

Diseño del Proceso de una Bebida Líquida a Base de Cereales Ecuatorianos: Soya y Cebada, como Complemento Alternativo en Dietas de Alto Gasto Energético

Luis Cazar Proaño, Alex Cobos Morán, Ing. Sandra Acosta Dávila
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción¹
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
lcazar@espol.edu.ec; alancobo@espol.edu.ec; sacosta@espol.edu.ec

Resumen

El presente artículo describe el desarrollo y diseño del proceso de una bebida líquida a base de leche de soya con pinol. El objetivo es utilizar un cereal ancestral autóctono de nuestro país como la cebada, la cual será combinada con la soya. La aplicación es la de ser un complemento alternativo a la alimentación diaria de personas que practiquen deportes de alto consumo energético. Basaremos nuestra investigación en pruebas y ensayos de los puntos más importantes del proceso de elaboración del producto:

- *Estudio del tratamiento térmico usando los métodos analíticos, con la finalidad de obtener la temperatura óptima para la eliminación del microorganismo termoresistente.*
- *Diseño experimental, se desarrollará el estudio de la solubilidad y estabilidad del pinol en la leche de soya, mediante los siguientes ensayos: saturación de la leche, temperatura de disolución, velocidad y tiempo de agitación y estabilidad natural.*
- *Evaluación del valor nutricional del producto, para su inserción dentro de la dieta diaria como un complemento para deportistas con un consumo energético de 4000 a 6000 calorías.*
- *Evaluación sensorial de la bebida, se realizará un panel de degustación de consumidores no entrenados con el perfil para el cual se desarrolla este producto.*

Palabras claves: *leche de soya, pinol, consumo energético, complemento alimentario*

Abstract

This paper describes the development and designing process of a liquid drink from soy milk and pinol. The main objective is to promote the use of an ancient grain native to Ecuador such as barley mixed with soy, which application will be as an alternative to the daily diet of people with a high energy consumption due to sport activities. This research is focused on tests and trials of the most important stages of the product development process.

- *Study of heat treatment using analytical methods in order to obtain the optimum temperature for the elimination of heat resistant microorganism.*
- *Designing of a pilot study of solubility and stability of Pinole in soy milk, though the following experiments: saturation of milk, dissolution temperature, stirring speed and time and natural stability.*
- *Assessment of the nutritional values of the product, to measure the proper insertion quantity into the daily diet as a supplement for athletes with an energy consumption from 4000 to 6000 calories.*
- *Organoleptic evaluation of product through tasting panel with untrained consumers who meet the profile for which this product is developed.*

Keywords: *soymilk, Pinol, energy consumption, food supplement.*

1. Introducción

En la actualidad una de las cosas más importantes por las que se tiene que preocupar un deportista y sus entrenadores al momento de la preparación para una competencia y durante toda su vida como deportista, es mantener una buena alimentación a base de los nutrientes necesarios para el deporte que practique.

La base de una buena alimentación ya sea para personas que no realizan deportes y los mismos deportistas es comer fuentes de energía como son los carbohidratos, las proteínas y las grasas, la diferencia radica en el enfoque de raciones que necesita cada uno, con lo correspondientes a los deportistas se enfocan directamente en los carbohidratos o en las proteínas, de ahí la necesidad de crear productos que sean complementos en sus dietas de preparación.

Este artículo describe el desarrollo de una bebida que puede ser usada como un complemento alimenticio en la dieta de preparación de los deportistas cuyo consumo energético está entre las 4000 a 6000 Kcal, usando como materia prima la leche de soya y el pinol, los cuales contienen un porcentaje elevado de proteínas y carbohidratos respectivamente, dando a lugar a una bebida rica en carbohidratos y proteínas que podrá aportar de una manera eficaz a las necesidades de los deportistas.

2. Generalidades

2.1. Objetivos

- Determinar por medio del uso de métodos analíticos, la temperatura y tiempo óptimo que será usado en el tratamiento térmico para la eliminación del microorganismo termoresistente.
- Caracterizar la solubilidad y estabilidad del pinol en la leche de soya.
- Obtener mediante evaluación sensorial, con pruebas hedónicas, la formulación de mayor agrado hacia el público.
- Evaluar el valor nutricional del producto, para su inserción dentro de la dieta diaria como un complemento alimentario para deportistas con un consumo energético entre 4000 y 6000 calorías.
- Disponer de un producto que sea accesible por su costo para el consumidor final.

2.2. Materias Primas

Pinol

La mezcla del pinol está hecha a base de harina de cebada o máchica como la conocen en la sierra del Ecuador; se adiciona panela y especias de dulce como la canela. [1]



Figura 1. Pinol

En cuanto a su valor nutricional el pinol presenta los siguientes valores:

Tabla 1. Valor nutricional del Pinol por cada 100 gramos

Calorías	370 Cal
Grasas Totales	1,3 g
Grasas saturadas	0 g
Colesterol	0 mg
Sodio	5 mg
Carbohidratos totales	85,5 mg
Fibra Dietética	1,5 g
Proteínas	3,9 g
Vitamina A	3%
Vitamina C	0%
Calcio	3%
Hierro	0,27%

Leche de Soya

La leche de soya básicamente es un extracto acuoso del grano de soya, una dispersión estable de las proteínas de soya en agua semejante en apariencia a la leche de vaca, la misma que puede ser obtenida mediante diversos métodos. [2]



Figura 2. Leche de Soya

Basado en el grano de soya su valor nutricional muestra lo siguiente:

Tabla 2. Composición química del grano de soya (Glycine Max)

NUTRIENTE	COMPOSICIÓN (%)
Humedad	8,60
Energía	413,00
Proteína	34,30
Grasa	18,70
Carbohidratos	31,60
Fibra cruda	3,80
Ceniza	5,10
Celulosa y Hemicelulosa	17,00

2.3 Formulación del producto.

Las formulaciones son desarrolladas mediante ensayos a nivel experimental para determinar las características de la mezcla óptima para la elaboración de la bebida.

2.3.1. Saturación de la Leche de soya a varias concentraciones de Pinol. En el estudio de saturación de la leche de soya se pone a prueba cuatro concentraciones de pinol (5%, 10%, 15%, 20% en 100 ml de leche de soya) para conocer hasta cuanto puede llegar la solución sin que esta se sobresature y no brinde un aspecto adecuado para su comercialización, como uno de los principales parámetros de control físico.

Con la ayuda de un viscosímetro para líquidos marca Brookfield, utilizando la aguja número 1, en un tiempo de un minuto se puede obtener las medidas de cada una de las concentraciones a tres diferentes velocidades:

Tabla 3. Análisis de Solubilidad de la Leche de soya con Pinol

% P/V	RPM	LECTURA	FACTOR	VISCOSIDAD (cP)
5%	20	2	5	10
	50	7	2	14
	100	19	1	19
10%	20	2	5	10
	50	8	2	16
	100	21,5	1	21,5
15%	20	2,5	5	12,5
	50	9,5	2	19
	100	25	1	25
20%	20	3,25	5	16,25
	50	11,75	2	23,5
	100	29	1	29

Obtenidos los resultados se observa que la muestra que contenía 5% de pinol disuelto tiene la menor viscosidad eso quiere decir que la misma tiene un comportamiento reológico parecido al de la leche entera (2.18 cP).

Durante el tiempo de reposo en la elaboración de las cuatro muestras se presenta el fenómeno de sinéresis lo que da el punto de partida al uso de aditivos para evitarla.

De aquí se parte para la formulación final de la bebida, al ser usado un 5% de pinol en 100 ml de leche de soya.

2.3.2. Fórmula Cuantitativa. Se desarrollan cuatro formulaciones en las cuales se variaba el porcentaje de Panela añadida de 5%, 10%, 15% y 20% debido a la falta de sabor de la bebida en un comienzo.

Tabla 4. Formulaciones experimentales de la bebida

Fórmula A (5% de Panela)

INGREDIENTES	PORCENTAJE POR INGREDIENTE	500 ml
Leche de Soya	90,67	497,08 g.
Panela	4,76	26,1 g.
Pinol	4,56	25 g.
	100,00	548,18

Fórmula B (10% de Panela)

INGREDIENTES	PORCENTAJE POR INGREDIENTE	500 ml
Leche de Soya	86,55	497,08 g.
Panela	9,09	52,21 g.
Pinol	4,35	25 g.
	100,00	574,29

Fórmula C (15% de Panela)

INGREDIENTES	PORCENTAJE POR INGREDIENTE	500 ml
Leche de Soya	82,79	497,08 g.
Panela	13,04	78,31 g.
Pinol	4,16	25 g.
	100,00	600,39

Fórmula D (20% de Panela)

INGREDIENTES	PORCENTAJE POR INGREDIENTE	500 ml
L. Soya	79,34	497,08 g.
Panela	16,66	104,42 g.
Pinol	3,99	25 g.
	100,00	626,50

2.3.3. Pruebas Físico – Químicas. Dentro de las pruebas Físico – Químicas se realiza al producto está el pH y la acidez para efectos de uso de aditivos que serán añadidos posteriormente.

En la medición del pH se ve el comportamiento de la bebida a diferentes concentraciones de Panela.

Tabla 5. Determinación de pH

FÓRMULA	pH 1	pH 2	pH 3	PROMEDIO
A (5%)	7,06	7,08	7,09	7,08
B (10%)	6,94	6,89	6,90	6,91
C (15%)	6,82	6,82	6,79	6,81
D (20%)	6,65	6,62	6,63	6,63

La Acidez titulable mide da la cantidad presente de ácido linoléico presente en las cuatro formulaciones de acuerdo al método NTE INEN 0013:84.

Tabla 6. Determinación de Acidez Titulable

FORMULA	ACIDEZ 1	ACIDEZ 2	ACIDEZ 3	PROMEDIO
A	0,116	0,113	0,115	0,115
B	0,124	0,120	0,123	0,122
C	0,130	0,128	0,128	0,129
D	0,142	0,139	0,141	0,141

2.3.4. Pruebas Microbiológicas. Bajo la norma NTE INEN 0017:73se realiza las pruebas microbiológicas para la determinación del recuento de aerobios mesófilos y recuento de mohos y levaduras para obtener una carga microbiana inicial.

Tabla 7. Resultados Microbiológicos

ENSAYO	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PROMEDIO
Recuento de Aerobios mesófilos	142	144	145	144 UFC/ml
Recuento de Coliformes totales	0	0	0	0 UFC/ml
Recuento de Mohos y Levaduras	121	125	125	120 UFC/ml

2.4. Pruebas Sensoriales.

Se prepara la prueba sensorial enfocada a que consumidor va dirigido el producto.

2.4.1. Elección del grupo focal y panel de degustación. Para la elección del grupo focal se toman en consideración las formulaciones las cuales poseen una alto contenido de carbohidratos y proteínas, es por esto que se escoge dentro del panel sensorial a 30

deportistas de élite los cuales presentan un consumo de energía de entre 4000 a 6000 calorías.

El objetivo de esta prueba es conocer el umbral de sabor de las cuatro diferentes formulaciones.

2.4.2. Pruebas de aceptación y rechazo. Durante la prueba se aplica una escala hedónica de 7 puntos en los cuales se evalúa el umbral de sabor de la 4 formulaciones (5%, 10%, 15%, 20% de panela) debidamente codificadas.

2.4.3. Resultados de las pruebas. Utilizando el software MINITAB 16 se obtienen los resultados de evaluación sensorial en la cual se analiza el resultado de las Muestras por medio del Modelo Factorial mostrado en la ecuación 1, para obtener de esta manera que muestra es rechaza o diferente que las otras.

Ec. 1

Usando la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% se puede concluir que la muestra diferente es aquella que contiene solo 5% de panela, es decir esta es la que de menor aceptación por los resultados dados en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados

MUESTRA	N	MEDIA	AGRUPACION
541 (15%)	30	5,4	A
318 (20%)	30	4,767	A
108 (10%)	30	4,767	A
205 (5%)	30	3,233	B

La figura 3 analiza la respuesta de los jueces en cuanto a la aceptación del producto donde se puede observar y concluir que entre las muestras de 10%, 15% y 20% de panela en cuanto al grado de dulzor, no difieren entre sí, pudiéndose así elegir cualquiera de las tres muestras para el desarrollo del producto.

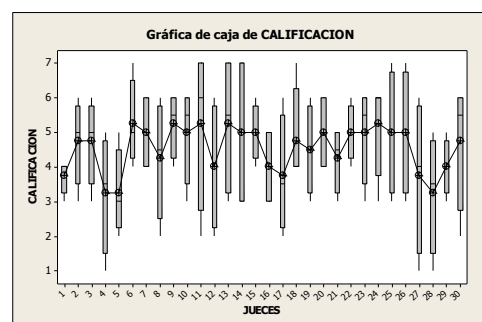


Figura 3. Gráfica de cajas de jueces

Es así que se elige la muestra de 15% de panela basados en la idea de brindar al consumidor un producto con un elevado valor nutricional.

3. Experimentación y ensayos.

En este capítulo se pone en evidencia el tratamiento térmico óptimo para la eliminación del microorganismo termoresistente que según las características químicas del producto puede desarrollarse, así también como los ensayos para la elección del aditivo necesario para la comercialización del producto.

3.1. Estudio de solubilidad y estabilidad del Pinol en la Leche de Soya.

Al querer obtener una buena mezcla y una buena disolución del Pinol en la Leche de soya, se requiere de ciertas condiciones de mezclado las cuales se presentan en la tabla 9, donde se muestra que para obtener una disolución completa se requiere de que el mezclador tenga 1600 RPM en un tiempo de 20 minutos y para motivos de una buen tratamiento térmico la agitación debe de ser e un tiempo constante a 70 RPM.

Tabla 9. Relación entre RPM y tiempo de agitación

ETAPA	RPM	t (min.)
Mezclado	1600	20
Pasteurización	70	constante

3.1.1. Estudio de Estabilidad. Realizado con el objetivo de resolver el fenómeno de Sinéresis que se define como la separación de fases que componen una suspensión o mezcla, en este caso por la diferencia de peso molecular del pinol frente a la leche de soya.

Es así como se realiza una prueba de aditivos, en este caso en particular la utilización de gomas (Carboximetilcelulosa “CMC” y Xanthan) las cuales con sus características de ligantes pueden resolver la sinéresis.



Figura 4. Prueba de aditivos CMC

Como se observa en la figura 4 el CMC no muestra características favorables para resolver la sinéresis por lo que queda descartado como aditivo para el producto.



Figura 5. Prueba de aditivos Goma Xanthan

Por su lado la Goma Xanthan muestra su buena calidad como ligante en el producto.

Cabe recalcar que las pruebas fueron realizada a igual concentración (0,08%, 0,09%, 0,1%) demostrando así también el buen desempeño de la goma Xanthan frente al CMC a baja concentración.

Se determina también el uso de preservantes para evitar problemas de contaminación con el producto, definiendo así el uso de benzoato de sodio (0,11 g/L) y se sorbato de potasio (0,09 g/L) para el control de bacterias y hongos.

La tabla 10 muestra la fórmula final del producto con la cual se realizar el tratamiento térmico y la posterior análisis nutricional.

Tabla 10. Fórmula final del producto

INGREDIENTES	%	Kg
Leche de Soya	82,6717	497,08
Panela	13,0241	78,31
Pinol	4,1579	25,00
Goma Xanthan	0,1297	0,78
Benzoato de Sodio	0,0091	0,06
Sorbato de Potasio	0,0075	0,05
	100,00	601,27

3.2. Tratamiento térmico

El tratamiento elegido fue la “pasteurización” idóneo para la destrucción térmica de microorganismos patógenos capaces de afectar a la salud del consumidor.

3.2.1. Estudio microbiológico: Determinación del microorganismo termoresistente. El estudio basado en la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 34031 para Leche de Soya natural fluida, en donde sus especificaciones microbiológicas consta el *Bacillus Cereus* como factor para inocuidad alimenticia dentro del consumo de leche de soya, siendo así este el mayor indicio para la adulteración microbiana del producto.

Otra de las características del *Bacillus Cereus* que llevaron a elegirlo como principal adulterante de la calidad de nuestro producto es, que posee gran capacidad para hacer de su habitat toda clase de granos, cereales o harinas que no haya recibido un eficiente proceso y manipulación, motivos suficientes para elegir como principal microorganismo a atacar durante el tratamiento térmico.

3.2.2. Estudio de penetración de calor por método de Stumbo. Los datos se obtienen bajo el procedimiento experimental utilizando un vaso de precipitación el cual contenía el producto colocado dentro de una olla llena de agua y un termómetro digital *Deltatrak 09F2* colocado en el punto más frío del producto, sacando así los datos iniciales del estudio.

Tabla 11. Datos de tiempo y temperatura obtenidos por el tratamiento térmico

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)	Temperatura (°F)
0	34,4	94
2	34,1	93
4	36,2	97
6	37,3	99
8	39,2	103
10	44,5	112
12	49,1	120
14	51,6	125
16	62,0	144
18	66,5	152
20	71,1	160
22	75,3	168
24	77,9	172
26	80,1	176
28	82,7	181
30	84,4	184
32	85,4	186
34	85,7	186
36	86,7	188
38	87,1	189
40	89,0	192
42	90,1	194
44	77,7	172
46	74,4	166
48	72,2	162
50	63,6	146
52	58,8	138
54	50,7	123
56	44,4	112
58	36,8	98
60	31,1	88

Una vez obtenidos los datos iniciales se dibujan las curvas de Calentamiento y Enfriamiento.

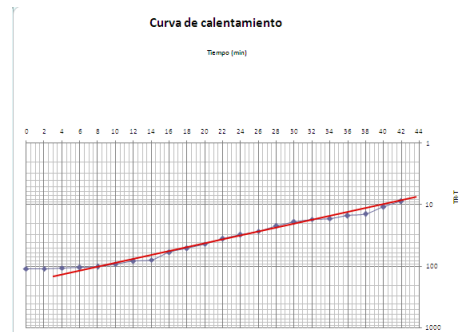


Figura 6. Curva de Calentamiento

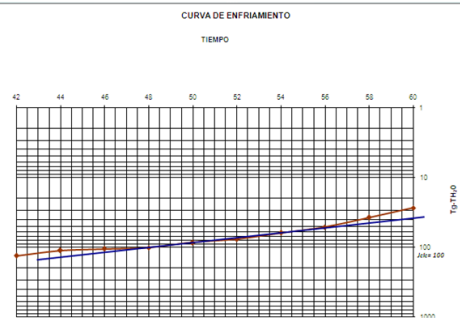


Figura 7. Curva de Enfriamiento

Las figuras 6 y 7 muestra en una escala logarítmica el proceso térmico al que fue sometido el producto y también su enfriamiento. Con estas curvas se espera obtener el tiempo de proceso para que el tratamiento térmico tenga un resultado óptimo eliminando así al *Bacillus cereus* principal causante de deterioro del producto en estudio.

Ec. 2

La ecuación 2 es la fórmula a utilizar para determinar el tiempo de proceso, el cual según el estudio realizado es de 25 minutos.

4. Estudio Nutricional

El estudio nutricional da a conocer que beneficiosa es el producto para ser utilizado como complemento alimenticio para deportistas de élite con un gasto energético de 4000 a 6000 Kcal. La tabla 11 muestra el resultado del estudio nutricional y los valores que se necesita en una dieta para que el producto actúe como complemento alimenticio.

La bebida de leche de soya con pinol contiene una cantidad de energía que proveerá de 280 Kcal por cada 300 ml, aportando los mismo valores calóricos que consumir lomo de cerdo y costillas de cerdo, mortadela, pavo, pan de centeno, pan de trigo, porciones de queso, higos, atún en aceite vegetal. [4]

En cuanto al consumo de carbohidratos la cantidad recomendada para la ingesta del deportista se sitúa entre 4,5- 6 g/kg de peso, conformando entre 55 - 70% del total de calorías ingeridas, pudiéndose alcanzar hasta el 65-75% cuando el esfuerzo es muy intenso, por lo que la bebida de leche de pinol aporta con un 18% lo que corresponde casi a la tercera parte del máximo de carbohidratos presentes en la dieta actuando así como complemento. [4]

En cuanto al consumo de proteínas en deportes de resistencia, la ingesta recomendada es de 1 - 1,4 gr/kg/día. En ejercicios de fuerza, 1,4-1,8 gr/kg/día. Un consumo del 15% de las calorías totales como proteínas es suficiente para la mayor parte de los atletas de fuerza. Debido a que el porcentaje de proteínas en la leche de soja con pinol es del 14% puede ser reconocido también como un complemento alimenticio. [4]

Tabla 11. Tabla nutricional de la Leche de soja con Pinol

Factores nutricionales			
Contenido de envase:			300 ml
Porciones por Envase:			1
Tamaño por Porción:			300 ml
<hr/>			
Cantidad por Porción			
Energía (Calorías):	1190 Kj (280 Kcal)		
Energía de grasa (Calorías de Grasa):	150 Kj (35 Kcal)		
<hr/>			
			% Valor Diario
Grasa Total,	4 g		6%
Carbohidratos,	53 g		18%
Azúcar,	40 g		
Proteínas,	7 g		14%
Calcio	0%	Hierro	22%
Vitamina A	0%		
<hr/>			
Los porcentajes de valor Diario están basados sobre dietas de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser más bajos dependiendo sobre sus necesidades calóricas.			
	Calorías	2.000	2.500
	Menos		
Grasa Total	que	65 g.	80 g.
	Menos		
Grasa Sat.	que	20 g.	25 g.
	Menos		300
Colesterol	que	300 mg.	mg.
	Menos	2400	2400
Sodio	que	mg.	mg.
Carbohidratos			
Totales		300 g.	375 g.
Fibra dietética		25 mg.	30 g.

5. Diseño de Proceso

Como último paso se muestra el diagrama de flujo a seguir para la industrialización del producto y es así como se daría la elaboración de la misma cumpliendo con todos los estudios realizados y óptimos para brindar al consumidor un producto de buena calidad y con un alto enfoque nutricional.

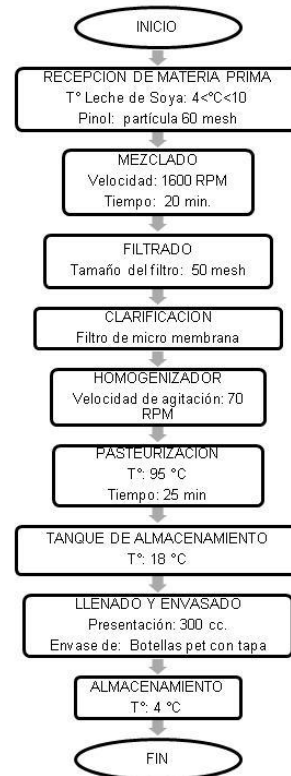


Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de Leche de Soja con Pinol

6. Conclusiones

La bebida desarrollada es un complemento alimenticio para los deportistas con elevada actividad física. Esta bebida, puede ser usado como un alimento de preparación para ser consumido dos o tres horas antes de la competencia, debido al aporte nutricional en especial de energía que contiene.

La viscosidad del producto de 10 cP presenta que la bebida sea de características fluida lo que es de agrado a los consumidores.

Las pruebas sensoriales mostraron que no existen diferencias significativas entre 3 de las 4 fórmulas propuestas los que tienen diferentes porcentajes de panela 10%, 15%, 20%. Se consideró la fórmula con 15% de panela por representar un nivel nutricional mayor como fuente calórica para el mercado definido, sobre la fórmula con 10% de panela, la cual representaría un menor costo de materia prima.

Una vez mezclado el producto se separa rápidamente (sinéresis), por lo que se realizaron pruebas con goma xantán y CMC en concentraciones de 0.08, 0.09 y 0.1 g/ml para ambos aditivos. Las pruebas experimentales conllevaron a obtener mejores resultados con goma xantán en proporción de 0.09 g/ml evitando de esta forma este defecto de calidad.

Los resultados analíticos y experimentales del tratamiento térmico son de 25 minutos tiempo de proceso a una temperatura de 95°C. Estos resultados aseguran que el producto está libre de microorganismos capaces de alterar el tiempo de vida útil haciéndolo apto para el consumo humano.

La bebida desarrollada complementa nutricionalmente al deportista de elite quien demanda de una bebida altamente calórica antes de su esfuerzo. La bebida leche de soya con pinol aporta con energía (1190 Kj), carbohidratos (18%) y proteínas (14%).

7. Agradecimientos

Ante todo le agradezco a Dios por darme la vida, la familia que tengo y los amigos que me han acompañado en todo este camino. A mis padres que siempre han confiado, confían y confiarán en mí, ellos han sido los que me han guiado en este camino, a mi hermanas por siempre darme cariño, y aunque siempre discutamos ellas saben que las quiero con todo el corazón, a mi primo el cual es mi hermano mayor por estar ahí cuando lo he necesitado, y a mis amigos los cuales me han enseñado que en la U se puede hacer una amistad tan sólida como la del colegio, en especial a los “Par Bielas”, todos y cada uno de ellos me enseñaron a ser un líder, a ellos le agradezco mucho lo que soy ahora. A la MSc. Sandra Acosta y a la Msc. Priscila Castillo por guiarme en la realización de esta tesis, a más de ser unas excelentes catedráticas, las considero mis amigas y le agradezco mucho las enseñanzas dictadas.

Luis Fernando Cazar Proaño

Al Señor mi Dios que iluminó mi camino durante todo mi carrera, a la MSc. Sandra Acosta por su entrega al guiarme durante todo el proyecto, a la MSc. Priscila Castillo por su apoyo constante y preocupación durante este proceso, a mi amigo y compañero de proyecto por creer en mis conocimientos durante toda la vida universitaria, a mi grupo de amigos los “Par Bielas” a los cuales considero también de mi familia y de mi vida, y en especial a Samuel Sánchez quien fue de gran ayuda siempre, finalmente a mis padres y familia por estar presente en cada momento en cada lugar y yo sé que lo seguirán estando siempre.

Alex Antonio Cobos Morán

6. Referencias

- [1] Culturas populares, disponible en internet: <http://www.culturaspopulareseindigenas.gob.mx/index.php/cocina-popular-de-temporada/371-pinole.html>
- [2] TETRA PAK, The Soya Handbook, 2005
- [3] Disponible en www.bvsops.org.uy/pdf/cereus.pdf
- [4] Nutrición y ejercicios, disponible en internet: <http://www.cignasalud.es/tu-salud-al-dia/articulos/alimentacion/nutricion-y-ejercicio>