

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE UNA BEBIDA
ELABORADA CON EXUDADO DE CACAO (*Theobroma cacao*
L.) CCN51 Y SUERO LÁCTICO”**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

PISCO CALDAS, Joselito Wilson

Tingo María – Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail; fiia@unas.edu.pe

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

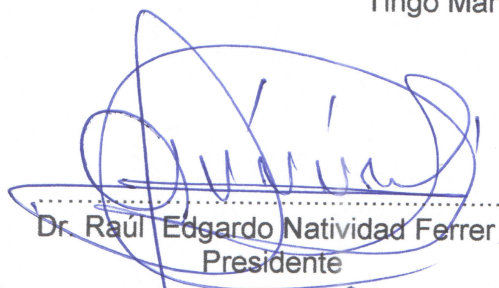
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 006-2018

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 19 de setiembre de 2018, a horas 7:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bach. **PISCO CALDAS, Joselito Wilson**, titulada:

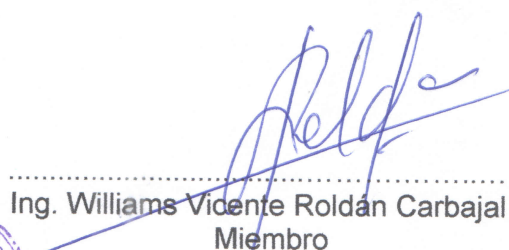
"CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE UNA BEBIDA ELABORADA CON EXUDADO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN51 Y SUERO LÁCTICO"

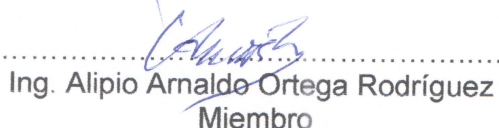
Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 07 de noviembre de 2018


.....
Dr. Raúl Edgardo Natividad Ferrer
Presidente




.....
Ing. Williams Vicente Roldán Carbajal
Miembro


.....
Ing. Alipio Arnaldo Ortega Rodríguez
Miembro


.....
Ing. Humberto Hugo Rivera Rojas
Asesor

DEDICATORIA

A mi padre celestial Dios, por darme siempre la fuerza y bendición para continuar en lo adverso, por guiarme en el sendero de lo sensato y darme sabiduría en las situaciones difíciles.

De manera muy especial; a mi padre José Vilson Pisco Berrospi y madre Flor María Caldas Muñoz, que gracias a sus consejos y palabras de aliento me han ayudado a crecer como persona y a luchar por lo que quiero, gracias por enseñarme valores que me han llevado a alcanzar una gran meta.

A la memoria de mi abuelo Ernesto Pisco Inuma y abuela Elcana Berrospi Barrera, quienes con su humildad me han demostrado que la fortaleza para salir adelante esta en la perseverancia y ganas de superarse.

AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Alfredo Abelardo Carmona Ruiz, por sus sugerencias y orientación con respeto al tema de investigación.

Al ingeniero Humberto Rivera Rojas, asesor del presente trabajo de investigación

Al ingeniero Hans Tafur Pereda, co-asesor del presente trabajo de investigación

Al ingeniero Gunter Daza Rengifo, por los consejos y apoyo en la culminación de mi carrera profesional.

Al Ingeniero Danilo Caldas Camacho, por la confianza puesta en mí para iniciar mi desenvolvimiento en el ámbito laboral.

Al ingeniero Edil Becerra Ramirez, por su gran amistad y haber compartido gratos momentos en los años de universidad.

A mis amigos: Marcos Trujillo Jara, Jackelyn Percy Alonzo, Luis Luna Tello, por el apoyo y motivación constante para continuar y culminar mi trabajo de investigación.

A todas las personas que de una manera u otra manera han contribuido a la realización de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Cacao.....	6
2.1.1. Origen y aspectos botánicos	6
2.1.2. Producción	7
2.2.3. Mucilago de cacao	7
2.3. Suero láctico	8
2.4. Reología.....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Lugar de ejecución.....	14
3.2. Materias primas e insumos.....	14
3.3. Materiales	14
3.3.1. Equipos.....	14
3.3.2. Materiales de laboratorio.....	14
3.3.3. Reactivos	15
3.4. Métodos de Análisis	15

3.4.1.	Exudado de Cacao.....	15
3.4.2.	Suero láctico	15
3.4.3.	En el producto terminado	15
3.5.	Metodología experimental	17
3.5.1.	Proceso de elaboracion de la bebida	17
3.5.2.	Evaluacion sensorial	¡Error! Marcador no definido.1
3.5.2.1.	Estudios para obtener la formula óptima	211
3.5.3.	Evaluacion reologica	¡Error! Marcador no definido.2
3.5.3.1.	Estudios del almacenamiento.....	21
3.5.4.	Analisis estadistico	¡Error! Marcador no definido.
3.5.4.1.	Pruebas experimentales para la formulacion.....	21
3.5.4.2.	Estudio del almacenamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
3.5.4.3.	Caracterización reológica	¡Error! Marcador no definido.
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1.	Evaluacion sensorial	26
4.1.1.	Superficie de respuesta por atributo.....	27
4.1.2.	Optimización de múltiple respuesta.....	33
4.2.	Análisis químico proximal	¡Error! Marcador no definido.
4.2.	Análisis microbiologico	¡Error! Marcador no definido.
4.4.	Evaluación reológica	367
4.4.1.	Caracterización del fluido.....	377

4.4.2.	Efecto de la temperatura y almacenamiento	399
4.5.	Balance de materia	¡Error! Marcador no definido.
4.6.	Costos de produccion.....	¡Error! Marcador no definido.
4.6.1.	Descripcion de la empresa	33
4.6.2.	Costos directos de fabricacion	33
4.6.3.	Mano de obra	33
4.6.4.	Costos indirectos de fabricacion	33
4.6.5.	Costo unitario de produccion	49
4.6.6.	Punto de equilibrio	50
V.	CONCLUSIONES	52
VI.	RECOMENDACIONES	53
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	54
VIII.	ANEXOS	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Comparación de los tratamientos mediante un arreglo factorial de 5 x 2 del análisis sensorial	276
2. Valores óptimos por atributo.....	33
3. Optimización de la deseabilidad considerando los cuatro atributos sensoriales	36
4. Análisis químico proximal de la bebida.....	¡Error! Marcador no definido.
5. Análisis microbiológico de la bebida	¡Error! Marcador no definido. 6
6. Parámetros reológicos índice de consistencia e índice de comportamiento de flujo, a diferentes temperaturas y días de almacenamiento	398
7. Balance de materia de la obtención de exudado de caco.....	42
8. Balance de materia de la obtención de suero láctico.....	43
9. Balance de materia de la obtención de la bebida	44
10. Relación de equipos y materiales	45
11. Bebida elaborada con exudado de cacao y suero láctico	46
12. Mano de obra	47
13. Depreciaciones de equipos	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Fluidos independientes del tiempo	12
2. Proceso de elaboración de la bebida	21
3. Diseño experimental para la formulación de la bebida	22
4. Diseño experimental para el estudio del almacenamiento de la bebida	¡Error! Marcador no definido.
5. Superficie de respuesta estimada, (a) color y (b) olor.....	28
6. Superficie de respuesta estimada, (a) sabor y (b) aceptabilidad.	29
7. Efectos principales en los atributos, (a) color y (b) olor	31
8. Efectos principales en los atributos, (a) sabor y (b) aceptabilidad ..	¡Error! Marcador no definido.
9. Superficie de respuesta múltiple de función deseabilidad	33
10. Contorno de la superficie respuesta estimada.....	34
11. Gráficos sobrepuestos de los atributos estudiados	35
12. Velocidad de corte versus viscosidad aparente.....	38
13. Velocidad de deformación versus esfuerzo de corte	38
14. Efecto de la temperatura y los días de almacenamiento en el índice de consistencia	40
15. Efecto de la temperatura y días de almacenamiento en el índice de comportamiento de flujo	41

RESUMEN

El propósito de la investigación fue caracterizar reológicamente una bebida formulada y elaborada con exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 y suero láctico. La formulación se optimizó mediante la metodología de superficie respuesta para los atributos; posteriormente se hizo un análisis de superficie múltiple para determinar los parámetros óptimos globales mediante la función deseabilidad. Los resultados aseguran que la proporción exudado: suero láctico debe ser de 40 : 60 con 10 % de sacarosa. El estudio reológico de la bebida demuestra que este alimento es un fluido no newtoniano del tipo pseudoplástico (índice de flujo menor a la unidad). En general la temperatura y los días de almacenamiento tienen una consecuencia significativa en el índice de flujo e índice de consistencia. Finalmente, los análisis químicos proximales y microbiológicos cumplen con las normas y la bebida es apto para el consumo humano.

ABSTRACT

The purpose of the research was to do the rheologic characterization of a beverage formulated and elaborated with CCN51 cacao juice (*Theobroma cacao* L.) and lactic serum. The formulation was optimized using the surface response methodology for the attributes of color, smell, flavor and acceptability; later a multi-surface analysis was done to determine the optimal global parameters using the desirability function. The results assure that the proportion of juice : lactic serum should be 40 : 60 with 10% saccharose. The rheological study of the beverage showed that this nourishment is a non-Newtonian fluid of a pseudoplastic type (flow index less than the unit). In general, the temperature and the days in storage have a significant effect on the flow index and the consistency index. Finally, the proximal and microbiological chemical analysis comply with the norms and the beverage is apt for human consumption.

I. INTRODUCCIÓN

En el aprovechamiento del cacao únicamente se aprovecha económicamente la semilla, que simboliza cerca de un 10% del peso del fruto fresco y debido a la rápida fermentación que se origina en el mucílago de cacao, se genera exudado y aunque el mucílago es fundamental para la fermentación, a menudo hay más de lo necesario (LUZURIAGA, 2012). En el mundo se producen aproximadamente de 180 a 190 millones de toneladas de suero por año, descartando la mitad de los sólidos totales presentes en la leche los que incluyen nutrientes (CEDEÑO *et al.*, 2018).

La investigación caracteriza reológicamente una bebida elaborada a partir del exudado de cacao y el suero láctico, el trabajo trata ser un aporte como alternativa al aprovechamiento de estos recursos que generalmente se desperdicia dándole un valor agregado como bebida.

La bebida se obtuvo realizando diferentes tratamientos en la que incluyen varias proporciones de exudado de cacao, suero láctico y azúcar. Esta fue sometida a una evaluación sensorial para determinar la formulación óptima quien se realizó la caracterización reológica.

El propósito del presente trabajo fue la caracterización reológica de una bebida formulada y elaborada con el exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 y suero láctico. Además, se plantearon los siguientes objetivos específicos.

- Elaborar y evaluar microbiológicamente una bebida a partir del exudado de cacao y suero láctico.

- Realizar una evaluación sensorial a los tratamientos y obtener la formulación óptima de la bebida.
- Determinar el análisis químico proximal del mejor tratamiento.
- Evaluar reológicamente el mejor tratamiento considerando la temperatura y los días de almacenamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

VALLEJO *et al.* (2016), Evaluó el efecto de tres formulaciones para jaleas obtenidas a partir de mucílago de cacao, sobre sus peculiaridades físico – químicas y organolépticas, y valoraron microbiológicamente al mejor procedimiento.

VILLAGÓMEZ (2013), Indagó la posibilidad de conseguir un producto fermentado como es el vinagre, consecuencia de un proceso piloto controlado, que residió en plantear y fabricar un acetificador piloto a pequeña escala basado en el acetificador Frings, partiendo del vino del mucílago del cacao CCN51 como sustrato a través de una fermentación sumergida y utilizando como inóculo el cultivo madre del vinagre.

ALARCON (2013), investigó la caracterización física y química de los subproductos para adecuarlas al proceso de producción de una bebida alcohólica, mejorando las características organolépticas con la adición de cascarillas de cacao desinfectadas por radiación UV-C. desarrolló varios mostos, caracterizados y estandarizados para la fermentación alcohólica de mucílago de cacao, añadiendo cascarillas irradiadas por medio de UV-C, garantizando que la materia prima esté libre de microorganismos, especialmente hongos de los Géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, generadores en ciertas condiciones de humedad y temperatura, de la Ocratoxina tipo A (OTA).

LUZURIAGA (2012), realizó un estudio a pequeña escala de un vino de frutas, mencionado vino de cacao variedad CCN-51, por medio de un estudio

previo del proceso de extracción del mucílago de cacao. Se ejecutaron análisis de grado alcohólico, acidez total, dióxido de azufre libre y dióxido de azufre total. También hizo una evaluación sensorial con un ensayo de aprobación por atributos por cada procedimiento, con el fin de establecer la calidad y el tratamiento de mayor aprobación.

2.2. Cacao

2.1.1. Origen y aspectos botánicos

El cacao (*Theobroma cacao* L.), conocido en todo el mundo por ser la materia prima del chocolate, pertenece a la clase Magnoliopsida, orden Malvales, familia Malvaceae, género *Theobroma* y especie Cacao, siendo el principal fruto del género cultivado, debido al valor e importancia de las semillas (DE SOUZA *et al.*, 2018).

El cacao es un producto agrícola importante y la materia prima en la fabricación de chocolate, se deriva de los granos del árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.), Los frutos del árbol de cacao son vainas similares a calabazas que crecen próximas al tronco y a ramas más gruesas, y cada vaina de cacao contiene entre 35 y 50 frijoles incrustados en una pulpa mucilaginoso. *T. cacao* se cultiva comercialmente en un cinturón climático dentro de los 20 grados de latitud del ecuador (CLARA *et al.*, 2016; CUÉLLAR y GUERRERO 2012). Se dividen en dos grandes grupos: Criollo y Forastero y según la Organización Internacional del Cacao (ICCO), esta última es una diversidad con gran desarrollo, debido a la mayor disposición para su cultivo y manejo (CUÉLLAR y GUERRERO, 2012).

2.1.2. Producción

La mayor parte del cacao del mundo se produce en África occidental (70 %), seguido de Asia y Oceanía (15,6 %) y América Latina (14,1 %). Los líderes mundiales en la producción de cacao en grano son Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Camerún, Brasil, Ecuador, República Dominicana y Malasia, que suministran el 90% de la producción mundial. La mayoría de los granos de cacao se producen en granjas pequeñas o medianas; solo el 30 % de la producción de cacao en bruto proviene de la agricultura de alta gama (CLARA *et al.*, 2016).

La demanda mundial de cacao y chocolate ha ido en aumento. La popularidad de los productos de cacao está relacionada con sus propiedades únicas sensoriales y agradables de derretir la boca. Además, en los últimos años, una importante evidencia corporal ha respaldado los beneficios para la salud del cacao y su papel como posible alimento funcional. Muchos factores están involucrados en estos procesos y pueden impartir una enorme variabilidad al sabor y la calidad del cacao (CLARA *et al.*, 2016).

2.2.3. Mucilago de cacao

Las semillas de cacao están cubiertas por una pulpa aromática la cual proviene de sus tegumentos. La pulpa mucilaginoso está formada por células esponjosas parenquimatosas, que contienen células de savia ricas en azúcares (10-13 %), pentosas (2-3 %), ácido cítrico (1-2 %) y sales (8-10 %). Durante el proceso de cosecha de las semillas de cacao, la pulpa es removida por fermentación e hidrolizada por microorganismos. La pulpa hidrolizada es conocida en la industria como "exudado". Durante la fermentación la pulpa

suministra el sustrato para diferentes microorganismos que son fundamentales para el desarrollo de los precursores del sabor del chocolate, los cuales son expresados consumadamente después, durante el proceso de tostado. No obstante, la pulpa es ineludible para la fermentación, a menudo hay más pulpa de la necesaria. El exceso de pulpa, que tiene un delicioso sabor tropical, ha sido utilizado para hacer los siguientes productos: jalea de cacao, alcohol y vinagre, nata y pulpa procesada (ORTIZ-VALBUENA y ÁLVAREZ-LEÓN, 2015).

Se ha demostrado que por cada kilogramo de cacao seco se produce 0.59 kg de exudado y sus azúcares son una fuente interesante de materia prima para la fabricación de bioetanol de segunda generación, resultados que contribuyen a reducir el impacto ambiental que crean estos residuos. A pesar de su alto contenido de azúcar y minerales, el exudado de cacao está actualmente abandonado en las granjas (ANVOH *et al.*, 2010). El mucílago contiene una buena cantidad de flavonoides (que dan una formación de color característico) (BEG *et al.*, 2017).

2.3. Suero láctico

El suero es un resultante que se consigue posterior a la precipitación de la caseína en el proceso de cuajado de leche durante la producción de quesos y mantequillas, se cataloga en ácido y dulce (CEDEÑO *et al.*, 2018), el suero dulce, está fundamentado en la coagulación enzimática (renina) de la caseína a pH 6,5. El ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para precipitar la caseína como sucede en la producción de quesos frescos (CHANDRAPALA *et al.*, 2015).

El suero de leche se ha convertido en el principal desperdicio de la industria láctea, a pesar de los constantes esfuerzos por aprovecharlo (TORO *et al.*, 2004). Es uno de los materiales más contaminantes que existen en la industria alimentaria, este restante industrial contiene más del 25 % de las proteínas de la leche, cerca del 8 % de la materia grasa y cerca del 95 % de la lactosa (MACEA *et al.*, 2015).

En el mundo se originan de 180 a 190 millones de toneladas de suero por año, descartando la mitad de los sólidos totales presentes en la leche los que incluyen nutrientes como proteína, lactosa, minerales y vitaminas. Se estima que por un kilogramo de queso se genera 9 kg de suero láctico (CEDEÑO *et al.*, 2018).

Una de las opciones para el uso del suero es la producción de bebidas refrescantes, bebidas fermentadas y alcohólicas por sus mínimos costos de producción y alto valor nutricional (CEDEÑO *et al.*, 2018).

2.4. Reología

La reología alimentaria es el estudio de la consistencia y el flujo de los alimentos bajo fuerzas aplicadas específicas, para comprender los principios fisicoquímicos subyacentes de la "estructuración" de los materiales alimenticios y su interacción (DAY y GOLDING, 2016). La reología alimentaria se centra en las propiedades de flujo de los componentes alimentarios individuales, las matrices de alimentos compuestos y la influencia de la fabricación y el procesamiento en el producto alimenticio final en el marco de los desafíos mundiales en la ciencia de los alimentos y la nutrición (FISCHER y WINDHAB, 2011).

Cuando hablamos de reología en los alimentos, estamos estudiando específicamente las sustancias de flujo o deformación. A pesar de la palabra "flujo", la reología se aplica igualmente a sólidos, gases y líquidos, incluidos soluciones, emulsiones, suspensiones, espumas, geles y masas fundidas, así como a semisólidos como cremas y pastas. Tomemos la Organización Internacional de Estándares (ISO), por ejemplo, podemos definir la textura de los alimentos como "Todos los atributos reológicos y estructurales (geométricos y superficiales) de un producto alimenticio perceptible por medio de receptores mecánicos, táctiles y, cuando sea apropiado, visuales y auditivos" (GIBSON y NEWSHAM, 2018).

La reología alimentaria se centra en las propiedades de flujo de los elementos individuales de los suministros, que ya alcanzan exhibir una función de respuesta reológica compleja, el flujo de una matriz compuesta de alimentos y la influencia del procesamiento en la estructura de los alimentos y sus propiedades. Para los alimentos procesados, la composición y la adición de ingredientes para obtener una determinada calidad de los alimentos y el rendimiento del producto requiere una profunda comprensión reológica de los ingredientes individuales en relación con el procesamiento de los alimentos y su percepción final (FISCHER y WINDHAB, 2011).

La reología es importante en la preparación de pastas, pan, cereales, chocolate y aderezos para ensaladas, entre muchos otros. La mayoría de los fluidos, sin embargo, tienen viscosidades que fluctúan dependiendo de la "velocidad de cizallamiento" de la sustancia; estos se llaman fluidos no newtonianos (GIBSON y NEWSHAM, 2018).

El enfoque de la reología de los alimentos se ha movido gradualmente hacia las mediciones oscilatorias y de fluencia de la medición de flujo constante convencional. Se han introducido varias otras áreas nuevas de mediciones reológicas y conceptos que incluyen cizalladura oscilatoria de gran amplitud (LAOS), reología extensional, reometría de transformación de Fourier, principios de superposición de tiempo-temperatura (TTSP), reología de gel y se prevé un gran impacto de estas mediciones (AHMED *et al.*, 2017).

El grado de fluidez, consistencia y otras propiedades mecánicas son importantes para determinar cómo se pueden mezclar y procesar los ingredientes durante la fabricación de alimentos, qué tipo de textura del producto se puede lograr y qué tan estable se mantendrá. En primer lugar, los ingenieros de alimentos, que intentan desarrollar relaciones de reología-proceso de los alimentos, utilizan datos reológicos para la optimización de procesos o productos. En segundo lugar, los científicos o físicos de materiales se centran en las relaciones reológico-estructurales de los materiales blandos. Por último, los tecnólogos de alimentos apuntan a la caracterización comparativa de productos alimenticios para establecer relaciones de reología-propiedad (DAY y GOLDING, 2016).

La caracterización reológica implica la cuantificación de las relaciones funcionales entre la deformación, las tensiones y las propiedades reológicas resultantes, como la viscosidad, la elasticidad o la viscoelasticidad, el comportamiento del flujo y la recuperación. En principio, los experimentos generalmente se llevan a cabo imponiendo una pequeña fuerza (tensión) y midiendo la deformación de la muestra (deformación), o una cantidad fija de

movimiento (deformación) y midiendo el esfuerzo desarrollado en la muestra. Las mediciones obtenidas en un régimen de deformación grande son más relevantes para el uso de materiales alimenticios en la práctica y la experiencia de comer como cortar, esparcir o masticar (DAY y GOLDING, 2016).

Para establecer las correlaciones entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación por cizalladura, los reólogos generaron muchos modelos para describir los fluidos newtonianos y no newtonianos (ZHONG y DAUBERT, 2013).

El modelo ley de potencia o modelo de Ostwald es muy utilizados para caracterizar fluidos:

$$\tau = k\dot{\gamma}^n \quad (1)$$

Donde k y n son las cuantificaciones reológicas del modelo, k es el índice de consistencia, mientras que n es el índice de comportamiento de flujo, y uno y otro son positivos (ZHONG y DAUBERT, 2013).

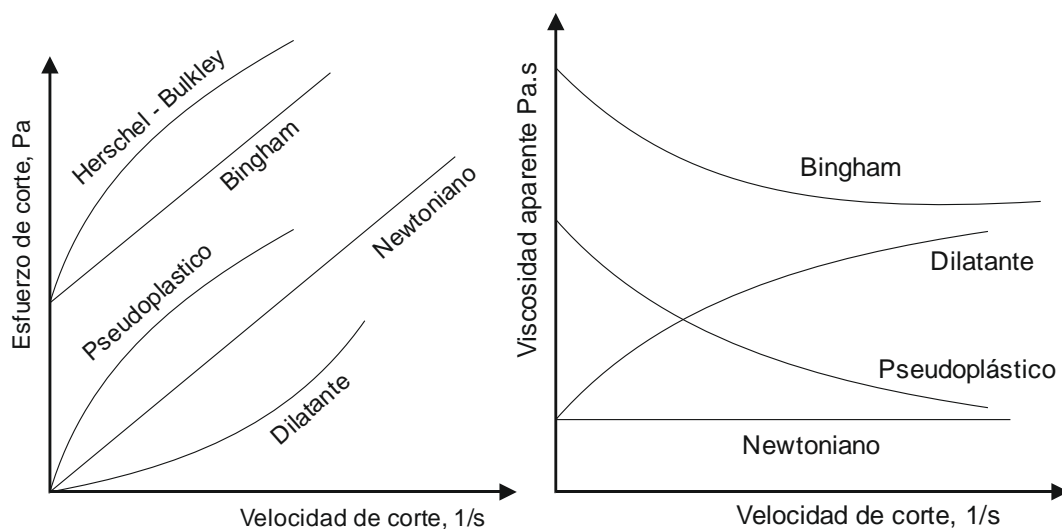


Figura 1. Fluidos independientes del tiempo.

Los fluidos se clasifican luego en diferentes tipos de acuerdo con las magnitudes de k y n , (Figura 1) que se describen a continuación.

Si el índice de flujo n del modelo ley de potencia es igual 1 ($n = 1$), entonces estamos ante un fluido newtoniano de viscosidad $\mu = k$, resulta que la diferencia entre n y la unidad es una medida del grado de desviación del comportamiento newtoniano. Si $n < 1$, el material es un fluido pseudoplástico. Por el contrario, si $n > 1$ el material es un fluido dilatante (ZHONG y DAUBERT, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se ejecutó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, situado en la ciudad de Tingo María, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, con una temperatura entre 17 y 32 °C, con 82 % de HR. Se trabajó en los Laboratorios de Análisis de Alimentos y de Ingeniería de Alimentos.

3.2. Materias primas e insumos

El material empleado para los experimentos preliminares y definitivos fue el exudado de cacao que se acopió en la Cooperativa Agroindustrial y de Servicios del Centro Poblado de Bella – Bajo Monzón, y la leche fue obtenida de la granja UNAS.

3.3. Materiales

3.3.1. Equipos

- Balanza analítica (OHAUS Analytical plus. Serie N° 1113032314)
- Congeladora marca PRESVAC, modelo PRV-40

3.3.2. Materiales de laboratorio

- Matraces (100 mL) Kimax USA, Schott Duran Germany
- Probetas (50 mL) Brand Germany
- Pipeta (5 mL) Pyrex USA
- Vasos de precipitación (50, 100 mL) Pyrex USA
- Tubos de ensayo Pyrex USA
- Reómetro Brookfield DVIII - ULTRA
- pH metro

- Termómetro digital para alimentos
- Refractómetro modelo HSR-500 (ATAGO)

3.3.3. Reactivos

- Hidróxido de sodio 0,1N
- Fenolftaleína
- Agares (PCA; PDA)
- Benzoato de potasio

3.4. Métodos de Análisis

3.4.1. Exudado de Cacao

- **Potencial de hidrógeno (pH):** Para establecer el potencial de hidrógeno se manipuló el pH metro.
- **Grados Brix (°Bx):** Los grados Brix se midieron con un refractómetro manual, el procedimiento consistió en colocar dos gotas de exudado de cacao en el prisma del refractómetro, luego se dirigió hacia un espacio para hacer incidir luz natural y se tomó el valor indicado en la escala, las mediciones se hicieron por triplicado.

3.4.2. Suero láctico

- **Acidez:** Mediante titulación en donde se determinó el porcentaje de acidez en porcentaje de ácido láctico.
- **Potencial de hidrógeno (pH):** Para establecer el potencial de hidrógeno se manejó el pH metro.

3.4.3. En el producto terminado

❖ Pruebas físico químicas

- **Potencial de hidrógeno:** Se utilizó el pH metro

- **Grados Brix:** Mediante un refractómetro.

❖ **Evaluación sensorial**

Los caracteres evaluados fueron: color, olor, sabor y aceptabilidad, con el objetivo de definir, en términos generales, la aceptabilidad de la bebida formulada, aplicando el formulario de cataciones descrito en el Anexo 1, donde se estableció un nivel de 1 a 5 puntos, siendo 1 la puntuación más baja y 5 el valor más óptimo.

❖ **Análisis químico proximal**

Se estableció la composición química del mejor tratamiento mediante análisis químico proximal de acuerdo a la AOAC (2000).

❖ **Análisis Microbiológico**

- **Recuento total de mesófilos:** Recuento de microorganismos aerobios mesófilos viables en placas 32 °C por 48 horas.
- **Mohos y levaduras:** La determinación de mohos y levaduras en productos alimenticios, se de gran importancia, ya que nos da una idea del grado de contaminación contrastado con estándares determinados.

❖ **Evaluación reológica**

La estimación reológica se efectuó con el Reómetro Brookfield DVIII ultra, determinándose el índice de flujo (n), índice de consistencia (k), en las pruebas preliminares vinculando con los mejores tratamientos que se determinó el análisis organoléptico a través de la superficie de respuesta y en el producto final para poder caracterizar el fluido. Todas las determinaciones se realizarán a diferentes temperaturas (10, 25 y 40 °C).

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Proceso de elaboración de la bebida

❖ Obtención del suero láctico

Materia prima

Se utilizó leche fresca como materia, para luego obtener el suero láctico del tipo dulce que se obtiene tras elaborar queso fresco en la Planta Piloto de la FIIA-UNAS.

Filtración

Se realizó el filtrado en un lienzo de 20 cm de ancho por 20 cm de largo con un diámetro de orificio de 100 micras, para detener cualquier impureza y pequeñas partículas.

Pasteurización

La leche fresca se sometió a una temperatura de 65 °C por 30 minutos; con el objetivo de reducir la carga microbiana.

Enfriamiento

Se procedió a enfriar a una temperatura inferior de 35 °C. Esto para evitar cambios drásticos en su composición (acidez).

Inoculación

Se le agrega el cuajo y se remueve para conseguir una distribución uniforme de los aditivos.

Coagulación

La mezcla inoculada cuaja totalmente a 35-40° C aproximadamente durante un tiempo de 30 a 40 minutos.

Corte

La masa cuajada se corta, con una lira, en cuadros pequeños para permitir salir la mayor cantidad de suero posible.

Desuerado

Fundamenta en retirar el suero dejándolo escurrir a través de un colador, se debe separar entre el 80 y el 90% del suero.

Suero láctico

Subproducto de la cuajada que contiene sales, proteína, vitaminas, minerales, lactosa y algo de grasa. El suero se recoge en un recipiente y destina para la elaboración de la bebida.

❖ Obtención del exudado de cacao

Las operaciones de obtención del exudado de cacao se describen a continuación:

Materia prima

Mazorcas de cacao que se acopió en la Cooperativa Agroindustrial

Cosecha

Las mazorcas de cacao CCN-51 fueron cosechadas manualmente o con tijeras en las parcelas de los socios de la cooperativa, considerando parámetros de madurez y apariencia física.

Selecionado

Las mazorcas fueron seleccionadas considerando que no presentan deterioros por maltrato, incisiones inadecuados y plagas.

Pesado

Una vez seleccionadas las mazorcas, se utilizó una balanza con capacidad de 30 kg para determinar el peso de las mazorcas.

Quebrado

Para el corte de las mazorcas de cacao se utilizó un cuchillo de acero inoxidable.

Separación de almendras y placenta

Las almendras de cacao incorporadas a la placenta fueron extraídas de las mazorcas y retiradas de forma manual y subsiguientemente ubicadas en un depósito de acero inoxidable.

Extracción del exudado de cacao

Método I: Obtención del exudado “Por gravedad”; Método II: Obtención del exudado “Ejerciendo presión” y Método III: Obtención del exudado “Mediante despulpadora”.

Pasteurización

El exudado del mucílago de cacao fue sometido a un calentamiento de 65 °C por 30 minutos; reduciendo la actividad enzimática y eliminando microorganismos presentes en la pulpa obtenida.

Enfriamiento

Se enfrió a una temperatura inferior de 35 °C. Evitando cambios drásticos en su composición (pH y acidez).

❖ **Formulación y elaboración de la bebida**

Mezcla (exudado de cacao con suero láctico)

Se mezcló el exudado de cacao conjuntamente con el suero láctico en las proporciones que nos indicó los análisis.

Pasteurizado

La mezcla óptima se sometió a un tratamiento térmico de 65 °C por 30 minutos.

Envasado

El envasado se realizó en envases de vidrio con capacidad de 0,3 litros.

Almacenamiento

Se almacenó a temperaturas ambiente promedio de 26 °C

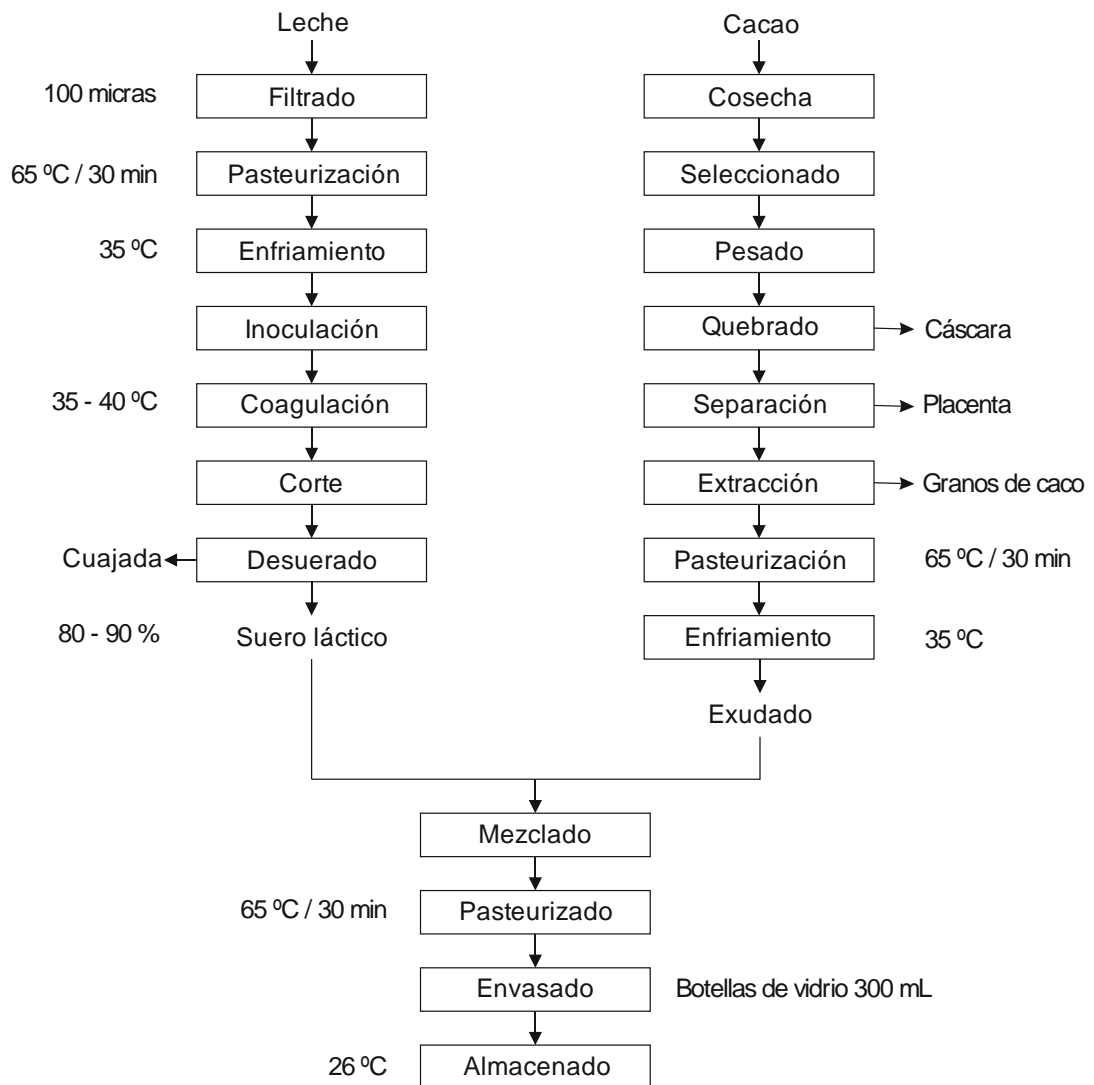


Figura 2. Proceso de elaboración de la bebida.

3.5.2. Evaluación sensorial

3.5.2.1. Estudios para obtener la fórmula óptima

En el presente ensayo se consideraron tres factores; factor A el exudado de cacao con 5 niveles, el factor B el suero láctico con 5 niveles y el factor C azúcar refinada con dos niveles como se describe en la Figura 3.

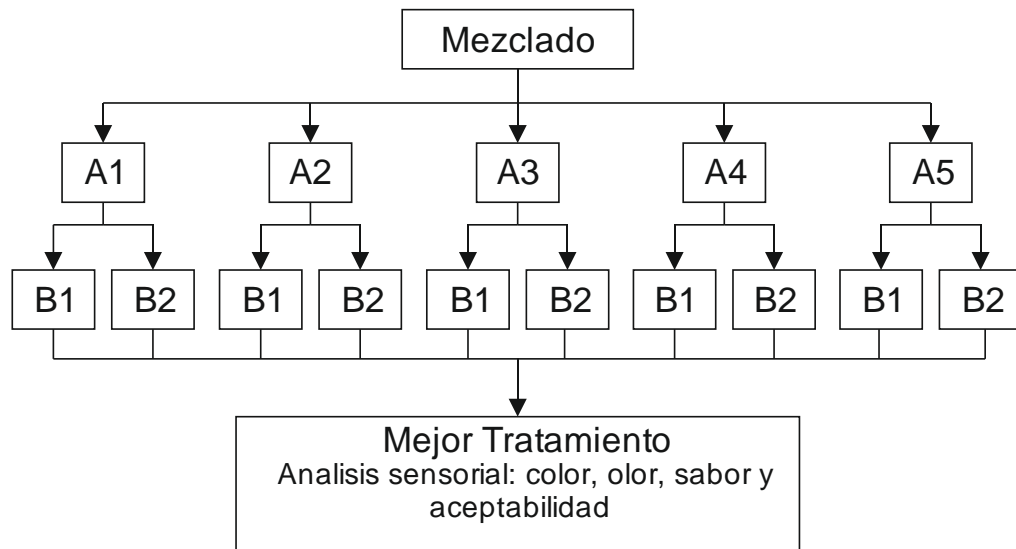


Figura 3. Diseño experimental para la formulación de la bebida.

En la figura:

A: Proporción Exudado: Suero Láctico

A1: 40:60 A2: 45:55 A3: 50:50 A4: 45:55 A5: 40:60

B: Porcentaje de azúcar blanca refinada con dos niveles.

B1: 8%.

B2: 10%.

Es necesario indicar que son 10 tratamientos que se realizarán con dos repeticiones para dar un mejor nivel de confianza a los ensayos que se puedan investigar con el análisis de variancia.

3.5.3. Evaluación reologica

3.5.4.2. Estudio del almacenamiento

En la Figura 4 se ilustra el diseño experimental para el almacenamiento del principal tratamiento de la bebida de exudado de cacao y suero láctico.

En la figura se tiene:

T : Tiempo de almacenamiento.

T1 : 30 días

T2 : 60 días

T3 : 90 días

R : repeticiones R1, R2 y R3

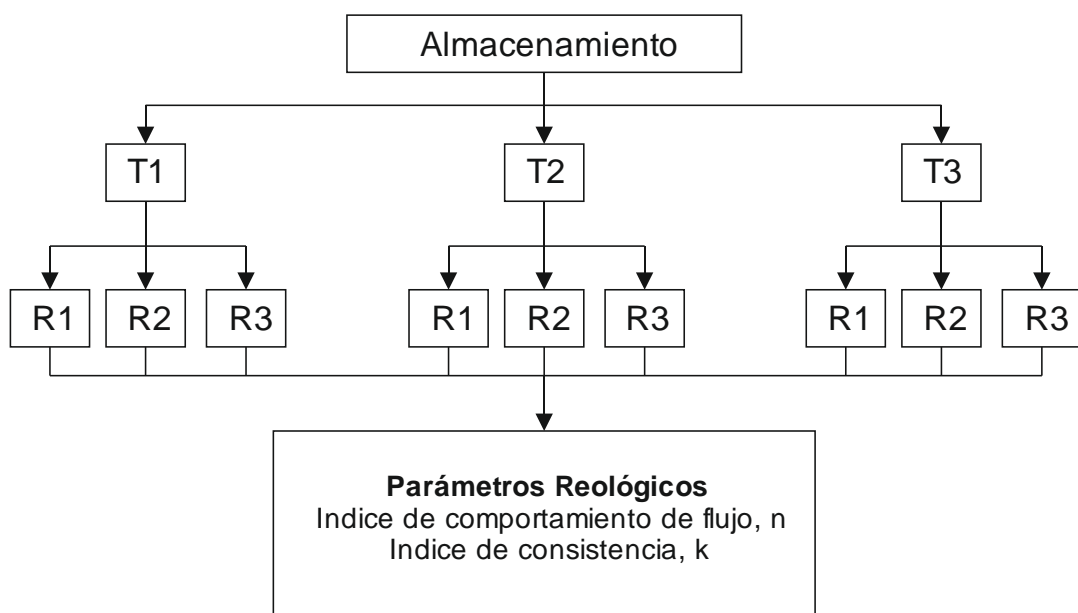


Figura 4. Diseño experimental para el estudio del almacenamiento de la bebida.

Son 3 procedimientos que se efectuarán con tres repeticiones para dar un mejor nivel de confianza a los ensayos que se puedan analizar con el análisis de varianza.

3.5.4. Análisis estadístico

Las pruebas estadísticas se harán según la metodología experimental y el diseño experimental.

3.5.4.1. Pruebas experimentales para la formulación

Se realizó un DCA con arreglo factorial de 5 x 2 cuyo modelo matemático es:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} : Evaluación sensorial o reológica

μ : Efecto medio de las evaluaciones

A_i : Efecto de las proporciones del mucilago de cacao y suero láctico

B_j : Efecto de los porcentajes de azúcar blanca refinada

$(AB)_{ij}$: Efecto de interacción de los factores A y B

ϵ_{ij} : Error experimental

3.5.4.2. Estudio del almacenamiento

Se realizó un Diseño Completo al Azar (DCA), cuyo modelo matemático es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} : Evaluación sensorial, reológica o microbiológica

μ : Efecto medio de las evaluaciones

T_i : Efecto de los días de almacenamiento

ϵ_{ij} : Error experimental

3.5.5.3. Caracterización reológica

Para el ajuste de parámetros reológicos de la bebida en función de la temperatura, se utilizó un DCA, considerando la temperatura como variable para analizar la consistencia o viscosidad aparente y el índice de flujo, el modelo matemático es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} : Parámetro reológico

μ : Efecto medio de las evaluaciones

T_i : Efecto de la temperatura

ϵ_{ij} : Error experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial participaron diez panelistas, quienes evaluaron los atributos de la bebida según la metodología sugerida por (YANCHAGUANO y ISRAEL, 2011): color, olor, sabor y aceptabilidad global. Los resultados fueron sometidos al análisis de varianza mediante un diseño con arreglo factorial de 5 x 2. Los factores estudiados son: proporción porcentaje de exudado-suero láctico con cinco niveles y Porcentaje de sacarosa con dos niveles (Cuadro 1). El objetivo de este análisis fue determinar los mejores tratamientos.

Los resultados manifiestan que los factores mencionados no poseen influencia significativa sobre los atributos sensoriales estudiados, es decir, el color, olor, sabor y aceptabilidad global son estadísticamente iguales con un 5 % de significancia ($p > 0,05$). (Anexo 2).

Podemos indicar los mejores promedios de los atributos sensoriales según el Cuadro 1. Color 2,9 tratamiento (45:55, 10) y tratamiento (50:50, 10), Olor 3 tratamiento (60:40, 8), Sabor 3,5 tratamiento (40:60, 10) y Aceptabilidad 3 tratamiento (40:60, 10).

Cuadro 1. Comparación de los tratamientos mediante un arreglo factorial de 5 x 2 del análisis sensorial

Factores		Variables de Respuesta			
Exudado : Suero Láctico	% Sacarosa	Color	Olor	Sabor	Aceptabilidad
40 : 60	8	2,4 ^a	2,5 ^a	2,6 ^a	2,8 ^a
45 : 55	8	2,4 ^a	2,8 ^a	2,4 ^a	2,5 ^a
50 : 50	8	2,0 ^a	2,9 ^a	2,8 ^a	2,6 ^a
55 : 45	8	2,1 ^a	2,8 ^a	2,7 ^a	2,7 ^a
60 : 40	8	2,2 ^a	3,0 ^a	2,7 ^a	2,6 ^a
40 : 60	10	2,6 ^a	2,7 ^a	3,5 ^a	3,0 ^a
45 : 55	10	2,9 ^a	2,9 ^a	3,3 ^a	2,7 ^a
50 : 50	10	2,9 ^a	2,5 ^a	2,6 ^a	2,3 ^a
55 : 45	10	2,8 ^a	2,7 ^a	2,4 ^a	2,5 ^a
60 : 40	10	2,0 ^a	2,6 ^a	2,6 ^a	2,6 ^a

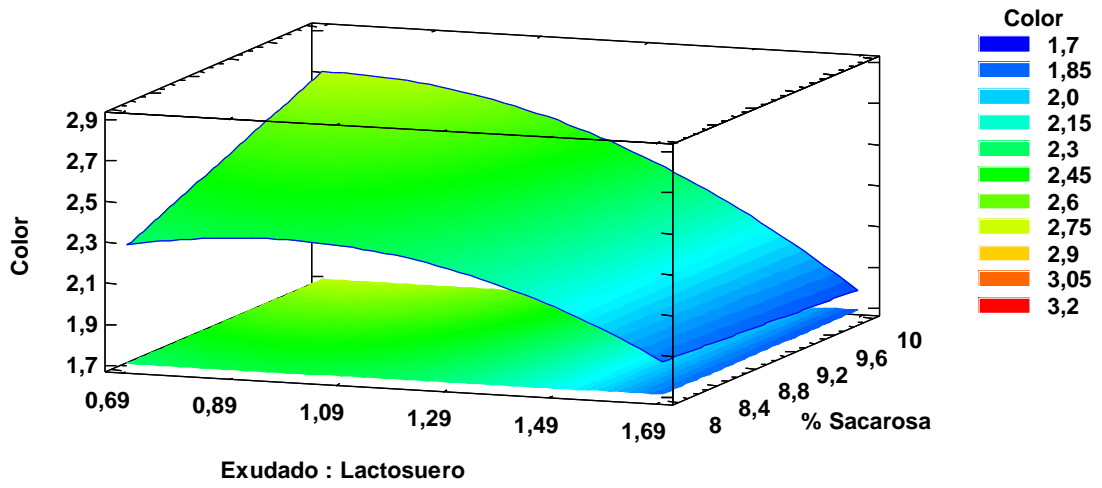
Valores con la misma letra dentro de una columna, no hay diferencias significativas ($p > 0,05$)

4.1.1. Superficie de respuesta por atributo

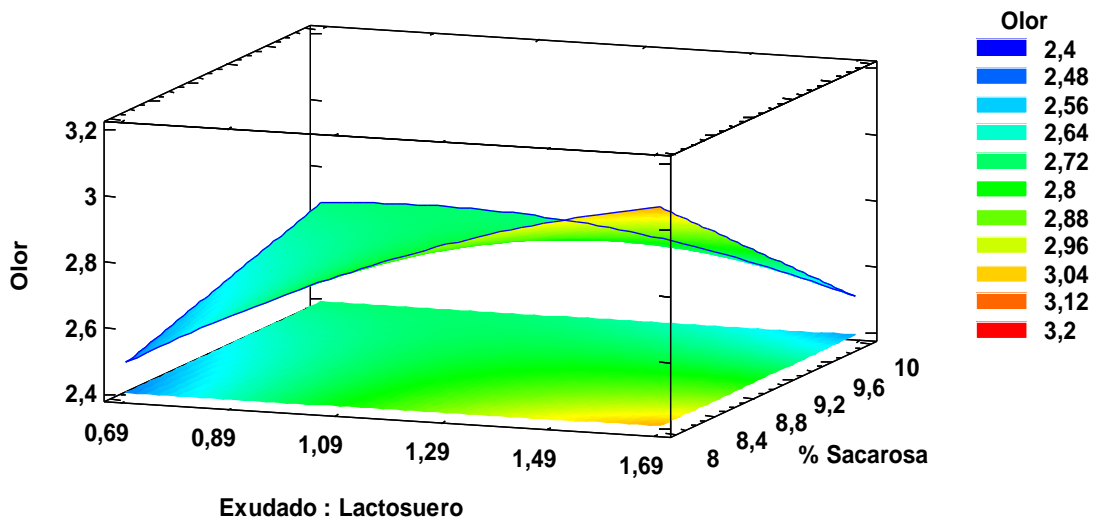
Para determinar la formulación óptima se realizó un Análisis de Superficie de Respuesta por atributos (Figura 5, Figura 6 y Figura 9).

Color

El color óptimo corresponde a un valor de $2,717 \approx 3$ (transparente) a una proporción de exudado: suero láctico 40: 60 y 10% de sacarosa (Cuadro 2). La superficie respuesta se muestra en la Figura 5a.



(a)



(b)

Figura 5. Superficie de respuesta estimada, (a) color y (b) olor

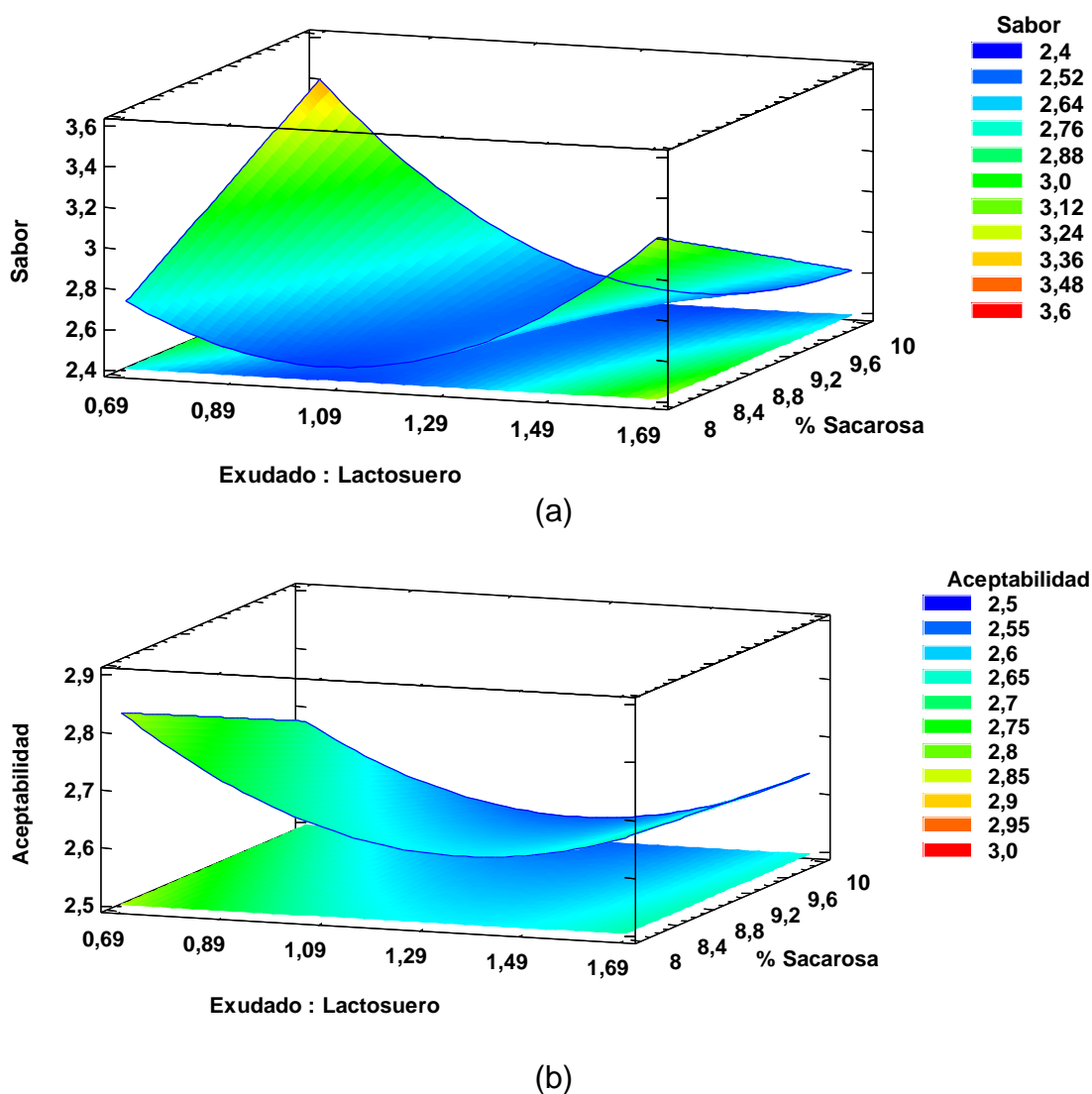


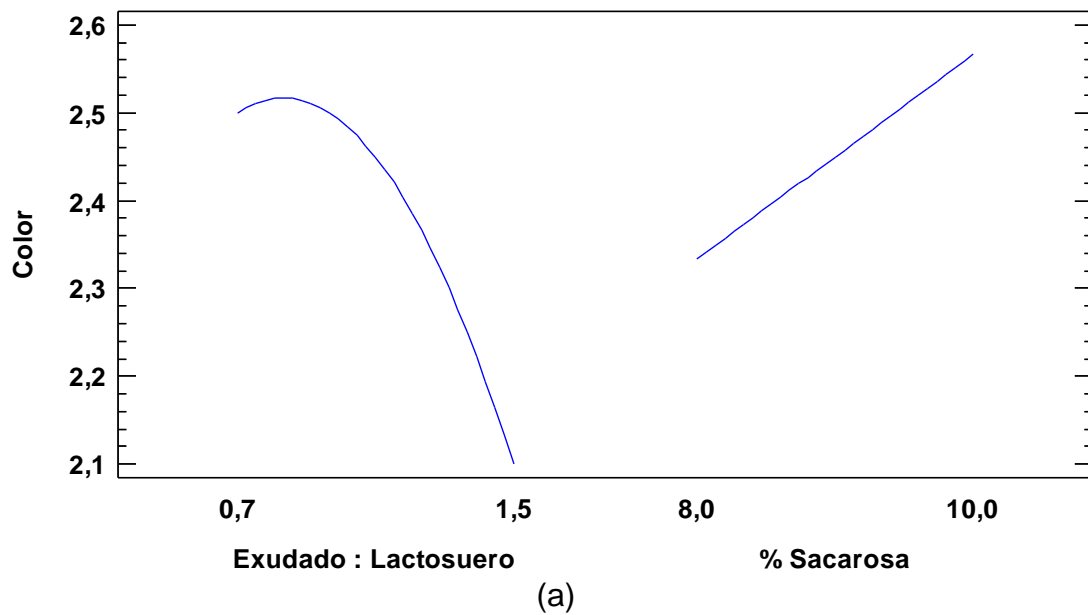
Figura 6. Superficie de respuesta estimada, (a) sabor y (b) aceptabilidad.

Es preciso indicar que la proporción de la mezcla de exudado y suero láctico tiene un efecto negativo sobre el color, es decir, si el porcentaje de exudado se incrementa y el porcentaje de suero láctico disminuye el color tiende a ser claro. También podemos observar que el porcentaje de azúcar tiene un efecto positivo (Figura 7a).

Olor

Según el Cuadro 2 el atributo olor es óptimo a un valor de 3, esta situación resulta cuando la relación exudado: suero láctico es 60:40 y 8% de sacarosa, es evidente afirmar que el incremento del porcentaje de suero láctico mejora este atributo (Figura 7b).

La figura de efectos principales demuestra que la relación exudado: suero láctico tiene un efecto positivo y el porcentaje de sacarosa tiene un efecto negativo en el atributo olor (Figura 7b).



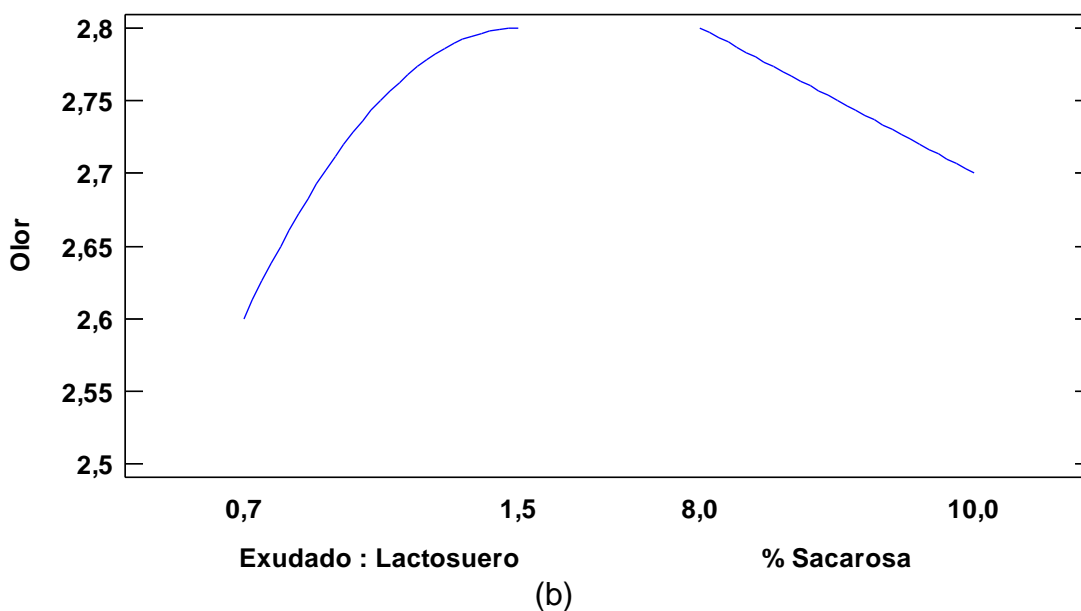


Figura 7. Efectos principales en los atributos, (a) color y (b) olor.

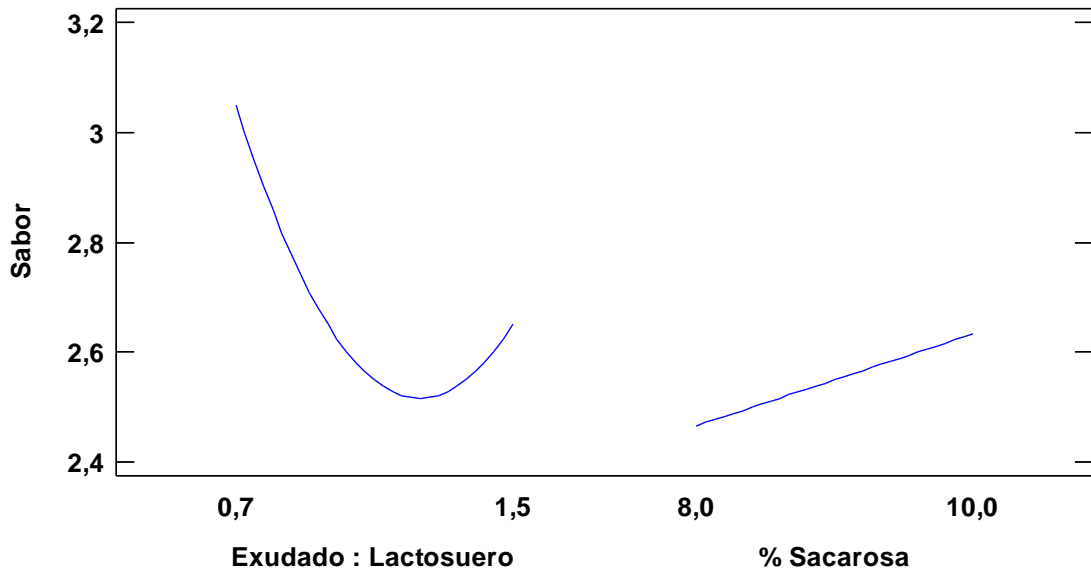
Sabor

Un atributo muy importante es el sabor, según la evaluación de superficie respuesta el valor óptimo es $3,383 \approx 3$ (dulce), la proporción exudado: suero láctico de 40: 60 y 10% de sacarosa son las condiciones de este resultado (Cuadro 2). Cuando la concentración de suero láctico se incrementa este tiene efecto negativo en el sabor sin embargo el azúcar mejora notablemente dicho atributo al tener un efecto positivo (Figura 8a).

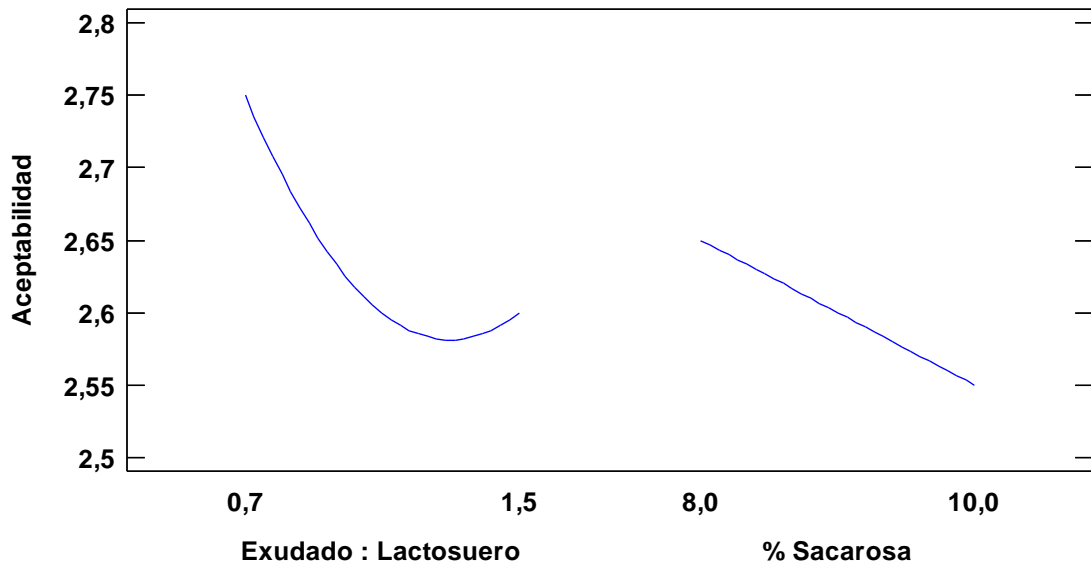
Aceptabilidad

Aquí los jueces han catalogado las muestras con relación a la preferencia que sienten por uno u otro tratamiento a su nivel de agrado.

La aceptabilidad óptima fue de $2,825 \approx 3$ (Bueno), según el Anexo 2 se observa que la proporción exudado: suero láctico tiene influencia significativa sobre la aceptabilidad. Tanto la proporción exudado: suero láctico y el porcentaje de sacarosa tienen un efecto negativo en este atributo (Figura 8b).



(a)



(b)

Figura 8. Efectos principales en los atributos, (a) sabor y (b) aceptabilidad.

Cuadro 2. Valores óptimos por atributo

Factores	Óptimo			
	Color	Olor	Sabor	Aceptabilidad
	2,717*	3,000*	3,383*	2,825*
Exudado : Suero Láctico	40 : 60 (0,70)	60 : 40 (1,50)	60 : 40 (0,70)	60 : 40 (0,70)
% Sacarosa	10	8	10	8

* Valores óptimos

4.1.2. Optimización de múltiple respuesta

Si la optimización sólo se hace para una peculiaridad del producto podrían repercutir circunstancias impropias para las otras características. Por ello es necesario contar con metodologías que sirvan para que, en la medida de lo permitido, se optimicen a la vez todas las respuestas de interés (PULIDO *et al.*, 2012).

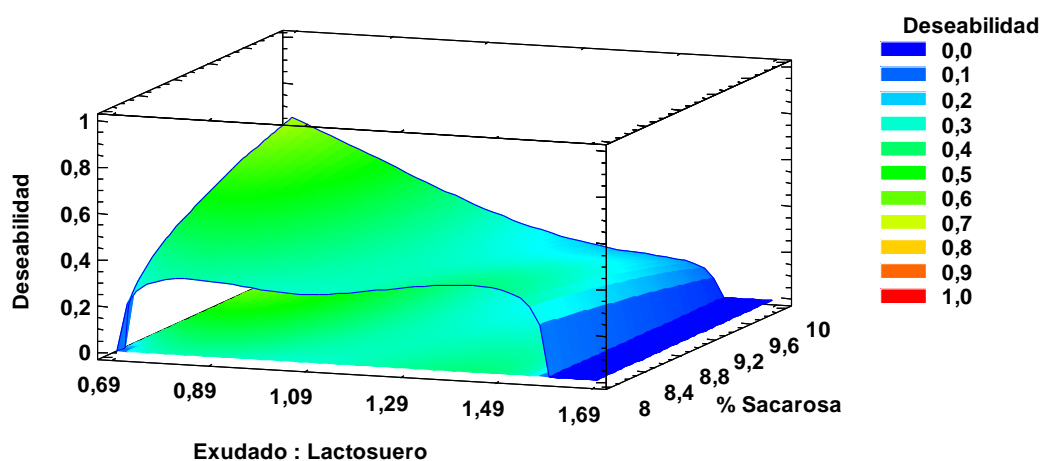


Figura 9. Superficie de respuesta múltiple de función deseabilidad.

Para realizar esta evaluación, se utilizó el modelo de la función deseabilidad (0 a 1). Este procedimiento fue planteado inicialmente por Harrington (1965) y posteriormente fue reformado por Derringer y Suich (1980) y Derringer (1994). Reside en precisar una función en el espacio de factores que estima la deseabilidad global (DG) del producto en cada punto; de esta forma, cambia el problema de optimización multivariado en un problema de optimización univariado (PULIDO *et al.*, 2012).

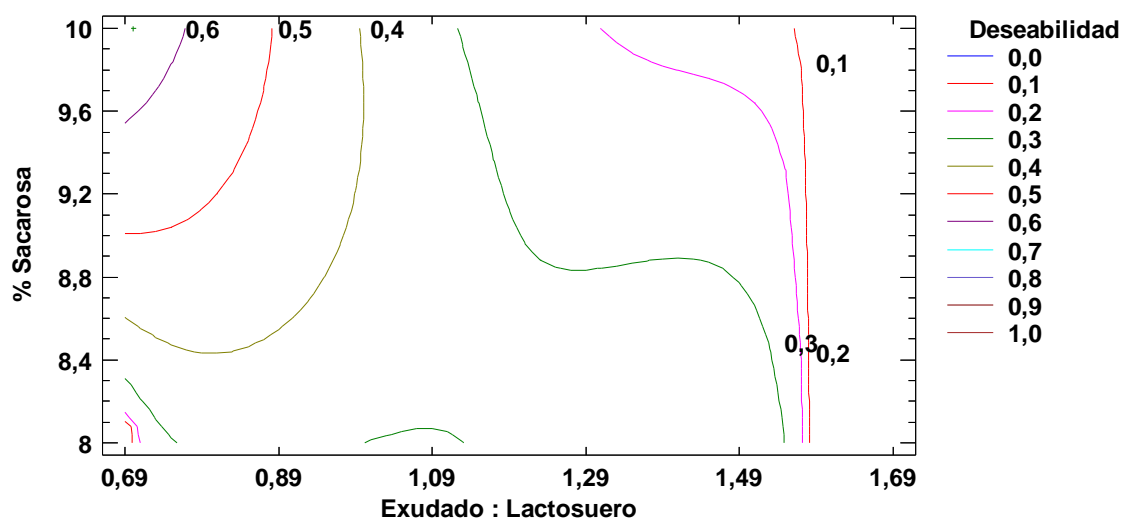


Figura 50. Contorno de la superficie respuesta estimada.

Es usual descubrir diversos estudios industriales con diferentes contestaciones cuyos propósitos es alcanzar la calidad global de un producto, por lo que es preciso perfeccionar de carácter sincrónica las contestaciones de interés. En particularidad, el inconveniente de optimización de varias respuestas implica la elección de un vinculado de situaciones o variables independientes tales que proporcionen como resultado un producto o servicio adecuado. Es decir, se anhela escoger los niveles de las variables independientes que optimicen todas las respuestas a la vez (DOMÍNGUEZ, 2006).

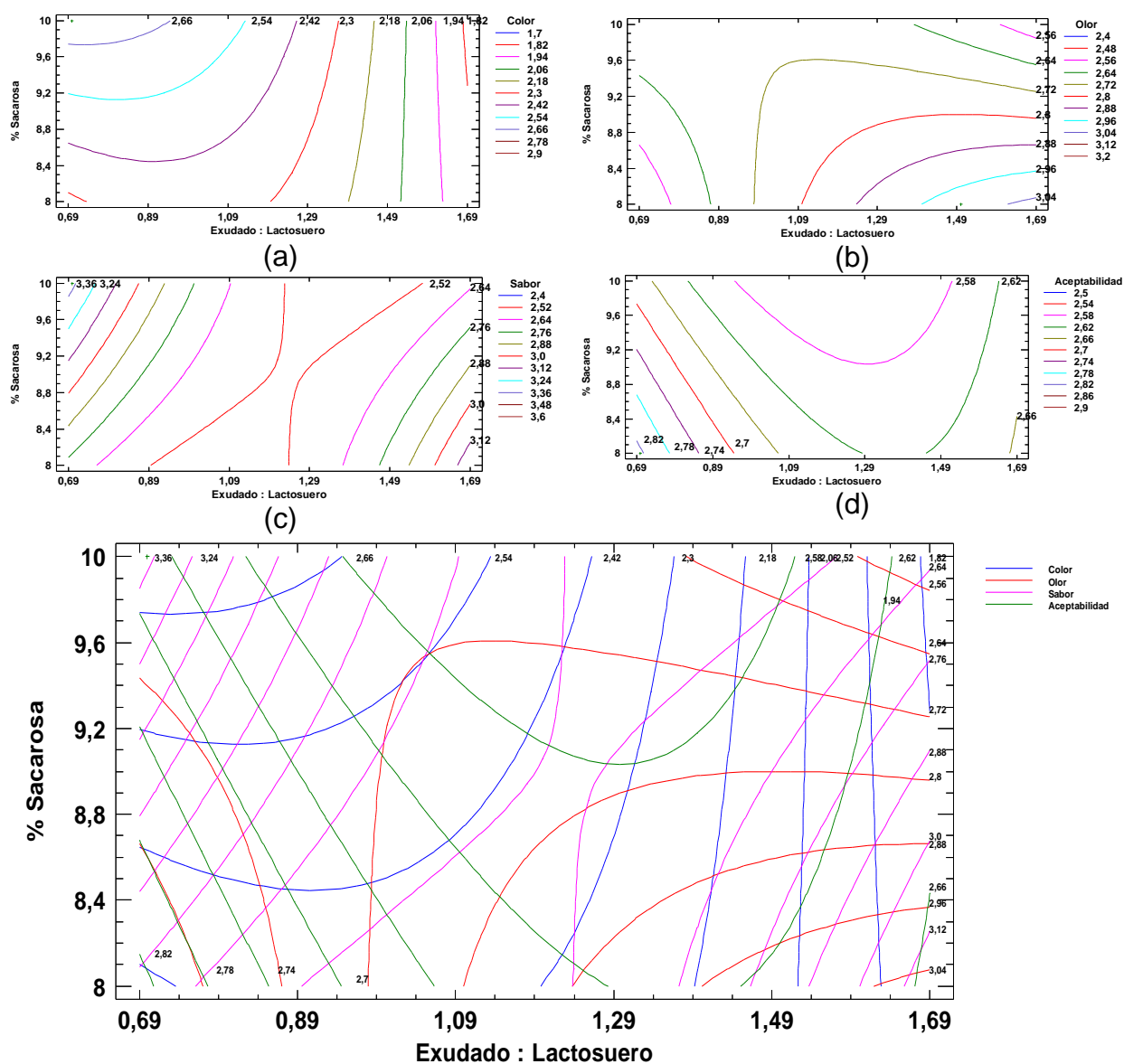


Figura 6. Gráficos sobrepuestos de los atributos estudiados.

La proporción 40 % de exudado y 60 % de suero láctico con 10 % de sacarosa satisfacen mejor la función de deseabilidad con un valor óptimo de 0,657473. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Optimización de la deseabilidad considerando los cuatro atributos sensoriales.

Factores	Bajo	Alto	Óptimo
Exudado: Suero láctico	40:60 (0,7)	60:40 (1,5)	40:60 (0,7)
% Sacarosa	10	8	10

4.2. Análisis químico proximal

El análisis químico proximal se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 4. Análisis químico proximal de la bebida.

Análisis	Resultados
Humedad	82,43 %
Materia seca	17,57 %
Proteína	1,08 %
Acidez	0,36 % en ácido acético
Ceniza	0,30 %
pH	4,89

4.3. Análisis microbiológico

El estudio microbiológico de la bebida cumple con la regla salubre que instituye los juicios microbiológicos de característica sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano RM N° 615-2003 SA/DM.

Cuadro 5. Análisis microbiológico de la bebida.

Análisis	Norma		Resultados x10 ³ ufc/ml
	Mínimo x10 ³ ufc/ml	Máximo x10 ³ ufc/ml	
Numeración mesófilos aerobios viables	10	50	1
Numeración mohos levaduras	5 10	10 30	1

Según los resultados del cuadro 6, el alimento es apto para el consumo humano.

4.4. Evaluación reológica

4.4.1. Caracterización del fluido

Mediante el viscosímetro brookfield DVIII-ultra se realizaron 10 lecturas del torque y viscosidad aparente a diferentes velocidades angulares (10 – 100 rpm); con esta información se determinó el esfuerzo y velocidad de corte. Los resultados se graficaron de la siguiente forma: velocidad de corte versus viscosidad aparente (Figura 12) y velocidad de corte versus esfuerzo corte (Figura 13).

Los resultados demuestran que el alimento es un fluido no Newtoniano $n \neq 1$ tipo dilatante siendo el índice de flujo n mayor a 1 y su viscosidad aparente aumenta al aumentar el esfuerzo o gradiente (BERK, 2018; RAYNER, 1995; SINGH y HELDMAN, 2014; STEFFE, 1996). Las Figuras 13 y 14 reafirman estos resultados si se comparan con la Figura 1.

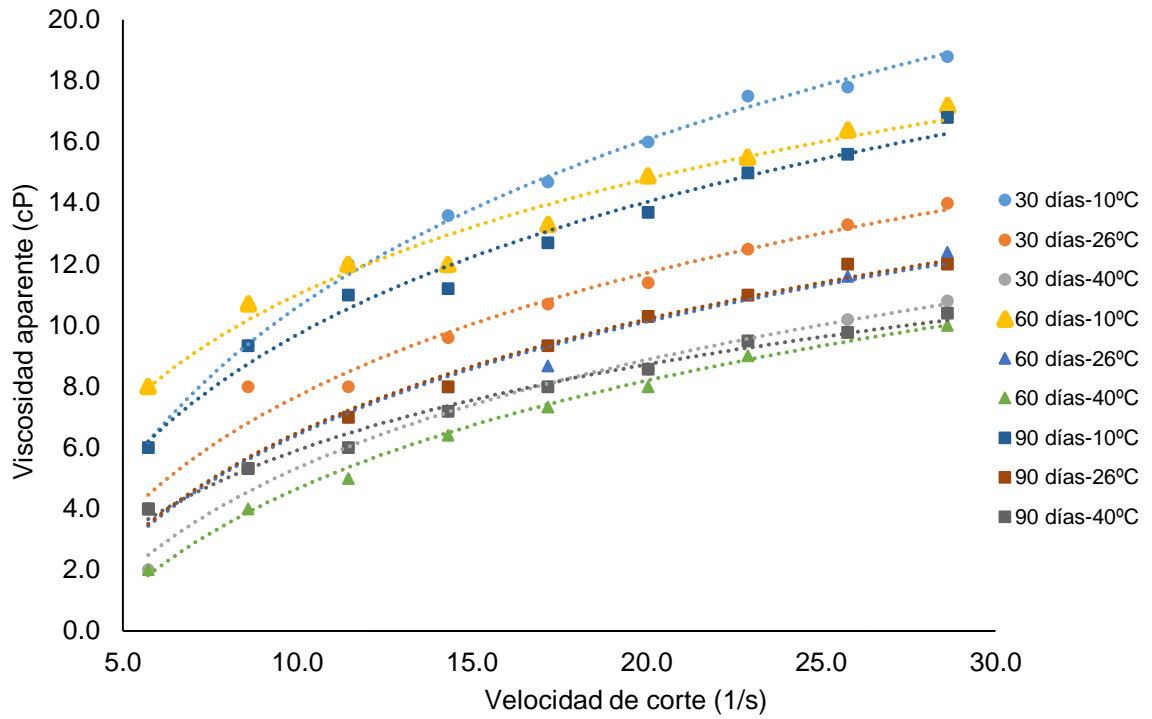


Figura 7. Velocidad de corte versus viscosidad aparente.

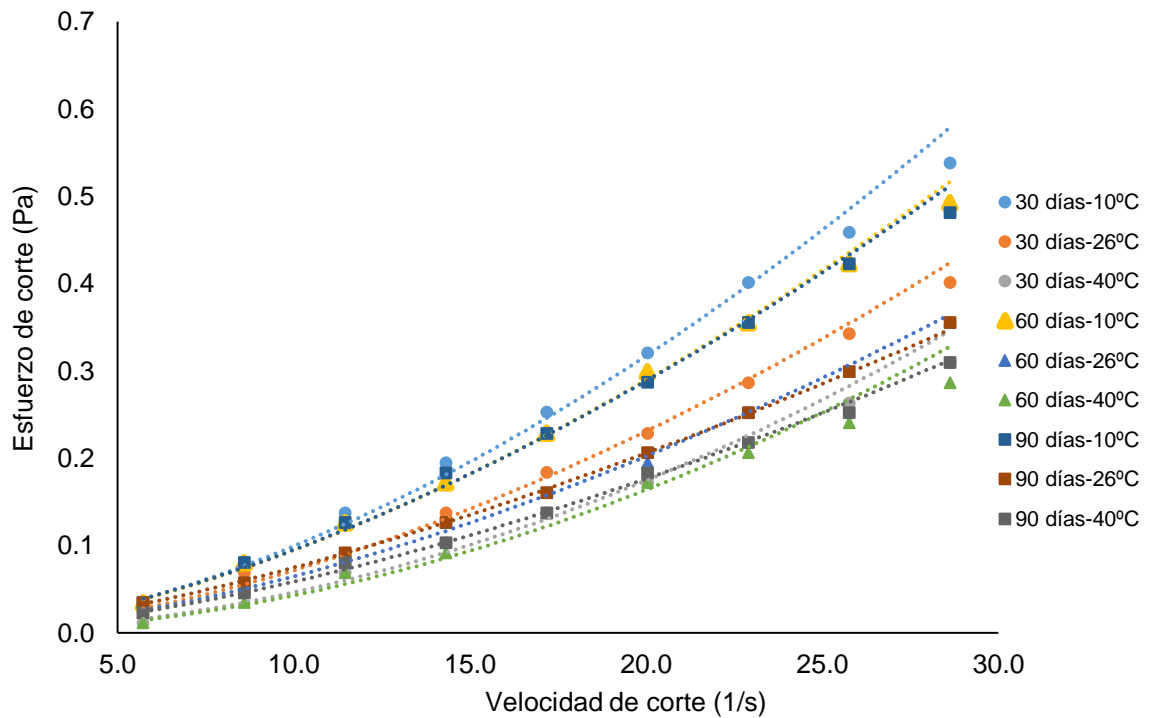


Figura 83. Velocidad de deformación versus esfuerzo de corte.

Los fluidos espesantes (o dilatadores) de cizalla son con frecuencia suspensiones sólidas, como el almidón de maíz crudo concentrado en agua (STEFFE, 1996).

4.4.2. Efecto de la temperatura y almacenamiento

Se evaluó el índice de consistencia, a diferentes temperaturas y días de almacenamiento. En general la temperatura tiene un efecto inversamente proporcional con el índice de consistencia (Figura 14), sin embargo, solo hay diferencias estadísticamente significativas entre las temperaturas de 10 y 40 °C con un nivel de significancia del 5 % (Cuadro 4 y Anexo 4). (YOUSEFI *et al.*, 2016).

Durante el almacenamiento cambia el índice de consistencia a partir de los 30 días de almacenamiento ($p < 0,05$) y a partir de allí el índice de consistencia no presenta diferencias significativas ($p > 0,05$).

Cuadro 4. Parámetros reológicos índice de consistencia e índice de comportamiento de flujo, a diferentes temperaturas y días de almacenamiento.

Parámetro	Temperatura (°C)	Días de almacenamiento			
		0	30	60	90
K (Pa.s ⁻ⁿ)	10	0,0839 ^a	0,0021 ^b	0,0031 ^b	0,0024 ^b
	26	0,0216 ^{ab}	0,0018 ^{ba}	0,0014 ^{ba}	0,0019 ^{ba}
	40	0,0111 ^b	0,0005 ^a	0,0005 ^a	0,0015 ^a
n*	10	0,9280 ^a	1,6684 ^b	1,5299 ^{bc}	1,5910 ^c
	26	1,1546 ^a	1,6279 ^b	1,6763 ^{bc}	1,5857 ^c
	40	1,3257 ^b	1,9513 ^a	1,9458 ^{ad}	1,5923 ^d

* adimensional

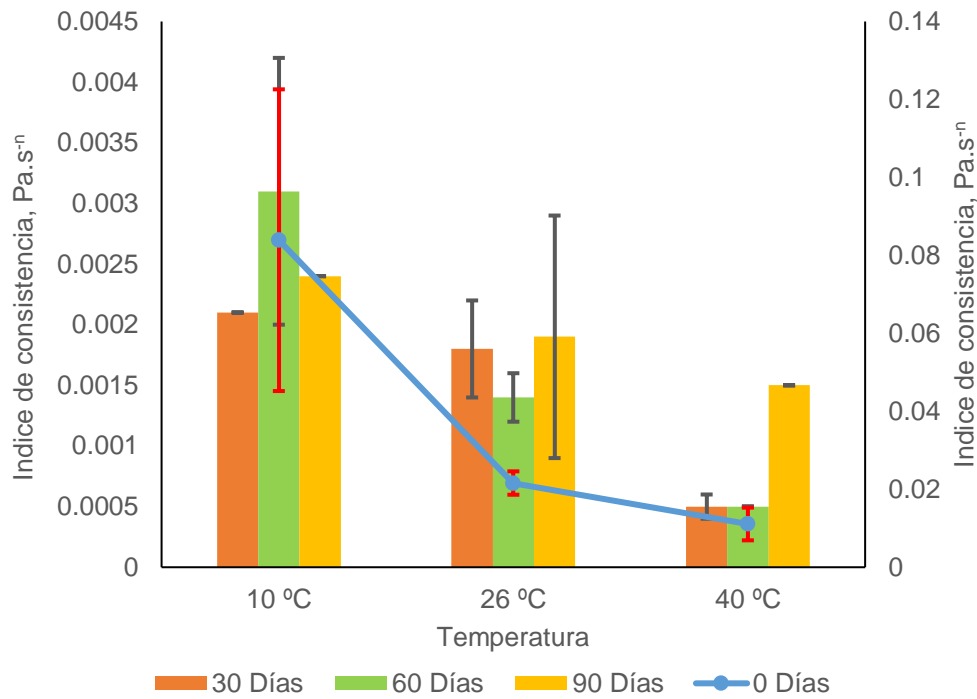


Figura 9. Efecto de la temperatura y los días de almacenamiento en el índice de consistencia.

El índice de comportamiento de flujo se ve afectado por la temperatura, en el Cuadro 4 se observa que a los 40 °C este parámetro presenta diferencias significativas ($p < 0,05$), incrementándose el comportamiento de un fluido dilatante. El almacenamiento afecta el índice de flujo a partir de los 60 días de almacenamiento y a partir de allí no presenta diferencias significativas hasta los 90 días (Figura 15).

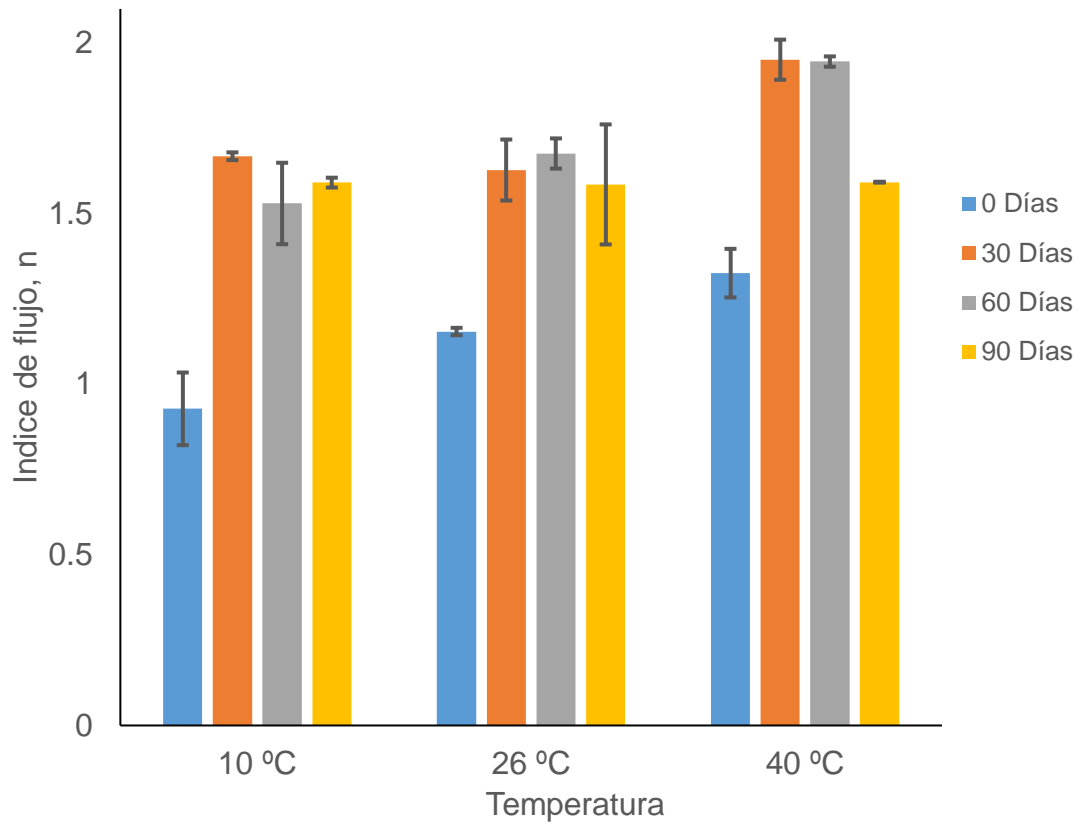


Figura 10. Efecto de la temperatura y días de almacenamiento en el índice de comportamiento de flujo.

4.5. Balance de materia

A continuación, se presenta los balances de materia del proceso completo para la elaboración de la bebida.

Cuadro 5. Balance de materia de la obtención de exudado de cacao.

Operación	Movimiento del proceso				Rendimiento	
	Ingresas	Salida	Agrega	Continua	Operación	Proceso
	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)		
Cosecha	15,830	0	0	15,830	100,00	100,000
Pesado	15,830	0	0	15,830	100,00	100,000
Seleccionado	15,830	0,770	0	15,060	95,14	95,136
Quebrado	15,060	11,300	0	3,760	24,97	23,752
Separación	3,760	0,050	0	3,710	98,67	23,437
Extracción	3,710	0,360	0	3,350	90,30	21,162
Pasteurización	3,350	0,06	0	3,290	98,21	20,783
Enfriamiento	3,290	0,000	0	3,290	100,00	20,783

El Cuadro 7 nos muestra el rendimiento de 20,783 % en la obtención de exudado de cacao, sin embargo, debemos recordar que este subproducto se desecha durante la producción de cacao destinada a la industria del chocolate; si se aprovecha este exudado se crea la posibilidad de obtener mejores beneficios para los productores de cacao.

Cuadro 6. Balance de materia de la obtención de suero láctico.

Operación	Movimiento del proceso				Rendimiento	
	Ingresas	Salida	Agrega	Continua	Operación	Proceso
	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)		
Leche fresca	4,920	0	0	4,920	100,00	100,000
Filtración	4,920	0,02	0	4,900	99,59	99,593
Pasteurización	4,900	0,100	0	4,800	97,96	97,561
Enfriamiento	4,800	0,000	0	4,800	100,00	97,561
Inoculación	4,800	0,010	0	4,790	99,79	97,358
Coagulación	4,790	0,000	0	4,790	100,00	97,358
Corte	4,790	0,000	0	4,790	100,00	97,358
Desuerado	4,790	0,480	0	4,310	89,98	87,602

El balance de materia en la obtención de suero láctico (Cuadro 8) demuestra que es factible recuperar el 87.602% de la leche destinada a la producción de queso, mediante el aprovechamiento del suero láctico.

En general la obtención de la bebida muestra un buen rendimiento por la producción de la bebida a partir de exudado de cacao y suero láctico (Cuadro 9), su producción puede mejorar significativamente los ingresos de los productores de ambas materias primas en subproducto muy nutritivo.

Cuadro 7. Balance de materia de la obtención de la bebida.

Operación	Movimiento del proceso				Rendimiento	
	Ingresas	Salida	Agrega	Continua	Operación	Proceso
	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)		
Cosecha	15,830	0	0	15,830	100,00	100,000
Extracción	3,710	0,360	0	3,350	90,30	21,162
Pasteurización	3,350	0,06	0	3,290	98,21	20,783
Enfriamiento	3,290	0,000	0	3,290	100,00	20,783

4.6 Costos de producción

En el funcionamiento de una empresa, el poder calcular el costo de producción es clave. Se mencionan a continuación, los pasos a seguir para determinar el costo de producción.

4.6.1 Descripción de la empresa

Producción mensual (20 días laborales por mes): 4000 unidades de bebida en botellas de 300 ml por hora

Producción por hora (8 horas por día): 200 unidades de bebida en botellas de 300 ml (25 unidades por hora)

N° de trabajadores: 3

Cuadro 8. Relación de equipos y materiales.

DETALLE	CANTIDA	PRECIO	COSTO
	D	S/.	S/.
Cocina semi Industrial (2 hornillas)	1	170	170,0
Balanza (0 - 50 kg)	1	164	164,0
Refractómetro (0 - 32 °Brix)	1	120	120,0
pH metro	1	24	24,0
Termómetro digital	1	25	25,0
Mesa de Trabajo	1	480	480,0
Ollas	4	17.5	70,0
Tinas plásticas (150 Lt)	2	20	40,0
Tablas de picar	1	13	13,0
Cuchillos	4	6	24,0
Jarras plásticas (2 Lt)	4	0.2	0,8
Juego de cucharas	3	2	6,0
Lienzo	2	1	2,0
Uniforme de trabajo (mandil, guantes)	3	20	60,0
Equipos de seguridad (extintor)	1	60	60,0
Utensilios de desinfección y limpieza	1	15	15,0

4.6.2 Costos directos de fabricación

Materia prima, insumos y materiales

Cuadro 9. Bebida elaborada con exudado de cacao y suero láctico.

Detalle	Cantidad	Precio (S/.)	Total (S/.)
Leche (lt)	4.92	2.50	12.30
Cacao (kg)	15.83	2.08	32.93
Azúcar (kg)	0.71	3.00	2.13
Botella de 300 ml (unid)	25	0.79	19.75
Lienzo (unid)	2	1.00	2.00
Cuajo (pastilla)	1	1.00	1.00
Tapas (unid)	25	0.10	2.50
Balón de gas	1	80.00	80.00
		Sub - Total (S/.)	152.61
		Imprevisto (2.5%)	3.82
		Total (S/.)	156.42

4.6.3 Mano de obra

Se requiere 3 personas para esta cantidad de fabricación:

- 1 jefe de producción
- 2 operarios

Considerando 20 días de trabajo mensual, calculamos la retribución mensual que percibirán.

Cuadro 10. Mano de obra.

Trabajador	Cantidad	Salario (S/.)	
		Unitario	Total
Jefe de producción	1	930	930
Operarios	2	580	1160
		Total	2090

Presentamos el compendio de costos directos de fabricación mensuales:

Materia Prima e Insumos = 156.61

Mano de obra = 2090.00

Total costos directos (S/.) = 2246.61

4.6.4 Costos indirectos de fabricación

Depreciación

En este caso la depreciación mensual sería (Cuadro 13)

$$\frac{1162.53}{12 \text{ meses}} = 96.88$$

12 meses

Mensualmente la compañía forja la siguiente concordancia de gastos indirectos:

Depreciación mensual = 96.88

Limpieza y desinfección = 65.00

Reparación, mantenimiento = 50.00

Servicios (luz, agua y otros) = 100.00

Total costos indirectos (S/.) = 311.88

Cuadro 11. Depreciaciones de equipos.

Equipos y materiales	Precio	Costo	Vida útil (año)	Depreciación	
				Anual	Mensual
Cocina semi Industrial	170	170	10	49.80	4.15
Balanza (0 - 50 kg)	164	164	10	41.43	3.45
Refractómetro (0 - 32 °Brix)	120	120	5	232.27	19.36
pH metro	24	24	5	49.80	4.15
Termómetro digital	25	25	5	49.80	4.15
Mesa de Trabajo	480	480	10	49.80	4.15
Ollas	17.5	70	5	199.20	16.60
Tinas plásticas (150 lt)	20	40	5	33.07	2.76
Tablas de picar	13	13	5	9.96	0.83
Cuchillos	6	24	2	16.73	1.39
Jarras plásticas (2 lt)	0.2	0.8	2	7.97	0.66
Juego de cucharas	2	6	2	33.07	2.76
Lienzo	1	2	1	7.97	0.66
Uniforme de trabajo	20	60	2	249.00	20.75
Equipos de seguridad	60	60	2	82.87	6.91
Utensilios de limpieza y desinfección	15	15	1	49.80	4.15
				1162.53	96.88

Gastos del periodo

Sueldo de administrador	=	665.00
Alquiler de local	=	300.00
Materiales de administración	=	50.00
<hr/>		
Total gasto periodo (S/.)	=	1015.00

Costo total de fabricación

Costos directos	=	2246.61
Costos indirectos	=	311.88
Gastos del periodo	=	1015.00
<hr/>		
Total costos de fabricación (S/.)	=	3573.49

4.6.5 Costo unitario de producción

Debemos dividir el costo total de fabricación entre el número de botellas producidas mensualmente, para saber cuál es el costo unitario de producción,.

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\text{Costo de Producción}}{\text{Producción Mensual}}$$

$$\text{Costo Unitario} = \frac{3573.49}{4000} = 0.89$$

De cada botella de bebida, el costo unitario de producción es de S/. 0.89.
 “Si la empresa vende a S/. 1.50 (sin incluir el IGV), su margen de ganancia por botella será de S/. 0.61.”

4.6.6 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es un término utilizado en economía para definir el nivel de ventas en donde los costos fijos y los costos variables se cubren es decir que, la empresa al utilizar este punto de equilibrio obtiene un beneficio, aunque la remuneración monetaria se determina como 0.

Saber el punto de equilibrio accede saber el mínimo de unidades a producir y proyectar la estrategia de ventas a seguir.

Para calcular el punto de equilibrio debemos hacer una clasificación de costos directos, indirectos y gastos del periodo en las cuales incurre la empresa mensualmente para la fabricación de la bebida.

Costos variables

Materia prima e insumos = 156.61

Total Costos Variab. (S/.) = 156.61

Costos fijos

Mano de obra directa = 2090.00

Costos indirectos = 311.88

Gastos del periodo = 1015.00

Total Costos Fijos (S/.) = 3416.88

Costos Variab. Unit = $\frac{\text{Costo Variable Total}}{\text{Producción Mensual}}$

Costo Variable Unitario = $\frac{156.61}{4000}$

Costo Variable Unitario = 0.04

Punto de Equilibrio = $\frac{\text{Costo fijo}}{\text{Precio de Venta} - \text{Costo Variable Unitario}}$

Punto de Equilibrio = $\frac{3416.88}{1.50 - 0.04}$

Punto de Equilibrio = 2340.33

Punto de Equilibrio = $\frac{2340.33}{25 \text{ unid}} = 94 \text{ unidades}$

La empresa deberá vender según el punto de equilibrio mensualmente 1880 unidades (94 unid x 20 días) en promedio, lo que constituye el 47 % de su producción mensual.

V. CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado el trabajo de investigación, se establece las siguientes conclusiones:

- Se elaboró la bebida para los tratamientos indicados en el diseño experimental y luego se evaluó microbiológicamente, encontrándose óptimo para el consumo.
- Se realizó un análisis de superficie respuesta para establecer la formulación óptima de la bebida en dos etapas, la primera fue evaluar en cada atributo sensorial como el color, olor, sabor y aceptabilidad global. Sin embargo, fue necesario realizar una solución óptima global y para ello en la segunda etapa se recurrió al análisis de superficie respuesta múltiple cuyo resultado fue: 40 % de exudado, 60 % de suero láctico y 10 % de sacarosa.
- Los resultados del análisis químico proximal fueron: humedad (81,01%), materia seca (17,57%), proteína (1,08), acidez (0,36%) y ceniza (0,30%).
- La bebida es un fluido no newtoniano tipo dilatante, existe evidencias suficientes por el cual se afirma que la temperatura y los días de almacenamiento tienen efecto significativo sobre los parámetros reológicos estudiados.

VI. RECOMENDACIONES

- Estudiar los costos para la producción a nivel de planta piloto y después a nivel industrial.
- Desarrollar campañas de concientización de los aportes beneficiosos del exudado de cacao y suero láctico en la industria alimentaria.
- El acompañamiento al sector agrícola en el manejo de los derivados de cacao, permite generar nuevos rubros al PBI del País.
- Diversificar los derivados del exudado de cacao y suero láctico a través de nuevas alternativas micro empresariales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AHMED, J., PTASZEK, P., y BASU, S. (2017). Chapter 1 - Food Rheology: Scientific Development and Importance to Food Industry *Advances in Food Rheology and Its Applications* (pp. 1-4): Woodhead Publishing.
- ALARCON, T. G. (2013). Aprovechamiento de subproductos de Cacao CCN-51 para elaboración de bebida alcohólica a partir de exudado de mucilago con adición de cascarillas irradiadas con UV-C.
- ANVOH, K. Y. B., GUÉHI, T. S. I., BEUGRÉ, G. A. M., KINIMO, J. M., y GNAKRI, D. (2010). Comparison of biochemical changes during alcoholic fermentation of cocoa juice conducted by spontaneous and induced processes for the production of ethanol. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition & Development*, 10(6), 2740-2754.
- BEG, M. S., AHMAD, S., JAN, K., y BASHIR, K. (2017). Status, supply chain and processing of cocoa - A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 108-116. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.007>
- BERK, Z. (2018). Chapter 2 - Fluid flow. In Z. Berk (Ed.), *Food Process Engineering and Technology (Third Edition)* (pp. 31-78): Academic Press.
- CEDEÑO, M. M., TAMAYO, L. D. Y., y RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. (2018). Elaboración de una bebida utilizando subproductos de la industria láctea. *Enfoque UTE*, 9(2), 59-69.

- CLARA, A. A., VLAD, L. S., y ANCA, M. (2016). Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products—An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73-91. doi: doi:10.1111/1541-4337.12180
- CUÉLLAR, G. O., y GUERRERO , A. G. (2012). Actividad antibacteriana de la cáscara de cacao, *Theobroma cacao* L. *Revista MVZ Córdoba*, 17(3), 3176-3183.
- CUNNIFF, P. (1996). *Official methods of analysis of AOAC International: Association of Official Analytical Chemists*.
- CHANDRAPALA, J., DUKE, M. C., GRAY, S. R., ZISU, B., WEEKS, M., PALMER, M., y VASILJEVIC, T. (2015). Properties of acid whey as a function of pH and temperature. *Journal of Dairy Science*, 98(7), 4352-4363. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9435>
- DAY, L., y GOLDING, M. (2016). Food Structure, Rheology, and Texture *Reference Module in Food Science: Elsevier*.
- DE SOUZA, P. A., MOREIRA, L. F., SARMENTO, D. H. A., y DA COSTA, F. B. (2018). Cacao—*Theobroma cacao*. In S. Rodrigues, E. de Oliveira Silva y E. S. de Brito (Eds.), *Exotic Fruits* (pp. 69-76): Academic Press.
- DOMÍNGUEZ, D. J. (2006). Optimización simultánea para la mejora continua y reducción de costos en procesos. *Ingeniería y Ciencia*(4), 145-162%V 142.
- FISCHER, P., y WINDHAB, E. J. (2011). Rheology of food materials. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 16(1), 36-40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2010.07.003>

- GIBSON, M., y NEWSHAM, P. (2018). Chapter 7 - Rheology *Food Science and the Culinary Arts* (pp. 89-103): Academic Press.
- LUZURIAGA, D. (2012). *Extracción y Aprovechamiento del mucílago de cacao (Theobroma cacao) como materia prima en la elaboración de vino*. Tesis de Ingeniería. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, Carrera de Ingeniería en Alimentos.
- MACEA, R. B., DE HOYOS, C. F., MONTES, Y. G., FUENTES, E. M., y RUIZ, J. I. R. (2015). Síntesis y propiedades de filmes basados en quitosano/lactosuero. *Polímeros*, 25(1), 58-69.
- ORTIZ-VALBUENA, K. L., y ÁLVAREZ-LEÓN, R. (2015). Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de cacao (theobroma cacao l.) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cacaotera, municipio de yaguará (huila, colombia). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 19, 65-84.
- PULIDO, H. G., DE LA VARA SALAZAR, R., GONZÁLEZ, P. G., MARTÍNEZ, C. T., y PÉREZ, M. D. C. T. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*: McGraw-Hill.
- RAYNER, R. (1995). FLUID MECHANICS PRINCIPLES. In R. Rayner (Ed.), *Pump Users Handbook (Fourth Edition)* (pp. 1-22). Amsterdam: Elsevier Science.
- SINGH, R. P., y HELDMAN, D. R. (2014). Chapter 2 - Fluid Flow in Food Processing. In R. P. Singh y D. R. Heldman (Eds.), *Introduction to Food Engineering (Fifth Edition)* (pp. 65-209). San Diego: Academic Press.

- STEFFE, J. F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*: Freeman press.
- TORO, Ó. J. S., BURITICÁ, M. C. O., y GARCÉS, A. L. B. (2004). Obtención de ácido cítrico a partir de suero de leche por fermentación con *Aspergillus spp.* *Revista Colombiana de Biotecnología*, 6(1), 43-54.
- VALLEJO, T. C. A., RAUL DÍAZ, O., WISTON MORALES, R., ROMÁN SORIA, V., JAIME FABIAN VERA, C., y CARLOS BAREN, C. (2016). Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea. *Revista Espamciencia*, Vol 7, Iss 1, Pp 51-58 (2016)(1), 51.
- VILLAGÓMEZ, G. (2013). *Optimización y aprovechamiento del residuo (exudado del mucílago) de la almendra fresca del cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51 en la elaboración de vinagre*. Tesis de grado. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería.
- YANCHAGUANO, L., y ISRAEL, H. (2011). *Elaboración de una bebida nutritiva a partir de la pulpa de maracuyá (Passiflora Incarnata), y suero láctico, en la planta procesadora de frutas y hortalizas de la Universidad Estatal de Bolívar*. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agroindustrial.
- YOUSEFI, A. R., EIVAZLOU, R., y RAZAVI, S. M. A. (2016). Steady shear flow behavior of sage seed gum affected by various salts and sugars: Time-independent properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91, 1018-1024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.06.046>

ZHONG, Q., y DAUBERT, C. R. (2013). Chapter 15 - Food Rheology. In M. Kutz (Ed.), *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering (Second Edition)* (pp. 403-426). San Diego: Academic Press.

VIII. ANEXOS

Anexo 1.

EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA BEBIDA

Fecha: **Nombre:**

Sírvase evaluar cada una de las características de calidad y aceptabilidad.
Marque con una X el atributo que mejor le parezca de cada muestra.

Características	Alternativas	Muestra				
		T1	T2	T3	T4	T5
COLOR	1. Oscuro					
	2. Claro					
	3. Transparente					
	4. Semi Transparente					
	5. Característico					
OLOR	1. A sobre fermentado					
	2. A fermentado					
	3. A suero					
	4. Aromático cacao					
	5. A chocolate					
SABOR	1. A suero					
	2. A agrio					
	3. Dulce					
	4. A afrutado					
	5. A chocolate					
ACEPTABILIDAD	1. Malo					
	2. Regular					
	3. Bueno					
	4. Muy bueno					
	5. Excelente					

Observaciones:

Fuente: (Modificado en base al trabajo de investigación YANCHAGUANO y ISRAEL, 2011)

Anexo 2.

Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Exudado : Lactosuero	3,26	4	0,815	0,51	0,7266
B:% Sacarosa	4,41	1	4,41	2,77	0,0993
INTERACCIONES					
AB	3,74	4	0,935	0,59	0,6721
RESIDUOS	143,1	90	1,59		
TOTAL (CORREGIDO)	154,51	99			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Análisis de Varianza para Olor - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Exudado : Lactosuero	0,74	4	0,185	0,32	0,8662
B:% Sacarosa	0,36	1	0,36	0,62	0,4346
INTERACCIONES					
AB	1,54	4	0,385	0,66	0,6223
RESIDUOS	52,6	90	0,584444		
TOTAL (CORREGIDO)	55,24	99			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Análisis de Varianza para Sabor - Suma de Cuadrados Tipo III

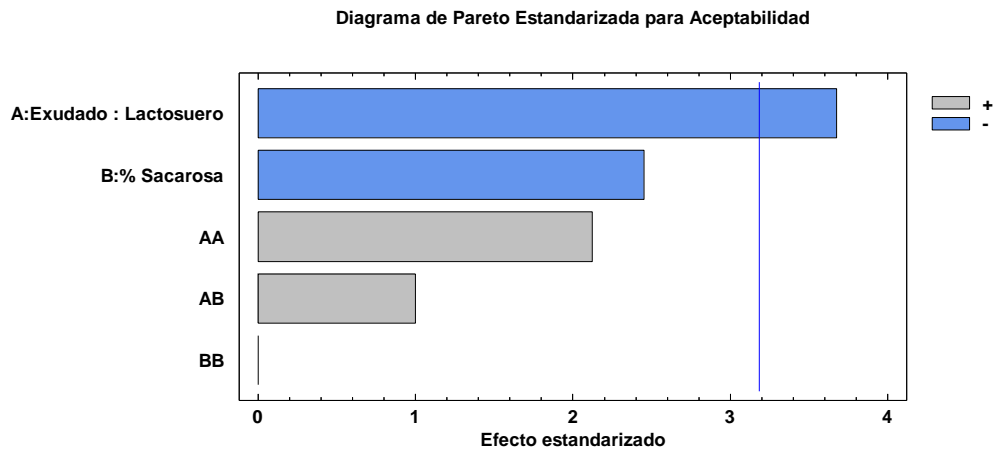
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Exudado : Lactosuero	3,04	4	0,76	0,90	0,4703
B:% Sacarosa	1,44	1	1,44	1,70	0,1961
INTERACCIONES					
AB	7,36	4	1,84	2,17	0,0790
RESIDUOS	76,4	90	0,848889		
TOTAL (CORREGIDO)	88,24	99			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Análisis de Varianza para Aceptabilidad - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Exudado : Lactosuero	2,16	4	0,54	0,84	0,5055
B:% Sacarosa	0,01	1	0,01	0,02	0,9012
INTERACCIONES					
AB	1,04	4	0,26	0,40	0,8062
RESIDUOS	58,1	90	0,645556		
TOTAL (CORREGIDO)	61,31	99			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual



Anexo 3. Optimización de múltiples respuestas

Datos/VARIABLES:

Color
Olor
Sabor
Aceptabilidad

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Respuesta</i>	<i>Observado</i>	<i>Observado</i>
Color	2,0	2,8
Olor	2,5	3,0
Sabor	2,4	3,5
Aceptabilidad	2,5	2,8

	<i>Deseabilidad</i>	<i>Deseabilidad</i>		<i>Pesos</i>	<i>Pesos</i>	
<i>Respuesta</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Meta</i>	<i>Primero</i>	<i>Segundo</i>	<i>Impacto</i>
Color	2,0	2,8	Maximizar	1,0		3,0
Olor	2,5	3,0	Maximizar	1,0		3,0
Sabor	2,4	3,5	Maximizar	1,0		3,0
Aceptabilidad	2,5	2,8	Maximizar	1,0		3,0

					<i>Deseabilidad</i>	<i>Deseabilidad</i>
<i>Fila</i>	<i>Color</i>	<i>Olor</i>	<i>Sabor</i>	<i>Aceptabilidad</i>	<i>Prevista</i>	<i>Observada</i>
1	2,4	2,5	2,6	2,8	0,0	0,0
2	2,1	2,8	2,7	2,7	0,295023	0,341723
3	2,2	3,0	2,7	2,6	0,358079	0,388273
4	2,5	2,6	3,05	2,75	0,498095	0,498095
5	2,45	2,75	2,55	2,6	0,336254	0,336254
6	2,1	2,8	2,65	2,6	0,27455	0,27455
7	2,6	2,7	3,5	2,7	0,657473	0,66874
8	2,8	2,7	2,4	2,5	0,316361	0,0
9	2,0	2,6	2,6	2,6	0,153307	0,0

Optimizar Deseabilidad

Valor óptimo = 0,657473

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Exudado : Suero Láctico	0,7	1,5	0,7
% Sacarosa	8,0	10,0	10,0

<i>Respuesta</i>	<i>Óptimo</i>
Color	2,71667
Olor	2,7
Sabor	3,38333
Aceptabilidad	2,675

Anexo 4.

Análisis de Varianza para k - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	0,00831611	3	0,00277204	13,61	0,0001
B:Temperatura	0,00189785	2	0,000948925	4,66	0,0267
INTERACCIONES					
AB	0,0059481	6	0,00099135	4,87	0,0060
RESIDUOS	0,00305444	15	0,00020363		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0206671	26			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para k por Días

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30	6	0,00146667	0,00582566	X
60	6	0,00165	0,00582566	X
90	6	0,00193333	0,00582566	X
0	9	0,0389111	0,00475663	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 30	*	0,0374444	0,0216872
0 - 60	*	0,0372611	0,0216872
0 - 90	*	0,0369778	0,0216872
30 - 60		-0,000183333	0,0237572
30 - 90		-0,000466667	0,0237572
60 - 90		-0,000283333	0,0237572

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para k por Temperatura

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
40	9	0,00341667	0,00483038	X
26	9	0,00667083	0,00483038	XX
10	9	0,0228833	0,00483038	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
10 - 26		0,0162125	0,0178191
10 - 40	*	0,0194667	0,0178191
26 - 40		0,00325417	0,0178191

* indica una diferencia significativa.

Análisis de Varianza para n - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	1,89572	3	0,631906	102,81	0,0000
B:Temperatura	0,346582	2	0,173291	28,19	0,0000
INTERACCIONES					
AB	0,154632	6	0,025772	4,19	0,0113
RESIDUOS	0,0921965	15	0,00614644		
TOTAL (CORREGIDO)	2,52901	26			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Pruebas de Múltiple Rangos para n por días

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0	9	1,1361	0,0261331	X
90	6	1,58962	0,0320063	X
60	6	1,71732	0,0320063	XX
30	6	1,74917	0,0320063	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 30	*	-0,613067	0,11915
0 - 60	*	-0,581217	0,11915
0 - 90	*	-0,453517	0,11915
30 - 60		0,03185	0,130523
30 - 90	*	0,15955	0,130523
60 - 90		0,1277	0,130523

* indica una diferencia significativa.

Pruebas de Múltiple Rangos para n por Temperatura

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
10	9	1,4293	0,0265383	X
26	9	1,51109	0,0265383	X
40	9	1,70376	0,0265383	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
10 - 26		-0,0817917	0,0978989
10 - 40	*	-0,274458	0,0978989
26 - 40	*	-0,192667	0,0978989

* indica una diferencia significativa.