



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Efecto del riego con una solución orgánica (abono de ovino y nejayote) en plantas de alfalfa (*Medicago sativa*) para su encapsulación y aplicación en una bebida funcional

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS**

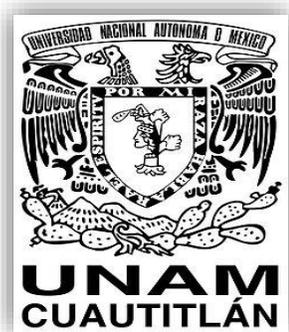
PRESENTA:

Del Carmen Cortez Karen

ASESORAS:

Dra. María Elena Pahua Ramos

Dra. María del Carmen Valderrama Bravo



Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Efecto del riego con una solución orgánica (abono de ovino y nejayote) en plantas de alfalfa (*Medicago sativa*) para su encapsulación y aplicación en una bebida funcional.

Que presenta la pasante: **Karen Del Carmen Cortez**

Con número de cuenta: **412064678** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 30 de Noviembre de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.A. Laura Margarita Cortazar Figueroa	
VOCAL	M. en C. Ana María Martínez García	
SECRETARIO	Dra. María Elena Pahuá Ramos	
1er. SUPLENTE	I.A. Patricia Muñoz Aguilar	
2do. SUPLENTE	I.Q. Daniel Mauricio Vicuña Gómez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/cga*

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Dios gracias por darme la vida y permitirme terminar una etapa más, agradezco por la familia y amigos que me ha dado, por todo lo maravilloso que nos ha regalado y por ser la persona que soy.

Papi y Mami gracias por ser los padres maravillosos que son, a ustedes que sin duda alguna siempre estuvieron ahí para apoyarme, que con su esfuerzo, amor y cariño hicieron que lograra terminar mi carrera profesional que constituye el legado más importante que pudiera recibir por lo cual estaré eternamente agradecida. Los amo.

Hermanos y hermanas, Roció, Sujey, Erika, Fernando, Lourdes, Carlos, Nancy, Laura y Fidel, gracias por su apoyo incondicional, por ser la base de mi carrera, por darme consejos que hicieron de mí mejor persona y por los sobrinos tan hermosos que me han dado y que seguramente vendrán.

Carlos, Fernando, Diego, Aldo, Dylan, Ángel y Oscar, queridos sobrinos, gracias por su alegría, por sus divertidas ocurrencias que hacen de mi vida muy feliz.

Alejandra, Juan y Oscar, gracias por formar parte de esta gran familia, por ser unos grandes seres humanos con mis sobrinos.

Tío Paquito, gracias por todo, por ser un apoyo para todos nosotros, que con tu ejemplo hiciste de nosotros unos grandes seres humanos, siempre estarás en mi corazón.

Dra. María Elena Pahua y Dra. María Del Carmen Valderrama, les agradezco por su dirección y paciencia para culminar esta etapa de mi vida, gracias a todos los profesores que formaron parte de mi carrera profesional.

Amigas Nina, Damaris, Alejandra L., Alejandra R., Julio, Sam y a todas aquellas personas que me apoyaron, gracias por motivarme a titularme, por sus consejos, por todos los momentos que hemos pasado juntas en esta etapa.

Karen Del Carmen Cortez

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
RESUMEN	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Generalidades de nejayote	3
1.1.1 Composición química de nejayote	3
1.1.2 Propiedades fisicoquímicas de nejayote	4
1.1.3 Principales aplicaciones de nejayote en alimentos	5
1.1.4 Aplicación de nejayote en suelos ácidos	6
1.2 Generalidades de estiércol de ovino	7
1.2.1 Composición química de estiércol de ovino	8
1.2.2 Efectos físicos sobre el suelo	10
1.2.3 Efectos químicos sobre el suelo	10
1.2.4 Efectos biológicos sobre el suelo	11
1.2.5 Efectos en la inhibición de patógenos del suelo	11
1.3 Generalidades de alfalfa	13
1.3.1 Factores de crecimiento	13
1.3.1.1 Requerimientos climáticos y edáficos	15
1.3.1.2 Requerimientos de agua	16
1.3.1.3 Suelos	16
1.3.2 Composición química de alfalfa	16
1.3.3 Valor nutritivo	17
1.3.4 Beneficios a la salud	18
1.4 Encapsulación	20
1.4.1 Objetivos de encapsulación	20
1.4.2 Métodos de encapsulación	20
1.4.3 Material de recubrimiento	21
1.4.4 Alginato en alimentos	22
1.4.4.1 Mecanismos de gelificación con alginato	23
1.4.4.1.1 Gelificación externa	23
1.4.4.1.2 Gelificación interna	24
1.4.5 Mecanismo de liberación de centro activo	25
1.5 Alimentos funcionales	27
1.5.1 Bebida funcional	27
1.6 Base de bebida funcional	29
1.6.1 Composición química	29
1.6.2 Valor nutricional	29
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	31
2.1 Problema	31
2.1.1 Justificación	31
2.2 Objetivo general	32
2.3 Objetivos particulares	32

2.3.1 Objetivo particular 1	32
2.3.2 Objetivo particular 2	32
2.3.3 Objetivo particular 3	32
2.4 Cuadro metodológico	33
2.4.1 Descripción de cuadro metodológico	34
Actividad 1.1 Siembra de alfalfa	34
1.1.1 Preparación de terreno	34
1.1.2 Siembra	36
Actividad 1.2 Aplicación de tratamiento	37
Actividad 1.3 Cosecha de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	39
Actividad 1.4 pH suelos	39
Actividad 1.5 Secado de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	39
Actividad 2.1 Análisis químico proximal de alfalfa	40
2.1.1 Humedad (Termobalanza)	40
2.1.2 Cenizas (Klem)	40
2.1.3 Proteínas (Microkjeldahl)	41
2.1.4 Fibra (Weende)	42
2.1.5 Lípidos (Soxhlet)	42
2.1.6 Contenido de calcio (Espectroscopía de absorción atómica)	43
Actividad 2.3 Formulación y elaboración de bebida funcional	43
2.3.1 Formulación	43
2.3.2 Diagrama de bloques de bebida tipo funcional	44
2.3.3 Elaboración de bebida funcional	45
Actividad 3.1 Análisis químico proximal de la bebida funcional	46
3.1.1 Carbohidratos (Lane y Eynon)	46
Actividad 3.2 Análisis fisicoquímicos de la bebida funcional	47
3.2.1 Acidez total	47
3.2.2 Determinación de aw	47
3.2.3 Determinación de ph	48
3.2.4 Determinación de °brix	48
Actividad 3.3 Calidad sanitaria	48
3.3.1 Mohos y levaduras	48
3.3.2 Coliformes totales	49
3.3.3 Mesófilos aerobios	49
Actividad 3.4 Evaluación sensorial	50
3.4.1 Prueba de aceptación	50
3.4.2 Prueba sensorial afectiva	50
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
3.1 Rendimiento de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	53
3.2 Resultados de análisis químicos proximales de alfalfa	54
3.2.1 Humedad	54
3.2.2 Cenizas	56
3.2.3 Contenido de calcio	57
3.2.4 Proteínas	59
3.2.5 Fibra	60
3.2.6 Lípidos	62
3.2.7 pH suelos	63

3.3 Selección de la materia prima	63
3.4 Resultados de análisis químicos proximales de bebida funcional	64
3.5 Resultados fisicoquímicos de la bebida tipo funcional	64
3.6 Resultados de la evaluación de la calidad sanitaria	65
3.6.1 Resultados de la evaluación sanitaria de los tratamientos seleccionados	65
3.6.2 Resultados de la evaluación sanitaria de las bebidas funcionales	67
3.7 Resultados del análisis sensorial	68
3.7.1 Prueba de aceptación	68
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
GLOSARIO	81

Índice de Tablas

Tabla	pág.
Tabla 1.- Composición química de nejayote y sus sólidos	4
Tabla 2.- Propiedades fisicoquímicas aproximada de nejayote	4
Tabla 3.- Producción anual de estiércol de ovino en México	7
Tabla 4.- Composición agroquímica de estiércol de oveja o cabra	9
Tabla 5.- Composición proximal de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), en base húmeda y base seca	17
Tabla 6.- Valor nutricional de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	18
Tabla 7.- Formas de consumo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) para beneficios al ser humano	19
Tabla 8.- Tipos de materiales de recubrimiento	22
Tabla 9.- Clasificación general de bebidas funcionales	28
Tabla 10.- Composición química de la base de la bebida funcional (xoconostle, piña y naranja)	29
Tabla 11.- Valor nutricional de la base de la bebida funcional (xoconostle, piña y naranja)	30
Tabla 12.- Nomenclatura y concentraciones de los tratamientos	37
Tabla 13.- Formulación de la bebida tipo funcional	43
Tabla 14.- Resultados de rendimiento de los tratamientos evaluados en dos etapas	52
Tabla 15.- Resultados de composición química de los tratamientos	52
Tabla 16.- Composición química de las bebidas funcionales de xoconostle, piña, naranja y cápsulas de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	64
Tabla 17.- Propiedades fisicoquímicas de las bebidas funcionales de xoconostle, piña, naranja y cápsulas de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	65
Tabla 18.- Resultados de coliformes totales (24, 48, 72hrs.) de los tratamientos seleccionados de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	66
Tabla 19.- Resultados de mesófilos aerobios (24, 48, 72hrs.) de los tratamientos seleccionados de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	66
Tabla 20.- Resultados de mohos y levaduras (24, 48, 72hrs.) de los tratamientos seleccionadas de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	67
Tabla 21.- Especificaciones microbiológicas que deben cumplir las bebidas para consumo humano	68

Índice de Figuras

Figura	pág.
Figura 1.- Características de crecimiento de la planta de alfalfa	14
Figura 2.- Mecanismos de reserva de la planta de alfalfa	15
Figura 3.- Mecanismo de gelificación iónica	25
Figura 4.- Eliminación de maleza	34
Figura 5.- Allanado del terreno	34
Figura 6.- Esquema de la preparación de terreno	35
Figura 7.- Parcelas divididas	36
Figura 9.- Sembrado de semillas alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) en el terreno preparado	36
Figura 8.- Pruebas de germinación de semillas de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	36
Figura 12.- Riego con la solución orgánica en las parcelas	38
Figura 11.- Preparación de la solución orgánica	38
Figura 10.- Esquema de riego de los tratamientos	38
Figura 13.- Cosecha de la alfalfa	39
Figura 14.- Secado de la alfalfa a peso constante	39
Figura 15.- Prueba de evaluación sensorial de las bebidas funcionales	51
Figura 16.- Gráfica de resultados de rendimiento de los tratamientos	54
Figura 17.- Gráfica de resultados de humedad de los tratamientos	55
Figura 18.- Gráfica de resultados de cenizas de los tratamientos	57
Figura 19.- Gráfica de resultados de contenido de calcio	58
Figura 20.- Gráfica de resultados de proteínas de los tratamientos	60
Figura 21.- Gráfica de resultados de fibra de los tratamientos	61
Figura 22.- Gráfica de resultados de lípidos de los tratamientos	62
Figura 23.- Valores de ph de los suelos	63
Figura 24.- Prueba de análisis sensorial de la bebida tipo funcional	69
Figura 25.- Gráfica de prueba de aceptación de las bebidas tipo funcional	69
Figura 26.- Gráfica de evaluación sensorial afectiva de las bebidas tipo funcional	71
Figura 27.- Gráfica de barras de evaluación sensorial	72

RESUMEN

El nejayote es un residuo con alto contenido de materia orgánica, y al igual que el abono de ovino ayudan a mejorar las características del suelo y el rendimiento en plantas forrajeras como la alfalfa. El objetivo de este trabajo es proveer un panorama sobre la aplicación del nejayote y abono de ovino en cultivos agrícolas mediante la recuperación de componentes con un alto valor agregado. Se estudió el efecto del riego de una solución orgánica compuesta por nejayote junto con el abono de ovino en el rendimiento de plantas de alfalfa (*Medicago Sativa*) en dos suelos, uno con y sin abono de ovino. El riego se realizó en dos etapas durante ocho semanas utilizando un diseño factorial diferencial con dos bloques aleatorios y cuatro réplicas. En el primer bloque (suelo con abono) de un solo factor se regó con 2 concentraciones de nejayote TA (Testigo abono), N1 (30agua:30nejayote) y N2 (40agua:20nejayote). En el segundo bloque (suelo sin abono) se regó con 4 mezclas de nejayote-abono; N1-T1 (20agua:20nejayote:600abono de ovino), N2-T2 (25agua:15nejayote:900abono de ovino), N1-T2 (20agua:20nejayote:900abono de ovino) y N2-T1 (25agua:15nejayote:600abono de ovino); la segunda etapa del riego se realizó con agua. La variable de respuesta fue el rendimiento de la planta, contenido de calcio, composición química; se seleccionó a dos tipos de tratamientos con la finalidad de encapsularlo mediante el mecanismo de gelificación externa con alginato de sodio y la aplicación en una bebida funcional a base de jugo de piña, xoconostle y naranja. Se determinó su composición química, propiedades fisicoquímicas, así como la evaluación de su calidad sanitaria mediante un análisis microbiológico. Finalmente se realizó una evaluación sensorial. Se seleccionó a N2 y N2-T1 de la segunda etapa debido al mayor rendimiento obtenido (1517.2 g y 1536.3 g), a su humedad media de los tratamientos entre 5.6-5.8%, a su alto valor de cenizas, destacando al tratamiento N2-T1 con valor de 16%, y, por lo tanto, a su alto porcentaje de calcio. Su composición química resultó que la bebida 2 (N2-T1) presentó un mayor porcentaje en los componentes de ceniza y fibra que la bebida 1 (N2), en cuanto a los carbohidratos ambas bebidas contienen la misma cantidad de azúcares totales. Las evaluaciones sanitarias de ambas bebidas resultaron con 0 UFC/mL por lo tanto garantiza la eficiencia de los procesos de sanitización y desinfección, así como la calidad e inocuidad sanitaria de ambas bebidas. Finalmente, la bebida 1 (N2) tuvo mayor aceptación entre los consumidores.

INTRODUCCIÓN

El nejayote es un subproducto de la elaboración de masa de maíz para tortilla, que contiene pericarpio, proteínas, almidón, calcio, germen, entre otros, el cual se considera un efluente dañino para el ambiente debido a su alcalinidad y a su alta demanda bioquímica de oxígeno (Paredes, 2000). Recientemente se han hecho investigaciones acerca de su utilidad, como un aditivo en la industria alimentaria, debido a que contiene fibra dietética, compuestos de calcio y fitoquímicos que ejercen beneficios para la salud (Mora-Rochín *et al.*, 2010). Valderrama-Bravo *et al.*, (2012) realizaron una serie de filtraciones del nejayote, con la finalidad de obtener un filtrado con altas concentraciones de calcio que, con un tratamiento adecuado, podría ser empleado para inmersión en frutas y hortalizas frescas para alargar su vida útil.

La alfalfa es un forraje importante debido a su valor nutricional y a su rentabilidad por lo que se generan miles de toneladas anualmente (SAGARPA, 2016). Para el crecimiento de la alfalfa es importante la cantidad de agua aplicada que depende de la capacidad de retención de agua por el suelo, de la eficiencia del sistema de riego y de la profundidad de las raíces. La evaluación del riego resulta esencial para determinar el grado de eficiencia, si el aporte de agua está por encima de las necesidades de la alfalfa disminuye la eficiencia de la utilización del agua disponible. También se aplican productos orgánicos de origen animal en diferentes grados de descomposición, cuya finalidad es la mejora de la fertilidad y de las condiciones físicas del suelo, así como también aportan minerales que son de suma importancia ya que son esenciales para el crecimiento y la nodulación para ello (SAGARPA, 2016). El abono de ovino es uno de los mejores residuos agrícolas para compostar ya que son muy ricos en nitrógeno y sirven como inoculantes microbianos. Además, se cree que, junto con los encalados, contribuyen a la cantidad de iones de calcio en el suelo disponibles para la planta y reducen la absorción de aluminio y manganeso que son tóxicos para la alfalfa.

Por ser altamente nutritivo la alfalfa se puede aplicar como alimento funcional aportando vitaminas, minerales y fibra beneficiando la salud del ser humano.

Los alimentos funcionales son productos que poseen componentes fisiológicos que complementan su aporte nutricional y que representan un beneficio extra, los que, bajo

ciertas condiciones de ingesta, influirían positivamente en una o más funciones del cuerpo, mejorando el estado de salud, y/o reduciendo el riesgo de enfermedades (FAO, 2005).

La encapsulación de aditivos para la industria de alimentos es un factor de competitividad entre industrias ya que permite ofrecer al consumidor un producto con mejores cualidades organolépticas y funcionales, permitiendo resolver problemas de conservación de productos alimenticios (Barbosa, 2000).

Con base en lo anterior se propuso en este proyecto, reutilizar un subproducto de la nixtamalización llamado nejayote junto con el abono de ovino para evaluar el efecto que tiene sobre plantas de alfalfa (*Medicago Sativa*), para posteriormente encapsularla y aplicarlo a una bebida funcional que contenga un alto contenido de calcio para beneficio del ser humano.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades de nejayote

Nejayote es una palabra náhuatl que significa “caldo de cenizas de cal”, que es empleado durante la cocción del maíz, contiene residuos del propio maíz, así como restos de la cal suspendida y disuelta (Velasco *et al.*, 1997).

El nejayote tiene altas concentraciones de materia orgánica en suspensión y en solución 20-30 g/L, debido a la lixiviación ocurrida en el proceso de cocción. El material soluble está formado por hidrolizados de los carbohidratos del grano de maíz, sales de calcio y sales de ácidos fenólicos (Rosentrater, 2002; Asaff *et al.*, 2008), mientras que la materia insoluble corresponde a los residuos del tejido del pericarpio del maíz (Rosentrater, 2002).

Debido a la utilización de hidróxido de calcio en el proceso el pH está cerca del límite máximo de la alcalinidad (10 a 14) por lo que es un efluente industrial contaminante y por los sólidos que están constituidos principalmente en su mayor parte por carbohidratos (Paredes, 2000).

El nejayote es considerado un desecho altamente contaminante desde el punto de vista ambiental debido a su elevada carga inorgánica y orgánica que genera demandas bioquímicas de oxígeno de 7,000 a 10,000 mg O₂/L, cuando las normas ambientales (NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1996) señalan un límite máximo de descarga de 200 mg O₂/L (Reyes *et al.*, 2013). Basándose en la relación que se emplea de agua y maíz es de tres veces partes de agua por una de maíz (3:1), se estima que una tonelada de maíz genera entre 2.8 y 3.3 m³ de nejayote. Calculando que una planta con una capacidad de 600 ton de maíz/día genera entre 1500 y 2000 m³ de nejayote. Consecuentemente considerando que el grano de maíz absorbe del 14 al 48% del agua utilizada durante el proceso de la nixtamalización, el volumen estimado de nejayote que se produce en México es de 1.2 millones de m³/día (Valderrama-Bravo *et al.*, 2012).

1.1.1 Composición química de nejayote

La composición del nejayote tiene rangos de variación amplios ya que se ve afectada por diferentes variables como: tipo de maíz, dureza del endospermo, calidad del grano, tipo y concentración de cal, tiempo y temperatura de cocimiento y remojo, manejo del maíz durante su lavado y transporte, equipo y prácticas de proceso (Rosentrater, 2006).

La composición aproximada del nejayote se presenta en la Tabla 1 donde cabe destacar que tiene un alto contenido carbohidratos de los cuales son polisacáridos no amiláceos.

Tabla 1.- Composición química de nejayote y sus sólidos

Componente	Nejayote (%)	Sólidos secos
Humedad	97.8	7.04
Proteína	7.42	5.11
Fibra cruda	22.77	19.29
Grasa	1.48	0.81
Carbohidratos	55.67	52.45
Cenizas	12.66	23.15
Calcio	13.13	13.06
Fósforo	-	1.94

Fuente: Velasco-Martínez *et al.*, 1997.

1.1.2 Propiedades fisicoquímicas de nejayote

En la Tabla 2 se presenta las propiedades fisicoquímicas de nejayote donde cabe destacar que tiene un alto contenido de calcio (1,526.21 mg·L⁻¹) y contenido total de sólidos.

Tabla 2.- Propiedades fisicoquímicas aproximada de nejayote

Contenido total de sólidos (g·L ⁻¹)	11.68
Sólidos solubles totales (°Brix)	1.53
Carbón orgánico total (mg·L ⁻¹)	2,984.10
Demanda química de oxígeno (mg·L ⁻¹)	25,000 – 30,000
Polifenoles totales (mg ácido gálico·L ⁻¹)	1,190
pH	12 – 14
Densidad (kg·m ⁻³)	1,003.54
Viscosidad (Pa·s)	0.002301
Nitrógeno libre (ppm)	200 – 300
Calcio (mg·L ⁻¹)	1,526.21

Fuente: Díaz-Montes *et al.*, 2016.

Debido a sus propiedades fisicoquímicas del nejayote se ha intentado darle alguna aplicación al extracto. Los usos que se le han dado están encaminados a la recuperación de componentes de valor agregado alto (González *et al.*, 2003; Niño- Medina *et al.*, 2007; Paz-Samaniego *et al.*, 2015), como fuente de enriquecimiento para alimentos funcionales

(Acosta-Estrada *et al.*, 2014) o como medio de cultivo para crecimiento de bacterias (Blanco- Gámez *et al.*,2008).

1.1.3 Principales aplicaciones de nejayote en alimentos

La intención de usar el nejayote se reporta desde hace más de dos décadas. Recientemente han realizado esfuerzos enfocados a la extracción de arabinosilanos ferulados a partir de este subproducto. Los arabinosilanos ferulados forman soluciones viscosas y pueden formar geles bajo la acción de ciertos agentes oxidantes. Además, presentan características físico-químicas determinantes para su capacidad gelificante. Los geles de arabinosilanos han despertado un gran interés debido a que presentan características interesantes como: olor y sabor neutro; estabilidad al pH, a los cambios de temperatura y de concentración de electrolitos; así como una estructura macroporosa. Estas características les confieren aplicación potencial como matrices para la liberación controlada de biomoléculas en aplicaciones alimentarias (Morales *et al.*, 2013).

Acosta-Estrada *et al.*, (2014) emplearon los sólidos contenidos en el efluente (11.68 g·L⁻¹) y gluten de trigo (relación 4:1) para elaborar productos de panificación. Los autores observaron que las características sensoriales y nutritivas mejoraron en comparación con el pan sin aditivo. Lo anterior sugiere que los sólidos del nejayote pueden incorporarse al pan sin afectar su aceptabilidad y añadiendo una fuente importante de fibra dietética, calcio y antioxidantes. En este sentido, es relevante el uso de los sólidos como aditivo en la industria alimentaria; no sólo en la panificación, sino en productos que deseen elevar su contenido en fibra.

Una de las aplicaciones comerciales más importantes de este líquido residual es como precursor en la producción a escala industrial de vainillina (extracto puro de la vaina de vainilla), un saborizante ampliamente utilizado y de alto valor comercial, ya que contiene abundantes cantidades de ácido ferúlico, el cual posee muchas funciones fisiológicas como combatir la oxidación, los agentes microbianos, la inflamación, la producción de coágulos e incluso las células cancerígenas (Retes-Mantilla *et al.*,2015).

La nixtamalización es un proceso importante debido a que hay un incremento de calcio en personas que consumen productos derivados de él. Valderrama-Bravo *et al.*, (2015),

evaluaron las propiedades químicas, viscoelásticas y texturales de la masa nixtamalizada con la adición de nejayote y sólidos de nejayote, obteniendo un incremento en el contenido de cenizas y calcio.

1.1.6 Aplicación de nejayote en suelos ácidos

Actualmente en el 2016 se hizo la revalorización de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicación a suelos agrícolas, entre estos se encuentra el nejayote que tiene potencial de uso como un mejorador de suelos ácidos. El manejo de los suelos ácidos requiere de la aplicación de mejoradores de las condiciones químicas, como la cal. El alto contenido de calcio favorece el incremento del valor de pH del suelo y esto afecta favorablemente la fertilidad y productividad de los suelos (Rosas-Calleja *et al.*, 2016).

1.2 Generalidades de estiércol de ovino

El empleo de estiércol en la agricultura apoya el incremento de los rendimientos en los cultivos por las siguientes razones (SAGARPA, 2016):

- Aportan todos los elementos esenciales que requieren los cultivos.
- Tienen un efecto residual mayor que el de los fertilizantes químicos.
- Liberan nutrimentos en forma gradual que favorecen su disponibilidad para el desarrollo del cultivo.
- Forman complejos orgánicos con los nutrimentos manteniendo a estos disponibles para las plantas.
- Elevan la capacidad de intercambio catiónico del suelo evitando que los nutrimentos se pierdan por lixiviación.
- Liberan bióxido de carbono (CO_2) durante su descomposición que forma ácido carbónico (H_2CO_3) el cual solubiliza nutrimentos de otras fuentes.
- Abastecen el carbono orgánico que se utiliza como fuente de energía para organismos heterotróficos presentes en el suelo.
- Aumenta la infiltración del agua, reduciendo el escurrimiento superficial lo que evita la erosión de los suelos.
- Favorecen una mayor resistencia de los agregados del suelo a ser dispersados por el impacto de las gotas de lluvia.
- Los efectos de los abonos permiten que el suelo sea más productivo, conserve su fertilidad y tenga un uso sostenido a través del tiempo.

La producción anual de estiércol de ovino en México se estima miles de toneladas por año, en la Tabla 3 se muestra la producción kg/día y ton/año.

Tabla 3.- Producción anual de estiércol de ovino en México

Tipo de estiércol	Producción Kg/día (base seca)	Producción (miles de toneladas/año)
Ovino	0.700	1,000

Fuente: SAGARPA, 2014.

El manejo apropiado del estiércol de ovino es una excelente alternativa para ofrecer nutrientes a las plantas y a la vez mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los estiércoles son uno de los mejores residuos agrícolas para compostar ya que son muy ricos en nitrógeno (sobre todo inorgánico) y sirven como inoculantes microbianos (SAGARPA, 2016).

1.2.1 Composición química de estiércol de ovino

La composición agroquímica puede variar en función a los tipos de ovejas dependiendo de la zona geográfica. En la Tabla 4 se muestra la caracterización agroquímica de un estiércol de oveja o cabra (Tortosa *et al.*, 2011).

Tabla 4.-Composición agroquímica de estiércol de oveja o cabra

Componente	Abono de ovino
Humedad (%)	38.5
pH	8.51
Conductividad eléctrica (Ds m ⁻¹)	11.33
Materia orgánica (%)	45.6
Lignina (%)	21.1
Celulosa (%)	11.4
Hemicelulosa (%)	11.0
Carbono orgánico total (COT %)	25.2
Nitrógeno total (NT, g kg ⁻¹)	17.7
Amonio (NH ₄ ⁺ , mg kg ⁻¹)	889
Nitrato (NO ₃ ⁻ , mg kg ⁻¹)	520
Nitrito (NO ₂ ⁻ , mg kg ⁻¹)	Nd
Relación C/N	14.3
Contenido graso (%)	0.5
Carbohidratos hidrosolubles (%)	0.4
Polifenoles hidrosolubles (%)	0.3
Carbono hidrosoluble (COH, %)	3.5
Fósforo (P, g kg ⁻¹)	2.2
Potasio (K, g kg ⁻¹)	16.5
Calcio (Ca, g kg ⁻¹)	100.9
Magnesio (Mg, g kg ⁻¹)	18.7
Sodio (Na, g kg ⁻¹)	3.9
Azufre (S, g kg ⁻¹)	3.2
Hierro (Fe, mg kg ⁻¹)	4139
Cobre (Cu, mg kg ⁻¹)	51
Manganeso (Mn, mg kg ⁻¹)	226
Cinc (Zn, mg kg ⁻¹)	185
Plomo (Pb, mg kg ⁻¹)	12
Cromo (Cr, mg kg ⁻¹)	19
Niquel (Ni, mg kg ⁻¹)	25
Cadmio (Cd, mg kg ⁻¹)	Nd

Fuente: Tortosa G. *et al.*, 2011.

Datos expresados sobre materia seca, el pH y Conductividad eléctrica en un extracto acuoso 1:10, Nd: no detectado.

1.2.2 Efectos físicos sobre el suelo

Los abonos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo (fertilidad física); estas características son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados.

Un aumento en la porosidad incrementa la capacidad del suelo para retener el agua, así como la velocidad de infiltración de esa misma agua en el suelo. Una mayor porosidad está relacionada inversamente con la densidad aparente del suelo y con aspectos de compactación del mismo.

Es evidente que la aplicación abundante de estiércoles, con el tiempo tendrá efecto positivo en las propiedades físicas de los suelos; sin embargo, habría que estar pendiente de algún incremento en conductividad eléctrica (CE) como es sabido, una alta CE se relaciona con el grado de salinidad de los suelos (SAGARPA, 2016).

1.2.3 Efectos químicos sobre el suelo

La composición química de los abonos por supuesto variará de acuerdo al origen de éstos. Las plantas, los residuos de cosecha, los estiércoles, etc. difieren grandemente en cuanto a los elementos que contienen.

Las características químicas del suelo que cambian por efecto de la aplicación de abonos orgánicos son obviamente el contenido de materia orgánica; derivado de esto aumenta el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, el pH y la concentración de sales.

La nueva situación es en general favorable; la concentración, como ya se mencionó, podría ser perjudicial para el desarrollo de plantas sensibles a ciertos niveles de algunos compuestos en particular. Con el uso de abonos se ha observado que el pH en suelos ligeramente ácidos o neutros, tienden a aumentar (SAGARPA,2016).

1.2.4 Efectos biológicos sobre el suelo

La adición de estiércol de ovino resulta un incremento de la actividad biológica. Los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y también ejercen efectos directos en el crecimiento de las plantas.

En la mayoría de los casos, el resultado del incremento de la actividad biológica, repercute en el mejoramiento de la estructura del suelo por efecto de la agregación que los productos de la descomposición ejercen sobre las partículas del suelo; las condiciones de fertilidad aumentan lo cual hace que el suelo tenga la capacidad de sostener un cultivo rentable. Así mismo, se logra tener un medio biológicamente cativo, en donde existe una correlación positiva entre el número de microorganismo y el contenido de materia orgánica del suelo.

En relación con la disponibilidad de nutrimentos, la actividad biológica del suelo juega un papel importante en la oxidación y reducción de los elementos esenciales, convirtiéndolos de formas no aprovechables a formas aprovechables por las plantas (SAGARPA, 2016).

1.2.5 Efectos en la inhibición de patógenos del suelo

Los abonos pueden prevenir y controlar la presencia y severidad de las enfermedades del suelo; su acción se basa en los siguientes puntos:

- Incremento de la capacidad biológica del suelo para amortiguar los patógenos.
- Reducción del número de patógenos por la competencia que se establece con los microorganismos no patógenos del suelo
- Aumento en el contenido de Nitrógeno amoniacal en los procesos de mineralización del abono orgánico
- Incremento de la capacidad de los hospedantes para provocar rechazo hacia los patógenos.

Los mecanismos por los que los abonos orgánicos inhiben a los patógenos del suelo y enfermedades radiculares involucran:

- La germinación y propagación de los fitopatógenos
- La competencia por nutrimentos
- La producción de compuestos tóxicos volátiles y no volátiles
- La modificación del ambiente del suelo

-La interferencia con la diseminación del inoculo y

-El estímulo de agentes de control biológico (antagonistas, parásitos y depredadores).

Al aplicar materiales orgánicos (estiércoles, abonos verdes, compostas, etc.) al suelo, se promueve el crecimiento de raíces y la absorción de nutrientes con repercusión en el rendimiento. La diversidad de la micro flora en o alrededor de las raíces en este cultivo aumenta y se correlaciona negativamente con la incidencia de enfermedades radiculares de las plantas, por efecto de un aumento de microbiostasis en la rizosfera (SAGARPA, 2016).

1.3 Generalidades de alfalfa

La alfalfa (*Medicago Sativa L.*) es una planta perteneciente a la familia de las leguminosas (Fabaceae) perenne, de crecimiento erecto, tallo poco ramificado de 60 a 100 cm de altura; tiene hojas trifoliadas, con un pedicelo intermedio más largo que los laterales, foliolos ovalados, generalmente sin pubescencia, con márgenes lisos y bordes superiores ligeramente dentados (SAGARPA, 2008). Esta planta varía un poco según la variedad, el medio ambiente donde se encuentre y la temperatura. Los tallos son delgados, sólidos o huecos y la raíz es pivotante y alcanza varios metros de longitud, con una corona, de la cual emergen los rebrotes, que dan origen a los nuevos tallos; las flores son de color azul o púrpura, dependiendo de la variedad (Pozo, 1983).

1.3.1 Factores de crecimiento

La parte aérea de la planta fotosintetiza los componentes necesarios para el desarrollo radicular y vegetativo, constituyendo al mismo tiempo la parte aprovechable de la misma. La eliminación de los tallos y hojas a través de cortes o pastoreos en momentos inadecuados afecta no sólo la producción sino también la persistencia de la alfalfa. Un adecuado manejo de la alfalfa necesariamente se deben conocer las características de su crecimiento y comprender su mecanismo de reservas en las raíces y corona, lo que permitirá mantener plantas vivas y vigorosas a lo largo de los años (Romero *et al.*, 1995).

En la parte superior de la raíz, inmediatamente por debajo de la superficie del suelo se desarrolla una estructura que se denomina corona (Figura 1). En esta misma estructura se encuentran las yemas que formarán el rebrote basal, emitiendo tallos principales que son responsables, junto a los secundarios, del rebrote de la planta. En las plantas adultas, los nuevos rebrotes se originan en la base de la corona, dando lugar a tallos vigorosos. Sin embargo, el crecimiento puede continuar también desde las yemas de los propios tallos.

Este rebrote proveniente de tallos secundarios generalmente es de menor vigor y tiende a desprenderse de los tallos viejos con mayor facilidad (Rebuffo, 2005).

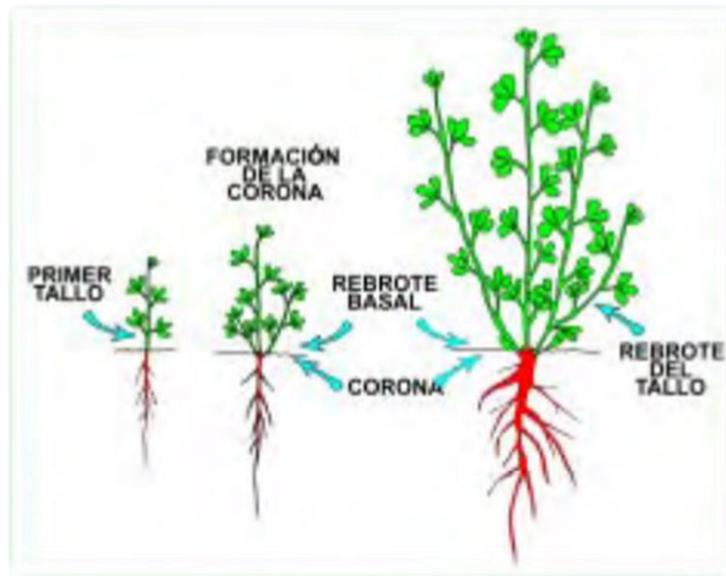


Figura 1.- Características de crecimiento de la planta de alfalfa (Rebuffo, 2005)

El conocimiento sobre cómo evolucionan las reservas en la planta es clave para entender la respuesta productiva ante diversas prácticas de manejo que le puede dar a la alfalfa. La energía necesaria para iniciar el crecimiento de la alfalfa después de la defoliación y hasta que se genere una adecuada área foliar, proviene de los carbohidratos de reserva o carbohidratos no estructurales (azúcares, almidón y otros compuestos orgánicos), que son almacenados por la planta en las raíces y, en menor proporción, en la corona (Romero *et al.*, 1995). Estos compuestos son redistribuidos cuando las condiciones de crecimiento lo requieren. Conocer la función que ellos cumplen en los procesos de crecimiento es fundamental para entender la respuesta de la planta a las distintas prácticas de manejo. Los carbohidratos que conforman estas reservas son utilizados para iniciar el nuevo crecimiento de la planta después de cada pastoreo y sobrevivir a condiciones de estrés. Después de cada pastoreo, una vez removida la parte aérea, la alfalfa inicia el nuevo crecimiento desde los rebrotes basales, movilizandando esas reservas de energía almacenadas en las raíces y corona como lo muestra en la Figura 2. Este proceso continúa hasta que el nuevo crecimiento alcanza 15 a 20 centímetros (momento en el que se da el mínimo de reservas en las plantas). En este punto el crecimiento vigoroso de los tallos y hojas producen suficiente energía para continuar con el crecimiento y comenzar nuevamente el almacenaje de reservas (Rebuffo 2005).

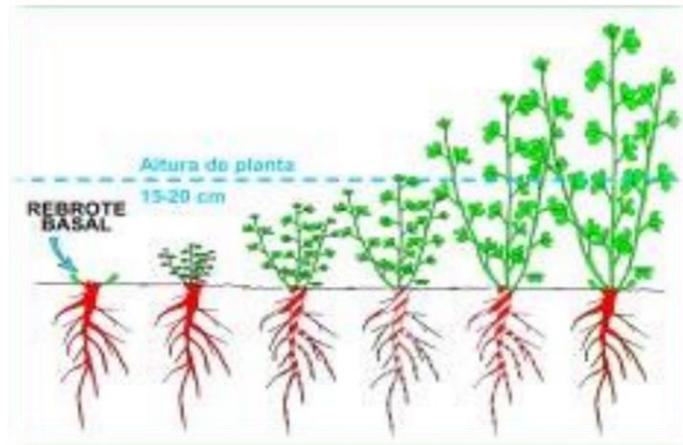


Figura 2.- Mecanismos de reserva de la planta de alfalfa (Rebuffo, 2005)

1.3.1.1 Requerimientos climáticos y edáficos

Un óptimo desarrollo del cultivo de alfalfa para semilla se produce idealmente en áreas irrigadas, cálidas, áridas o semiáridas y con una larga estación de crecimiento. Estas condiciones son óptimas para la floración y polinización de la alfalfa y permiten una cosecha en tiempo. Inversamente, alta humedad relativa del aire y lluvias al momento de la floración reducen la producción de semilla.

Hay diversos factores que determinan la magnitud del crecimiento de una pradera tales como las prácticas de fertilización, frecuencia y severidad de cosecha, crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, variedades utilizadas, tipo de suelo y clima (Tablada, 1998).

La semilla de alfalfa comienza a germinar a temperaturas de 2 a 3 °C, siempre que los factores restantes (humedad, fertilizantes, etc.), no actúan como limitantes. La germinación es más rápida cuanto más alta sea la temperatura, hasta alcanzar el óptimo, aproximadamente, a los 28 -30 °C (Muslera y Ratera, 1991). Temperaturas por encima de los 38°C resultan ya letales para la joven plántula. Durante los meses fríos la alfalfa detiene su crecimiento. Al iniciarse la elevación de la temperatura, las cuales son propias de primavera y verano. La alfalfa, especialmente algunas variedades, toleran, sin dificultad, temperaturas tan bajas como los 10 y 15 °C bajo cero. Con temperaturas medias alrededor

de 15 °C, la producción es ya importante. El óptimo se sitúa, según las variedades, en el intervalo entre 18 y 28 °C (Pozo, 1983).

1.3.1.2 Requerimientos de agua

La alfalfa es considerada como planta resistente a la sequía. Naturalmente, la cantidad necesaria de agua para el debido desarrollo de la alfalfa depende de varias condiciones de clima (temperatura, humedad ambiental, viento etc.) y suelo (Espinoza y Ramos, 2001).

La limitación de agua restringe la producción de la alfalfa, pero no llega a frenar por completo su crecimiento; así también, la alfalfa es sensible a la inmersión, especialmente cuando se encuentra en periodo de crecimiento activo. Durante el invierno puede aún tolerar el encharcamiento por períodos reducidos (aproximadamente dos a tres días), si el tiempo se prolonga o se encuentra el cultivo en plena estación productiva, entonces los rendimientos descienden rápidamente, debido al alto porcentaje de plantas que mueren al no poder respirar las raíces (Pozo, 1983; Muslera y Ratera, 1991).

1.3.1.3 Suelos

La alfalfa es una planta cuyo valor óptimo de pH se sitúa en la zona de neutralidad, tolera mejor la alcalinidad que la acidez. El pH óptimo para el cultivo de la alfalfa sería de 7.2 (Muslera y Ratera, 1991).

Para pH inferiores a 6 conviene encalar los suelos, cuando menos, cada dos años, con el objetivo de prolongar la vida del cultivo (Espinoza y Ramos, 2001).

Existe una cierta incompatibilidad, en relación a su absorción por las raíces de la alfalfa, entre los iones calcio, por un lado, y el aluminio y manganeso, por el otro, ya que la acidez del suelo se encarga de acentuar a favor de estos últimos, los cuales son tóxicos para la planta (Pozo, 1983; Rodríguez, 1989).

13.2 Composición química de alfalfa

En la Tabla 5 se muestra los principales componentes que se encuentran en las sumidades aéreas de la planta, parte activa más utilizada. La alfalfa es un forraje que destaca, un elevado valor de fibra, proteínas y cenizas.

Tabla 5.- Composición proximal de alfalfa (*Medicago Sativa*), en base húmeda y base seca

Componente (%)	Base húmeda	Base seca
Humedad	74.7	9.5
Proteína	4.3	25.30
Cenizas	2.1	12.2
Lípidos	0.8	1.1
Fibra	8.0	22.10

Fuente: Pozo, 1983.

1.3.3 Valor nutritivo

Los brotes de alfalfa se destacan por un notable valor energético especialmente un elevado contenido en calcio. La relación calcio/potasio de la alfalfa se sitúa entre 5,5-6 a 1. Por otra parte, cabe destacar igualmente el elevado contenido lignocelulósico de este forraje y el importante contenido en lignina. Convierte a este forraje en un excelente alimento (FEDNA, 2016).

Uno de los beneficios notables de la alfalfa es su fuente de vitamina D y su alto contenido de calcio. La vitamina D ayuda al cuerpo a absorber el calcio, que es esencial para la formación de huesos sanos; también ayuda a que los sistemas inmunitarios, muscular y nervioso funcionen de manera adecuada (FEDNA, 2016).

Tabla 6.- Valor nutricional de alfalfa (*Medicago sativa*)

Macrominerales	%
Ca	1.70
P	0.26
Na	0.12
Cl	0.45
Mg	0.21
K	2.35
S	0.25
Microminerales y vitaminas	mg/Kg
Cu	8
Fe	300
Mn	40
Zn	20
Vitamina E	120
Vitamina C	183.6
Vitamina B8	0.32
Vitamina D	205
Colina	1500
Aminoácidos	mg/Kg
Tiamina	0.256
Riboflavina	0.347
Niacina	1.7

Fuente: FEDNA, 2016.

1.3.4 Beneficios a la salud

Las semillas, hojas y tallos de la planta de alfalfa proporcionan valiosos beneficios para la salud tanto a los seres humanos como a los animales que la pastan.

Los beneficios para la salud al ser humanos son extensos y cubren muchas condiciones diferentes y dolencias.

Los principales efectos informados sobre la salud humana se enlistan en la Tabla 7 donde se describe la forma de consumo, los beneficios sobre la salud y el componente que se le atribuye (Lemus *et al.*, 2003).

Tabla 7.- Formas de consumo de la alfalfa (*Medicago Sativa*) para beneficios al ser humano

Forma de consumo	Beneficio a la salud	Componente que se le atribuye
Zumo	Antihemorrágico	Vitamina K.
Zumo	Antianémico	Sales de hierro orgánico
Zumo, ensaladas	Estrogénico	Isoflavonas y el cumestrol
Zumo	Estimulante del apetito	Enzimas
Zumo	Hipolipemiante	La formación de un complejo insoluble con el colesterol, que le impide atravesar la barrera intestinal.
Zumo	Remineralizante	Minerales (calcio, fósforo, magnesio, selenio y cinc, entre otros.)
Zumo	Proteinizante	Aminoácidos esenciales y algunos no esenciales.
Zumo, ensalada	Antiarttrítico	Saponinas triterpénicas
Zumo, ensalada	Antiulceroso	Vitaminas A y E, bioflavonoides (rutina) y particularmente de metil metionina o vitamina U
Zumo	Consolidación de fracturas, osteoporosis	

Fuente: Lemus *et al.*, 2003.

1.4 Encapsulación

La encapsulación se considera como un empaque especial en el cual un recubrimiento individual se aplica a partículas sólidas pequeñas, gotas de líquido o gases, protegiéndolas contra factores ambientales perjudiciales (Barbosa; Beristain, 1996).

El recubrimiento es semipermeable, protege al centro activo de condiciones severas y controla el flujo de sustancias (Berry, 2002). El material protegido se conoce como corazón, centro activo, relleno o fase interna. El material protector se llama cápsula, recubrimiento, pared, membrana o matriz (Chen, 1995).

1.4.1 Objetivos de encapsulación

La industria de alimentos utiliza la técnica de encapsulación por diferentes razones (Barbosa *et al.*, 2000.):

- Disminuir la velocidad de evaporación o de transferencia del material central hacia el medio ambiente externo.
- Controlar la liberación del material central a condiciones predeterminadas como cambio de pH o humedad, aplicación de calor o estímulos físicos.
- Reducir la interacción entre el material central y el ambiente externo: algunos ingredientes son sensibles al calor, la luz y la humedad y otros son altamente reactivos y tienden a oxidarse y volatilizarse.
- Facilitar la manipulación del material central.
- La encapsulación convierte un líquido a estado sólido, además previene la agregación, favorece el proceso de mezclado y asegura que el material central se encuentre uniforme en la mezcla. Enmascarar el sabor del material central.

1.4.2 Métodos de encapsulación

La selección del método a encapsular depende de los costos, el tamaño de la cápsula, las propiedades físicas y químicas de los materiales, la aplicación y el mecanismo de liberación deseado. Existen muchos métodos que son propiedad intelectual de las empresas y, por lo tanto, su conocimiento es restringido. Los siguientes métodos son los de mayor aplicación en la industria de alimentos (Dewettinck *et al.*, 1998,1999):

-Métodos físicos: secado por aspersion, enfriamiento por aspersion, liofilización, recubrimiento por lecho fluidizado, extrusión, co-extrusión, extrusión-fusión, cristalización.

-Métodos físico-químicos: coalescencia, inclusión molecular, encapsulación por liposomas.

1.4.3 Material de recubrimiento

El paso inicial en la encapsulación es la elección del material de recubrimiento apropiado. Aunque el método de encapsulación puede afectar el mecanismo de liberación del centro activo, la formulación del recubrimiento por sí mismo es el factor más determinante.

El material protector debe reunir ciertas propiedades que dependen de las características químicas del material encapsulado, aplicación, condiciones de almacenamiento y proceso al cual será expuesto (Beristain, 1996). Las características de un recubrimiento ideal para encapsular son (Beristain, 1996; Dewettinck, 1999):

- Baja viscosidad a altas concentraciones.
- Baja higroscopicidad para facilitar su manipulación y evitar la aglomeración.
- Capacidad de emulsificar y estabilizar el material central.
- Insoluble y no reactivo con el material central.
- El recubrimiento es soluble en los solventes alimenticios comunes, o en el producto alimenticio final.
- Proporcionar máxima protección al material central contra condiciones adversas como la luz, el pH, el oxígeno, la humedad y otros ingredientes reactivos.
- Permitir la liberación completa de solventes y otros materiales usados durante el proceso de encapsulación.
- Sabor insípido
- Poseer bajo costo

Los materiales de recubrimiento se seleccionan de una amplia variedad de polímeros sintéticos y naturales (Tabla 8), estos materiales se pueden mezclar entre ellos para obtener propiedades de barrera y mecanismo de liberación específicos; o se puede combinar con modificadores como antioxidantes o surfactantes (Dewettinck *et al.*, 1999).

Tabla 8.- Tipos de materiales de recubrimiento

Clases de material de recubrimiento	Tipos específicos de recubrimientos
Gomas	Goma arábica, agar, alginato de sodio, carragenina
Carbohidratos	Almidón, maltodextrinas, sacarosa, jarabe de maíz, ciclodextrinas.
Celulosas	Carboximetil celulosa, metil celulosa, etil celulosa, nitrocelulosa.
Lípidos	Cera, parafina, ácido esteárico, monoglicéridos, diglicéridos, cera de abejas, aceites, grasas.
Materiales inorgánicos	Sulfato de calcio, silicato.

Fuente: Dewettinck *et al.*, 1999.

1.4.4 Alginato en alimentos

El alginato ha sido usado debido a sus múltiples ventajas tanto para el consumo humano como versatilidad en aplicaciones industriales. Tales aspectos han sido compilados en la literatura por Imeson (2010), resaltando el efecto prebiótico de los alginatos de bajo peso molecular, los beneficios de su ingesta como fibra diaria para la reducción de los niveles de azúcar y colesterol en sangre, así como, la capacidad para prolongar la vida útil en productos.

Los hidrocoloides han sido empleados como matriz debido a su capacidad para absorber agua, fácil manipulación e inocuidad. El alginato es un hidrocoloide que posee tanto estas características como propiedades gelificantes, estabilizantes y espesantes, razones por las cuales ha sido de gran interés para la industria alimentaria. El alginato es descrito como un polisacárido lineal poliiónico e hidrofílico proveniente de algas marinas conformado por dos monómeros en su estructura, el ácido α -L-gulurónico (G) y el ácido β -D-manurónico (M) que se distribuyen en secciones constituyendo homopolímeros tipo G-bloques (-GGG-), M-bloques (-MMM-) o heteropolímeros donde los bloques M y G se alternan (-MGMG-). Tanto la distribución de sus monómeros en la cadena polimérica como la carga y volumen de los grupos carboxílicos confieren al gel formado características de flexibilidad o rigidez dependiendo del contenido en G. Si en su estructura polimérica se tiene mayor cantidad de G-bloques, generalmente el gel es fuerte y frágil, mientras que con

la presencia de mayor proporción de M-bloques el gel formado se presenta suave y elástico (Reddy-K. y Reddy, P., 2010).

1.4.4.1 Mecanismos de gelificación con alginato

El proceso de formación del gel se inicia a partir de una solución de sal de alginato y una fuente de calcio externa o interna desde donde el ión calcio se difunde hasta alcanzar la cadena polimérica, como consecuencia de esta unión se produce un reordenamiento estructural en el espacio resultando en un material sólido con las características de un gel. El grado de gelificación depende de la hidratación del alginato, la concentración del ión calcio y el contenido de los G-bloques (Funami *et al.*, 2009). La transición sol-gel se ha visto esencialmente controlada por la habilidad de introducir el ión vinculante al alginato. También se ha observado que la cinética de gelificación y las propiedades del gel pueden depender del tipo de contra-ión, es decir, el ión monovalente de la sal de alginato (K o Na). De hecho, se ha encontrado que los alginatos de potasio presentan un proceso de transición sol-gel más rápido respecto a los alginatos de sodio preparados a bajas concentraciones calcio. Y a pesar que los geles de alginato de calcio obtenidos mostraron semejante estabilidad a simple vista, al ser analizadas sus propiedades reológicas se evidenciaron marcadas diferencias en los módulos elásticos; siendo menores los valores de módulos elásticos para los geles preparados a partir del alginato de sodio que en aquellos con alginato de potasio. En este sentido, se ha señalado que este aspecto de las propiedades viscoelásticas de los geles puede ser contrarrestado utilizando alginatos con mayor composición de ácido gulurónico en su estructura (Draget, 2000). Los mecanismos de gelificación iónica se han llevado a cabo fundamentalmente por dos procesos: la gelificación externa y la gelificación interna.

1.4.4.1.1 Gelificación externa

El proceso de gelificación externa ocurre con la difusión del ión calcio desde una fuente que rodea al hidrocoloide hacia la solución de alginato de pH neutro. La formación del gel se inicia en la interfase y avanza hacia el interior a medida que la superficie se encuentra saturada de iones calcio, de manera que el ión sodio proveniente de la sal de alginato es desplazado por el catión divalente solubilizado en agua. Este interacciona con los G-

bloques de diferentes moléculas poliméricas, enlazándolas entre sí. Aunque, la fuente de calcio más usada ha sido el cloruro de calcio (CaCl_2) debido a su mayor porcentaje de calcio disponible, existen otras sales empleadas con menor frecuencia tales como el acetato monohidratado y el lactato de calcio (Helgerud *et al.*, 2010).

1.4.4.1.2 Gelificación interna

El proceso de gelificación interna consiste en la liberación controlada del ión calcio desde una fuente interna de sal de calcio insoluble o parcialmente soluble dispersa en la solución de alginato de sodio. Donde la liberación del ión calcio puede ocurrir de dos formas, si se tiene una sal de calcio insoluble a pH neutro pero soluble a pH ácido, por lo que es necesario adicionar un ácido orgánico que al difundirse hasta la sal permita la acidificación del medio consiguiendo solubilizar los iones calcio. En este caso, las sales de calcio más empleadas son el carbonato de calcio y el fosfato tricálcico, y en casos específicos el fosfato dicálcico y el citrato tricálcico. Para la acidificación del medio se cuenta con ácidos orgánicos como el acético, adípico y el glucono delta-lactona. Si la sal de calcio es parcialmente soluble, el proceso de gelificación interna consiste en la adición a la mezcla alginato-sal de calcio, un agente secuestrante como el fosfato, sulfato o citrato de sodio. Al adicionar un secuestrante este se enlaza con el calcio libre retardando así el proceso de gelificación, el sulfato de sodio ha sido comúnmente el más empleado debido a su bajo costo y conveniente solubilidad. Los mecanismos de gelificación iónica son descritos en la Figura 3 (Helgerud *et al.*, 2010).

La principal diferencia entre el mecanismo de gelificación externa e interna es la cinética del proceso. Si lo que se pretende es el control de la transición sol-gel, en el proceso de gelificación externa los factores a manipular son la concentración de calcio y composición del polímero. Mientras que, para el proceso de gelificación interna se deben considerar la solubilidad y concentración de la sal de calcio, concentración del agente secuestrante y del ácido orgánico empleado (Draget, 2000).

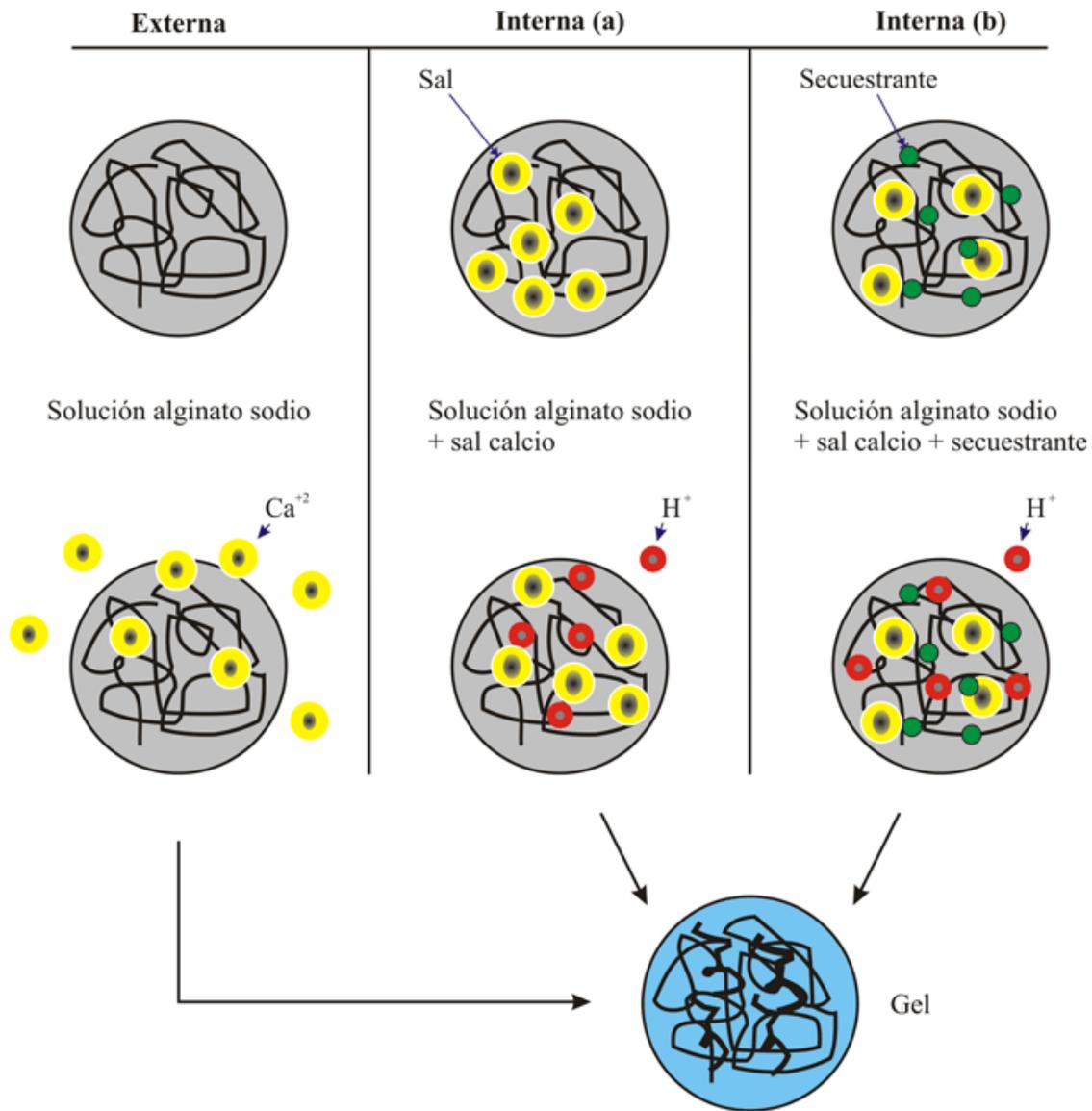


Figura 3.- Mecanismo de gelificación iónica

1.4.5 Mecanismo de liberación de centro activo

El material de recubrimiento debe ofrecer algún mecanismo de liberación del centro activo a un tiempo determinado. Los principales mecanismos de liberación que se aplican en el sector de alimentos son los siguientes:

-Disolución o fusión: La integridad de la cápsula se destruye por disolución en un solvente apropiado o por acción del calor. Los recubrimientos hidrosolubles se disuelven fácilmente con el incremento de la humedad, la adición de agentes químicos o ajustándose

a diferentes niveles de sales (Dewettinck *et al.*, 1999). La liberación térmica se utiliza en cápsulas con material protector de base grasa, el cual funde y libera el centro activo.

-Liberación física: El material protector se fractura por fuerzas externas como presión o fricción. La masticación es el principal mecanismo de liberación, igualmente, durante la mezcla de las materias primas se presenta la liberación por fricción.

-Difusión: Este proceso de liberación es guiado por el gradiente de concentración y las fuerzas atractivas entre cadenas, como puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, grado de entrecruzamiento y cristalinidad (Dewettinck *et al.*, 1999). Además, está controlado por la solubilidad y la permeabilidad del material central en el material protector. En los métodos físicos de encapsulación se busca la formación de una estructura amorfa metaestable, de baja permeabilidad al compuesto encapsulado, al oxígeno y otros compuestos, y con alta temperatura de transición vítrea (Dewettinck *et al.*, 1999). La permeabilidad del material protector cambia al someterse a condiciones específicas de temperatura y humedad. Los principios físico-químicos de la transición vítrea de estos materiales han sido estudiados por Levine *et al.*, 1991 concluyendo que la liberación del centro activo se presenta en la transición del estado vítreo a estado gomoso, por calentamiento de la matriz. El material central se libera por difusión a una velocidad que aumenta con el incremento de la temperatura. La estabilidad de cápsula depende de que su temperatura de transición sea superior a la temperatura de almacenamiento (Hegenbart, 1993).

1.5 Alimentos funcionales

Los alimentos funcionales son aquellos alimentos que, en forma natural o procesada, contienen componentes que ejercen efectos beneficiosos para la salud que van más allá de la nutrición. El término “*alimento funcional*” fue utilizado por primera vez en Japón a principios de los años 80, y desde allí se ha extendido hacia el resto del mundo. Se inicia en Japón la comercialización de alimentos especialmente formulados para cumplir con una función de salud. A estos alimentos se los categorizó como *Foods for Specified Health Uses* (FOSHU) y fueron el inicio de una nueva era de la industria alimentaria: la era de los alimentos funcionales. Una definición más básica y general podría definir un alimento funcional como “aquellos alimentos naturales o procesados que, además de satisfacer las necesidades nutricionales básicas, proporcionan beneficios para la salud o reducen el riesgo de padecer enfermedades” (Leal *et al.*, 2016).

Se dice de un alimento funcional es cualquiera que modificado o en forma de ingrediente es capaz de dar un beneficio para la salud, más allá del que darían sus nutrimentos (Goldberg, 1994). Y más recientemente se define como cualquier alimento que, además de su aporte de nutrimentos, tiene un impacto positivo en la salud física (American Dietetic Association, 1999).

1.5.1 Bebida funcional

Al igual que la alimentación, la hidratación es un proceso necesario para el ser humano, su cuerpo está compuesto por 55-78% de agua. El agua es fundamental para la realización de diversos procesos metabólicos en el organismo. La mayor cantidad de agua se ingiere en comidas y bebidas, por lo que estas últimas representan una oportunidad de desarrollo fundamental para los productos funcionales. Las bebidas son el segundo grupo entre los alimentos con mayor crecimiento. El mayor número de lanzamientos en bebidas a nivel mundial corresponde a las bebidas funcionales (GNBP, 2010).

Calvo *et al.*, 2013. defienden a las bebidas funcionales como aquellas que se ingieren con las mismas expectativas, y más específicamente las que podrían contribuir a la mejora de las hidrataciones de un individuo y de otras situaciones fisiológicas. También se definen como aquellas presentaciones listas para consumirse que contienen en su formulación una o

más ingredientes funcionales no tradicionales, que demuestren ser benéficos para la salud reduciendo así el riesgo de enfermedades (Martinez-Carrera *et al.*, 2010).

En la Tabla 9, Ramos *et al.*, 2007 da la clasificación general de bebidas funcionales y sus características.

Tabla 9.- Clasificación general de bebidas funcionales.

Propiedad funcional	Características
Control de peso o apropiadas para diabéticos	Se sustituye azúcares por edulcorantes artificiales (bebidas light). Contiene polisacáridos que tienen el efecto que provoca un índice glucémico bajo.
Orgánicas/ Naturales	Se elaboran de vegetales cultivados en ausencia de pesticidas o de abonos químicos y procesados sin conservadores o aditivos químicos, pero pueden tener aditivos naturales.
Energizantes/ revitalizantes	Aceleran el sistema nervioso simpático. Se les añade cafeína o algún otro alcaloide estimulante. Puede añadirse ginseng, equinácea o espinillo amarillo.
Reductoras de colesterol	Se les añade estanol o sus esterios los fitoesterios.
Relajantes	Elaboradas a base de hierbas en bajas concentraciones
Reconstituyentes/ Hidratantes	Aportan valor energético y un índice glucémico alto. Añadidas con hidrolizados de proteínas, vegetales o animales, carbohidratos, vitaminas y minerales. Se formulan para grupos específicos niños, ancianos, mujeres, deportistas, etc.
Curativas de úlceras	Se utilizan extractos de Aloe vera(sábila) y nopal. Proveen gomas y otros agentes químicos con propiedades antiinflamatorias, regeneradoras de tejido, antibióticos que aceleran el metabolismo de lípidos.
Mitigantes del envejecimiento	Se les adiciona ácidos grasos omega-3, omega-6 o compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes.
Simbióticas	Contienen una o más especies de bacteria lácticas o autómicos con carácter probiótico además de contener oligosacáridos que funcionan como probióticos y como fibra biológica.

Fuente: Ramos *et al.*, 2007.

1.6 Base de bebida funcional

1.6.1 Composición química

En la Tabla 10 se presenta la composición química de piña, naranja y xoconostle (Moreiras, 2013), base de la bebida que se propone.

Su contenido en azúcar y en principios activos se duplica en las últimas semanas de maduración de la piña. Si ha sido bien madurada contiene alrededor del 11% de hidratos de carbono. La naranja y xoconostle son frutas de escaso valor calórico, con un aporte interesante de fibra soluble (pectinas), cuyas principales propiedades se relacionan con la disminución de peso corporal, así como con el desarrollo de la flora intestinal.

Tabla 10.- Composición química de la base de la bebida funcional (xoconostle, piña, naranja)

Componente	Por cada 100g de porción comestible		
	Xoconostle	Piña	Naranja
Humedad(g)	51.7	86.8	88.6
Proteínas (g)	5.1	0.5	0.8
Lípidos totales (g)	5.2	Tr	Tr
Hidratos de carbono (g)	9	11.5	8.6
Fibra (g)	12	1.2	2
Cenizas (g)	17	--	-
Calcio(mg)	--	12	36
Hierro (mg)	--	0.5	0.3
Yodo (µg)	--	30	2
Magnesio (mg)	--	14	12
Zinc (mg)	--	0.15	0.18
Sodio (mg)	--	2	3
Potasio (mg)	--	250	200
Fosforo (mg)	--	11	28

Fuente: Moreiras, 2013.

1.6.2 Valor nutricional

En la Tabla 11 se presentan los valores nutricionales de las frutas cítricas seleccionadas para la base de la bebida funcional.

En su valor nutricional de la naranja cabe destacar la elevada cantidad de ácido ascórbico o vitamina C. Contiene cantidades apreciables de folatos, y en menor cantidad, vitamina A. Además, las naranjas aportan carotenoides con actividad provitamínica A (a-

caroteno, b-caroteno y criptoxantina). Numerosos estudios epidemiológicos sugieren la importancia de estos carotenoides en la prevención de distintos tipos de cáncer y en la protección frente a enfermedades cardiovasculares. Contiene otros carotenoides sin actividad provitamínica A, como la luteína y la zeaxantina, que están presentes en la retina y el cristalino del ojo, y se asocian inversamente con el riesgo de padecer cataratas y degeneración macular. Las naranjas presentan en su composición ácidos orgánicos, como el ácido málico y el ácido cítrico, que es el más abundante. Este último es capaz de potenciar la acción de la vitamina C, favorecer la absorción intestinal del calcio, y facilitar la eliminación de residuos tóxicos del organismo, como el ácido úrico. Además, contienen importantes cantidades de los ácidos hidroxicinámicos, ferúlico, caféico y p-cumárico, ordenados de mayor a menor en función de su actividad antioxidante. Las naranjas son ricas en flavonoides. Los más conocidos son: hesperidina, neohesperidina, naringina, narirutina, tangeretina y nobiletina, a los cuales se les han atribuido múltiples funciones (MAGRAMA, 2009).

La piña contiene abundante vitamina y cabe destacar su importante contenido en yodo, potasio, magnesio y hierro.

El xoconostle presenta gran potencial por la alta cantidad de antioxidantes y ácido ascórbico (3.8 a 6.5 mg/100 g pulpa fresca) (Sánchez y Ortega, 1996).

Tabla 11.- Valor nutricional de la base de la bebida funcional (xoconostle, piña y naranja)

Componente	Por cada 100g de porción comestible		
	Xoconostle	Piña	Naranja
Tiamina (mg)	--	0.07	0.07
Riboflavina (mg)	--	0.02	0.1
Vitamina B ₆ (mg)	--	0.09	0.06
Folatos (µg)	--	11	37
Vitamina C (mg)	--	20	50
Vitamina A (µg)	--	13	40
Vitamina D (µg)	--	0	0
Vitamina E (mg)	--	0.1	0.2

Fuente: Moreiras, 2013.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1 Problema

Aplicación de diferentes concentraciones de nejayote y abono de ovino como solución de riego en plantas de alfalfa (*Medicago sativa*) y elaboración en una bebida funcional.

2.1.1 Justificación

La demanda de productos nixtamalizados ha incrementado la industrialización del maíz, el nejayote surge de la cocción alcalina del grano, se ha estimado que una planta procesadora de maíz, productora de nixtamal, con capacidad de 600 ton/día, llega a generar entre 1,500 y 2,000 m³ de nejayote por día. Este efluente se considera contaminante debido a su pH alto (12 a 14) y su elevada carga de materia orgánica (2,540 mg·L⁻¹), contribuyendo en el deterioro ambiental tras ser vertido al alcantarillado público. Sin embargo, se han hecho investigaciones acerca de la utilidad del nejayote, el cual puede ser como un aditivo en la industria alimentaria, debido a que contiene fibra dietética, compuestos de calcio y fitoquímicos que ejercen beneficios para la salud, así como un incremento de calcio en personas que consumen productos de este proceso.

El abono de ovino es uno de los mejores residuos agrícolas para compostar ya que son muy ricos en nitrógeno y sirven como inoculantes microbianos. Además, mejora la fertilidad y las condiciones físicas del suelo, así como también aportan minerales que son de suma importancia ya que son esenciales para el crecimiento y la nodulación de las plantas.

La aplicación del nejayote y abono de ovino como solución de riego en la agricultura puede elevar el rendimiento y productividad de cultivos con alto valor nutricional, contribuyendo a la cantidad de iones de calcio en el suelo disponible para los cultivos.

Se aplicará en alfalfa por su alta productividad como forrajera y para consumo humano, requiere un pH alcalino, bajo contenido de humedad para su crecimiento y debido a su valor nutricional, aportando vitaminas, minerales y fibra. Además, el abono de ovino junto con el nejayote reduce la absorción de aluminio y manganeso que son tóxicos para su crecimiento, así como por el contenido de vitamina D que ayudan a fijar el calcio en huesos, beneficiando la salud del ser humano.

La obtención de alfalfa con un alto valor nutricional en particular el calcio se puede aplicar como alimento funcional enfocado a niños y mujeres en etapa de menopausia, contribuyendo a la mineralización de huesos, para el beneficio del ser humano.

2.2 Objetivo General

Evaluar el efecto de la mezcla de nejayote con abono de ovino a diferentes concentraciones en plantas de alfalfa (*Medicago Sativa*), a través del riego en las propiedades químicas y microbiológicas de la alfalfa para emplearla en la elaboración de una bebida funcional con calidad sanitaria y características sensoriales aceptadas por el consumidor.

2.3 Objetivos particulares

2.3.1 Objetivo particular 1

Evaluar el efecto del rendimiento de las plantas de alfalfa (*Medicago Sativa*), regadas en dos etapas, la primera con solución de nejayote y abono de ovino y la segunda con agua.

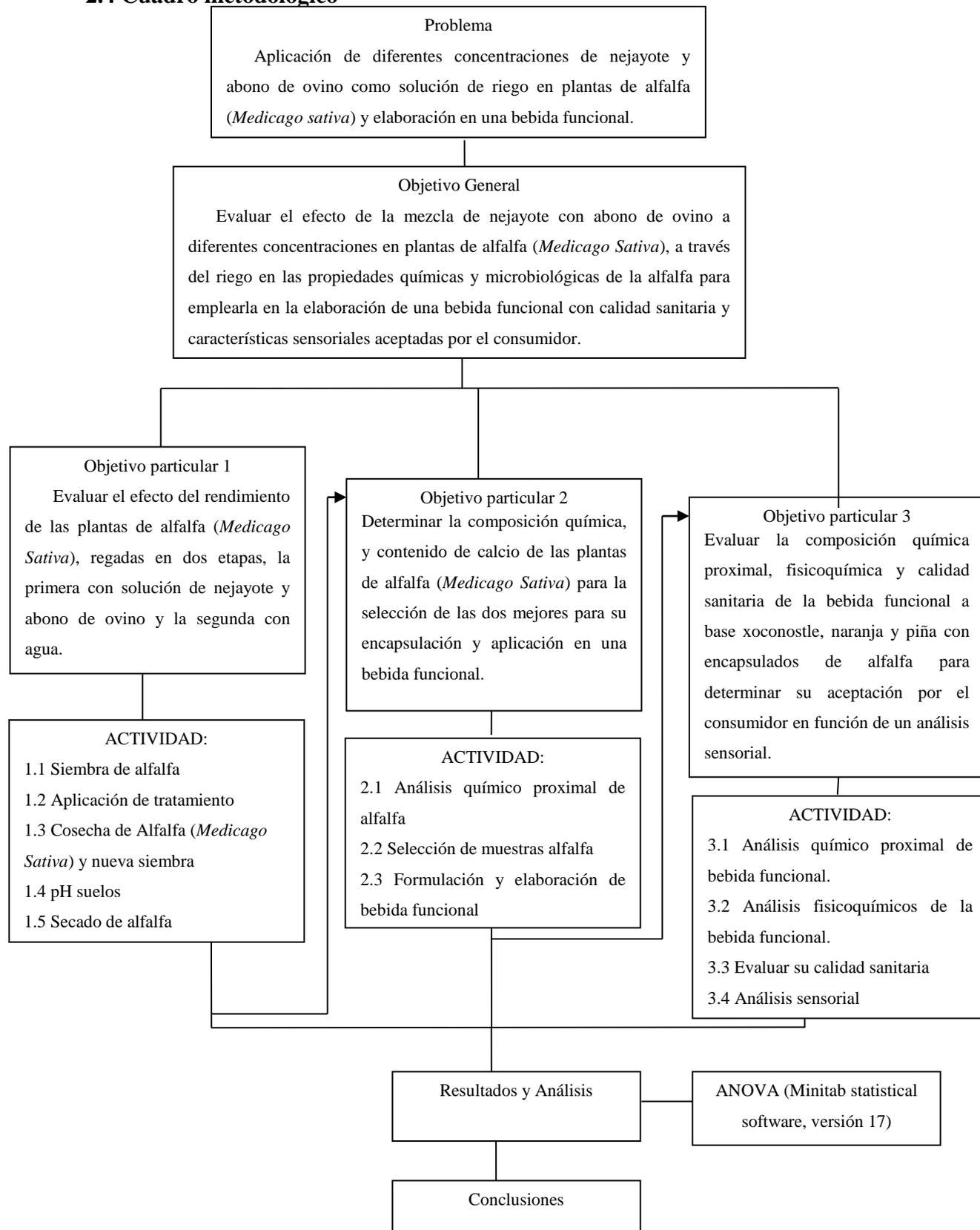
2.3.2 Objetivo particular 2

Determinar la composición química, y contenido de calcio de las plantas de alfalfa (*Medicago Sativa*) para la selección de dos tipos de tratamiento para su encapsulación y aplicación en una bebida funcional.

2.3.3 Objetivo particular 3

Evaluar la composición química proximal, fisicoquímica y calidad sanitaria de la bebida funcional a base xoconostle, naranja y piña con encapsulados de alfalfa para determinar su aceptación por el consumidor en función de un análisis sensorial.

2.4 Cuadro metodológico



2.4.1 Descripción de cuadro metodológico

Este trabajo se realizó en la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, en campo 1 y 4.

Actividad 1.1 Siembra de alfalfa

1.1.1 Preparación de terreno

Se preparó el terreno, quitando toda la maleza (Figura 4), y allanando para eliminar los conglomerados de tierra compactada (Figura 5).



Figura 4.- Eliminación de maleza



Figura 5.- Allanado del terreno

Dentro de cada uno de los ambientes se tomó una parcela de 5.7m x 8.75m para una extensión total de 49.875m², donde fueron divididos en subparcelas a lo largo en la derecha en 4 partes y en la izquierda en 3 partes como se muestra en la Figura 6 y 7.

SUELO CON ABONO

SUELO SIN ABONO

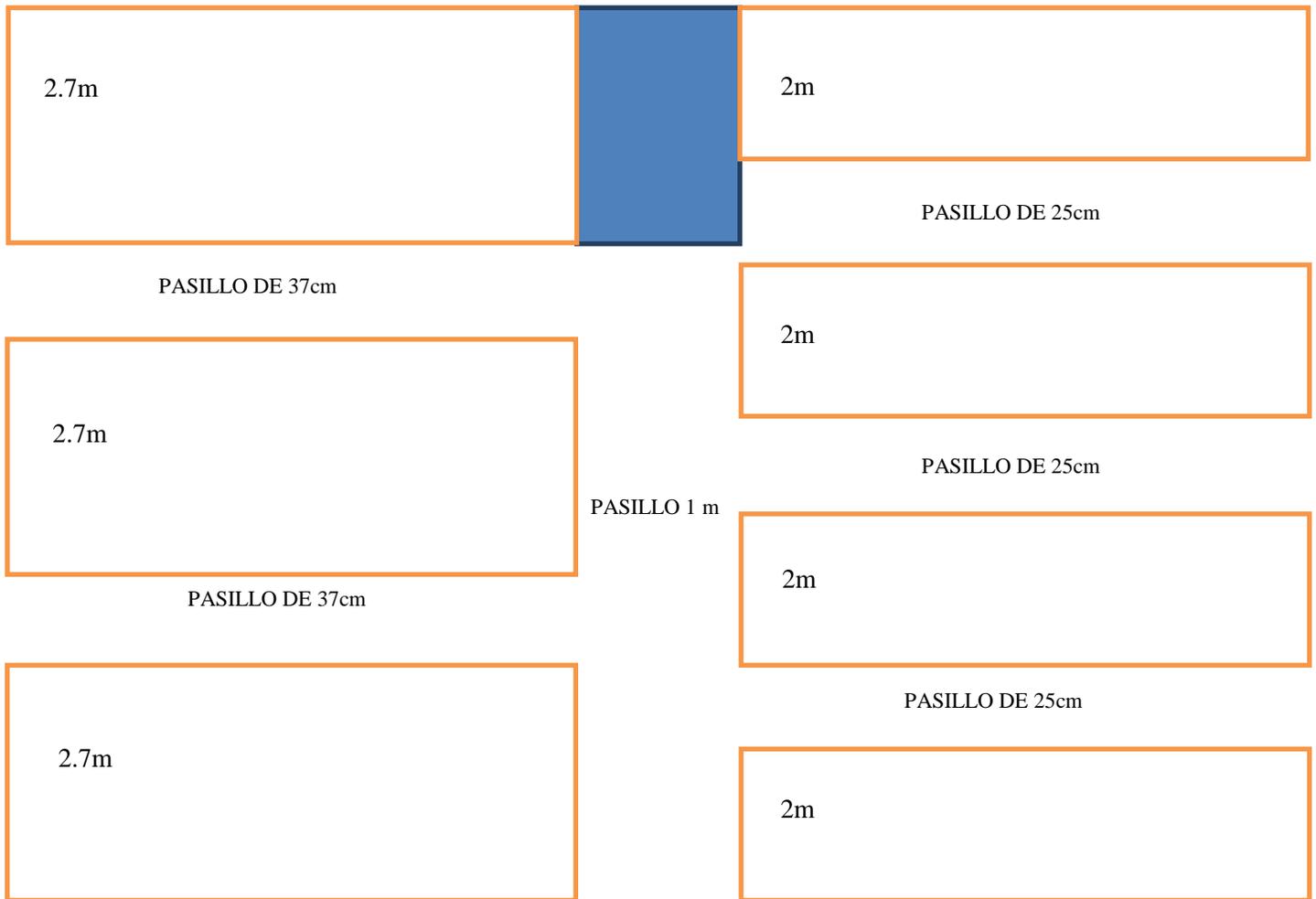


Figura 6.- Esquema de la preparación de terreno



Figura 7.- Parcelas divididas

1.1.2 Siembra

Se realizaron pruebas de germinación a las semillas de alfalfa *Medicago sativa* (Figura 8) provenientes del estado de Puebla de variedad común, obteniéndose el 80% de semillas germinadas, estas se sembraron en toda la parcela en la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán en campo 4 (Figura 9). La siembra se llevó a cabo en dos suelos preparados uno con y sin abono de ovino. En cada uno de los ambientes, la siembra se realizó en hileras, separadas unas de las otras, respetando los linderos con las otras subparcelas.

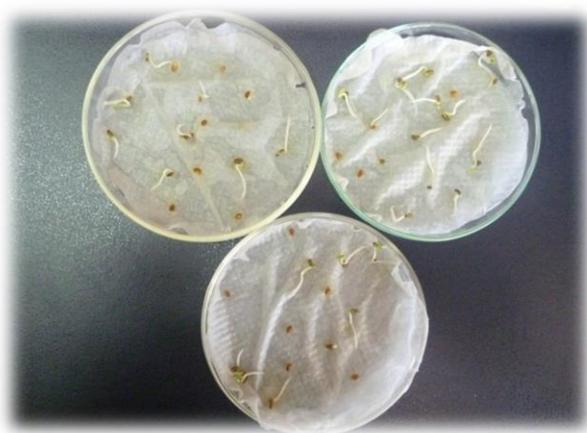


Figura 8.-Pruebas de germinación de semillas de alfalfa (*Medicago Sativa*).



Figura 9.- Sembrado de semillas alfalfa (*Medicago Sativa*) en el terreno preparado.

Actividad 1.2 Aplicación de tratamiento

El riego se realizó en dos etapas, las etapas duraron 8 semanas cada una, y el riego se realizó semanalmente.

En la Tabla 12 se presenta el diseño de experimentos para la primera etapa, donde el riego se realizó con la solución orgánica, preparada a diferentes concentraciones como se muestra en la figura 10.

Los tratamientos del suelo abonado son: N1 (30 L agua:30 L nejayote), N2 (40 L agua:20 L nejayote), TA (60L agua) y los tratamientos del suelo no abonado son: N1-T1(20 L agua: 20 L nejayote: 600 g de abono de ovino) y N2-T2 (25L agua:15 L nejayote:900 g de abono de ovino), N1-T2 (20 L agua:20 L nejayote:900 g abono de ovino) y N2-T1 (25 L agua:15 L nejayote:600 g abono de ovino), como se muestra en la figura 9. La segunda etapa, el riego se realizó únicamente con agua.

Tabla 12.- Nomenclatura y concentraciones de los tratamientos

Tipo de suelo	Tratamiento	Nomenclatura	Concentraciones		
			Agua	Nejayote	Abono de ovino
Suelo con abono	1	N1	30 L	30 L	-
	2	N2	40 L	20 L	-
Testigos	3	TA	60L	-	-
	4	TSA	30 L	-	-
Suelo sin abono	5	N1-T1	20 L	20 L	600 g
	6	N2-T2	25L	15 L	900 g
	7	N1-T2	20 L	20 L	900 g
	8	N2-T1	25 L	15 L	600 g

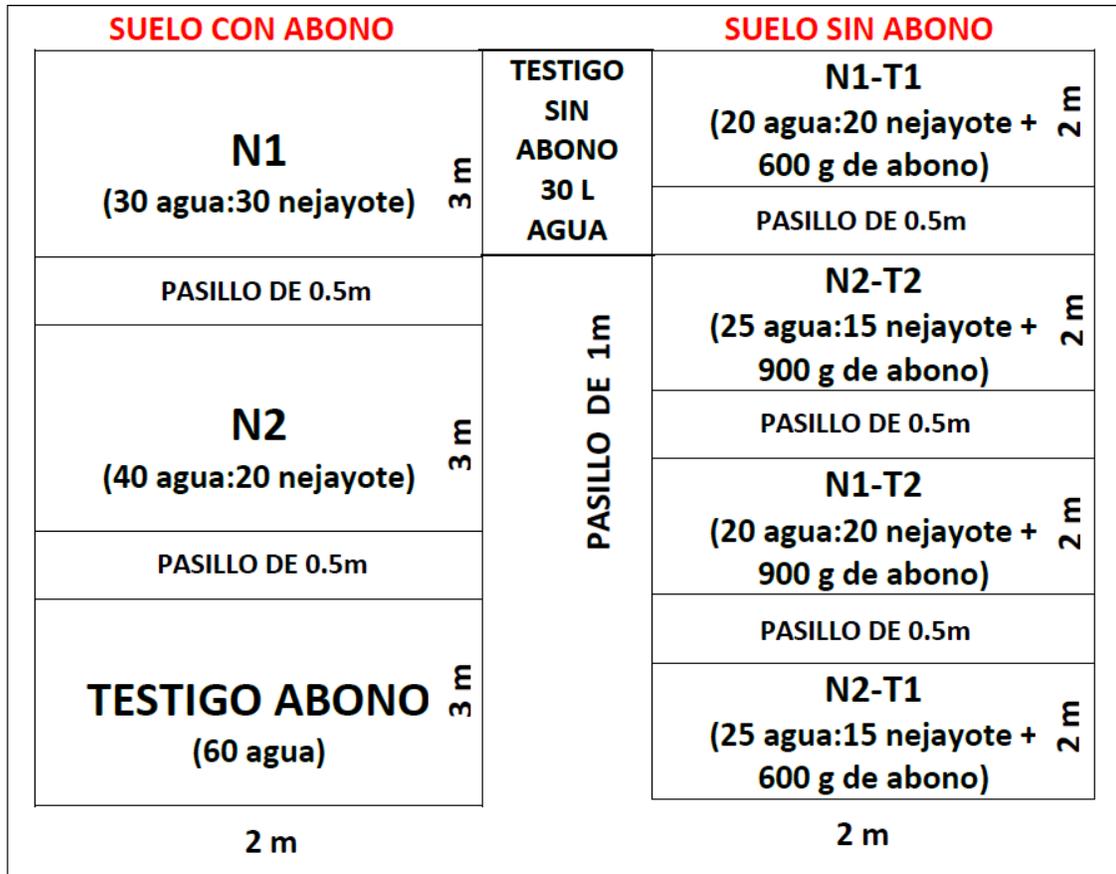


Figura 10.- Esquema de riego de los tratamientos.



Figura 11.- Preparación de la solución orgánica Figura 12.- Riego con la solución orgánica en las parcelas

Actividad 1.3 Cosecha de la alfalfa (*Medicago sativa*)

La cosecha de cada etapa se realizó cada ocho semanas, colocando las muestras en papel para su posterior secado como se muestra en la Figura 13.



Figura 13.- Cosecha de la alfalfa

Actividad 1.4 pH suelos

Para la medición de pH de los suelos se empleó un potenciómetro digital modelo HI 991002, de acuerdo al método 943.02 (AOAC, 1998).

Actividad 1.5 Secado de la alfalfa (*Medicago sativa*)

El secado de la alfalfa se realizó por estufa marca Drying Oven, se colocó la producción de alfalfa en tamices para la entrada y salida del aire a 50°C durante 24 horas.



Figura 14.-Secado de la alfalfa a peso constante.

Actividad 2.1 Análisis químico proximal de alfalfa

Los análisis químicos de los tratamientos se realizaron de acuerdo al *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists (AOAC, 1998)* y a la literatura reportada por Pearson, 1998, por triplicado. De acuerdo a los procedimientos establecidos para proteínas (960.52), fibra cruda (962), lípidos (954.02) y calcio (968.08).

2.1.1 Humedad (Termobalanza)

Se determinó la humedad por termobalanza digital marca OHAUS modelo MB45. La humedad es tomada como la pérdida de peso al secado, usando un instrumento de humedad, el cual emplea una balanza de torsión sensible para pasar la muestra y una lámpara infrarroja para secar.

Se pesaron 50 mg de la muestra en la misma balanza y se distribuyeron cuidadosamente y uniformemente en el platillo. Con la fuente de potencia debidamente ajustada, bajar la tapa de la balanza. La muestra comenzó a evaporar de manera continua la humedad de la muestra y el registro continuo de la pérdida de peso, hasta que la muestra se situó a peso constante.

2.1.2 Cenizas (Klem)

La determinación de cenizas es común para cuantificar la totalidad de minerales en alimentos y se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica en la muestra, es eficiente ya que determina tantas cenizas solubles en agua, insolubles y solubles en medio ácido.

Para esta determinación se utilizó un crisol tarado, a peso constante, donde se colocaron 2 g de muestra, empleando un mechero la muestra se calcino, en seguida se pasó a la mufla por 30 minutos a 550 °C, una vez concluido el tiempo, se pasó al desecador para que enfríe y cuando estuvo a temperatura ambiente se pesó. El porcentaje de cenizas se calcula mediante la ecuación 1.

$$\% \text{Cenizas} = \frac{P_1 - P_2}{P} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

2.1.3 Proteínas (Micro Kjeldahl)

Este método consiste en la digestión, destilación, y valoración con ácido clorhídrico de una pequeña muestra para determinar su material nitrogenado total y la conversión del % de nitrógeno en proteínas.

Digestión: Se pesaron 0.1 g de muestra previamente seca y molida en un matraz de digestión Kjeldahl. Se agregó 1.9 g de sulfato de potasio (K_2SO_4), 40 mg de óxido de mercurio (HgO) y 2 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Colocar el matraz en el digestor; rotar el matraz periódicamente para la digestión de toda la materia orgánica, y una vez que la solución esté transparente, se dejó en ebullición de 15 a 20 minutos más. Se enfrió y posteriormente se destilo.

Destilación: Al equipo de destilación se agregó la muestra anteriormente digerida y 20 mL de hidróxido de sodio ($NaOH$) al 60%. Previamente en el extremo del refrigerante colocar un matraz Erlenmeyer, al que se le han agregado 10 mL de ácido bórico (HBO_3) al 4%, que contiene 2 gotas de indicador (mezcla de rojo de metilo y azul de metileno al 0.2%). Se debe introducir la resistencia al matraz balón que contiene agua, el cual servirá para calentar la muestra. Se dejó transcurrir el tiempo de destilación hasta reunir aproximadamente 50 mL de destilado, cuyo contenido cambia de color azul-violeta a verde a medida que se acumula el amoníaco. Reunido el volumen de destilado, se retiró el recipiente colector.

Titulación: Del volumen destilado se midió una alícuota de 50 mL y se depositó en un Erlenmeyer. Finalmente, con ácido clorhídrico (HCl) 0.02 N se tituló, hasta que el color verde cambie a rosa palo. El porcentaje de proteínas se calcula mediante la ecuación 2.

$$\% \text{ Proteína} = \frac{14.007 \cdot N \cdot V \cdot \text{factor} \cdot 100}{m} \quad (\text{Ec. 2})$$

2.1.4 Fibra (Weende)

Este método se basa en la digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se determina la fibra cruda.

Para la determinación de fibra cruda se tomaron 3 g de muestra, se colocaron en un vaso de Berzelius y se adicionaron 200 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 0.255N.

Posteriormente se colocó el vaso en el aparato de reflujo y a partir de que empiece a hervir se contaron 30 min.

Se adicionaron 200 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.313N al vaso de Berzelius y se colocó nuevamente en el aparato de reflujo por 30 min.

Se filtró a vacío con ayuda de los embudos Buchner y papel filtro y se realizó un lavado con agua destilada caliente hasta quitar todos los residuos del vaso Berzelius.

Después la fibra que quedó en el papel filtro es colocada en un crisol de porcelana, para calcinarlo por medio del mechero Fisher, posteriormente se introdujo en la mufla a 550°C. Se sacó de la mufla y se dejó enfriar para registrar el peso final. El porcentaje se calcula mediante la ecuación 3.

$$\% \text{ Fibracruda} = \frac{(P_S - P_P)(P_C - P_{CP})}{M} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

2.1.5 Lípidos (Soxhlet)

Es una extracción semicontinua con disolvente donde una cantidad de disolvente rodea la muestra y se calienta a ebullición, una vez que dentro del Soxhlet el líquido condensado llega a cierto nivel es sifoneado de regreso al matraz de ebullición, la grasa se mide por pérdida de peso de la muestra o por cantidad de muestra removida.

Para la determinación de lípidos se utilizó matraces bolas, previamente a peso constante a una temperatura de 105°C. Se pesaron 5 g de la muestra en papel filtro, para colocarlo en un cartucho de celulosa que se tapó con algodón.

Se colocó el dedal con la muestra dentro del sifón, fijándolo bajo el refrigerante y el matraz bola que está a peso constante. Al matraz de extracción se agregó hexano, se colocó bajo el sifón y sobre la manta de calentamiento.

Al término de la extracción, se evaporó el solvente y se puso a peso constante (en la estufa a 105°C), durante 12 horas; se sacó el matraz bola, se dejó enfriar y posteriormente se pesó. El porcentaje de lípidos se calcula mediante la ecuación 4.

$$\%Lípidos = \frac{P_a - P_b}{P} \cdot 100 \quad (Ec. 4)$$

2.1.6 Contenido de Calcio (Espectroscopía de absorción atómica)

El contenido de calcio se determinó por el método de Espectroscopía de absorción atómica de acuerdo al procedimiento 968.08 de AOAC, 1998.

Actividad 2.3 Formulación y elaboración de bebida funcional

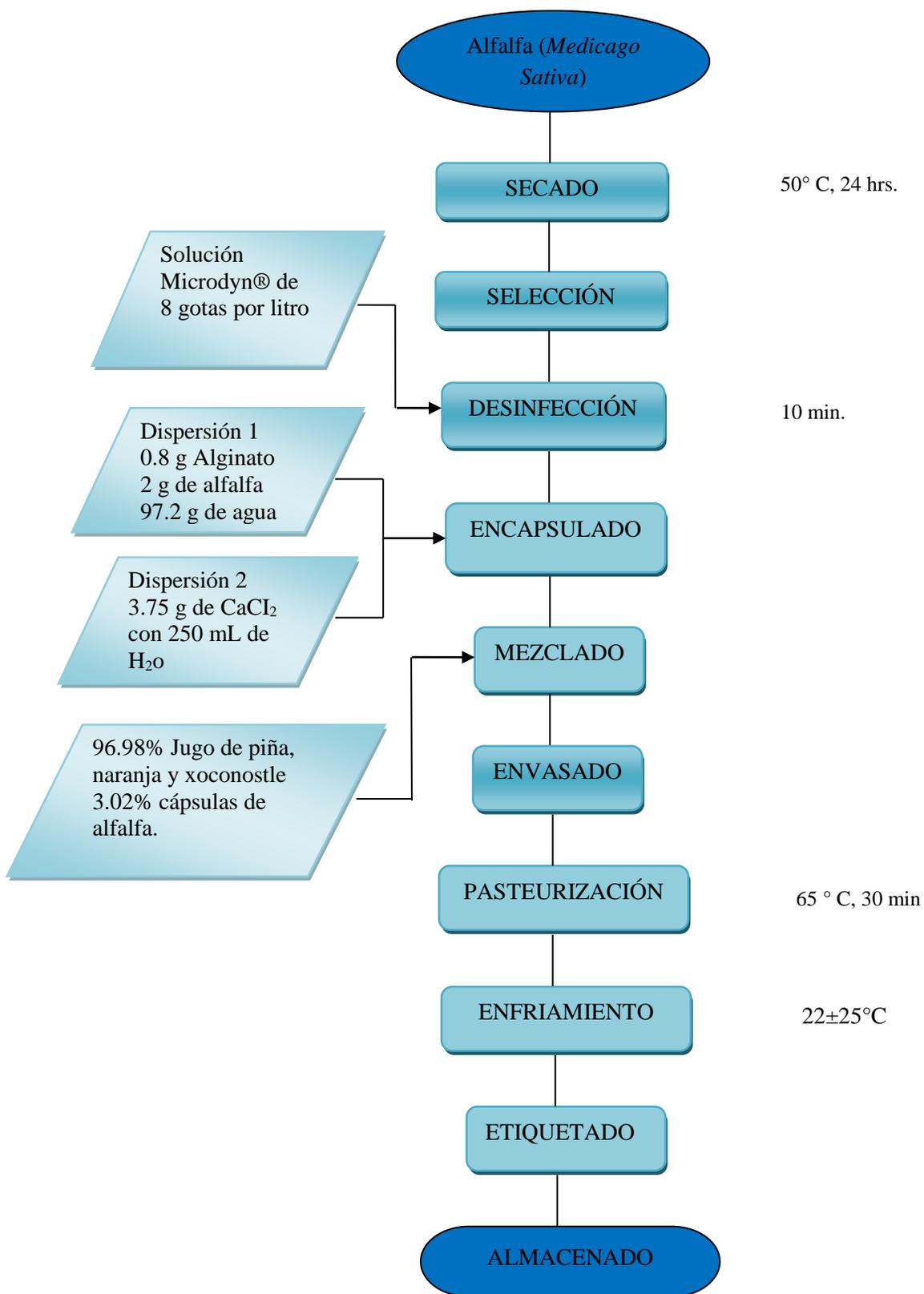
2.3.1 Formulación

Para la base de las bebidas funcionales se seleccionaron frutas cítricas como la naranja, xoconostle y piña, aprovechando sus propiedades nutrimentales, agregando los encapsulados de los tratamientos seleccionados. En la Tabla 13 se presenta el porcentaje de cada componente de la bebida funcional.

Tabla 13.- Formulación de la bebida tipo funcional

COMPONENTE	%
Piña	66.02
Xoconostle	6.94
Jugo de naranja	24.02
Encapsulados de alfalfa	3.02

2.3.2 Diagrama de bloques de bebida tipo funcional



2.3.3 Elaboración de bebida funcional

Para la elaboración de la bebida funcional se adquirieron las materias primas de un mercado local de Cuautitlán Izcalli, las cuales se seleccionaron, lavaron y desinfectaron. El proceso consiste en varias etapas:

1. Secado

El secado de la alfalfa (*Medicago Sativa*) se llevó a cabo en tamices a 50°C durante 24 horas en estufa.

2. Selección

De acuerdo a los resultados de rendimiento, composición química y contenido de calcio se seleccionó dos tipos de tratamientos.

3. Desinfección

Las muestras de alfalfa seleccionadas fueron desinfectadas con una solución comercial de Microdyn® de 8 gotas por litro durante 10 minutos.

4. Encapsulación de alfalfa

Para la encapsulación de la alfalfa se utilizó el mecanismo de gelificación de alginato externa, donde la fase dispersa en este caso es la alfalfa, consta de 2 g de alfalfa, 0.8 g de alginato de sodio en 92.7 mL de agua, se dejó caer gotas de esta dispersión en una solución de CaCl₂ al 1.5%, se dejó reposar las cápsulas en la solución y después se enjuagaron con suficiente agua.

5. Mezclado

Para la obtención del jugo se licuó 330.1 g de piña, 34.7 g de xoconostle, y 120 g de jugo de naranja. El jugo se mezcló con las cápsulas de alfalfa previamente enjuagadas con agua, y se colocan en envases de vidrio.

6. Envasado

El jugo se llenó en envases de vidrio, los cuales fueron lavados, enjuagados con agua clorada y pasteurizados. Al llenarlos se dejó un espacio vacío, llamado espacio de cabeza, que equivale al 10% del tamaño interno del envase.

7. Pasteurización

El jugo recibe un tratamiento térmico de 65 °C durante 30 minutos.

8. Enfriamiento

Una vez transcurrido el tiempo, la operación se completa con el enfriamiento rápido del producto hasta una temperatura de 5 °C, a fin de producir un choque térmico que inhibe el crecimiento de los microorganismos que pudieran haber sobrevivido al calor.

9. Almacenado

Después del sellado, se acomodan los envases para su almacenamiento en refrigeración.

Actividad 3.1 Análisis químico proximal de la bebida funcional

Los análisis químicos de las bebidas funcionales se realizaron de acuerdo al *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists* (AOAC, 1998) y a la metodología reportada en Pearson, 1999, y por triplicado. Las determinaciones que se realizaron fueron humedad (ver pág. 41), cenizas (ver pág. 41), fibra cruda (ver pág. 42) y carbohidratos.

3.1.1 Carbohidratos (Lane y Eynon)

El método volumétrico de Lane-Eynon se basa en la determinación del volumen de una disolución de la muestra, que se requiere para reducir completamente un volumen conocido del reactivo alcalino de cobre. El punto final se determina por el uso de un indicador interno, azul de metileno, el cual es reducido a blanco de metileno por un exceso de azúcar reductor.

-Disolución clarificada

Para obtener la disolución clarificada se pesaron 20 g de la muestra en un matraz aforado de 100 mL, se le agregó 1 g de subacetato de Plomo y 1 g de oxalato de sodio se agitó y reposó durante 10 min, se aforó y filtró.

-Azúcares reductores directos

En un matraz enlermeyer se colocaron 5 mL de Fehling A y 5 mL de Fehling B más 20 mL de H₂O se llevó a ebullición, se agregaron 2 gotas de azul de metileno, se le adicionó la disolución clarificada hasta la formación de óxido de cobre un precipitado de color rojo ladrillo.

-Azúcares reductores totales

Se tomó una alícuota de 20 mL de la disolución clarificada se hidrolizó con 5 mL de ácido clorhídrico (HCl) a baño maría a una temperatura de 65°C durante 10 minutos, se dejó enfriar y neutralizó con hidróxido de sodio (NaOH) al 40% adicionándole 2 gotas de fenolftaleína y por último se aforó. Esta solución se colocó en la bureta para la determinación de azúcares totales, donde previamente en un matraz enlermeyer se colocó 5 mL de Fehling A y 5 mL de Fehling B más 20 mL de H₂O se lleva a ebullición, se agregaron 2 gotas de azul de metileno, se va adicionando hasta la formación del precipitado de color rojo ladrillo. El % de ARD, % de ART y % de sacarosa se calcula mediante las ecuaciones 5, 6 y 7 respectivamente.

$$\%ARD = \frac{F * D * 100}{g} \quad (Ec. 5)$$

$$\%ART = \frac{F * D * 100}{g * alícuota} \quad (Ec. 6)$$

$$\% Sacarosa = 0.95 (\%ART - \%ARD) \quad (Ec. 7)$$

Actividad 3.2 Análisis fisicoquímicos de la bebida funcional

3.2.1 Acidez total

La determinación de la acidez total se basa en el hecho de que las frutas contienen ácido cítrico, ácido tartárico y ácido málico, los cuales reaccionan con álcalis fuertes para dar origen a las sales sódicas correspondientes.

Para esta determinación se utilizaron 10 mL de jugo se transfieren a un matraz y se aforan a 100 mL empleando agua destilada. Por otro lado, en un matraz Erlenmeyer se toma una alícuota de 25 mL, que se tituló con hidróxido de sodio 0.1 N; usando como indicador 3 gotas de fenolftaleína. El porcentaje de acidez se calcula con la ecuación 8.

$$\%Acidez = \frac{V * N * 100}{A} \quad (Ec. 8)$$

3.2.2 Determinación de *A_w*

El rango de actividad de agua va de 0 a 1 y equivalen a la humedad relativa de equilibrio (ERH) que va de 0 a 100% H.R.

Para la determinación de A_w se empleó un Aqualab digital modelo Testo 650, se introdujo la caja con la muestra, se esperó unos minutos para la determinación y se leyó directamente.

3.2.3 Determinación de pH

Para la medición de pH se empleó un potenciómetro digital modelo HI 991002, previa calibración del potenciómetro, se enjuagó el electrodo con agua destilada y se secó cuidadosamente, posteriormente se preparó la muestra tomando una alícuota de 10 mL en 100 mL de agua destilada, se introdujo el electrodo en la muestra previa preparada y se registró el pH.

3.2.4 Determinación de °Brix

Se utilizó el refractómetro Abbe modelo ATAGO 0107 al cual se le agregó una gota de muestra a evaluar y se lee en la escala de °Brix a contra luz.

Actividad 3.3 Calidad Sanitaria

Para evaluar la calidad sanitaria del producto se realizó un análisis microbiológico, de los tratamientos seleccionados no desinfectados y de la bebida funcional, mediante de tres pruebas Hongos y Levaduras (NOM-111-SSA1-1994), Coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994) y Mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1-1994).

3.3.1 Mohos y Levaduras

Para este método se utilizó Agar papa-dextrosa como medio de cultivo este se esterilizó, se enfrió en baño de agua a $45 \pm 1^\circ\text{C}$. Se preparó una caja control con 20 mL de Agar papa-dextrosa para verificar la esterilidad.

Se realizaron por duplicado en cajas Petri 1 mL de la muestra líquida directa o de la dilución primaria, utilizando para tal propósito una pipeta estéril. Se realizaron diluciones decimales empleando tubos con 9.0 mL de solución diluyente ($10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$). Se vertieron 20 mL de agar papa dextrosa en todas las cajas petri. El tiempo transcurrido entre la preparación de la dilución primaria y el momento en que es vertido el medio de cultivo, no excedió de 20 minutos. Se mezcló cuidadosamente el medio con seis movimientos de

derecha a izquierda, seis en el sentido de las manecillas del reloj, seis en el sentido contrario y seis de atrás para adelante, se dejó reposar sobre la superficie hasta que la mezcla se solidifique. Invertimos las cajas y colocamos en la incubadora a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Se contaron las colonias de cada placa después de 24, 48 y 72 horas de incubación.

3.3.2 Coliformes totales

El método establecido utiliza un medio selectivo agar rojo violeta bilis en el que se desarrollan bacterias a 35°C en aproximadamente 24 h, dando como resultado la producción de gas y ácidos orgánicos, los cuales viran el indicador de pH y precipitan las sales biliares. Se preparó una caja control con 20 mL del medio RVBA fundido y mantenido a $45 \pm 1,0^\circ\text{C}$ para verificar la esterilidad.

Colocamos en cajas Petri por duplicado 1 mL de la muestra líquida directa o de la dilución primaria, utilizando para tal propósito una pipeta estéril. Realizamos diluciones decimales empleando tubos con 9.0 mL de solución diluyente ($10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$). Vertimos 20 mL de agar papa dextrosa en todas las cajas Petri. El tiempo transcurrido entre la preparación de la dilución primaria y el momento en que es vertido el medio de cultivo, no se excedió de 20 minutos. Se mezcló cuidadosamente el inóculo con el medio con seis movimientos de derecha a izquierda, seis movimientos en el sentido de las manecillas del reloj, seis movimientos en el sentido contrario al de las manecillas del reloj y seis de atrás para adelante, se dejó reposar sobre la superficie hasta que la mezcla se solidifique. Invertimos las cajas y colocamos en la incubadora a 35°C . Se contaron las colonias de cada placa después de 24, 48 y 72 horas de incubación. Las colonias típicas son de color rojo oscuro, generalmente se encuentran rodeadas de un halo de precipitación debido a las sales biliares, el cual es de color rojo claro o rosa, la morfología colonial es semejante a lentes biconvexos con un diámetro de 0,5 a 2,0 mm.

3.3.3 Mesófilos aerobios

Para la determinación de mesófilos aerobios se utilizó Agar nutritivo, se enfrió a $45^\circ\text{C} \pm 1,0^\circ\text{C}$ en baño de agua y mantenerlo a esta temperatura hasta antes de su uso. Se preparó una caja control con 20 mL de agar nutritivo para verificar la esterilidad.

Colocamos en cajas Petri por duplicado 1 mL de la muestra líquida directa o de la dilución primaria, utilizando para tal propósito una pipeta estéril. Realizamos diluciones decimales empleando tubos con 9.0 mL de solución diluyente (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}). Vertimos 20 mL de Agar en todas las cajas Petri. El tiempo transcurrido entre la preparación de la dilución primaria y el momento en que es vertido el medio de cultivo, no se excedió de 20 minutos. Mezclarlo mediante 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás a adelante, sobre una superficie lisa y horizontal hasta lograr una completa incorporación del inóculo en el medio, se dejó reposar sobre la superficie hasta que la mezcla se solidifique. Invertimos las cajas y colocamos en la incubadora a $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Se contaron las colonias de cada placa después de 24, 48 y 72 horas de incubación.

Actividad 3.4 Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial de las bebidas se empleó el método de Ordenamiento de Preferencia la cual no requiere de entrenamiento para los jueces afectivos. Para considerar los resultados como representativos de las respuestas de la población, se requiere de un gran número de evaluaciones (Figura 15).

3.4.1 Prueba de aceptación

Se realizó un análisis cuantitativo a 50 personas en la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán. El objetivo es evaluar, de acuerdo con un criterio personal-subjetivo, si la muestra presentada es “Aceptable” o “No Aceptable” para su consumo.

3.4.2 Prueba sensorial afectiva

La evaluación sensorial afectiva se llevó a cabo entre la población estudiantil de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, evaluando los atributos de sabor, olor, color, apariencia y acidez. Se realizó un análisis estadístico considerando una muestra total de 50 personas. Se utilizó una escala hedónica de 4 puntos, donde la mayor puntuación hacía referencia a una aceptabilidad considerada como “Muy buena” (1), seguida de una categoría considerada como “Buena” (2), “Regular” (3), “Mala” (4); para evaluar las bebidas funcionales propuestas.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 14 se presentan los resultados de rendimiento de los tratamientos, evaluados en dos etapas y en la Tabla 15 la composición química (humedad, cenizas, fibra, proteínas y lípidos) de los tratamientos.

Tabla 14.- Resultados de rendimiento de los tratamientos evaluados en dos etapas

g	Primera etapa								Segunda etapa							
	N1	N2	TA	TSA	N1-T1	N2-T2	N1-T2	N2-T1	N1	N2	TA	TSA	N1-T1	N2-T2	N1-T2	N2-T1
RENDIMIENTO	176.2	594	973.5	291.1	615.7	955.1	690.9	1356.5	1095.8	1536.6	1517.2	258.1	714.2	1019.3	1330.9	1956.9

Tabla 15.- Resultados de composición química de los tratamientos

Etapas	Tratamiento	% Humedad	% Cenizas	% Calcio	% Fibra	% Proteínas	% Lípidos
Primera etapa	N1	4.4±0.07 ^{fgh}	10.3±0.1 ^{bc}	6.3±0.3 ^{abc}	27.9±2.06 ^a	10.7±1.75 ^c	2.6±0.3 ^{ab}
	N2	5.5±0.15 ^{cde}	9.2±3.1 ^{bc}	9.1±0.4 ^{ab}	25.2±0.3 ^{abc}	11.4±1.78 ^c	3.06±0.1 ^{ab}
	TA	3.8±0.24 ^{hi}	11.8±2.6 ^{abc}	9.4±0.04 ^{ab}	21.4±1.5 ^{bc}	13.1±1.28 ^{bc}	2.3±0.22 ^{ab}
	TSA	3.8±0.17 ^{hi}	9.9±0.3 ^{bc}	8.1±0.1 ^{abc}	21.8±0.4 ^{abc}	29.2±4.76 ^a	2.04±0.24 ^{ab}
	N1-T1	3.9±0.49 ^{hi}	11.7±1.2 ^{abc}	8.9±0.8 ^{ab}	23.4±0.2 ^{abc}	29.3±4.63 ^{ab}	2.7±0.07 ^{ab}
	N2-T2	4.1±0.17 ^{ghi}	12.1±0.3 ^{ab}	8.9±0.3 ^{ab}	24.6±1.5 ^{abc}	26.2±0.88 ^a	1.5±0.1 ^b
	N1-T2	4.8±0.02 ^{def}	11.5±0.1 ^{abc}	5.5±2.5 ^{bc}	23.5±0.1 ^{abc}	27.6±1.96 ^{abc}	2.5±0.8 ^{ab}
	N2-T1	3.3±0.07 ⁱ	9.6±0.8 ^{bc}	7.6±0.5 ^{ab}	15.3±0.1 ^{ab}	21.5±4.91 ^{ab}	1.9±0.02 ^{ab}
Segunda etapa	N1	7.1±0.12 ^a	8.3±0.5 ^{bc}	7.7±1.06 ^{ab}	22.7±1.7 ^{bc}	21.6±0.07 ^{ab}	3.6±1.3 ^a
	N2	5.6±0.2 ^{bcd}	7.6±0.09 ^{bc}	8.7±3.1 ^{abc}	22.8±2.4 ^{abc}	22.3±0.86 ^{ab}	1.5±0.1 ^b
	TA	6.3±0.2 ^{hi}	7.8±0.4 ^{bc}	8.2±0.4 ^{ab}	23.2±1.03 ^{abc}	27.2±0.91 ^a	1.7±0.02 ^{ab}
	TSA	4.4±0.3 ^{fgh}	8.9±0.3 ^{bc}	6.9±2.9 ^{abc}	21.07±1.3 ^{bc}	28.6±1.96 ^{ac}	1.9±0.7 ^{ab}
	N1-T1	6.5±0.05 ^{ab}	7.3±0.3 ^c	8.2±0.9 ^{ab}	20.8±0.7 ^c	25.7±0.02 ^{abc}	2.3±0.2 ^{ab}
	N2-T2	3.8±0.06 ^{hi}	15.8±0.6 ^a	7.3±3.2 ^{abc}	23.0±0.4 ^{abc}	26.8±0.32 ^a	2.2±0.4 ^{ab}
	N1-T2	5.2±0.17 ^{def}	15.8±0.6 ^a	8.9±0.6 ^{ac}	23.9±2.2 ^{abc}	25.4±2.89 ^{ab}	3.05±0.2 ^{ab}
	N2-T1	5.8±0.03 ^{bcd}	15.2±0.9 ^a	9.1±0.6 ^c	26.1±0.6 ^{ab}	24.4±1.12 ^{ac}	2.4±0.1 ^{ab}

n=3

± Desviación estándar

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

3.1 Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa*)

El rendimiento es una de las variables de respuesta del estudio del efecto del riego de la solución orgánica (nejayote y abono de ovino). En la Figura 16 se muestran los rendimientos de los tratamientos, mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.5$) entre las dos etapas de riego.

Durante la primera etapa, los tratamientos del suelo no abonado (N1-T1, N2-T2, N1-T2, N2-T1) tuvieron mayor rendimiento con respecto a los tratamientos del suelo abonado (N1, N2), mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.5$) entre ellos, siendo N2-T1 (25L agua: 15L nejayote: 600 g abono) el de mayor rendimiento (1356.5 g) equivalente a 8.5 veces más que N1 (30L nejayote: 30L agua) de menor rendimiento con un valor de 176.2 g.

El mayor rendimiento se tuvo en la segunda etapa, donde el riego se realizó con agua, entre los destacados son los tratamientos N2 y N2-T1, con un rendimiento de 1536.6 g y 1956.9 g respectivamente.

Los tratamientos del suelo abonado (N1, N2) tuvieron diferencia significativa ($p \leq 0.5$) en las etapas de riego, N1 (1095.8 g) tuvo seis veces más rendimiento en la segunda etapa que en la primera etapa (176.2 g) y N2 (1536.6 g) tuvo dos veces más en la segunda etapa que en la primera (594 g).

Los tratamientos del suelo no abonado (N1-T1, N2-T2, N1-T2, N2-T1) tuvieron de 10 a 20% más rendimiento que en la primera etapa.

El testigo sin abono (TSA) en las dos etapas no mostró diferencia significativa ($p \geq 0.5$) en ambas etapas. La adición de estiércol de ovino favoreció el rendimiento de las plantas.

Horrocks y Vallentine (1999) mencionan que la capacidad que posee una parcela para producir materia seca (MS), depende de la disponibilidad de nutrientes y agua. Para el crecimiento de la alfalfa es importante la cantidad de agua aplicada que depende de la capacidad de retención de agua por el suelo, y de la eficiencia del sistema de riego, por lo tanto, se tuvo mayor rendimiento en los tratamientos de la segunda etapa (riego con agua).

Se tuvo mayor rendimiento en los tratamientos de los suelos no abonados, el riego con la solución orgánica (nejayote y abono de ovino) en los tratamientos favoreció el crecimiento. La adición de abono de ovino en la solución contribuye al rendimiento de la alfalfa debido a que aumenta la fertilidad del suelo, así como la infiltración de agua que permite la absorción de las raíces de la planta (SAGARPA, 2016).

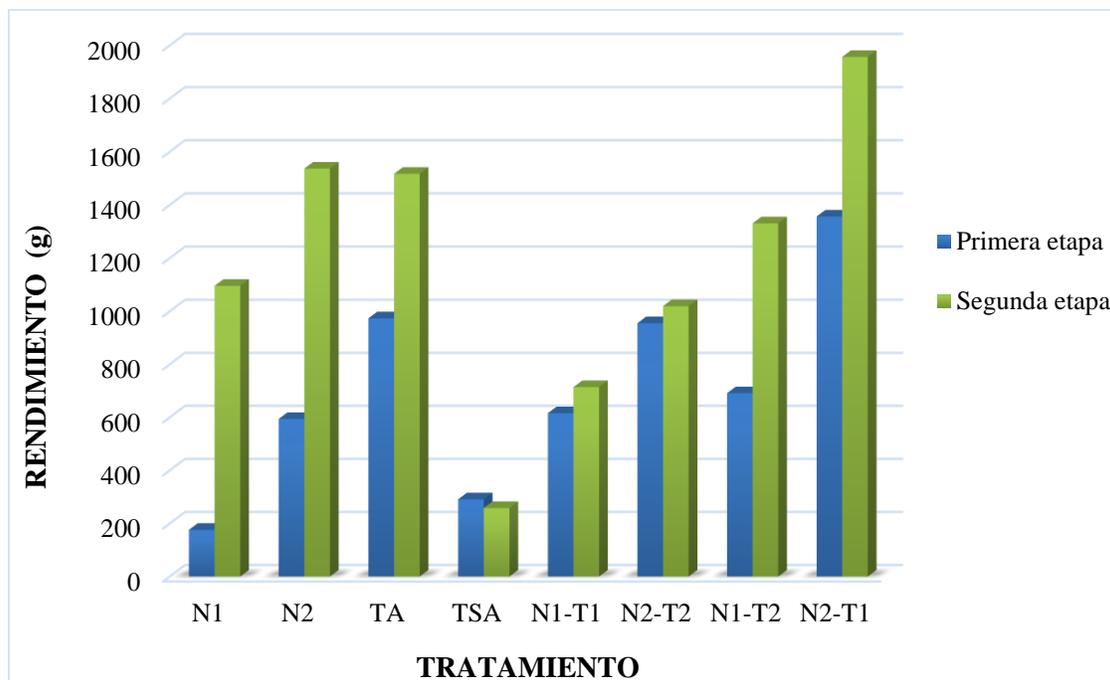


Figura 16.- Gráfica de resultados de rendimiento de los tratamientos

3.2 Resultados de análisis químicos proximales de alfalfa

3.2.1 Humedad

En la Figura 17 se observa que, en la segunda etapa, los tratamientos tuvieron mayor porcentaje de humedad que en la primera etapa, el análisis estadístico mostró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las dos etapas de riego.

En la primera etapa, los tratamientos N1 y N2 (40L nejayote: 20L agua, 30L nejayote: 30L agua) obtuvieron mayor porcentaje de humedad que los tratamientos de suelo no abonado (N1-T1, N2-T2, N1-T2, y N2-T1) mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ellos, siendo N2 el de mayor porcentaje con una humedad de 5.58%, con 59% mayor de humedad con respecto al tratamiento N2-T1 el de menor porcentaje, con una humedad de 3.305%. En los tratamientos del suelo no abonado el mayor fue N1-T2 (20L agua: 20L nejayote: 900g de abono) con un valor de 4.875% de humedad.

En la segunda etapa, los tratamientos mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos de suelo con y sin abono de ovino. En los tratamientos del suelo abonado, N1 presenta 58% más de humedad que con el de menor porcentaje, con un valor de 7.075%. En el suelo no abonado se encuentra el tratamiento N2-T2 con el menor porcentaje de humedad con un valor de 3.865%.

Los tratamientos de la segunda etapa tuvieron un % de humedad mayor que los tratamientos de la primera etapa, destacando al tratamiento N1 que aumentó su humedad hasta un 63%, así como los tratamientos N1-T1 y N2-T1 obteniendo un 67 a 78% más de humedad, excepto el tratamiento N2-T2 que disminuyó su humedad con un 7% menor.

El riego con la solución orgánica (primera etapa) disminuyó el porcentaje de humedad de los tratamientos, por lo tanto, se tendrá mayor cantidad de sólidos presentes en las plantas de alfalfa.

En el riego con agua se obtuvo un alto porcentaje de humedad en los tratamientos, se reporta que la cantidad de agua aplicada depende de la capacidad de retención de agua por el suelo y de las raíces de la alfalfa (Pozo, 1983), por lo tanto, un alto contenido de humedad en los tratamientos.

El contenido de humedad en los alimentos es determinante para la estabilidad y el crecimiento de microorganismos del alimento, por lo tanto, se tendrá mayor estabilidad con los tratamientos de la primera etapa en una humedad entre 3.5% a 5.8%.

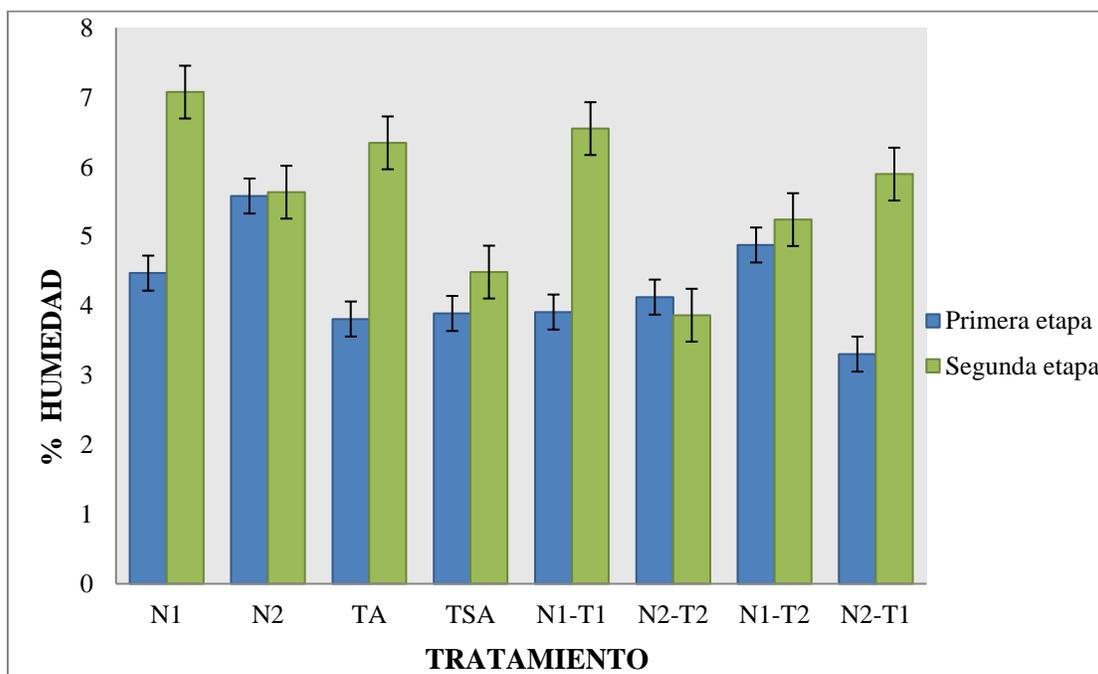


Figura 17.- Gráfica de resultados de humedad de los tratamientos

3.2.2 Cenizas

La determinación de cenizas en los tratamientos es fundamental, puesto que es la medida total de minerales presentes en la alfalfa. En la Figura 18 se observa que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.5$) entre las etapas de riego.

Los tratamientos de la primera etapa presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.5$) entre ellos, los tratamientos del suelo no abonado (N1-T1, N2-T2, N1-T2, y N2-T1) presentaron mayor porcentaje de cenizas con respecto a los tratamientos del suelo abonado (N1, N2), destacando a N2-T2 (25L agua: 15L nejayote: 900g de abono) con el mayor contenido de cenizas con un valor de 12.11 %, y a N2 con el menor contenido con valor de 9.21%.

En la segunda etapa, los tratamientos del suelo con y sin abono presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.5$) entre ellos, los tratamientos N2-T2, N1-T2 y N2-T1 tuvieron un alto contenido de cenizas con respecto a los tratamientos del suelo abonado, teniendo el doble del porcentaje de cenizas, destacando al tratamiento N2-T2 con el mayor contenido de cenizas de los tratamientos con un porcentaje de 15.88%.

Los tratamientos N1 y N2 de la primera etapa presentaron 36% más de cenizas con respecto a los de la segunda etapa, así como el tratamiento N1-T1 con un 59% más de cenizas.

El riego con la solución orgánica (primera etapa) en suelo abonado, los tratamientos N1 y N2 aumentaron el porcentaje de cenizas con respecto al riego con agua.

En el riego con agua (segunda etapa) del suelo no abonado los tratamientos N2-T2, N1-T2 y N2-T1 resultaron con 35% más porcentaje de cenizas que los tratamientos del riego con la solución orgánica.

Siendo que los tratamientos del suelo no abonado resultaron con el alto contenido de cenizas tanto en la primera etapa como en la segunda etapa (N2-T2, N1-T2, N2-T1) lo que resultó que el riego con la solución orgánica aumentara la cantidad de minerales en la alfalfa.

El nejayote y abono de ovino proporciona elevados niveles de minerales y vitaminas de calidad, las aplicaciones de las soluciones orgánicas elevaron el porcentaje de cenizas en los tratamientos, obteniéndose mayor resultado en la segunda etapa en los tratamientos del suelo sin abono.

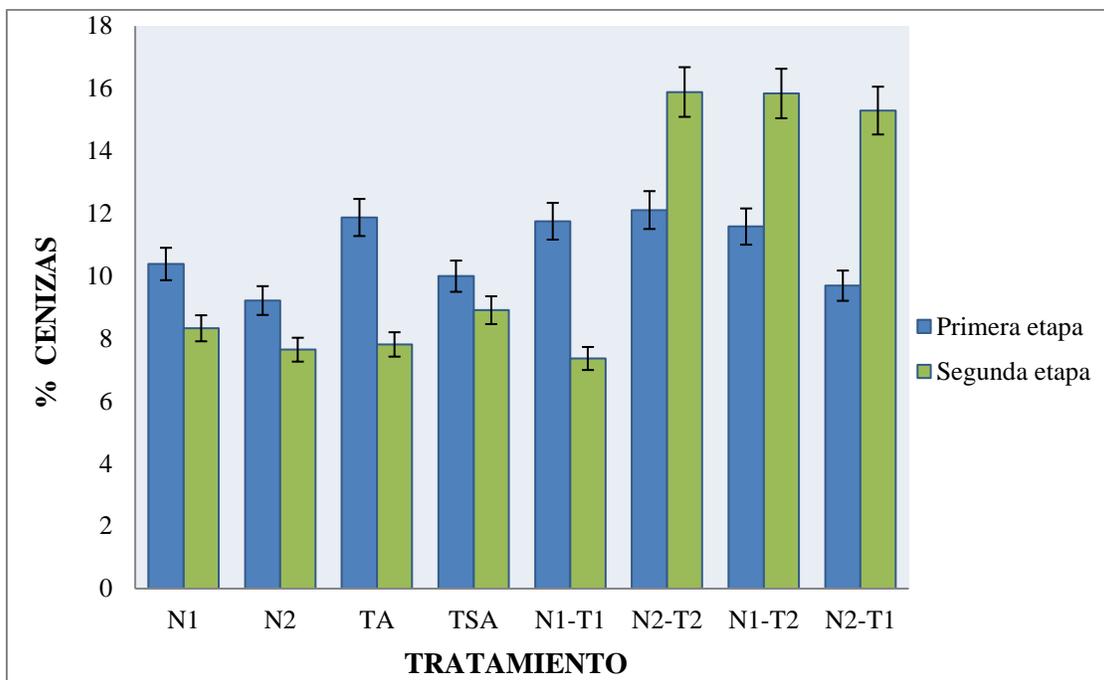


Figura 18.- Gráfica de resultados de cenizas de los tratamientos

3.2.3 Contenido de calcio

El contenido de calcio es una de las variables de respuesta del estudio del efecto del riego con nejayote, en la Figura 19 se observa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos de ambas etapas, hubo mayor contenido de calcio en la mayoría de los tratamientos de la primera etapa.

En la primera etapa (riego con solución orgánica) los tratamientos del suelo con y sin abono presentan diferencia significativa ($p \leq 0.05$), destacando a los tratamientos N2 (40 L agua: 20 L nejayote) con 9.43% y N2-T2 (25 L agua: 15 L nejayote: 900 g de abono de ovino) con 8.97% por su alto contenido de calcio. Los tratamientos con menor porcentaje son N1 (30 L agua: 30 L nejayote) y N1-T2 (20 L agua: 20 L nejayote: 900 g abono de ovino) del suelo no abonado con valores de 6.37% y 5.54% respectivamente

En la segunda etapa (riego con agua), los tratamientos N1-T2, N2-T1 del suelo no abonado presentaron el mayor contenido de calcio con respecto a los tratamientos del suelo abonado mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$), con valores de 8.97% y 9.01% respectivamente.

El tratamiento N2 tuvo el mayor contenido de calcio tanto en la primera como en la segunda etapa de los tratamientos del suelo abonado. El tratamiento N1 incrementó el 22%, así como N1-T2 que incrementó el 62% en la segunda etapa.

El riego con la solución orgánica (nejayote y abono de ovino) favoreció el porcentaje de calcio en las plantas, debido al alto contenido de carbonato de calcio que contiene el nejayote.

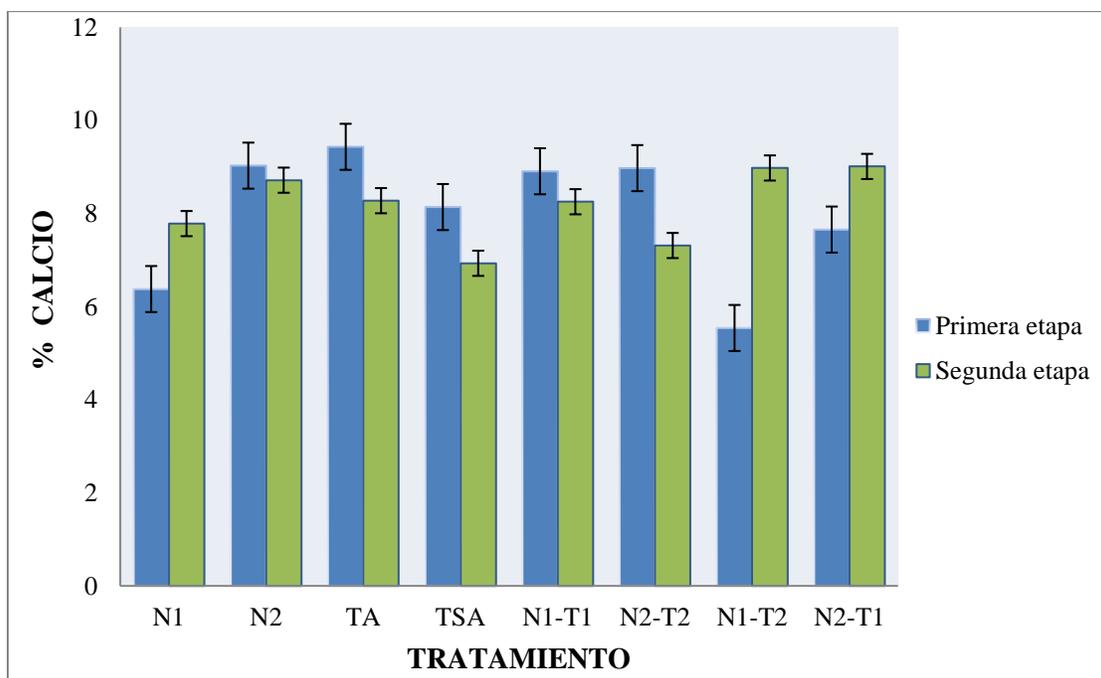


Figura 19.- Gráfica de resultados de contenido de calcio

En la bibliografía se reporta que el contenido de calcio en plantas de alfalfa es de 1.70% de calcio (FEDNA, 2016). Los tratamientos superan estos valores, reportando valores mínimos de 5.54% y máximo de 9.43%. La adición de nejayote y abono de ovino aporta grandes cantidades de calcio en las plantas de alfalfa beneficiando al ser humano, ya que la IDS (Ingesta Diaria Sugerida) es de 900 mg según la NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

3.2.4 Proteínas

En la Figura 20 se observa que los tratamientos mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las dos etapas de riego, obteniendo un elevado contenido de proteínas en los tratamientos de suelo no abonado en ambas etapas.

En la primera etapa (riego con solución orgánica), los tratamientos del suelo no abonado (N1-T1, N2-T2, N1-T2 y N2-T1) presentaron mayor porcentaje de proteínas con respecto a los tratamientos del suelo abonado (N1, N2), presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en los tratamientos de los dos suelos, con 2.5 veces más de contenido de proteínas.

El tratamiento NI-T1 (20agua: 20nejayote:600g abono de ovino) presentó el valor más alto de porcentaje de proteínas con un valor de 29.324%, teniendo el triple de proteínas con respecto al de menor porcentaje de proteínas.

En la segunda etapa (riego con agua) los tratamientos del suelo abonado (N1, N2) presentaron menor porcentaje que los tratamientos del suelo no abonado (N1-T1, N2-T2, N1-T2 y N2-T1), teniendo el porcentaje más alto el tratamiento N1-T1 con un valor de 28.6393% de proteínas.

El tratamiento N2-T2 no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.5$) en las dos etapas de riego con una diferencia de 0.4%.

Los tratamientos del suelo abonado N1, N2 en ambas etapas de riego obtuvieron el menor porcentaje de proteína con respecto a los tratamientos del suelo sin abono, mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.5$) entre ellos, sin embargo, hubo un aumento al doble en la segunda etapa.

El contenido de alfalfa reportada es de 25%, los tratamientos del suelo sin abono (N1-T1, N2-T2, N1-T2), rebasan el contenido de proteínas reportada en ambas etapas de riego (Pozo, 1983).

El riego con la solución orgánica (nejayote y abono de ovino) es eficaz para que la alfalfa crezca con alto contenido de proteínas.

El abono de ovino tiene un alto contenido de nitrógeno aportando beneficios en los nutrimentos de las plantas de alfalfa (SAGARPA, 2016). La adición de abono de ovino en la solución orgánica aportó el contenido de proteínas a los tratamientos del suelo no abonado, debido a que semanalmente se regaba con la solución orgánica, lo que en el suelo abonado solo se agregó una vez el abono de ovino.

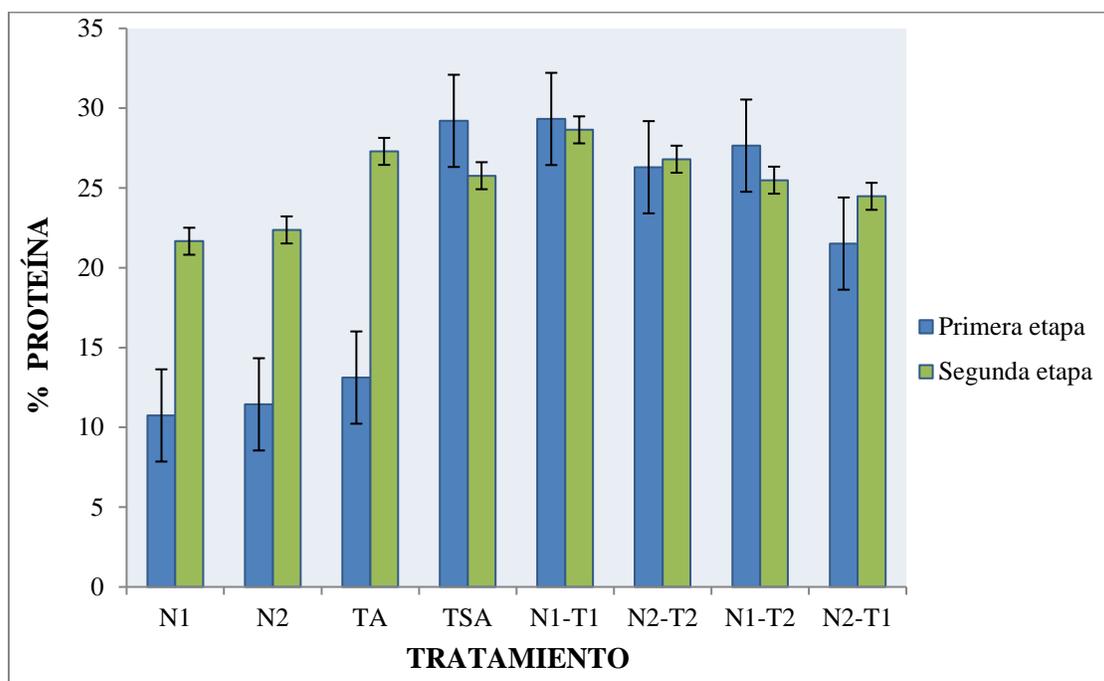


Figura 20.- Gráfica de resultados de proteínas de los tratamientos

3.2.5 Fibra

En la Figura 21 se muestra que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos respecto a las dos etapas de riego.

En la primera etapa los tratamientos N1 y N2 del suelo abonado tuvieron mayor porcentaje de fibra que los tratamientos del suelo sin abono (N1-T1, N2-T2, N1-T2, N2-T1), de estos el mayor porcentaje es para el tratamiento N1 riego realizado con la menor cantidad de agua y nejayote (30L agua:30L nejayote) con un valor de 27.98%, teniendo el doble de porcentaje de fibra con respecto al de menor N2-T1, con un valor de 15.34%, en donde su riego se realizó con la menor concentración de nejayote y abono de ovino y mayor concentración de agua (25 agua: 20 nejayote: 600g abono de ovino), de los tratamientos del suelo sin abono el mayor contenido de fibra es para el tratamiento N2-T2 con un valor de 24.61% de fibra.

En la segunda etapa los tratamientos N2-T2, N1-T2, N2-T1 del suelo sin abono son los de mayor porcentaje de fibra respecto a los del suelo abonado (N1, N2), siendo el tratamiento N2-T1 el de mayor porcentaje, con un valor de 26.13%. El tratamiento N1-T1 tuvo el menor porcentaje de fibra con un valor de 20.801%

Los tratamientos N1, N2 y N1-T1, N2-T2 disminuyeron el contenido de fibra en la segunda etapa con 23% menos de fibra. Sin embargo, los tratamientos N1-T2 y N2-T1 aumentó el contenido de fibra en la segunda etapa, destacando el tratamiento N2-T1 que aumentó el 70%, siendo el tratamiento con el alto contenido de fibra en la segunda etapa con un valor de 26.13%.

El porcentaje de fibra en alfalfa reportada es de 22% (Pozo, 1983); la mayoría de los tratamientos de este estudio rebasan el porcentaje reportado de fibra, obteniendo un valor de hasta 27.9%.

El nejayote tiene un elevado contenido de materia orgánica aproximadamente 2% de sólidos (pericarpio, proteínas, almidón, calcio, germen, entre otros) (Paredes, 2000), por lo anterior el riego con nejayote aumenta el contenido de fibra en la alfalfa.

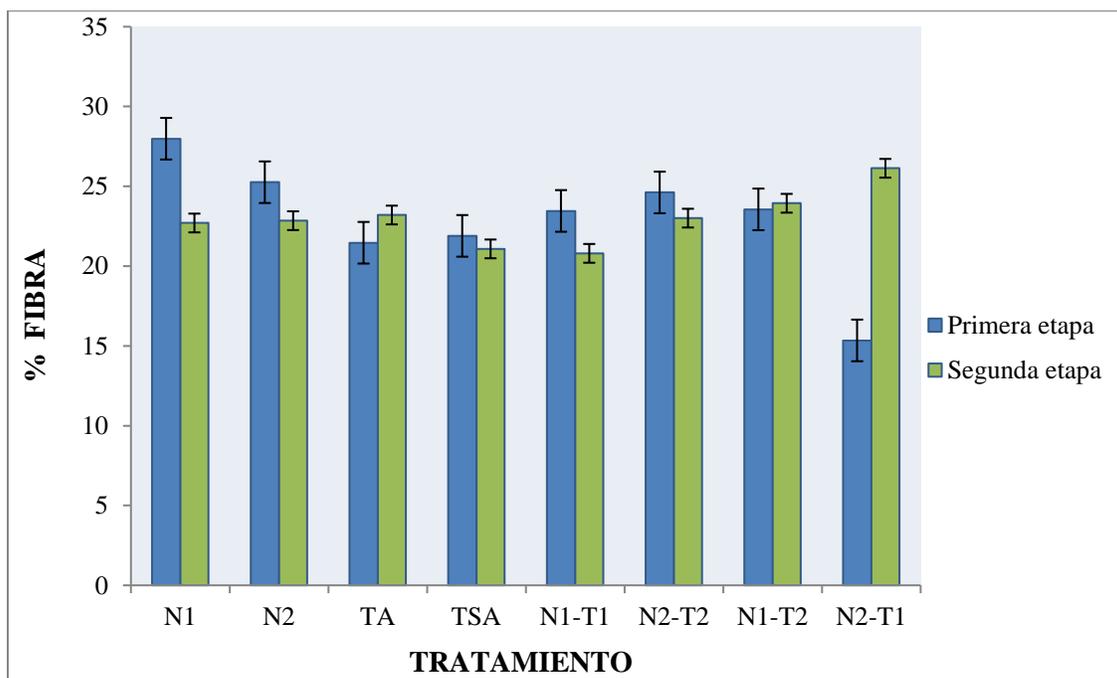


Figura 21.- Gráfica de resultados de Fibra de los tratamientos

3.2.6 Lípidos

Los lípidos de los tratamientos se hallan en proporción entre 1.5 a 3.7% (Figura 22), su análisis estadístico mostró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las diferentes etapas de riego. En la primera etapa (riego con solución orgánica) los tratamientos del suelo abonado y del suelo no abonado presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ellos. Los tratamientos N1 y N2 del suelo abonado tienen el porcentaje mayor de lípidos con respecto a los tratamientos del suelo sin abono (N1-T1, N2-T2, N1-T2, N2-T1); siendo el tratamiento N2 (40 L agua: 20 L nejayote) el de mayor porcentaje de lípidos con un valor de 3.06% y N2-T2 (15Lnejayote: 25Lagua: 900g abono de ovino) el de menor porcentaje con un valor de 1.57%.

En la segunda etapa los tratamientos presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos del suelo con y sin abono de ovino, destacando que el tratamiento N1 presentó el mayor porcentaje de lípidos con valor de 3.66% y N2 el de menor porcentaje con valor de 1.56%, siendo los tratamientos con el mayor y menor porcentaje de lípidos entre todos los tratamientos del riego con agua.

El tratamiento N1, N1-T2, N2-T1 aumentaron el 30%, 40 y 20% de lípidos respectivamente, mientras que los tratamientos N2 y N1-T1 disminuyeron el porcentaje en la segunda etapa.

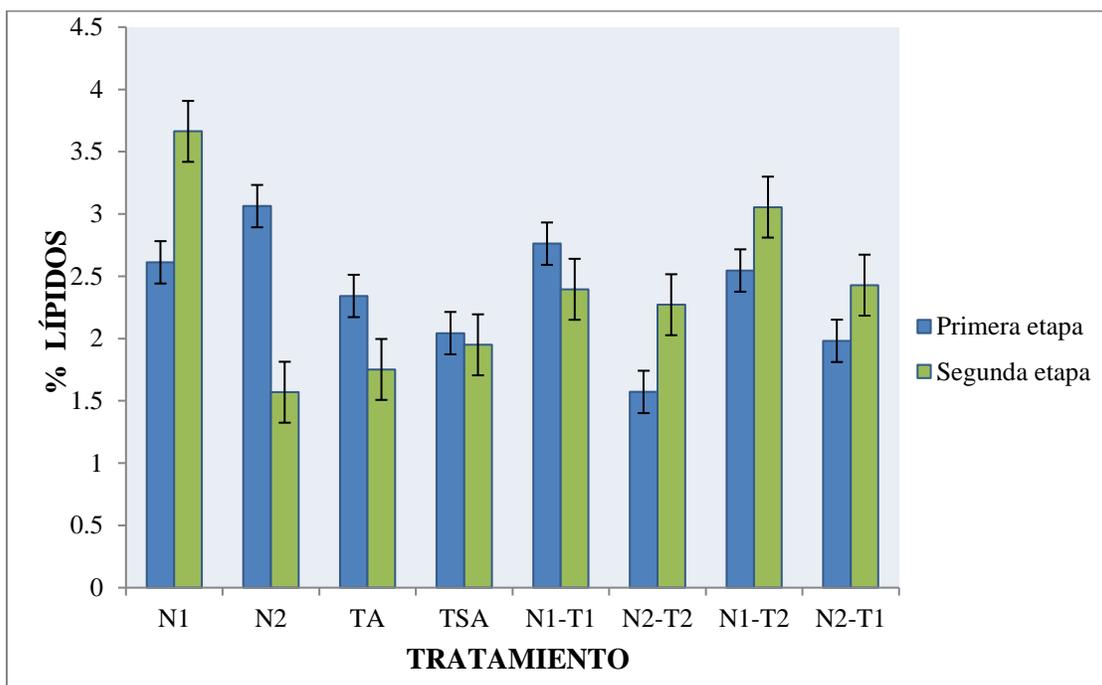


Figura 22.- Gráfica de resultados de lípidos de los tratamientos

3.2.7 pH suelos

Los valores de pH de las muestras del suelo se presentan en la Figura 23 donde se observa que los tratamientos del segundo riego disminuyeron notablemente los valores de pH.

La aplicación de nejayote y abono de ovino en la solución orgánica en el riego de los tratamientos aumentó el pH de suelos, observándose que los tratamientos del suelo no abonados mantuvieron un pH de 7 a 7.9, mientras que los tratamientos del suelo abonado.

En la segunda etapa, el pH de los suelos disminuyó debido al riego realizado con agua, los suelos se lavaron y por lo tanto el pH bajo a niveles mínimos de basicidad.

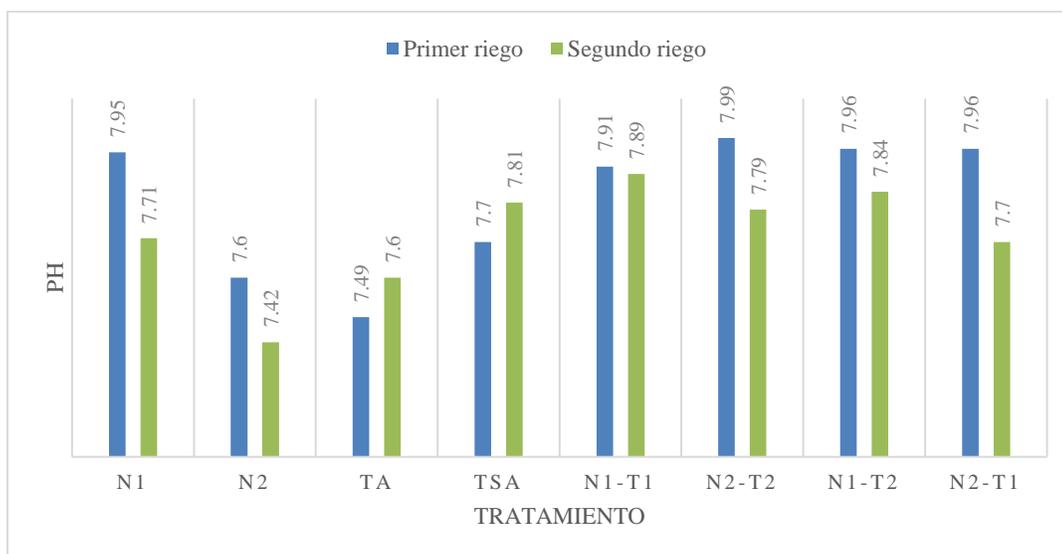


Figura 23.- Valores de pH de los suelos

3.3 Selección de la materia prima

Se seleccionaron dos tipos de Alfalfa (*Medicago Sativa*) considerando el contenido de calcio, rendimiento y composición química para la encapsulación y aplicación en una bebida funcional.

Los tratamientos seleccionados fueron N2 y N2-T1 de la segunda etapa. El tratamiento N2 es aquel tratamiento del suelo abonado y el tratamiento N2-T1 del suelo no abonado, su rendimiento fue mayores con valores de 1517.2 g y 1536.3 g respectivamente; con humedades medias de los tratamientos entre 5.6-5.8%, con un alto valor de cenizas,

destacando al tratamiento N2-T1 con valor de 16%, por lo tanto, a su alto porcentaje de calcio y al alto valor de fibra con valores 22.84% y 26.135% respectivamente.

3.4 Resultados de análisis químicos proximales de bebida funcional

En la Tabla 16 se presenta la composición química de las bebidas tipo funcional obteniéndose que la bebida 2 (N2-T1) presenta un mayor porcentaje en los componentes de ceniza y fibra que la bebida 1 (N2), en cuanto a los carbohidratos ambas bebidas contienen la misma cantidad de azúcares totales.

Tabla 16.- Composición química de las bebidas funcionales de xoconostle, piña, naranja y cápsulas de alfalfa (*Medicago Sativa*)

Componente (%)	Bebida 1 (N2)	Bebida 2 (N2-T1)
Humedad	88.38±0.005	88.97±0.003
Cenizas	0.48±0.009	0.53±0.007
Fibra	0.39±0.14	0.53±0.13
Carbohidratos	ARD	5.38±0
	ART	8.75±0
	Sacarosa	3.36±0

n=3

± Desviación estándar

3.5 Resultados fisicoquímicos de la bebida tipo funcional

Las propiedades fisicoquímicas influyen directamente en la estabilidad del producto. En la Tabla 17 se presenta los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de las bebidas.

Ambas bebidas presentaron un valor de actividad de agua < 0.942 , se dice que entre más alta sea la a_w y más se acerque a 1.0, mayor será su susceptibilidad al ataque microbiano, afectando las características de calidad, tales como: textura, sabor, color, gusto, valor nutricional del producto y su tiempo de conservación (Badui, 2006).

Según CODEX STAN 247-2005 establece que los zumos y néctares de frutas deben contener al menos el 10% de sólidos totales (o sea, 10 grados brix), por lo tanto, ambas

bebidas cumplen con lo establecido presentando 16% de sólidos totales expresados en porcentajes de sacarosa.

El resultado de la acidez se expresa refiriéndose al ácido que se encuentre en mayor proporción según la norma NMX-F-102-S-1978, el ácido que prevalece en las bebidas es el ácido cítrico. Las bebidas tuvieron una acidez entre 0.9 y 0.98 expresadas en ácido cítrico, en la norma NMX-F-118-1984 especifica que mínimo debe tener 0.65 y máximo 1.85 de ácido cítrico, por lo tanto, las bebidas cumplen con los establecido en la norma.

El pH es importante en los alimentos es un factor para la formación y crecimientos de patógenos, se considera que la mayoría de los microorganismos patógenos crecen a un pH entre 5 y 8. En la NMX-F-118-1984 establece que el jugo debe tener un pH mínimo de 3 y máximo de 4, ambas bebidas tuvieron un pH entre 3.7 y 3.8, por lo tanto, las bebidas están dentro del rango.

Tabla 17.- Propiedades fisicoquímicas de las bebidas funcionales de xoconostle, piña, naranja y cápsulas de alfalfa (*Medicago sativa*)

Propiedad	Bebida 1 (10)	Bebida 2 (16)
<i>A_w</i>	0.93±0.002	0.94±0.001
pH	3.81±0.01	3.73±0.005
°Brix	16±0.002	15.5±0.0005
Acidez (%)	0.90±0.03	0.97±0.003

n=3

± Desviación estándar

3.6 Resultados de la evaluación de la calidad sanitaria

3.6.1 Resultados de la evaluación sanitaria de los tratamientos seleccionados

La evaluación sanitaria se realizó a los tratamientos seleccionados N2, N2-T1, no desinfectadas. En las Tablas 18, 19 y 20 se presentan los resultados de la evaluación sanitaria promedio de las lecturas a 24, 48 y 72 hrs. Para el conteo de las placas y expresión de resultados se utilizó la NOM-092-SSA1-1994.

En la Tabla 18 se presentan los resultados de coliformes totales de los tratamientos seleccionados no desinfectados, se observa que el tratamiento N2 hubo crecimiento solamente en la dilución 10^{-1} con 110 UFC/mL, y el tratamiento N2-T1 hasta la dilución

10^{-3} con 2000 UFC/ml. El crecimiento de coliformes totales, se favoreció por una de las variables propuestas es el abono de ovino el cual se utilizó para compostar el suelo y en la mezcla orgánica para el riego.

Tabla 18.- Resultados de Coliformes totales (24, 48, 72hrs.) de los tratamientos seleccionados de alfalfa (*Medicago Sativa*)

Tratamiento	Coliformes totales		
	Dilución		
	10^{-1}	10^{-3}	10^{-5}
N2	110 UFC/mL	0 UFC/ml	0 UFC/ml
N2-T1	80 UFC/ml	2000 UFC/ml	0 UFC/ml

En la Tabla 19 se presentan los resultados de mesófilos aerobios de los tratamientos. En ambos tratamientos en la dilución 10^{-1} hubo un incontable de Unidades formadoras de colonias, en el tratamiento N2 hubo crecimiento hasta la dilución 10^{-5} , en cambio el tratamiento N2-T1 hubo solo hasta 10^{-3} y menor de Unidades formadoras de colonias. Un recuento bajo de aerobios mesófilos no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena. El recuento elevado de las colonias en los tratamientos puede significar una excesiva contaminación de la materia prima.

Tabla 19.- Resultados de Mesófilos aerobios (24, 48, 72hrs.) de los tratamientos seleccionados de alfalfa (*Medicago Sativa*)

TRATAMIENTO	MÉSOFILOS AEROBIOS		
	DILUCIÓN		
	10^{-1}	10^{-3}	10^{-5}
N2	IN	6000 UFC/ml	100000 UFC/ml
N2-T1	IN	2000UFC/ml	0 UFC/ml

Los resultados de mohos y levadura en el tratamiento se presentan en la Tabla 20 donde se observa que N2 hubo 0 UFC/ml en todas las diluciones, en el tratamiento N2-T1 repetición 1, en las tres diluciones hubo crecimiento microbiano teniendo mayor en la diluicion 10^{-1} . Los mohos y las levaduras se encuentran ampliamente distribuidos en el

ambiente, por lo que son frecuentes en la microbiota habitual; se dispersan fácilmente por el aire y el polvo, su crecimiento lento y a su baja competitividad, los hongos y levaduras se manifiestan en los alimentos donde las condiciones favorecen el crecimiento, como: pH salino, alta humedad, bajo contenido en sales o carbohidratos, que son condiciones que se utilizaron para el riego de la alfalfa, por lo tanto, hubo las condiciones de crecimiento para mohos y levaduras.

Tabla 20.- Resultados de Mohos y Levaduras (24, 48, 72hrs.) de los tratamientos seleccionadas de alfalfa (*Medicago Sativa*)

Tratamiento	Mohos y levaduras		
	Dilución		
	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻⁵
N2	0 UFC/ml	0 UFC/ml	0 UFC/ml
N2-T1	95 UFC/ml	1500 UFC/ml	100000 UFC/ml

3.6.2 Resultados de la evaluación sanitaria de las bebidas funcionales

Los resultados de la evaluación sanitaria de las bebidas funcionales fueron evaluados durante 72 hrs. y a tres diluciones (10⁻¹, 10⁻³ y 10⁻⁵).

Para los resultados de Mohos y Levaduras se concluye que no hay Unidades formadoras de colonias, 0 UFC/ml, de mohos y levaduras en placa en Agar papa-dextrosa, incubadas 72 hrs a 25°C, en ambas bebidas. Indica que hubo prácticas sanitarias adecuadas en el uso de la materia prima y durante el proceso de elaboración de la bebida tipo funcional.

Para los Mesófilos aerobios se obtuvo 0 UFC/ml, en placa en agar nutritivo, incubadas 72 hrs a 35°C, en las diferentes diluciones de ambas bebidas. El recuento de mesófilos nos indica las condiciones de salubridad de alimentos, refleja la calidad sanitaria, y las condiciones de materia prima y manipulación.

Para la determinación de Coliformes totales se determinó 0 UFC/ml, en placa en Agar rojo violeta bilis, incubadas 72 hrs a 35°C en ambas bebidas. Los resultados de esta prueba son de suma importancia debido a que garantiza la eficiencia de los procesos de sanitización y desinfección, así como la calidad e inocuidad sanitaria de ambas bebidas, por lo tanto, son óptimas para consumo humano.

En la norma NOM-218-SSA1-2011 establece las disposiciones y especificaciones sanitarias que deben cumplir las bebidas para el consumo humano. En la Tabla 21 se encuentran las especificaciones microbiológicas que no deben sobrepasar los siguientes límites.

Tabla 21.- Especificaciones microbiológicas que deben cumplir las bebidas para consumo humano

Microorganismos	Límite máximo
Mesófilos aerobios UFC/g o mL	50
Coliformes totales NMP/mL o g	10
Coliformes fecales NMP/mL o g	n.a.
Salmonella spp en 25mL o g	ausente*
E. coli NMP/g o mL	n.a.
V. cholerae O1 en 50 g o mL	ausente*
Enterotoxina estafilocócica	negativa*

*Solo en casos de contingencia sanitaria y n. a.: No aplica

Fuente: NOM-218-SSA-2011.

Ambas bebidas cumplen con las especificaciones sanitarias en lo establecido en la norma, por lo tanto, garantiza la calidad sanitaria e inocuidad de la bebida funcional para consumo humano.

3.7 Resultados del análisis sensorial

3.7.1 Prueba de aceptación

Se realizó un análisis cuantitativo a 50 personas de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán. El objetivo fue evaluar, de acuerdo con un criterio personal-subjetivo, si la muestra presentada es aceptable o no aceptable para su consumo.

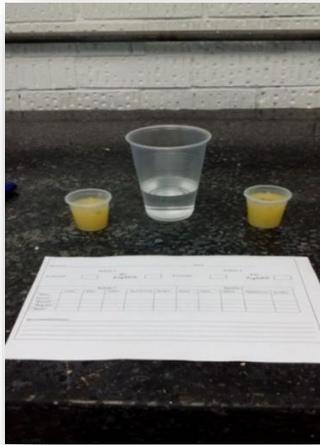


Figura 24.-Prueba de análisis sensorial de la bebida tipo funcional

En la Figura 25 se muestra que, de las 50 personas encuestadas, el 100% aceptan la formulación de las bebidas funcional sabor xoconostle, naranja, piña con encapsulados de los tratamientos de alfalfa.

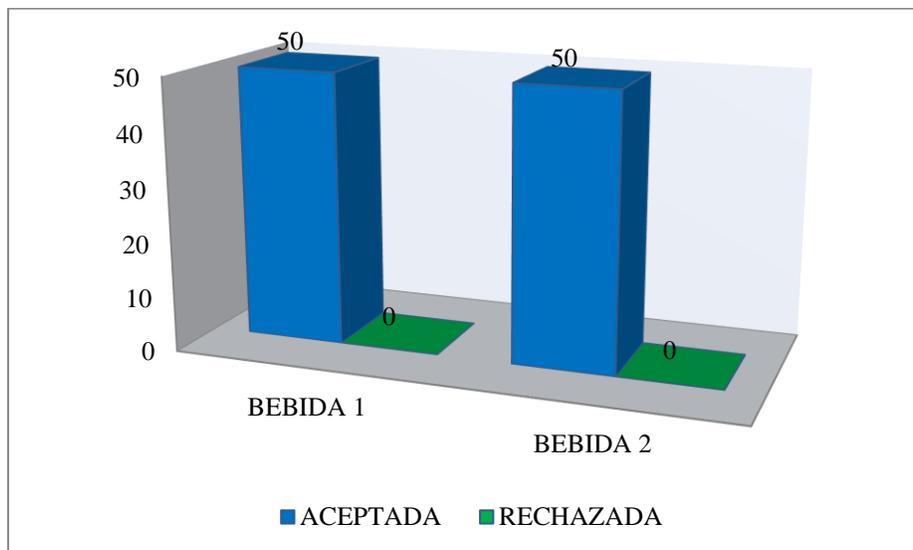


Figura 25.- Gráfica de prueba de aceptación de las bebidas tipo funcional.

3.7.2 Evaluación sensorial afectiva

Se evaluó las características de sabor, olor, color, apariencia y acidez de la bebida funcional propuesta, utilizando una escala hedónica de 4 puntos, donde la mayor puntuación hacía referencia a una aceptabilidad considerada como “Muy buena” (1), seguida de una categoría considerada como “Buena” (2), “Regular” (3) y “Mala” (4); se obtuvo una media de la puntuación establecida de las características evaluadas para obtener la Figura 26.

El color de la bebida funcional se obtiene a través de las frutas cítricas, el cual se puede describir como un amarillo de tonalidad suave, y la suma de las cápsulas de alfalfa color verde, de la bebida 1 (N2), el 32%, consideran que el color de la bebida es “muy bueno” y el 68%, lo califican como “bueno”, en cuanto a la bebida 2 (N2-T1), 28% consideran que el color es “muy bueno” (1) y 68% “bueno” (2) y solo el 4% consideran que el color es “regular” (3), por lo tanto, tuvo mayor aceptación el color de la bebida 1 (N2) con una media de 1.68.

El olor característico se atribuye a las frutas cítricas (piña, xoconostle y naranja) de las bebidas, de las personas encuestadas, consideran que el olor de las dos bebidas es “bueno” (2), obteniendo la mayoría de porcentaje, siendo el de más agrado la bebida 1 (N2) con un 44% de “muy bueno” (1) y una media de 1.56.

El sabor es una variable determinante en el consumo de las bebidas, ambas bebidas tuvieron aceptación. Los resultados estuvieron distribuidos en la escala establecida. La bebida 1 (N2) tuvo mayor porcentaje de “muy bueno” (1) y “bueno” (2), con una media de 2, en cuanto a la bebida 2 tiene el 36% de “muy bueno” (1), 36% de “bueno” (2), obteniendo una media de 1.88.

La apariencia de la bebida es un factor muy importante, a través de esta variable, el consumidor tomara la decisión de consumir o no el producto. La mayoría de las personas encuestadas consideran que la apariencia es “buena” (2) de ambas bebidas, la media de la bebida 1 es de 2.26 y la media de la bebida 2 es de 2.32, por lo tanto, tuvo mayor aceptación la bebida 1.

La variable acidez, está fuertemente relacionada con las características propias de los componentes de la bebida, por lo que el control de esta variable resulta importante en el

agrado del consumidor. Esta variable estuvo distribuida los resultados en los cuatro términos, obteniendo mayoritariamente “buena” (2) en las dos bebidas, resultando que es de mayor agrado la acidez de la bebida 1(N2) con una media de 2.08.

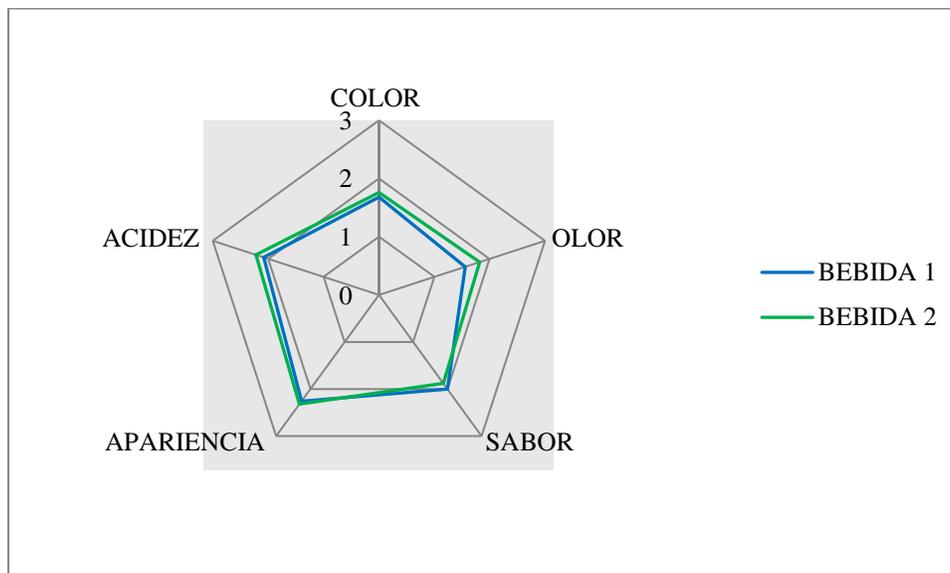


Figura 26.- Gráfica de evaluación sensorial afectiva de las bebidas tipo funcional

Finalmente desde el punto de vista sistemático, puede observarse en las Figura 27 que las bebidas de tipo funcional, evaluadas por la población encuestada presenta la mayoría una “buena” aceptación entre los consumidores, con respecto a las variables propuestas, lo cual se indica por medio de la barra de color rojo, el cual representa la mayor puntuación en las cinco categorías evaluadas.

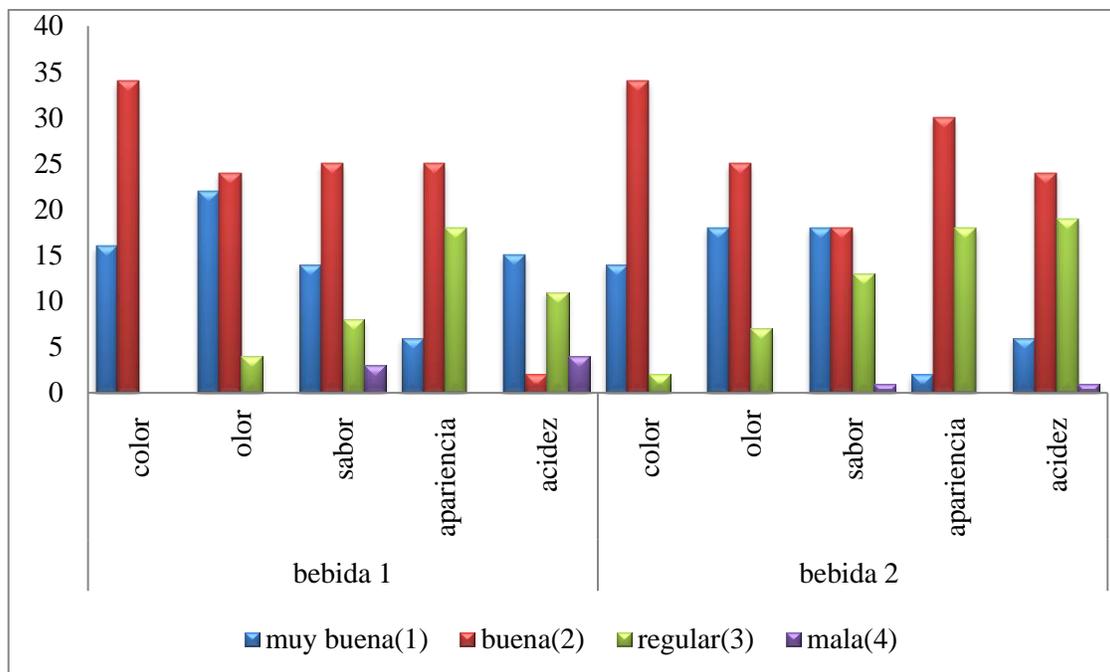


Figura 27.- Gráfica de barras de evaluación sensorial

Estos resultados ofrecen confianza en la propuesta de las formulaciones, ya que puede considerarse que el producto es de muy buen agrado para el consumidor. De acuerdo a los resultados obtenidos de las variables evaluadas se concluye que la bebida 1 tuvo mayor porcentaje de aceptabilidad (“muy bueno”) de acuerdo a los encuestados y, por lo tanto, mayor aceptación entre los consumidores.

CONCLUSIONES

El riego con la solución orgánica (nejayote y abono de ovino) en suelos no abonados (N1-T1, N2-T2, N1-T2, N2-T1), favoreció el rendimiento de los tratamientos, destacando al tratamiento N2-T1 teniendo el rendimiento mayor.

El riego con agua aumentó el porcentaje de humedad en los tratamientos de la segunda etapa y el riego con la solución orgánica (nejayote y abono de ovino), disminuyó el porcentaje de humedad en los tratamientos, por lo tanto, se tendrá mayor porcentaje de sólidos, y estabilidad del alimento.

Los tratamientos del suelo no abonado N1-T1, N2-T2, N1-T2, N2-T1 resultaron con el alto contenido de cenizas, calcio, proteínas y fibra tanto en la primera etapa como en la segunda etapa, el nejayote y abono de ovino proporciona elevados niveles de minerales, vitaminas, así como carbonato de calcio y nitrógeno. La adición de abono de ovino y nejayote en la solución orgánica aporta beneficios en los nutrimentos de la alfalfa.

El componente de fibra estuvo mayoritariamente en los tratamientos de suelo abonados N1, N2 en la primera etapa, el nejayote tiene un elevado contenido de materia orgánica aproximadamente 2% de sólidos (pericarpio, proteínas, almidón, calcio, germen, entre otros), por lo anterior el riego con nejayote aumenta el contenido de fibra en la alfalfa.

Se seleccionó a los tratamientos N2 y N2-T1 debido al mayor rendimiento obtenido (1517.2 g y 1536.3 g), a su humedad media de los tratamientos entre 5.6-5.8%, a su alto valor de fibra y cenizas, destacando al tratamiento N2-T1 con valor de 16%, por lo tanto, a su alto porcentaje de calcio, óptimos para la elaboración de las bebidas funcionales.

La determinación de la composición química de las dos bebidas funcionales, resultó que la bebida 2 (N2-T1) presentó un mayor porcentaje en los componentes de ceniza y fibra que la bebida 1 (N2), en cuanto a los carbohidratos ambas bebidas contienen la misma cantidad de azúcares totales.

En los resultados de las propiedades fisicoquímicas, ambas bebidas presentaron un valor de actividad de agua <0.942 ; 16% de sólidos totales, según el CODEX STAN 247-2005 establece que los zumos y néctares de frutas deben contener al menos el 10% de sólidos; en la norma NMX-F-118-1984 especifica que mínimo debe tener 0.65 y máximo 1.85 de ácido cítrico y un pH mínimo de 3 y máximo de 4, tuvieron una acidez entre 0.9 y

0.98 expresadas en ácido cítrico y pH entre 3.7 y 3.8, por lo tanto, las bebidas están dentro del rango en lo establecido en la norma.

Las evaluaciones sanitarias de ambas bebidas resultaron con cero Unidades Formadoras de Colonias por lo tanto garantiza la eficiencia de los procesos de sanitización y desinfección, así como la calidad e inocuidad sanitaria de ambas bebidas.

Las formulaciones de las bebidas tuvieron el 100% de aceptación en los consumidores, las variables propuestas a evaluar tuvieron la mayoría “buena” obteniendo como resultado la más aceptada la bebida 1 entre los consumidores.

El riego con la solución orgánica (nejayote con abono de ovino) puede ser una alternativa para evitar uso de fertilizantes químicos y reutilizar agua de desecho (nejayote). Además, puede ser utilizado como agua de riego para cultivos forrajeros como la alfalfa que requieren un pH alcalino para la obtención de productos con valor agregado, como el alto contenido de calcio.

Los abonos orgánicos deben considerarse como la mejor opción para la sostenibilidad del suelo; su uso ha permitido aumentar la producción y la obtención de productos agrícolas orgánicos.

Los alimentos funcionales poseen componentes fisiológicos que complementan su aporte nutricional y que representan un beneficio extra, los que bajo ciertas condiciones de ingesta influirían positivamente en una o más funciones del cuerpo, mejorando el estado de salud, y/o reduciendo el riesgo de enfermedades.

RECOMENDACIONES

Este trabajo es una propuesta que ofrece una buena oportunidad de utilizar un producto de desecho para un producto con excelentes cualidades nutricionales que satisfaga las necesidades de la población.

Los desechos del proceso de nixtamalización, como el nejayote, es una fuente alcalina tiene el potencial para el mejorador de suelos ácidos.

Será necesario continuar trabajando a fin de establecer las condiciones para la estabilidad del producto por un tiempo mayor.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA-ESTRADA, B. A., LAZO-VÉLEZ, M. A., NAVA-VALDEZ, Y., GUTIÉRREZ-URIBE, J. A., y SERNA-SALDÍVAR. 2014. Improvement of dietary fiber, ferulic acid and calcium contents in pan bread enriched with nejayote food additive from with maize (*Zea mays*). *Journal of Cereal Science*, 60(1), 264-269.
- AOAC. 1998. *Official methods of analysis* 10th Ed., Official Method Association of Official Analytical Chemists, Maryland.
- AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. 1999. Position of the American Dietetic Association: Functional Foods. *J. Am. Diet. Assoc.* 99: 1278-1285.
- ASAFF T., M DE LA TORRE M., Y R MACÍAS R. 2008. "Proceso para la recuperación de ácido ferúlico". Patente Mexicana. No. MX259521.
- BADUI DERGL SALVADOR, 2006. *Química de los alimentos*. México. Pearson Educación.
- BARBOSA, A. 2000. Microcápsulas: una alternativa viável. *Biotechnologia Ciência & Desenvolvimento*. pp. 26-30.
- BERISTAIN, 1996. Encapsulation of Orange Peel Oil by Co-crystallization. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. Vol. XXIX, pp. 645-647.
- BERRY, D. 2002. Hiding Healthful Ingredients. *Food product design*.
- BLANCO-GÁMEZ, E. A., SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, E. A., VALLADARES, M. N., & OLVERA, C. 2008. Identificación de los parámetros que presentan interacción con los insumos participantes, lo que resulta en extractos con mayor contenido de componentes
- CALVO B., GÓMEZ C., LÓPEZ N. Y ROYO B. 2013. *Nutrición, Salud y Alimentos funcionales*. España: Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y perspectivas del siglo XXI. México
- CHEN, J., JANE, J. 1995. Effectiveness of granular cold-water-soluble starch as a Controlled release matrix. *Cereal chemistry*. Vol. LXXII (3), pp.265-268.
- CODEX STAN 247-2005. Norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas
- DÍAZ-MONTES, E., CASTRO-MUÑOZ, R., & YÁÑEZ-FERNÁNDEZ, J. 2016. An overview of nejayote, a nixtamalization by product. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 8(2), 41-60. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5154/r.inagbi.2016.03.002>
- DEWETTINCK, K., *et al.*, 1998. *Agglomeration tendency during Top-Spray fluidized bed coating with gums*. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. Vol. XXXI (6), pp. 576-584.

- DEWETTINCK, K., *et al.*, 1999 *Agglomeration tendency during Top-Spray fluidized bed coating with gelatin and starch hydrolysate*. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*. Vol. XXXII (2), pp. 102-106.
- DRAGET, K.I. 2000. Alginates. In *Handbook of hydrocolloids*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited - Boca Raton, FL, USA: CRC Press LLC. pp. 379-395.
- ESPINOZA, C. J. MA. Y RAMOS, G. J. L. 2001. El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. Folleto para productores. No. 22. Fundación Produce de Aguascalientes e INIFAP. Campo Experimental Pabellón. CIRNOC-INIFAP. Pp. 11 inifap@codagea.edoags.gob.mx.
- FAO, Food and Agriculture Organization, 2005. Alimentos funcionales. Base de Datos Estadísticos. Disponible en: <http://faostat.fao.org>.
- FEDNA, 2016. Alfalfa heno. Disponible en http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/alfalfa-en-rama
- FUNAMI, TAKAHIRO; FANG, YAPENG; NODA, SAKIE; ISHIHARA, SAYACA; NAKAUMA, MAKOTO; DRAGET KURT I. NISHINARI, KATSUYOSHI and PHILLIPS, GLYN O. 2009. Rheological properties of sodium alginate in an aqueous system during gelation in relation to supermolecular structures and Ca²⁺ binding. *Food Hydrocolloids*. 23(7):1746- 1756
- GOLDBERG, I. 1994. *Functional foods: designer foods, pharmafoods, nutraceuticals*. Chapman & Hall, New York
- GONZÁLEZ, R., REGUERA, E., FIGUEROA, J. M., & MARTÍNEZ, J. L. 2011. Study of the Influence of nejayote and other additives on the cohesive strength and electric properties of black agglomerates. *Journal of Applied Polymer Science*, 90(14), 3965-3972. doi: 10.1002/ app.13098.
- GNDP (Base de datos global de nuevos productos Mintel), 2010. *Functional beverages*.
- HELGERUD, TROND; GÅSERØD, OLAV; FJÆREIDE, THERESE; ANDERSEN, PEDER O. AND LARSEN, CHRISTIAN K. 2010. Alginates. In *Food stabilizers, thickeners and gelling agents*. United Kingdom: WileyBlackwell. pp. 50-72.
- HEGENBART, S., 1993. *Encapsulated ingredients keep problems covered*. Food product design. Disponible en: <http://www.foodproductdesing.com/archive/1993/0493CS.html>
- HORROCKS, R. D. and VALLENTINE, J. F. 1999. *Harvested Forages*. Academic Press. Oval Road, London. United Status of America. 426 p.
- HUGHES, H.D., M. E. HEATH AND D. S. METCALF. 1980. *Forrajes*. Editorial CECSA. México. 758 p.
- IMESON, A. 2010. *Food stabilizers, thickeners and gelling agents*. United Kingdom: Wiley-Blackwell.
- LEAL MARCELA, 2016. Estudio panorámico de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva: Alimentos funcionales. Buenos Aires. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

- LEMUS *et al.* 2003. La alfalfa: un remineralizante de excelencia en el mundo vegetal. MEDISAN;7(4):2-6
- LEVINE, H., *et al.*, 1991. *Glassy matrices containing volatile and/or labile components, and processes for preparation and use thereof*. USPATENT 5090900. Disponible en: <http://www.uspto.gov>
- MAGRAMA, 2009. Ministerio de Agricultura, Alimentaria y Medio Ambiente. Producción anual de cítricos.
- MARTÍNEZ-CARRERA, D., N. CURVETTO, M. SOBAL, P. MORALES y V. M. MORA. 2010. *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-AMC-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. 648 pp.
- MORALES ADRIANA, *et al.*, 2013. Los arabinosilanos ferulados de cereales. *Filoteca Mexicana*, vol 36(4): 439 – 446.
- MORA-ROCHÍN S, J A GUTIÉRREZ-URIBE, S O SERNA-SALDÍVAR, P SÁNCHEZPEÑA, C REYES-MORENO, J MILÁN-CARRILLO. 2010 Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented corns processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *J. Cereal Sci.* 52:502-508.
- MOREIRAS, CARBAJAL. 2013. Tablas de composición de alimentos. Vol 16. Pirámide
- MUSLERA, P., E. y G. RATERA C. 1991. Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 2a Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pag 674.
- NIÑO-MEDINA, G., CARVAJAL-MILLÁN, E., GARDEA-BEJAR, A., RASCÓN-CHU, A., & MÁRQUEZ-ESCALANTE, J. A. 2007. Caracterización composicional, fisicoquímica y funcional de una goma de maíz recuperada del nejayote. *XVII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*.
- NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Norma mexicana. Dirección general de normas.
- NMX-F-118-1984. Alimentos para humanos. Bebidas no alcohólicas jugo de naranja envasado. Foods for humans. Soft drinks. Canned orange juice. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-002-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria.
- NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de Mohos y Levaduras en alimentos.
- NOM-113-SSA1-1994. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

- NOM-218-SSA1-2011. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias.
- PAREDES L., OCTAVIO y COL. 2000. Los alimentos Mágicos de las Culturas Indígenas de México-El caso de la Tortilla-.INIFAP. México, pp.25-68
- PAZ-SAMANIEGO, R., CARVAJAL-MILLAN, E., BROWN-BOJORQUEZ, F., RASCÓN-CHU, A., LÓPEZ-FRANCO, Y. L., SOTELO-CRUZ, N., and LIZARDI-MENDOZA, J. 2015. Gelation of arabinoxylans from maize wastewater-effect of alkaline hydrolysis conditions on the gel rheology and microstructure. *Waste water Treatment Engineering*, 101-114. doi: 10.5772/61022.
- PEARSON, 1998. Técnicas de Laboratorio para el análisis de alimentos. España. Ed. Acribia, S. A.
- POZO, M. 1983. LA ALFALFA. 3da ed. sl. sn. p. 375.
- RAMOS E., ROMEO J., WAMBERG J. Y MARCOS A. 2007. ¿Más que alimentos? En Barberá y Marcos (Eds.) Alimentos funcionales: aproximación a una nueva alimentación. Pág. 30- 45, Dirección General de Salud Pública y alimentación: Madrid, España.
- REBUFFO MÓNICA, 2005. Programa Nacional de Plantas Forrajeras., Revista INIA - No 5., ALFALFA: Principios de manejo del pastoreo.
- REDDY-K, RAVINDRA and REDDY-P., SABITHA. 2010. Effect of different copolymers on sodium alginate microcapsules containing isoniazid. *International Journal of Pharm Tech Research*. 2(4):2198-2203.
- RETES-MANTILLA, *et al.*, 2015. Ventajas económicas para la industria de alimentos y bebidas en México con el uso de la vainillina obtenida del nejayote. *Estudios Sociales*. Volumen 11.
- REYES-VIDAL Y., ACEVES-DIEZ A., MARTÍNEZ-SILVA A. Y ASAFF-TORRES A. 2013. “Proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el cuidado y reúso del agua”. *Revista de Estudios Sociales*. Vol.20, Segundo Núm. Especial, Marzo de 2012.
- RODRÍGUEZ, S. F. 1989. Fertilizantes. *Nutrición Vegetal*. A. G. T. Editor, S. A. México, D. F. pág. 157.
- ROMERO ORIELLA y LEVIO C JUAN 2008. Instituto De Investigaciones Agropecuarias, INIA Carillana, Casilla 58-D Temuco. Dry Matter Yiel And Quality in Five Lucerne Cultivars (*Medicago Sativa*) In the Araucania Region.
- ROSAS-CALLEJA D.; ORTIZ-LAUREL H.; HERRERA-CORREDOR J.A.; LEYVA-OVALLE O. 2016. Revalorización de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicación a suelos agrícolas. 9(8).
- ROSENTRATER K. A. 2002. Developing reuse alternatives of corn masa processing by product streams. ASAE Annual International Meeting/CIGR XVth World Congress, Chicago, Illinois, USA, American Society of Agricultural and Biological Engineer.

- ROSENTRATER K. A. 2006. A review of corn masa processing residues: Generation properties and potential utilization. *Waste Management*. 26:284-292.
- SAGARPA. 2014. Utilización de estiércol. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Utilizacion%20de%20estiercoles.pdf>
- SAGARPA. 2008. Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>
- SAGARPA, 2016. Alfalfa. Principal forraje. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/bajacalifornia/Boletines/Paginas/B1012015.aspx>
- SAGARPA, 2016. Abonos orgánicos. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M., BLANCO-GÁMEZ, A., ESCALANTE, A., VALLADARES, A. G., OLVERA, C., and PARRA, R. 2011. Isolation and characterization of new facultative alkaliphilic *Bacillus of lexis* strains from maize processing waste water (nejayote). *Letters in Applied Microbiology*, 54(4), 1-7. doi: 10.1111/j.1472-765X.2011.03021.x
- SÁNCHEZ V. G., Y ORTEGA D. MARÍA L. 1996. Componentes químicos durante la maduración del fruto de *Opuntia joconostle* weber forma cuaresmero. *Agrociencia* 30(4):541-548.
- TABLADA, A. Y. 1998. Comportamiento de una pradera alfalfa-ovillo a diferentes frecuencias de pastoreo con borregos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. de México. 76 p.
- TORTOSA, G., ALBURQUERQUE, J., AIT-BADDI, G., CEGARRA, J. 2012. The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive mill waste (“alperujo”) *Journal of Cleaner Production*, 26, 48-55 doi: 10.1016/j.jclepro.2011.12.008
- VALDERRAMA-BRAVO, C., GUTIÉRREZ-CORTEZ, E., CONTRERAS- PADILLA, M., ROJAS-MOLINA, I., MOSQUERA, J. C., ROJAS- MOLINA, A., BERISTAIN, F., & RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. E. 2012. Constant pressure filtration of lime water (nejayote) used to cook kernels in maize processing. *Journal of Food Engineering*, 110(3), 478-486. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2011.12.018
- VALDERRAMA-BRAVO, C., LOPEZ-RAM IREZ, Y., JIMENEZ-AMBRIZ, S., OAXACA-LUNA, A., DOMINGUEZ-PACHECO, A., HERNANDEZ-AGUILAR, C. and MORENO-MARTINEZ, E. 2015. Changes in chemical, viscoelastic, and textural properties of nixtamalized dough with nejayote. *LWT – Food Sci. Technol.* 61, 496–502. C.
- VELASCO-MARTÍNEZ., 1997. Effect of Dried Solids of Nejayote on Broiler Growth. *Metabolismo y Nutrición* 76, 1531-153.

GLOSARIO

P_1	peso del crisol con la muestra en gramos
P_2	peso de la muestra con cenizas en gramos
P	peso de la muestra
N_1	Normalidad de HCl
V	volumen gastado de HCl
m	peso de la muestra en gramos
<i>factor</i>	6.25 para proteínas en general
P_S	masa en gramos del residuo seco
P_P	masa en gramos de papel filtro
P_C	masa en gramos de las cenizas
P_{CP}	masa en gramos de las cenizas del papel
M	masa de la muestra en gramos
P_a	peso del matraz con la muestra en gramos
P_b	peso del matraz a peso constante en gramos
F	factor de sacarosa
D	dilución
g	gramos de muestra
0.95	pureza de sacarosa
V	volumen de gasto de NaOH
N_2	Normalidad de NaOH
A	alícuota de muestra