3.2 Porcentaje de superficie con cristales de grasa aflorados.

En la Figura 6 (Tabla 4 del Anexo), se detalla la cuantificación del porcentaje de superficie que generan los cristales de grasa aflorados en las imágenes fotográficas durante su almacenamiento.

En la Tabla 4 se observó que en la primera semana las muestras de chocolate no superaron el 1% de grasas afloradas, a partir de la semana dos, se observaron que algunas muestras lograron superar el 1%, siendo estas muestras con mayor tiempo de irradiación solar. Esto significa que a partir de la tercera semana el incremento de las grasas es mayor en comparación con la primera semana.

Figura 6

Porcentaje de superficie con cristales de grasa aflorados para todos los tratamientos durante el almacenamiento

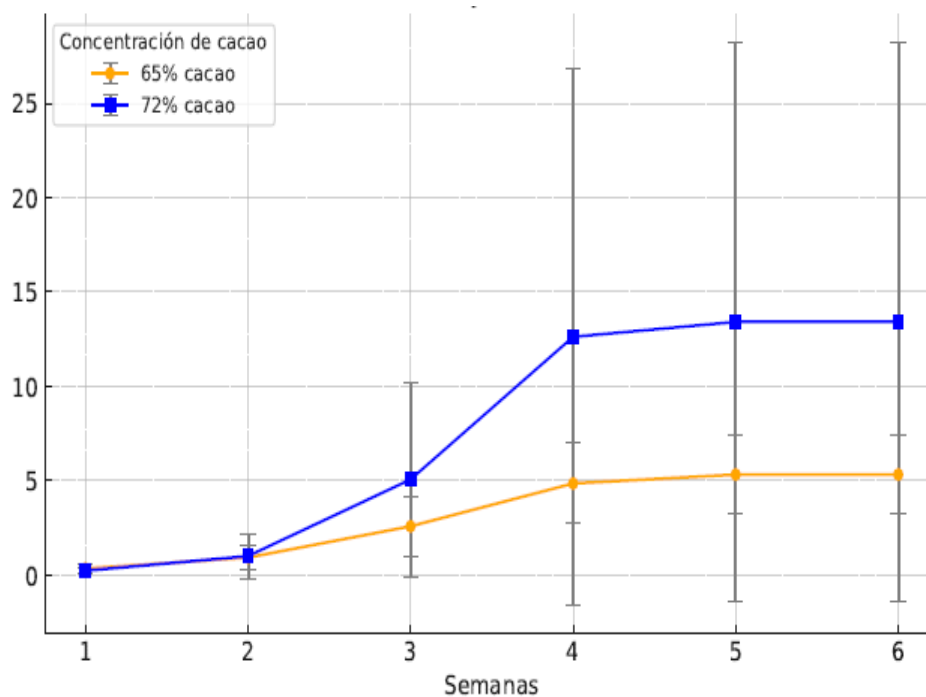


En la Figura 7 (Tabla 9 del Anexo) se muestran los porcentajes de superficie de los tratamientos en función a la concentración de cacao durante las seis semanas de almacenamiento, se aprecia cómo va incrementando su valor mientras transcurre el tiempo. Se aprecia que durante las semanas 4, 5 y 6 la categoría (nivel de variable) “Concentración de cacao 72 %” no tiene diferencia significativa con las categorías “Concentración de cacao 65 %”.

En la Tabla 9 se aprecia que durante las semanas de almacenamiento la categoría correspondiente al nivel de variable “Concentración de cacao 65 %” no tiene diferencia significativa con las categorías “Concentración de cacao 72 %” conformando el grupo A de las semanas 1,2 y3.

Figura 7

Porcentaje de superficie con cristales de grasa aflorados en función a la concentración de cacao durante el almacenamiento

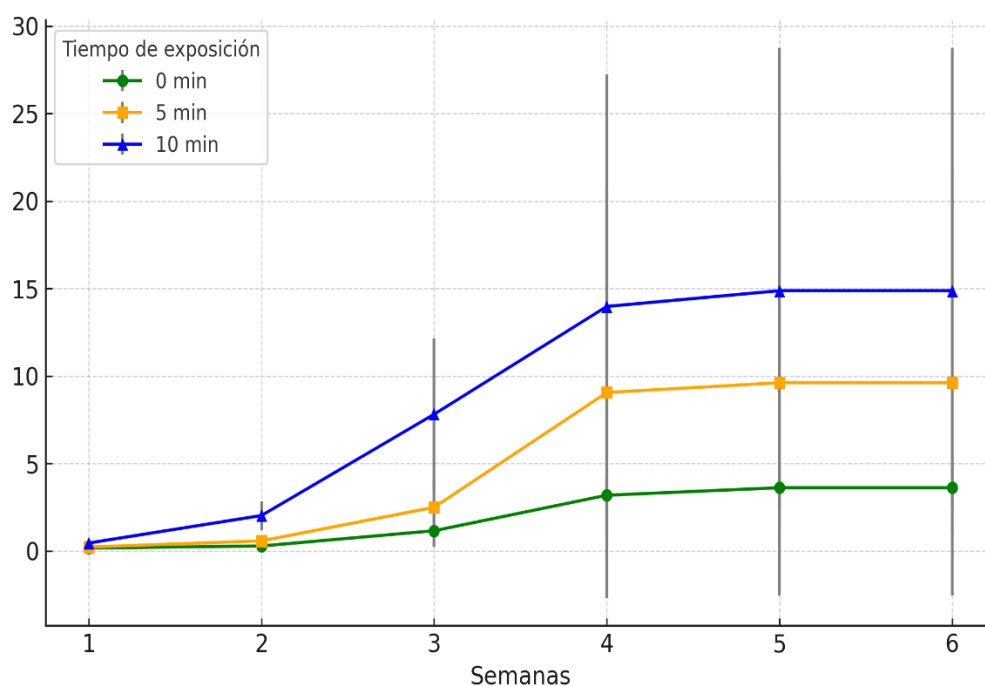


La Figura 8 (Tabla 10 del anexo), muestra la comparación del porcentaje de superficie en función del tiempo para los seis tratamientos evaluados (T1-T6). Se observa una tendencia creciente conforme avanzan las semanas, con diferencias significativas entre los tratamientos.

En la Tabla 10, se aprecia que, durante las tres primeras semanas, el nivel de variable “Tiempo de irradiación solar de 0 min” no tiene diferencia significativa con “Tiempo de irradiación solar 5 min” conformando el grupo A, en cambio “Tiempo de irradiación solar 10 min” si tiene diferencias significativas entre las dos primeras conformando el grupo B.

Figura 8

Porcentaje de superficie con cristales de grasa aflorados en función al tiempo de irradiación solar durante el almacenamiento



3.3 Medidas repetidas en el tiempo

Número de cristales de grasa

En la Tabla 3 se presenta la comparación de las variables independientes según los periodos formados desde la semana 1 hasta la respectiva semana mostrada en las columnas de la tabla, habiéndose extraído de la prueba de efectos intrasujeto mostrados en el Anexo, Valores de P siendo que la Semana 6 abarca todo el periodo de almacenamiento, en donde los valores de P menores a 0.05 demuestran que la variable de tiempo de irradiación solar tiene influencia estadística significativa.

Porcentaje de superficie de las grasas afloradas

En la Tabla 4 se presenta la comparación de las variables independientes según los periodos formados desde la semana 1 hasta la 6 semana mostrada en las columnas de la tabla, habiéndose extraído de la prueba de efectos intrasujeto mostrados en el Anexo.

Tabla 1

Valores de P del número de cristales de grasas según factores y tiempo de almacenamiento

Tiempo de almacenamiento	Concentración de cacao	Tiempo de irradiación solar
Semana 1 a 2	0.614	0.001
Semana 1 a 3	0.22	0.001
Semana 1 a 4	0.145	0.004
Semana 1 a 5	0.132	0.008
Semana 1 a 6	0.127	0.011

Tabla 2

Valores de P del porcentaje de superficie de las grasas afloradas según factores y tiempo de almacenamiento

Tiempo de almacenamiento	Concentración de cacao	Tiempo de irradiación solar
Semana 1 a 2	0.871	0.0001
Semana 1 a 3	0.076	0
Semana 1 a 4	0.085	0.037
Semana 1 a 5	0.095	0.081
Semana 1 a 6	0.099	0.107

IV. DISCUSIÓN

La manteca de cacao puede cristalizar en seis formas polimórficas, siendo la forma βV la más deseada, ya que proporciona una textura adecuada, brillo superficial y una mayor estabilidad durante el almacenamiento. Esta forma se alcanza mediante el templado correcto del chocolate. Sin embargo, cuando el chocolate es expuesto a temperaturas superiores a los 32–35 °C, como ocurre durante la irradiación solar directa, se rompe la estructura cristalina estable y ocurre una transición hacia la forma βVI . Esta última es más estable termodinámicamente, pero resulta en una textura arenosa y una apariencia blanquecina en la superficie del chocolate, conocida como fat bloom. La bibliografía científica confirma que esta transformación polimórfica es el principal factor de deterioro visual en chocolates almacenados en condiciones no controladas (Loisel et al., 1998; Sato et al., 2021). En la presente investigación, esta alteración se observó en los tratamientos sometidos a irradiación solar, validando la relación directa entre aumento de temperatura y transición cristalina desfavorable.

Los resultados mostraron que el número de cristales de grasa aflorados aumentó significativamente con el tiempo de irradiación solar, especialmente en los tratamientos con 10 minutos de irradiación. Esto evidencia el efecto acumulativo de la radiación solar sobre el deterioro físico del chocolate. Estudios previos señalan que una irradiación prolongada intensifica la migración lipídica desde el interior de la matriz hacia la superficie, favoreciendo la nucleación y crecimiento de cristales grasos. Jin Y Hartel (2020) y Hadri et al. (2022) demostraron que temperaturas elevadas rompen la red lipídica estabilizada por el templado, facilitando la reestructuración de grasas en formas polimórficas no deseadas. En este trabajo, el tratamiento T6 (72 %, 10 min) presentó el mayor número de cristales y superficie afectada, reflejando este proceso. Además, el uso de medidas repetidas permitió observar la evolución semanal de este deterioro, una contribución relevante respecto a estudios previos con evaluaciones puntuales.

Respecto a la concentración de cacao, si bien el chocolate con 72 % presentó una tendencia a mayor estabilidad, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Esto puede explicarse por la función protectora de compuestos antioxidantes naturales presentes en el cacao, como polifenoles y flavonoides, que pueden retrasar el proceso oxidativo y lipídico asociado al bloom. No obstante, su efecto parece no ser suficiente para contrarrestar el estrés térmico generado por la irradiación solar

prolongada. Petronijevic et al. (2016) y Toro et al. (2018) informaron que la eficacia antioxidante en chocolates depende tanto de la concentración de cacao como del tipo de procesamiento térmico aplicado. En consecuencia, aunque los chocolates con mayor concentración de cacao suelen tener mejor perfil antioxidante, en este estudio ambos tipos mostraron susceptibilidad similar ante la irradiación.

Desde una perspectiva sensorial y de aceptabilidad, el porcentaje de superficie afectada por afloración grasa constituye un indicador visual de deterioro clave. La presencia de zonas blanquecinas en la superficie reduce la percepción de calidad por parte del consumidor, afectando negativamente su decisión de compra. Dahlenborg et al. (2015) reportaron que incluso pequeños porcentajes de bloom graso inducen rechazo sensorial, especialmente en chocolates oscuros. En este estudio, el tratamiento T6 superó el 22% de superficie afectada al finalizar la sexta semana, una magnitud relevante desde el punto de vista comercial. En contraste, los tratamientos no irradiados (T1 y T4) mantuvieron valores por debajo del 5%, demostrando la importancia de condiciones de almacenamiento controladas para preservar la apariencia del producto.

La aplicación de ANOVA de medidas repetidas demostró ser eficaz para monitorear el comportamiento del deterioro en función del tiempo. Se encontró que el efecto del tiempo de irradiación solar fue significativo desde la segunda semana de almacenamiento, confirmando la progresividad del proceso de fat bloom bajo condiciones de irradiación térmica. Bakalis et al. (2011) recomiendan este tipo de análisis para estudios de cinética de transformación física en sistemas alimentarios, ya que permite identificar patrones de cambio y puntos críticos de alteración. La inclusión de tres repeticiones por tratamiento también aportó robustez estadística y permitió verificar la reproducibilidad de los resultados.

A nivel fisicoquímico, el fenómeno de fat bloom se relaciona no solo con el cambio estructural de los cristales de grasa, sino también con procesos de oxidación lipídica que afectan el color, aroma y estabilidad del producto. En este contexto, la irradiación solar puede actuar como un catalizador de reacciones oxidativas, acelerando el deterioro. Apaydın (2024) y Ye et al. (2023) han documentado que la radiación (incluso en dosis moderadas) modifica el perfil lipídico del cacao, generando productos de oxidación que alteran la calidad nutricional y sensorial del chocolate. En esta investigación, los

tratamientos irradiados presentaron signos visibles de oxidación superficial que coinciden con estos hallazgos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se comprobó que la irradiación solar induce un deterioro físico progresivo del chocolate, evidenciado por la cristalización de grasas en la superficie. Este deterioro fue más pronunciado en los tratamientos sometidos a 10 minutos de irradiación, en comparación con los de 0 y 5 minutos. La evolución del número de cristales y del porcentaje de superficie afectada durante seis semanas se evidencio la sensibilidad del chocolate al estrés térmico por irradiación, confirmando el efecto directo de esta variable sobre la calidad del producto.

Se determinó que el número de cristales de grasa aflorados aumentó significativamente con el incremento del tiempo de irradiación solar, siendo el tratamiento T6 (72 % cacao, 10 minutos) el que presentó los valores más altos de cristalización grasa a lo largo del tiempo. En contraste, los tratamientos sin irradiación solar mostraron niveles mínimos y estables de cristales aflorados.

El análisis de imágenes mediante la aplicación Leaf Doctor evidenció que el porcentaje de superficie afectada por afloración grasa aumentó en función del tiempo de irradiación. A partir de la tercera semana de almacenamiento, los tratamientos irradiados por 10 minutos superaron el 10% de superficie afectada, alcanzando hasta 22.80% en el tratamiento T6. Los tratamientos sin irradiación se mantuvieron por debajo del 4%, evidenciando mejor estabilidad visual.

El análisis estadístico por medidas repetidas demostró que el deterioro del chocolate se incrementó con el tiempo de almacenamiento, especialmente en los tratamientos irradiados. La significancia estadística observada desde la semana 2 indica un patrón de deterioro acumulativo, lo que evidencia la progresiva pérdida de calidad física a lo largo del tiempo en condiciones de irradiación solar.

5.2 Recomendaciones

A los estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén y otras universidades que estén interesados en realizar futuras investigaciones podrían explorar el impacto de otros factores, como la temperatura de almacenamiento y la formulación con emulsificantes, para desarrollar soluciones más efectivas en la prevención de la migración de grasa.

Hacer un trabajo de superficie de respuesta que incluya diferentes tiempos de irradiación solar para poder determinar la mayor estabilidad y el mayor deterioro.

Evaluar niveles de concentración de cacao más distantes entre sí con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas en su respuesta a la irradiación solar. Esta comparación permitirá identificar si las variaciones extremas en el contenido de cacao influyen de manera diferenciada bajo condiciones de radiación solar, lo cual podría aportar información relevante para entender su comportamiento y posibles aplicaciones en función de dicho tiempo de irradiación.

Como proyección futura, se recomienda evaluar estrategias para mitigar el bloom de grasa inducido por irradiación. Entre ellas se encuentran el uso de emulsificantes naturales, la modificación del perfil lipídico con equivalentes de manteca de cacao, y el retratamiento térmico o retemplado del chocolate deteriorado. Castro et al. (2022) y Jin Y Hartel (2020) mostraron que estos métodos pueden ralentizar la migración lipídica y restaurar parcialmente las propiedades estructurales del producto. Estas líneas de investigación pueden ser útiles para la industria chocolatera en regiones tropicales, donde las condiciones ambientales desafían la estabilidad del producto durante la distribución y venta.

VI. REFERENCIAS

- Abad, M. G. A., Salgado, A. F. R., Acuña, B. C. F., Y Naranjo, B. K. E. (2020). *El rol de la tecnología en el proceso productivo del cacao y chocolate en una organización de desarrollo*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9056162>
- Aguilar, P. E., Y Guamuro, F. A. M. (2022). *Vida útil de filete de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con recubrimiento bioactivo incorporando aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) y almacenados en refrigeración*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Jaén]. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/425>
- Apaydın, D. (2024). Efecto de la irradiación gamma sobre la composición nutricional, compuestos fenólicos y perfiles de ácidos grasos en cacao crudo (*Theobroma cacao L.*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18(7), 5297–5305. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02566-y>
- Bakalis, S., Le Révérend, B. J. D., Anwar, N. Z. R., Y Fryer, P. J. (2011). Modelado de polimorfismos cristalinos en el procesamiento de chocolate. *Procedia Food Science*, 1, 340–346. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.053>
- Castro, A. E. M. (2022). *Estudio del proceso de cristalización y polimorfismo de la manteca de cacao en la cadena de fabricación de chocolate oscuro a partir de cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad Criollo*. [Tesis doctoral, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/23286>
- Castro, A. E. M., Torrejón Valqui, L., Medina Mendoza, M., Cayo Colca, I. S., Y Cárdenas Toro, F. P. (2022). *Cinética de cristalización y polimorfismo de la manteca de cacao durante todo el proceso de fermentación espontánea*. *Foods*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/foods11121769>
- Castro, A. E. M., Balcázar Zumaeta, C. R., Torrejón Valqui, L., Medina Mendoza, M., Cayo Colca, I. S., Y Cárdenas Toro, F. P. (2023). *Efecto del templado y equivalentes de manteca de cacao sobre la cinética de cristalización, polimorfismo, fusión y propiedades físicas de los chocolates negros*. *LWT*, 173, 114402. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114402>
- Dahlenborg, H., Millqvist-Fureby, A., Y Bergenståhl, B. (2015). Efecto del tamaño de las partículas en la cáscara del chocolate sobre la migración de aceite y el desarrollo de floración

de grasa. *Journal of Food Engineering*, 146, 172–181.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.008>

Díaz Delgado, B. (2022). *Comportamiento de la formación de floración de grasa en chocolates oscuros con sustitución parcial de manteca de cacao* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].
<https://hdl.handle.net/20.500.14077/2990>

Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). Sage Publications.

Girden, E. R. (1992). *ANOVA: Repeated measures*. Sage Publications.

Hadri, M., Bresson, S., Lecuelle, A., Bougrioua, F., Baeten, V., Nguyen, V. H., Faivre, V., Y Courty, M. (2022). Structural and vibrational investigations of cocoa butter mixtures for understanding fat bloom. *Applied Sciences*, 12(13), 6594. <https://doi.org/10.3390/app12136594>

Jin, J., Y Hartel, R. W. (2020). Accelerated fat bloom in model chocolate systems: Lecithin effects and lipid migration. *JAOCS*, 97(4), 377–388. <https://doi.org/10.1002/aocs.12345>

Loisel, C., Keller, G., Lecq, G., Launay, B., Y Ollivon, M. (1998). Phase transitions and polymorphism of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(4), 425–439.
<https://doi.org/10.1007/s11746-998-0231-0>

Maxwell, S. E., & Delaney, H. D. (2004). *Designing experiments and analyzing data: A model comparison perspective* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Petronijevic, J., Komes, D., Gorjanović, S., Belščak-Cvitanović, A., Pezo, L., Pastor, F., Ostojić, S., Popov-Raljić, J., Y Sužnjević, D. (2016). Contenido de fenólicos totales, flavan-3-oles y proantocianidinas, estabilidad oxidativa y antioxidantes. *Food Technology and Biotechnology*, 54(1), 13–20. <https://doi.org/10.17113/ftb.54.01.16.4014>

Pethybridge, S. J., Y Nelson, S. C. (2015). *Leaf Doctor: A new portable application for quantifying plant disease severity*. *Plant Disease*, 99(10), 1310–1316.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0319-RE>

Pirouzian, H. R., Konar, N., Palabiyik, I., Oba, S., Y Toker, O. S. (2020). Proceso de precrystalización en chocolate: Mecanismo, importancia y aspectos novedosos. *Food Chemistry*, 321. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126718>

Quispe, S. L., Mestanza, M., Oliva, C. M., Rimarachín, N., Caetano, A. C., Chuquizuta, T., Goñas, M., Ambler Gill, E. R., Y Chavez, S. G. (2023). Estabilidad oxidativa y cambios fisicoquímicos de chocolates oscuros con adición de aceites esenciales. *Heliyon*, 9(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18139>

Rajbhandari, P., Patel, J., Valentine, E., Y Kindstedt, P. S. (2013). Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la tasa de formación de cristales y la tasa de crecimiento de cristales de lactato de calcio en quesos Cheddar ahumados. *Journal of Dairy Science*, 96(6), 3442–3448. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5949>

Ramírez Martínez, I. V. (2022). *Formulación y condiciones de temperado en el desarrollo de barra de chocolate funcional que permita incrementar su resistencia al calor*. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/29940>

Rodríguez Pérez, L. (2021). *Desarrollo de metodología para estudio de vida útil acelerada en chocolates*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/56787>

Sato, S., Hondoh, H., Y Ueno, S. (2021). *Fat bloom caused by partial de-oiling of chocolate surfaces after heat exposure*. *JAOCs*, 98(3), 269–280. <https://doi.org/10.1002/aocs.12447>

Sonwai, S., Y Rousseau, D. (2010). Control de la formación de floración de grasa en el chocolate: impacto de la grasa de la leche en la microestructura y la cristalización de la fase grasa. *Food Chemistry*, 119(1), 286–297. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.031>

Toro, U., López, L., Y Decker, E. (2018). Relación entre las propiedades fisicoquímicas de las procianidinas del cacao y su capacidad para inhibir la oxidación lipídica en los liposomas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(17), 4490–4502. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01074>

Valenzuela, A. (2007). *El chocolate, un placer saludable*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46934302>

Ye, X., Jin, J., Liang, C., Wang, J., Jiang, L., Y Zhao, L. (2023). Efectos de los fosfolípidos individuales en los sistemas modelo de chocolate: interacción de partículas, comportamiento de cristalización y floración de grasa durante el almacenamiento. *Journal of Food Engineering*, 357. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111618>

AGRADECIMIENTO

Agradecer profundamente a Dios por brindarnos la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para culminar esta importante etapa académica.

A la **Universidad Nacional de Jaén**, por ser el espacio donde adquirimos los conocimientos y valores fundamentales para nuestra formación profesional en la carrera de **Ingeniería de Industrias Alimentarias**.

Mi más sincero agradecimiento a los docentes de la escuela profesional, por su dedicación, exigencia y constante apoyo durante toda nuestra trayectoria universitaria. En especial, a los asesores de esta tesis **Dr. Ernesto Hernández Martínez** y **Dr. Lenin Quiñones Huatangari**, por su guía técnica, paciencia y valiosos aportes en cada etapa del trabajo de investigación.

A nuestra familia, por su amor incondicional, comprensión y respaldo constante; gracias por ser la principal fuente de motivación.

Y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este informe final, les extiendo mi gratitud sincera.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis seres queridos Mereyma Meza Garcia y Gilmar Echeverre Bermeo, cuyo amor y apoyo incondicional me han guiado en cada paso de este camino. A mis hermanos Kelly y Brayan Echeverre Meza, por ser mis cómplices y motivadores, siempre recordándome la importancia de la perseverancia y la unión familiar. Y a mis tíos Alan y Deysi Meza Garcia, por sus valiosos consejos y por creer en mí, incluso en los momentos más desafiantes. Gracias a todos por ser mi inspiración y por estar siempre a mi lado. Este logro es tanto mío como de ustedes.

Echeverre Meza Cindy Vanessa.

Con profundo cariño y gratitud, dedico esta tesis a mis padres, Maribel Rojas Tocto y Eder Flores Lizana, por ser el pilar fundamental en mi vida. Su amor incondicional, esfuerzo y apoyo constante han sido esenciales en cada etapa de este camino académico. A mis hermanos Renzo, Junior, Jamilton y Maryory, por su permanente aliento, comprensión y respaldo. Su compañía y palabras motivadoras han sido un impulso invaluable para afrontar con firmeza los retos que se presentaron durante este proceso. Su confianza y fe en mis capacidades han sido un estímulo constante que me ha permitido avanzar con determinación hacia la culminación de este objetivo. Este logro también les pertenece.

Rojas Rojas Jean Paul.

ANEXOS

Resultados en extenso de las variables dependientes.

Tabla 3

Número de cristales de grasa aflorados durante el almacenamiento

Tratamientos	Repeticiones	Semanas de almacenamiento					
		1	2	3	4	5	6
T1	R 1	3	19	65	67	67	67
T1	R 2	9	11	99	112	112	112
T1	R 3	3	7	11	14	14	14
T2	R 1	5	22	67	71	71	71
T2	R 2	9	14	23	27	27	27
T2	R 3	5	26	42	50	50	50
T3	R 1	20	60	157	161	161	161
T3	R 2	16	64	73	73	73	73
T3	R 3	10	23	63	63	63	63
T4	R 1	3	3	21	24	24	24
T4	R 2	3	3	8	9	9	9
T4	R 3	2	3	13	15	15	15
T5	R 1	9	11	136	233	233	233
T5	R 2	5	13	38	42	42	42
T5	P 3	5	6	113	125	125	125
T6	R 1	5	120	211	352	352	352
T6	R 2	10	138	160	177	177	177
T6	R 3	10	36	178	188	188	188

Tabla 4

Porcentaje de la superficie de las grasas afloradas durante el almacenamiento

Tratamientos	Repeticiones	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T1	R 1	0.13	0.72	1.85	4.01	4.99	4.99
T1	R 2	0.37	0.43	2.72	4.67	5.14	5.14
T1	R 3	0.13	0.19	0.62	2.49	2.89	2.89
T2	R 1	0.16	0.81	2.44	5.90	6.29	6.29
T2	R 2	0.37	0.60	1.01	3.14	3.74	3.74
T2	R 3	0.16	0.86	1.75	3.83	4.03	4.03
T3	R 1	0.75	1.83	5.90	9.66	10.03	10.03
T3	R 2	0.65	2.03	3.69	6.03	6.54	6.54
T3	R 3	0.40	0.85	3.28	3.97	4.27	4.27
T4	R 1	0.13	0.13	1.00	3.01	3.51	3.51
T4	R 2	0.13	0.13	0.40	2.08	2.28	2.28
T4	R 3	0.10	0.13	0.38	2.88	2.90	2.90
T5	R 1	0.37	0.44	4.59	32.94	34.34	34.34
T5	R 2	0.16	0.58	1.03	3.53	4.03	4.03
T5	R 3	0.16	0.19	4.19	4.99	5.29	5.29
T6	R 1	0.16	2.88	14.29	40.14	42.24	42.24
T6	R 2	0.40	2.99	8.82	10.79	11.69	11.69
T6	R 3	0.40	1.60	10.91	13.29	14.49	14.49

Estadística descriptiva (ED) de los tratamientos.

Tabla 5

ED del Número de cristales de grasa aflorados para todos los tratamientos durante el almacenamiento

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T1	5.0 ± 3.46 ^b	12.33 ± 6.11 ^a	58.33 ± 44.38 ^b	64.33 ± 49.05 ^a	64.33 ± 49.05 ^a	64.33 ± 49.05 ^a
T2	6.33 ± 2.31 ^b	20.67 ± 6.11 ^a	44.0 ± 22.07 ^b	49.33 ± 22.01 ^b	49.33 ± 22.01 ^b	49.33 ± 22.01 ^b
T3	15.33 ± 5.03 ^a	49.0 ± 22.61 ^a	97.67 ± 51.63 ^a	99.0 ± 53.93 ^a	99.0 ± 53.93 ^a	99.0 ± 53.93 ^a
T4	2.67 ± 0.58 ^b	3.0 ± 0.0 ^c	14.0 ± 6.56 ^b	16.0 ± 7.55 ^b	16.0 ± 7.55 ^b	16.0 ± 7.55 ^b
T5	6.33 ± 2.31 ^b	10.0 ± 3.61 ^b	95.67 ± 51.25 ^a	133.33 ± 95.77 ^a	133.33 ± 95.77 ^a	133.33 ± 95.77 ^a
T6	8.33 ± 2.89 ^a	98.0 ± 54.44 ^a	183.0 ± 25.87 ^a	239.0 ± 98.02 ^a	239.0 ± 98.02 ^a	239.0 ± 98.02 ^a

Tabla 6

ED del Número de cristales de grasa afloradas en función a la concentración del cacao durante el almacenamiento

Categorías	Medias LS (Semanas)					
	1	2	3	4	5	6
65 %	8.88 ± 5.86 ^a	27.33 ± 20.57 ^a	66.66 ± 43.12 ^a	70.88 ± 44.00 ^a	70.88 ± 44.00 ^a	70.88 ± 44.00 ^a
72 %	5.77 ± 3.11 ^a	37.00 ± 53.35 ^a	97.55 ± 78.68 ^a	129.44 ± 118.49 ^a	129.44 ± 118.49 ^a	129.44 ± 118.49 ^a

Tabla 7*ED del Número de cristales de grasa afloradas en función al tiempo de irradiación solar durante el almacenamiento*

Categorías	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
TIS 0	3.83 ± 2.56b	7.66 ± 6.40b	36.16 ± 37.34b	40.16 ± 41.06b	40.16 ± 41.06b	40.16 ± 41.06b
TIS 5	6.33 ± 2.06b	15.33 ± 7.36b	69.83 ± 45.23 b	91.33 ± 77.32a	91.33 ± 77.32a	91.33 ± 77.32a
TIS 10	11.83 ± 5.30a	73.50 ± 45.93a	140.33 ± 59.31a	169 ± 104.33a	169 ± 104.33a	169 ± 104.33a

Nota. Tis 10: Tiempo de irradiación solar por 10 minutos; Tis 5: Tiempo de irradiación solar por 5 minutos; Tis 0: Tiempo de irradiación solar por 0 minutos

Tabla 8*ED del porcentaje de superficie de las grasas afloradas para todos los tratamientos durante el almacenamiento*

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T1	0.21 ± 0.13 ^a	0.44 ± 0.26 ^a	1.73 ± 1.05 ^a	3.72 ± 1.11 ^a	4.34 ± 1.25 ^a	4.34 ± 1.25 ^a
T2	0.23 ± 0.12 ^a	0.75 ± 0.13 ^a	1.73 ± 0.71 ^a	4.29 ± 1.43 ^a	4.68 ± 1.39 ^a	4.77 ± 3.55 ^a
T3	0.60 ± 0.18 ^b	1.57 ± 0.63 ^b	4.29 ± 1.40 ^b	6.55 ± 2.88 ^a	6.94 ± 2.90 ^a	4.68 ± 2.90 ^a
T4	0.12 ± 0.02 ^a	0.13 ± 0.00 ^c	0.59 ± 0.35 ^a	2.65 ± 0.50 ^a	2.89 ± 0.61 ^a	2.89 ± 0.61 ^a
T5	0.23 ± 0.12 ^a	0.40 ± 0.19 ^a	3.27 ± 1.95 ^a	13.82 ± 16.57 ^a	14.55 ± 17.14 ^a	14.55 ± 17.14 ^a
T6	0.32 ± 0.13 ^a	2.49 ± 0.77 ^b	11.34 ± 2.76 ^c	21.40 ± 16.27 ^a	22.80 ± 16.88 ^a	22.80 ± 16.88 ^a

Tabla 9

ED del porcentaje de superficie de las grasas afloradas en función a la concentración de cacao durante el almacenamiento

Categorías	Medias LS (Semanas)					
	1	2	3	4	5	6
65 %	0.34 ± 0.22 ^a	0.92 ± 0.61 ^a	2.58 ± 1.59 ^a	4.85 ± 2.14 ^a	5.32 ± 2.11 ^a	5.32 ± 2.11 ^a
72 %	0.22 ± 0.12 ^a	1.00 ± 1.18 ^a	5.06 ± 5.13 ^a	12.62 ± 14.20 ^a	13.41 ± 14.83 ^a	13.41 ± 14.83 ^a

Tabla 10

ED del porcentaje de superficie de las grasas afloradas en función al tiempo de irradiación solar durante el almacenamiento.

Categoría	Medias LS (Sem 1)	Medias LS (Sem 2)	Medias LS (Sem 3)	Medias LS (Sem 4)	Medias LS (Sem 5)	Medias LS (Sem 6)
0 min	0.17 ± 0.10 ^a	0.29 ± 0.24 ^a	1.16 ± 0.94 ^a	3.19 ± 0.97 ^a	3.62 ± 1.19 ^a	3.62 ± 1.19 ^a
5 min	0.23 ± 0.11 ^a	0.58 ± 0.25 ^a	2.50 ± 1.56 ^a	9.06 ± 11.75 ^a	9.62 ± 12.15 ^a	9.62 ± 12.15 ^a
10 min	0.46 ± 0.21 ^b	2.03 ± 0.81 ^b	7.82 ± 4.33 ^b	13.98 ± 13.24 ^a	14.88 ± 13.89 ^a	14.88 ± 13.89 ^a

Nota. 10 min: Tiempo de irradiación solar 10 minutos; 5 min: Tiempo de irradiación solar 5 minutos; 0 min: Tiempo de irradiación solar 0 minutos.

Anova de Medidas Repetidas para las variables dependientes, Variable Cristales de grasas a floradas.

Tabla 11

Cristales de grasas a floradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 2

Prueba de esfericidad de Mauchly:							
GL	Estadístico de Mauchly	Chi-cuadrado	Pr > Chi ²	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon		
0	1						
Pruebas de los efectos intersujetos:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F		
CONCENTRACION DE CACAO	1	96.694	96.694	0.266	0.614		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	2	9608.167	4804.083	13.207	0.001		
Error	14	5092.389	363.742				
Pruebas de los efectos intrasujeto:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Adj. Pr>F G-G	Adj. Pr>F H-F
Repetición	1	5550.250	5550.250	13.712	0.001		
CONCENTRACION DE CACAO*Repetición	1	367.361	367.361	0.908	0.349		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR*Repetición	2	6145.167	3072.583	7.591	0.002		
Error	14	5666.722	404.766				

Tabla 12*Cristales de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 3*

Prueba de esfericidad de Mauchly:							
GL	Estadístico de Mauchly	Chi-cuadrado	Pr > Chi ²	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon		
2	0.34745657	16.9138497	0.000	0.789	1.000		
Pruebas de los efectos intersujetos:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F		
CONCENTRACION DE CACAO	1	2103.130	2103.130	1.649	0.220		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	2	34404.037	17202.019	13.492	0.001		
Error	14	17850.259	1275.019				
Pruebas de los efectos intrasujeto:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Adj. Pr>F G-G	Adj. Pr>F H-F
Repetición	2	52217.148	26108.574	31.227	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
CONCENTRACION DE CACAO*Repetición	2	2654.481	1327.241	1.587	0.216	0.221	0.216
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR*Repetición	4	15258.074	3814.519	4.562	0.004	0.008	0.004
Error	28	23410.296	836.082				

Tabla 13*Cristales de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 4*

Prueba de esfericidad de Mauchly:							
GL	Estadístico de Mauchly	Chi-cuadrado	Pr > Chi ²	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon		
5	0.02199533	60.0105458	0.000	0.463	0.608		
Pruebas de los efectos intersujetos:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F		
CONCENTRACION DE CACAO	1	10368.000	10368.000	2.386	0.145		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	2	74022.528	37011.264	8.519	0.004		
Error	14	60826.250	4344.732				
Pruebas de los efectos intrasujeto:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Adj. Pr>F G-G	Adj. Pr>F H-F
Repetición	3	100219.000	33406.333	24.290	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
CONCENTRACION DE CACAO*Repetición	3	9819.000	3273.000	2.380	0.079	0.127	0.112
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR*Repetición	6	26135.917	4355.986	3.167	0.010	0.044	0.029
Error	42	57763.083	1375.312				

Tabla 14*Cristales de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 5*

Prueba de esfericidad de Mauchly:							
GL	Estadístico de Mauchly	Chi-cuadrado	Pr > Chi ²	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon		
9	0						
Pruebas de los efectos intersujetos:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F		
CONCENTRACION DE CACAO	1	21498.678	21498.678	2.561	0.132		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	2	117992.156	58996.078	7.027	0.008		
Error	14	117543.356	8395.954				
Pruebas de los efectos intrasujeto:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Adj. Pr>F G-G	Adj. Pr>F H-F
Repetición	4	129020.111	32255.028	23.047	< 0.0001		
CONCENTRACION DE CACAO*Repetición	4	14117.711	3529.428	2.522	0.049		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR*Repetición	8	32662.622	4082.828	2.917	0.007		
Error	56	78374.756	1399.549				

Tabla 15*Cristales de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 6*

Prueba de esfericidad de Mauchly:							
GL	Estadístico de Mauchly	Chi-cuadrado	Pr > Chi ²	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon		
14	0						
Pruebas de los efectos intersujetos:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F		
CONCENTRACION DE CACAO	1	34062.259	34062.259	2.633	0.127		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	2	164137.352	82068.676	6.343	0.011		
Error	14	181131.019	12937.930				
Pruebas de los efectos intrasujeto:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Adj. Pr>F G-G	Adj. Pr>F H-F
Repetición	5	148220.852	29644.170	22.527	< 0.0001		
CONCENTRACION DE CACAO*Repetición	5	16983.519	3396.704	2.581	0.032		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR*Repetición	10	37013.759	3701.376	2.813	0.005		
Error	70	92115.870	1315.941				

Variable porcentaje de la superficie de grasas afloradas.

Tabla 16

Porcentaje de superficie de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 2

Prueba de esfericidad de Mauchly:							
GL	Estadístico de Mauchly	Chi-cuadrado	Pr > Chi ²	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon		
0	1						
Pruebas de los efectos intersujetos:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F		
CONCENTRACION DE CACAO	1	0.000	0.000	0.028	0.871		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	2	0.001	0.000	27.157	< 0.0001		
Error	14	0.000	0.000				
Pruebas de los efectos intrasujeto:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Adj. Pr>F G-G	Adj. Pr>F H-F
Repetición	1	0.000	0.000	25.889	< 0.0001		
CONCENTRACION DE CACAO*Repetición	1	0.000	0.000	0.596	0.447		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR*Repetición	2	0.000	0.000	11.262	0.000		
Error	14	0.000	0.000				

Tabla 17

Porcentaje de superficie de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 3

Prueba de esfericidad de Mauchly:							
GL	Estadístico de Mauchly	Chi-cuadrado	Pr > Chi ²	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon		
2	0.043883012	50.0196482	0.000	0.533	0.665		
Pruebas de los efectos intersujetos:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F		
CONCENTRACION DE CACAO	1	0.001	0.001	3.662	0.076		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	2	0.008	0.004	17.354	0.000		
Error	14	0.003	0.000				
Pruebas de los efectos intrasujeto:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Adj. Pr>F G-G	Adj. Pr>F H-F
Repetición	2	0.013	0.006	33.925	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
CONCENTRACION DE CACAO*Repetición	2	0.002	0.001	5.044	0.011	0.033	0.024
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR*Repetición	4	0.007	0.002	9.936	< 0.0001	0.001	0.000
Error	28	0.005	0.000				

Tabla 18

Porcentaje de superficie de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 4

Prueba de esfericidad de Mauchly:							
GL	Estadístico de Mauchly	Chi-cuadrado	Pr > Chi ²	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon		
5	0.00010792	143.609085	0.000	0.356	0.444		
Pruebas de los efectos intersujetos:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F		
CONCENTRACION DE CACAO	1	0.012	0.012	3.431	0.085		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	2	0.029	0.014	4.228	0.037		
Error	14	0.048	0.003				
Pruebas de los efectos intrasujeto:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Adj. Pr>F G-G	Adj. Pr>F H-F
Repetición	3	0.080	0.027	12.311	< 0.0001	0.002	0.001
CONCENTRACION DE CACAO*Repetición	3	0.018	0.006	2.812	0.048	0.107	0.097
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR*Repetición	6	0.022	0.004	1.698	0.138	0.207	0.197
Error	42	0.091	0.002				

Tabla 19

Porcentaje de superficie de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 5

Prueba de esfericidad de Mauchly:							
GL	Estadístico de Mauchly	Chi-cuadrado	Pr > Chi ²	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon		
9	1.37724E-07	243.552664	0.000	0.260	0.323		
Pruebas de los efectos intersujetos:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F		
CONCENTRACION DE CACAO	1	0.030	0.030	3.207	0.095		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	2	0.057	0.028	3.027	0.081		
Error	14	0.132	0.009				
Pruebas de los efectos intrasujeto:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Adj. Pr>F G-G	Adj. Pr>F H-F
Repetición	4	0.130	0.033	12.282	< 0.0001	0.002	0.001
CONCENTRACION DE CACAO*Repetición	4	0.029	0.007	2.762	0.034	0.113	0.102
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR*Repetición	8	0.032	0.004	1.513	0.168	0.247	0.240
Error	56	0.148	0.003				

Tabla 20

Porcentaje de superficie de grasas afloradas, ANOVA de medidas repetidas periodo semana 1 a semana 6

Prueba de esfericidad de Mauchly:							
GL	Estadístico de Mauchly	Chi-cuadrado	Pr > Chi ²	Greenhouse-Geisser Epsilon	Huynt-Feldt Epsilon		
14	1.03268E-15						
Pruebas de los efectos intersujetos:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F		
CONCENTRACION DE CACAO	1	0.052	0.052	3.119	0.099		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR	2	0.088	0.044	2.634	0.107		
Error	14	0.235	0.017				
Pruebas de los efectos intrasujeto:							
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F	Adj. Pr>F G-G	Adj. Pr>F H-F
Repetición	5	0.164	0.033	12.273	< 0.0001		
CONCENTRACION DE CACAO*Repetición	5	0.037	0.007	2.745	0.024		
TIEMPO DE EXPOSICION SOLAR*Repetición	10	0.039	0.004	1.453	0.172		
Error	70	0.187	0.003				

Evidencia fotográfica del flujograma.1

Figura 9

Presentación del chocolate de la empresa orquídea



Figura 10

Desempacado del chocolate



Figura 11

Rotulado del chocolate con sus diferentes tiempos



Figura 12

Ablandamiento del chocolate y almacenamiento



Figura 13

Moldeado del chocolate



Figura 14

Tratamientos que no fueron expuestos a la irradiación solar T1 y T4 .



Figura 15

Tratamientos que fueron expuestos a la irradiación solar por 5 minutos, T2 y T5.

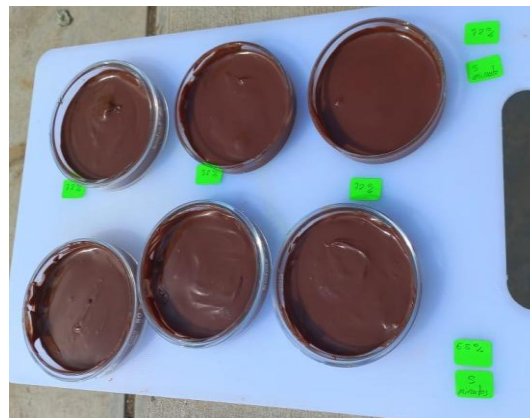


Figura 16

Tratamientos fueron expuestos a la irradiación solar por 10 minutos, T3 y T6.

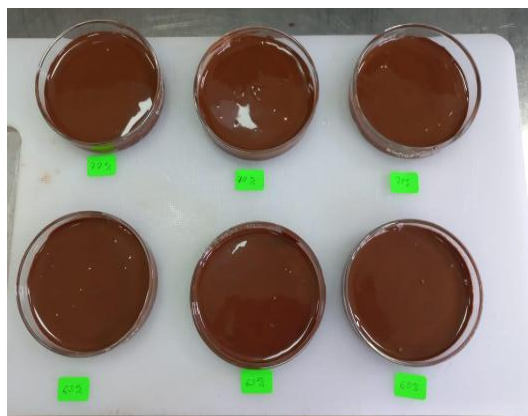





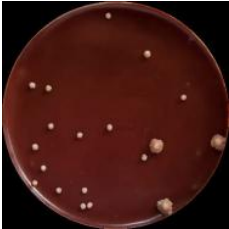
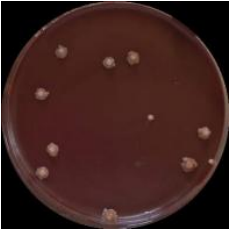

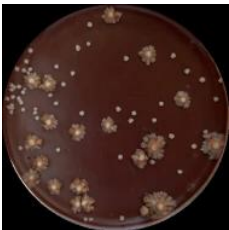
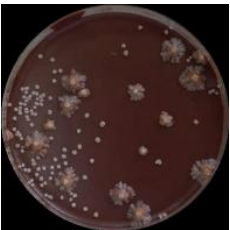
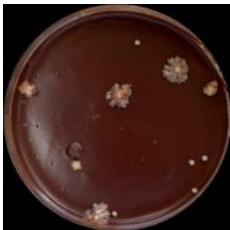
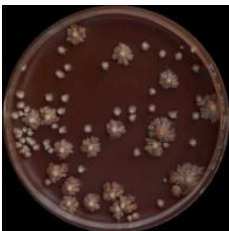
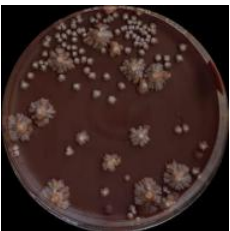
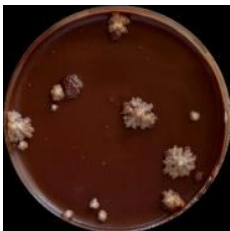





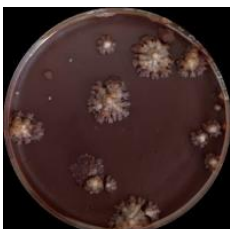
Figura 17

Conteo de cristales de grasa aflorados en mediante el contador de colonias digital.



Figura 18



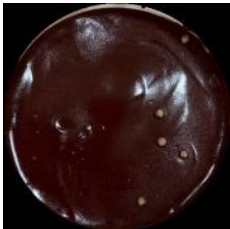


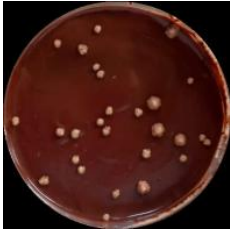


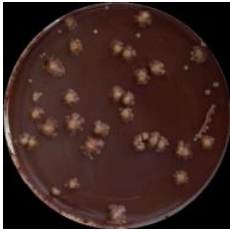
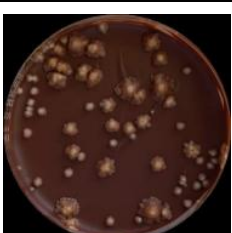






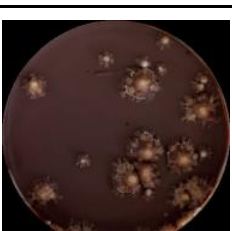
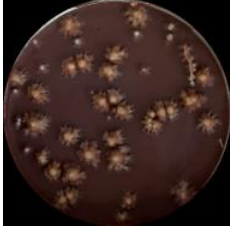
T1, imágenes de las repeticiones durante el tiempo de almacenamiento

Tiempo	Repeticón 1	Repeticón 2	Repeticón 3
Sem 1			
Sem 2			
Sem 3			
Sem 4			
Sem 5			
Sem 6			

Nota. Sem (semana)

Figura 19



















T2, imágenes de las repeticiones durante el tiempo de almacenamiento

Tiempo	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Sem 1			
Sem 2			
Sem 3			
Sem 4			
Sem 5			
Sem 6			

Nota. Sem (semana)

Figura 20




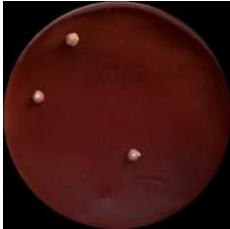

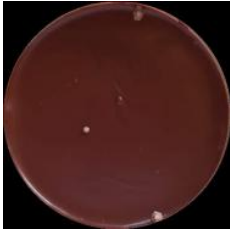
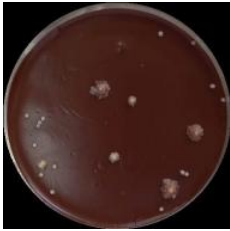
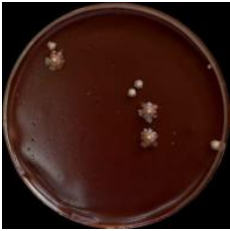

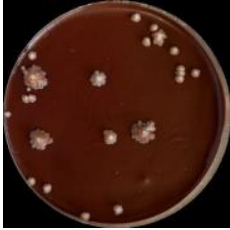
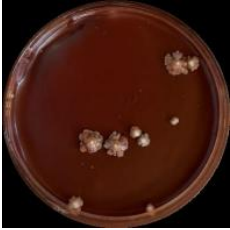


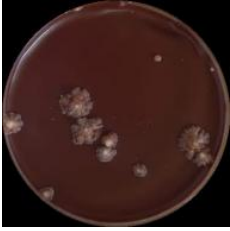
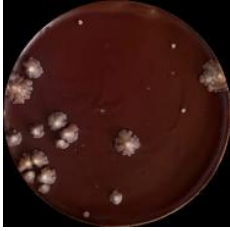
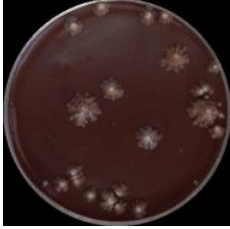
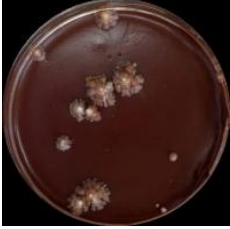
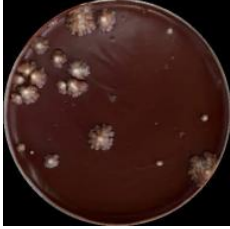
T3, imágenes de las repeticiones durante el tiempo de almacenamiento

Tiempo	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Sem 1			
Sem 2			
Sem 3			
Sem 4			
Sem 5			
Sem 6			

Nota. Sem (semana)

Figura 21




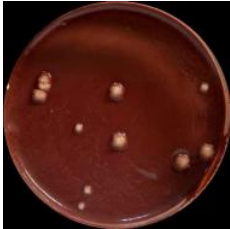



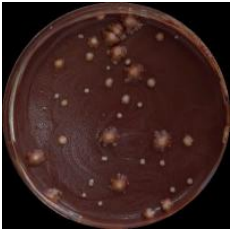








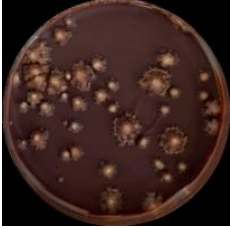

T4, imágenes de las repeticiones durante el tiempo de almacenamiento

Tiempo	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Sem 1			
Sem 2			
Sem 3			
Sem 4			
Sem 5			
Sem 6			

Nota. Sem (semana)

Figura 22




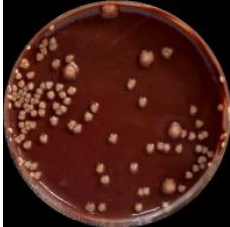
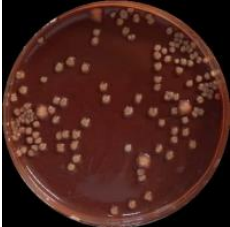

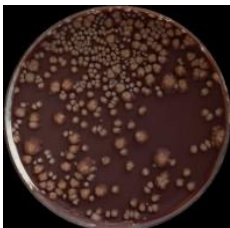











T5, imágenes durante el tiempo de almacenamiento

Tiempo	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Sem 1			
Sem 2			
Sem 3			
Sem 4			
Sem 5			
Sem 6			

Nota. Sem (semana)

Figura 23

T6, imágenes durante el tiempo de almacenamiento

Tiempo	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Sem 1			
Sem 2			
Sem 3			
Sem 4			
Sem 5			
Sem 6			

Nota. Sem (semana)

Aplicación de software Leaf Doctor en la determinación del porcentaje de superficie.

Figura 24

Aplicación leaf doctor según Android.

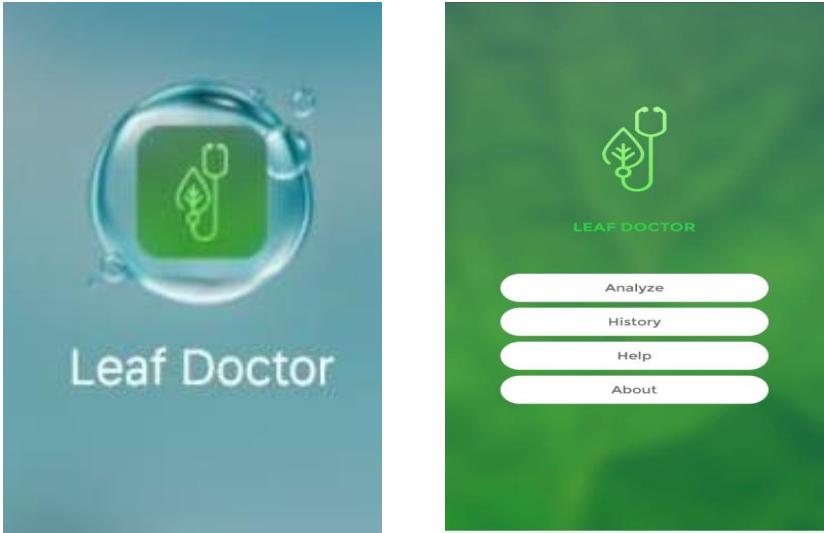
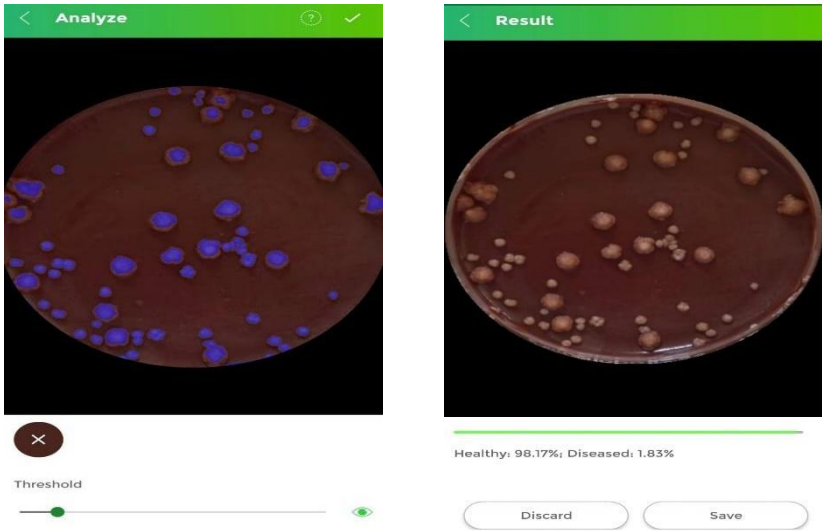


Figura 25

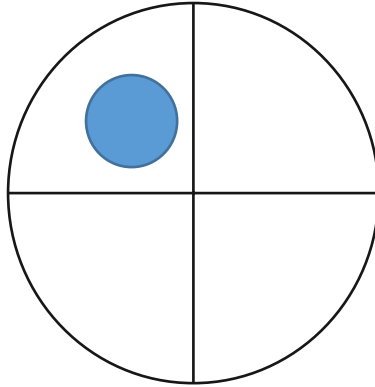
Análisis del porcentaje de superficie de grasas afloradas



Prueba manual de veracidad de la aplicación Leaf Doctor.

- Se tomó como referencia un círculo de 8 cm² de alto y ancho para simular el diámetro de la placa petri que analiza la aplicación y se procedió a imprimir para posteriormente analizarla mediante la aplicación Leaf Doctor.
- Se tomó como parte infectada un círculo de 2 cm² de alto y ancho.

Figura 1



- Calculo Para determinar el área de la circunferencia de 8 cm.

$$D/2=r$$

$$8/2=r$$

$$4 = r$$

- ✓ Fórmula para el área

$$A=\pi*r^2$$

$$A= 3.1416*16$$

$$A= 50.26$$

- Calculo Para determinar el área de la circunferencia de 2 cm.

$$D/2=r$$

$$2/2=r$$

$$1 = r$$

- ✓ Fórmula para el área

$$A=\pi*r^2$$

$$A= 3.1416*1$$

$$A= 3.1416$$

Tenemos entonces que:

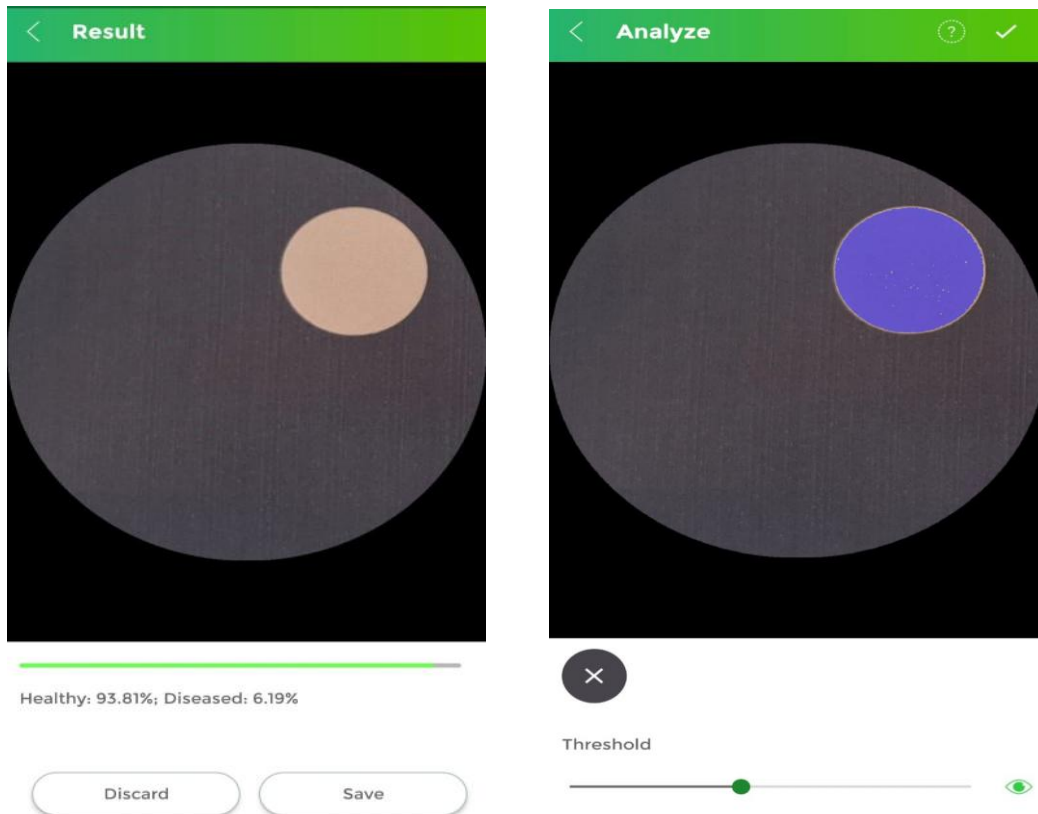
$$50.26=100\%$$

$$3.1416= x$$

$$X=\frac{3.1416}{50.26} *100$$

$$X= 6.25$$

Análisis de la aplicación Leaf Doctor en los círculos antes mencionados.



CONCLUSION: En el análisis manual se obtiene que el círculo pequeño representa el 6.25% de la superficie total y la aplicación obtuvo un 6.19% de superficie total, entonces:

$6.25 - 6.19 = 0.06$, (Esta condicionado al umbral, con el que puede oscilar este porcentaje), siendo cercano a cero, demostrando los valores próximos obtenidos.