

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**El aguamiel de *Agave americana* en la alimentación artificial
de *Apis mellifera*, Wayllapampa - Ayacucho 2475 msnm**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
Yoel Cristian Huamaní Tinco**

Ayacucho – Perú

2020

A mis abnegados padres Gloria y Edilberto, a mis hermanos Karen, Ray, Eddy.

A mis amigos Abel, Saúl, Julián y Alex por brindarme su apoyo durante la investigación, por su generosidad, consejos y amistad.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en especial a la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, por acogerme en sus aulas con docentes sabios, quienes fueron los protagonistas principales en mi formación profesional.

Al Programa de Investigación en Cultivos Andinos por permitirme realizar las pruebas de laboratorio.

Al Centro Experimental Wayllapampa por permitirme realizar el trabajo de tesis en el área de apicultura.

Al Dr. Antonio Jerí Chávez, asesor, por brindarme por sus conocimientos y experiencias durante el trabajo experimental y redacción de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	13
1.1. La cabuya (<i>Agave americana</i> L.)	13
1.1.1. Origen de la cabuya.....	13
1.1.2. Denominaciones de la cabuya.....	13
1.1.3. Clasificación taxonómica de la cabuya azul (<i>Agave americana</i> L.).....	14
1.1.4. Descripción morfológica de la cabuya.....	14
1.1.5. Manejo agronómico de la cabuya	16
1.1.6. Usos de la cabuya.....	19
1.2. Aguamiel de <i>Agave americana</i> L. (maguey)	22
1.2.1. Composición química del aguamiel	23
1.2.2. Microbiología del aguamiel	24
1.2.3. Métodos de conservación del aguamiel	25
1.2.4. Cosecha y pos cosecha del aguamiel	25
1.2.5. Selección del agave para la producción de aguamiel.....	25
1.2.6. Elaboración del pocillo en el Agave para la recolección del aguamiel	25
1.2.7. Recolección del aguamiel	26
1.2.8. Composición fisicoquímica.....	27
1.2.9. Farmacología y toxicidad.....	27
1.3. Condiciones necesarias para la fermentación alcohólica	29
1.3.1. Temperatura	29
1.3.2. Aireación.....	30

1.3.3. pH.....	30
1.4. La apicultura	31
1.4.1. Historia de la apicultura	31
1.4.2. Importancia de la apicultura.....	31
1.5. La abeja melífera.....	32
1.5.1. Taxonomía de la abeja melífera	32
1.5.2. Biología de la abeja melífera	32
1.5.3. Morfología de la abeja melífera	34
1.5.4. Alimentación artificial	34
1.5.5. Postura de la reina	37
1.5.6. Miel	38
1.5.7. Polen.....	38
1.5.8. Diarrea.....	38
1.6. Parámetros de calidad de un producto	39
1.7. Tratamiento térmico en la industria de alimentos	39
1.8. Pasteurización	40
1.9. Aditivos.....	41
1.9.1. Sorbato de potasio	41
1.9.2. Usos del sorbato de potasio.....	41
1.9.3. Propiedades y usos	42

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA	44
2.1. Ubicación	44
2.2. Materiales y equipos	44
2.2.1. Materiales.....	44
2.2.2. Equipos.....	45
2.3. Características climáticas	45
2.4. Metodología	48
2.4.1. Obtención y tratamiento de aguamiel	48
2.4.2. Determinación del efecto del Sorbato de Potasio en la concentración de azúcar en el agua miel de Agave americana, cada 24horas durante 8 días	48
2.4.3. Efecto del aguamiel en el desarrollo de la colonia de abejas	49
2.4.4. Factores evaluados	50

2.5.	Duración del trabajo de investigación.....	50
2.6.	Análisis de datos	50

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51	
3.1.	Concentración de azúcar en el aguamiel de agave americana, con diferentes dosis de sorbato de potasio.....	51
3.2.	Efecto del aguamiel, como sustituto de la miel, en el desarrollo de la colonia de abejas.....	55
3.2.1.	Consumo del agua miel por las colonias de abejas.....	55
3.2.2.	Pupas muertas presentes en la canastilla externa frente a la piquera	57
3.2.3.	Abejas adultas muertas fuera de la piquera.....	58
3.2.4.	Peso promedio de bastidores por colmena.....	62
3.2.5.	Porcentaje promedio de cría por bastidor	63
3.2.6.	Porcentaje promedio de miel por colmena.....	65
3.2.7.	Porcentaje promedio de polen por colmena.....	65
3.2.8.	Presencia de diarrea en las colmenas	66
CONCLUSIONES	68	
RECOMENDACIONES	69	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70	
ANEXOS.....	73	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Composición fisicoquímica de aguamiel extraído de tres variedades de maguey pulquero.....	24
Tabla 1.2. Días de desarrollo y longevidad de la Abeja <i>Apis mellifera</i>	33
Tabla 1.3. Morfología de la abeja.....	34
Tabla 1.4. Composición química promedio de la miel.....	38
Tabla 2.1. Datos climatológicos y balance hídrico en el centro experimental de Wayllapampa.....	46
Tabla 2.2. Tratamiento y testigo para conocer el efecto del aguamiel en la colonia de abejas.....	49
Tabla 3.1. Prueba de Tukey del promedio de grados Brix según los tratamientos (sorbato de potasio).....	54
Tabla 3.2. Registro de presencia de diarrea en las colmenas según las fecha de evaluación.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. La cabuya (<i>Agave americana</i> L.).....	13
Figura 1.2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración artesanal del aguamiel.....	29
Figura 1.3. Tipos de abeja melífera.....	34
Figura 2.1. Temperaturas ombrotermicas y balance hídrico en el centro experimental Wayllapampa correspondiente al año 2016.....	47
Figura 3.1. Variación de los grados Brix en el agua miel, con diferentes concentraciones de sorbato de potasio en %.....	52
Figura 3.2. Consumo promedio semanal de aguamiel de <i>Agave americana</i> por colmena.....	56
Figura 3.3. Alimentador Doolittle con aguamiel de <i>Agave americana</i> en la colmena.....	57
Figura 3.4. Cantidad semanal de larvas muertas por colmena.....	59
Figura 3.5. Cantidad semanal de pupas muertas por colmena.....	60
Figura 3.6. Porcentaje de mortalidad en pupas.....	60
Figura 3.7. Cantidad semanal de abejas muertas por colmena.....	61
Figura 3.8. Porcentaje de mortalidad de abejas adultas.....	61
Figura 3.9. Pupas y adultas de abejas muertas en la evaluación.....	62
Figura 3.10. Pesando de un bastidor.....	63
Figura 3.11. Peso promedio de bastidor (kg).....	63
Figura 3.12. Porcentaje promedio de cría por bastidor.....	64
Figura 3.13. Evaluando el desarrollo de la cría en un panal de abeja.....	64
Figura 3.14. Porcentaje promedio de miel por colmena.....	65
Figura 3.15. Porcentaje promedio de polen por colmena.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de varianza de los experimentos.....	74
Anexo 2. Panel fotográfico.....	76

RESUMEN

El *Agave americana* “cabuya” cuando su tallo es perforado segrega abundante savia, se la conoce como warapo o aguamiel, es consumida por las abejas y podría ser utilizada en la alimentación artificial de las colmenas en época de escasa floración. Uno de los objetivos fue determinar la concentración de azúcar en el aguamiel previamente filtrada y pasteurizada, en el transcurso de ocho días, a diferentes dosis de sorbato de potasio (%). Los tratamientos fueron: T1 (0.01%), T2 (0.02%), T3 (0.03%) y To (0%), el aguamiel más el sorbato de potasio fueron colocados en vasos de precipitado e incubados a 26 °C. El diseño estadístico fue el Diseño Completamente Randomizado, con tres repeticiones. Otro objetivo fue conocer la influencia del aguamiel en el desarrollo de la colmena, para lo cual en el Centro Experimental de Wayllapampa, se alimentó artificialmente a cuatro colmenas con aguamiel y a otras cuatro con miel en panal; se evaluó en cada bastidor su peso, el porcentaje de miel, porcentaje de cría y el porcentaje de polen; además, en las bandejas instaladas al frente de las piqueras, la cantidad de abejas muertas. El aguamiel de *Agave americana* tiene 12 °Brix y disminuye a medida que transcurre los días, llegando hasta 8.1 °Brix al final de ocho días, deteriorándose. El aguamiel pasteurizado y con sorbato de potasio al 0.02% no produce diarrea en las abejas, incrementa ligeramente la mortalidad de larvas y abejas adultas; se incrementa la cantidad de crías (larvas y pupas).

Palabras clave: *Agave americana*, *Apis mellifera*, cabuya, abeja.

INTRODUCCIÓN

El *Agave americana* L. conocida en el Perú como cabuya, maguey, pagpa, pita, etc. crece de forma silvestre desde el nivel del mar hasta los 3500 msnm. El clima templado (18-25°C) es el ideal, por ello en los diferentes microclimas del país existen grandes extensiones de terrenos con cabuya en forma silvestre, principalmente en los departamentos de Cajamarca, Huánuco, Huancavelica y Ayacucho (Cervantes y Cuya, 2015).

El tronco de la cabuya (piña) es rico en fructanos, contiene una mezcla compleja de sustancias, de estructura altamente ramificada, en el cual la inulina es uno de los constituyentes más abundantes del jugo o del aguamiel (14.48% a 48.68%). En general los fructanos no son absorbidos en el sistema digestivo del hombre y promueven la proliferación de microorganismos benéficos en el intestino (Cervantes y Cuya, 2015) por lo que se promueve su producción industrial. La cabuya es un recurso natural, sus productos al ser aprovechado por el agricultor le permite mejorar sus ingresos económicos y su nivel de vida.

La apicultura es una de las actividades más nobles y antiguas de la humanidad. En la historia los pueblos antiguos se dedicaban a su explotación, cosechando la miel, que es considerada uno de los alimentos más nutritivos que se conocen por su contenido en azúcares de fácil digestión además de vitaminas y sales minerales.

Durante los últimos años se han operado grandes progresos en la industria apícola. Se introdujeron y seleccionaron razas e híbridos más dóciles y productivos, se han diseñado tipos de colmenas más fáciles para su manipulación, se han desarrollado remedios más eficaces para manejar y combatir las enfermedades. Todo ello contribuye a facilitar el desarrollo de una apicultura más racional con perspectivas halagadoras. En realidad, la apicultura es el manejo de la abeja *Apis mellifera* que busca la máxima

población adulta en la colmena, que coincida con la principal época de la floración, útil para la polinización de cultivos y para obtener más néctar y otros productos (Carón, 2010).

En invierno las flores son escasas, en consecuencia, se produce la escasez de néctar que obliga a los apicultores a otorgar una alimentación artificial con azúcar diluida en agua o miel en panal. Se ha observado en el campo que las cabuyas tratadas para obtener aguamiel son visitadas asiduamente por las abejas consumiendo el jugo acumulado; por ello se plantea utilizar el aguamiel de la cabuya como sustituto de la miel en época de escasez de flores.

En el presente estudio tiene los siguientes objetivos:

1. Determinar la concentración de azúcar en el aguamiel de *Agave americana*, al transcurso de ocho días, con diferentes dosis de sorbato de potasio.
2. Determinar el efecto del aguamiel de *Agave americana*, como sustituto de la miel, en la colonia de abejas.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. LA CABUYA (*Agave americana* L.)

1.1.1. Origen de la cabuya

Dávila (2002) mencionado por Sánchez (2011) afirma que todas las fuentes consultadas están de acuerdo en que la cabuya es de origen mexicano, aunque algunos autores consideran que ya había llegado al Perú antes de los invasores españoles. Según Garcilaso de la Vega, era entonces conocida como “chuchau”. Los españoles no tardaron en llevarla a Europa en el siglo XVI; y de donde se extendió al continente africano, asiático, donde se le puede ver en todas las regiones tropicales, aún en forma silvestre (Morales y Esparza, 2001).



Figura 1.1. La cabuya (*Agave americana* L.)

Fuente: Morales Carrillo, N. y Esparza Frausto, G.2001

1.1.2. Denominaciones de la cabuya

Según Collazos (1993) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) el género *Agave* (del griego “agavous” noble, ilustre, hermoso) fue descrito por Linneo en el siglo XVIII (1753) y en nuestro país es comúnmente encontrado en forma silvestre en los valles

serranos y cultivado con motivo ornamental en los jardines costeños. Se le adjudicaron diversos nombres, según las zonas en que crecieron. Los nombres más populares son agave, maguey, cabuya, chuchau, pacpa, penca, pinca, cabuya americana, centuryplant, aloe americano, ancashchampata, pita, cocuisa, cocui, cabuyero, penca azul, mejico, kellupancarita.

1.1.3. Clasificación taxonómica de la cabuya azul (*Agave americana* L.)

Escamilo (2010) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) indica que la cabuya azul pertenece al género *Agave* el cual está constituido de 250 a 300 especies. Los agaves se caracterizan por producir inflorescencia una sola vez, luego de la cual la planta muere. En 1753 el naturalista sueco, Carlos de Linneo, la llamó agave utilizando la palabra griega que significa admirable o noble, en la actualidad se encuentra difundida en casi todas las partes del mundo. La clasificación Taxonomía del *Agave americana* L. es la siguiente:

División : Magnoliophyta
Clase : Liliopsida
Subclase : Lilidae
Orden : Liliales
Familia : Agavaceae
Género : *Agave*
Especie : *Americana* L.
Subespecie : *Americana*

1.1.4. Descripción morfológica de la cabuya

a) Raíz

Dávila (2003) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) indica, que las cabuyas poseen una raíz primaria y perenne, formada por el desarrollo de una radícula de los bulbos o hijuelos; y una raíz secundaria, cuya forma fasciculada llega hasta una profundidad de tres metros e invade al terreno lateralmente, lo cual dificulta las labores agrícolas. Es por eso que algunos campesinos de la sierra no aceptan a la cabuya en sus predios agrícolas, aunque si en terrenos de ladera, porque es uno de los mejores frenos contra la erosión. Las raíces contienen saponina, que molidas, sirven para el lavado de cabello o la obtención de jabón.

b) Tallo

Dávila (2003) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) informa, que es rizomatoso, corto, poco desarrollado y de forma cilíndrica, en el cual se desarrollan las hojas. El tallo es muy corto, del que brota una roseta de hojas apretadas, de 30 a 60 unidades.

c) Hojas

Dávila (2003) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) informa, que posee hojas grandes de 1.20 a 2.00 m, gruesas, carnosas, lanceoladas y sin peciolo, hasta 30 cm de ancho, ligeramente cóncavas hacia arriba y adentro; de bordes firmes que tienen de 20 a 30 espinas dirigidas hacia afuera o hacia arriba desde el eje radial. A las hojas se le conoce como pencas o alas. Las hojas pueden variar entre los colores verde grisáceo o azulado, existiendo variedades con bandas blancas y amarillentas, muy buscadas como motivo ornamental. En el espesor de las hojas hay un profuso esqueleto de fibras longitudinales, muy resistentes y maleables. Su superficie está cubierta de una membrana resistente y blanquecina. Las hojas están dispuestas en roseta alrededor de un tallo único, nunca ramificado, generalmente oculto por la profusión de hojas y que es puesto al descubierto cuando las hojas son cortadas para diversos usos.

Cervantes y Cuya (2015) informan que sus hojas son simples, radiadas desde el eje central, dirigidas hacia adentro y hacia fuera, aproximadamente de 1,0 m de longitud y 23 cm de ancho, gruesas oblongas, lanceoladas, perennes, de superficies lisa y glabra, de color verde cenizo o azul.

d) Flores

Dávila (2003) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) manifiesta, que son amarillo verdosas de número variado y vienen enclavadas en una inflorescencia dispuesta en panículo, en un escapo o columna alargada gigante (maguey).

Cervantes y Cuya (2015) describe que la inflorescencia, es un escapo de 2 o más metros de longitud y hasta 10 o más centímetros de diámetro en su zona media, brota del eje central de la planta. Las flores hermafroditas se distribuyen en racimos a lo largo del escapo floral, estas flores son de color verde amarillento, de aproximadamente 15 cm de longitud, incluyendo el pedúnculo.

e) Fruto

Dávila (2003) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) informa, que el fruto es una cápsula triangular, prismática y oblonga, de 4cm de largo y lleno de semillas aplanadas de 8.6mm y de color negro. Producidos los frutos, la planta muere.

Cervantes y Cuya (2015) informan que la cabuya azul (*Agave americana*) es una planta suculenta, perenne, monocárpica de aproximadamente 3.5m de alto. El fruto es una cápsula de 6 a 10 cm de longitud y de 3 a 4 cm de diámetro, con la superficie verde, glabra, lisa y numerosas semillas en su interior.

f) Semillas

Dávila (2003) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) informa, que tienen endospermo carnoso, que rodea al pequeño embrión, tiene forma alada, lo cual facilita su diseminación.

1.1.5. Manejo agronómico de la cabuya

a) Ecología

Dávila (2003) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) informa, la cabuya es una planta xerofítica; es decir, soporta muy bien a la sequedad. Presenta estructuras peculiares de adecuación a la aridez, como hojas carnosas, pocas estomas, epidermis cubierta con una delgada lámina cerosa, cutícula gruesa y presión osmótica relativamente baja dentro de las células.

Normalmente, la cabuya prospera desde cero hasta 3500 metros de altitud sobre el nivel del mar, en ambientes con temperaturas medias a frías, escasa precipitación y largos periodos de sequedad. Resiste muy bien a la sequía y tolera heladas eventuales, pero siempre requiere de buena iluminación, a pleno sol; la sombra es perjudicial.

b) Clima

La planta crece en una temperatura óptima de 18 a 25°C, pero resiste con éxito las bajas temperaturas de las noches serranas, siempre y cuando estas se compensen con el calor del medio día. Es ideal un clima con 1200 a 1500 mm de lluvia al año, pero tolera bien cifras inferiores a 300 mm y no sufre con pluviosidad por encima de 2500 mm, si el terreno está bien drenado (Dávila 2003, mencionado por Cervantes y Cuya, 2015).

c) Suelo

Dávila (2003) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) indica; la cabuya es una planta sumamente rústica, que se adapta a variadas condiciones ecológicas, tanto que se le considera una especie de suelos marginales y pobres. Pero tal hecho no significa que estos suelos no sean los más apropiados para su cultivo y aprovechamiento. Por el contrario, el agave rinde mucho más, y mejor, en suelos arenosos o francos. Enraíza igual en cualquier tipo de sustrato, desde superficies rocosas hasta arenosas.

d) Conservación de suelos

El libro *Agronomía de la Cabuya* en el año 2007, mencionado por Cervantes y Cuya (2015) explica que la cabuya es empleada en sistemas agroforestales tradicionales y modernos, como protector de suelos. Asimismo, sirve para conformar cercos espinosos alrededor de las chacras y viviendas.

También en diseños específicos, para el control de la erosión y la conservación de suelos, en laderas muy degradadas y secas. Igualmente, para siembras en contorno, plantaciones de cobertura, barreras vivas, zanjas de infiltración y protección de taludes, cárcavas, riberas de ríos y quebradas. También es fuente en la estabilización de acequias de regadío. La cabuya se establece, inclusive sobre muros de piedra y tierra con fines de protección y seguridad. Se ha observado que las raíces pasan por entre las piedras, hasta encontrar suelo y desarrollarse.

e) Época de plantación (siembra)

Santa Cruz (2003) mencionado por Gutiérrez y Huaccaycachacc (2006) recomienda en la sierra proceder a la plantación al inicio de la temporada de lluvias, más o menos entre los meses de octubre y diciembre, para aprovechar la humedad en el proceso de prendimiento y primer desarrollo de los plántones y en la costa y selva alta, esa labor se puede desarrollar en cualquier época del año, siempre y cuando se asegure agua para regar a la plantación durante los dos primeros meses. En general, según todas las experiencias conocidas, en plantación directa registra alto índice de prendimiento, prácticamente el 100%.

f) Propagación

Santa Cruz (2003) mencionado por Gutiérrez y Huaccaycachacc (2006) explique que la

cabuya se reproduce de dos maneras diferentes: sexual y asexual. La reproducción sexual es muy escasa en la naturaleza. Aunque los órganos reproductivos de la planta están presentes en la flor, la fecundación es muy rara.

La propagación más común y frecuente se realiza por hijuelos. Pues da mejores resultados, porque permite escoger a las plantas más vigorosas. Se recomienda no utilizar hijuelos de las plantas que ya han florecido, porque no prosperan bien.

Si se desea aumentar la disponibilidad de hijuelos, se debe ejecutar labores culturales, como remoción del suelo y riego, en el área donde se encuentra la cabuya, ya que ello favorece la formación y emergencia de hijuelos.

g) Preparación del terreno

Figuroa (1997) mencionado por Gutiérrez y Huaccaycachacc (2006) dice, la cabuya no se siembra en grandes extensiones y en suelos agrícolas; razón por la cual, la preparación del terreno se restringe a simples hoyos de 20 cm de profundidad por 20 cm de ancho aunque es más recomendable los hoyos de 40 cm de profundidad por 40 cm de ancho.

Sin embargo para una producción comercial se debe tener en cuenta otros factores tales como: las condiciones del suelo y el clima; el uso central de la tierra, las posibilidades de mecanización y la disponibilidad de mano de obra. En general se requiere una preparación de terreno igual que para otras plantas arbustivas.

h) Plantación

Collazos (1993) mencionado por Gutiérrez y Huaccaycachacc (2006) informa que normalmente la plantación se realiza con un distanciamiento de 2 m entre matas, por 3 m entre hileras; para lo cual los hoyos deben realizarse preferentemente con 40 cm de profundidad y 40 cm de ancho. Para el momento de la plantación, se recomienda que los hijuelos tengan un tamaño promedio de 15 a 20 cm, cuando están muy grandes y son muy maduros no resisten el trasplante y se secan. Aunque con un manejo adecuado pueden prosperar hasta hijuelos de 30 a 50 cm.

i) Control de malezas

Santa Cruz (2003) mencionado por Gutiérrez y Huaccaycachacc (2006) considera que por

ser la cabuya una planta bastante rustica y agresiva, no es necesario realizar control de malas hierbas en pequeñas plantaciones. Sin embargo, en campos comerciales si se debe de realizar una poda o un desmalezado de hijuelos, ya que estos brotan muy rápido alrededor de las plantas madres.

j) Abonamiento

Gutiérrez y Huaccaycachacc (2006) afirman que aún no existe una dosis de fertilización recomendada para este cultivo. Pero se ha observado que las plantas responden muy bien a la materia orgánica, tales como: estiércol, musgo, turba, compost, humus de lombriz.

k) Control de plagas y enfermedades

Según Santa Cruz (2003) mencionado por Gutiérrez y Huaccaycachacc (2006) explica que en la actualidad, sólo la langosta migratoria causa cierto daño a la cabuya, generalmente por debajo del nivel de daño económico, salvo que la plantación sea muy pequeña y tierna. Pues dicha plaga voraz ataca a todo tipo de plantas silvestres y cultivadas, especialmente con hojas y brotes tiernos.

La mejor forma de combatir contra ese flagelo es mediante el control integrado o combinación racional de todos los métodos disponibles, aunque lo más importante es mantenerse en vigilancia permanente para evitar su irrupción o liquidarlos apenas llegue.

El método más adecuado es el control cultural, que consiste en la recolección manual de insectos adultos en la madrugada, en sus dormideros o guaridas con la intervención del mayor número posible de personas. Luego cercarlos, y finalmente convertirlos en alimentos balanceados para animales, ya que las langostas migratorias contienen 56% de proteínas, 4% de grasas, 3% de calcio y 2% de fósforo, así como un aporte energético de 3075 kilocalorías. Es decir como la harina de pescado.

En cuanto a enfermedades no se ha encontrado ninguna de importancia económica.

1.1.6. Usos de la cabuya

a) Medicinal

Cabieses (1993) mencionado por Sánchez (2011) indica que en muchos lugares de nuestro país es empleado como enemagogo. Este término se suele utilizar para referirse a

la propiedad de algunas hierbas y plantas medicinales para ayudar a restablecer la menstruación; ya sea la sabia no fermentada o una infusión de sus hojas. Se emplea como antirreumático, diurético, laxante, antisifilítico tomados por vía enteral. La nutrición enteral es una técnica especial de alimentación que consiste en administrar los diferentes elementos nutritivos a través de una sonda una infusión de hojas.

El *Agave americana* L. posee propiedades astringentes y calmantes. La raíz seca en decocción durante 10 minutos a dosis de 20 gramos por litro de agua, purifica la sangre. El zumo obtenido de las hojas mezclado con aceite de oliva y aplicado en fricciones, alivia el dolor de gota y reuma.

b) Como fibra textil

Rodríguez (1980) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) explica que la cabuya fue una de las primeras fibras vegetales procesadas para la manufactura de tejidos como redes, hondas y otros textiles. En paracas se encuentran hondas o warakas hechas de cabuya, asociadas a los ajuares funerarios. La honda es una “boleadora” de fibra vegetal, destinada para arrojar piedras y cazar. En la cultura Nazca la fibra de cabuya se utiliza para hacer vastagos o sujetadores de los abanicos de plumas, asimismo sirvió para elaborar hondas, redes y calzados.

c) Como alimento para ganado

Morales en el año 2001, mencionado por Cervantes y Cuya (2015) indica que se usa como planta de forraje en su etapa no madura, principalmente en las épocas de sequía. Constituye una alternativa para la alimentación del ganado vacuno; y caprino. Los primeros brotes de jugo de cabuya (los cinco primeros días) se usan para la alimentación del ganado porcino, ya que es de mucho agrado para estos animales, es común ver que los mismos animales busquen el aguamiel y beberla.

d) Como alimento para el hombre

Morales (2001) mencionado por Cervantes y Cuya (2015) indica que la población del departamento de Huancavelica, que conoce de su poder edulcorante, lo utiliza para la preparación de desayunos, mazamoras y postres y refrescos, pues les da un sabor agradable. Actualmente, se vienen obteniendo derivados como: chancaca y miel; las cuales se comercializan a pequeña escala y en forma de trueque.

e) Como bebidas

Bucasov (1981) mencionado por Sánchez (2011) indica que la bebida que más destaca en nuestro medio, es conocida como la “chicha de cabuya”, que es la bebida fermentada de upi, bajo esta forma es consumida por la mayoría de la población que conoce el upi. Es así en el distrito de Congalla provincia de Angares región de Huancavelica, es consumido en las épocas secas más bajo la forma fermentada, es común de que los pobladores conviden la chicha de cabuya a todos los visitantes como una de sus bebidas típicas. Ahora no solo se está convirtiendo como la bebida típica de estas zonas, si no, también ya se ha constituido como uno de los sustituyentes de la chicha de jora.

En México, Guatemala y Colombia; el upi constituye materia prima para la producción de bebida fermentada y destilada como tequila y mezcal. La industria de tequila constituye una de las importantes agroindustrias mexicanas.

f) Como combustible

García (1998) es mencionado por Cervantes y Cuya (2015) indica que después de florecer la cabuya muere y la planta se seca, estas hojas secas son usadas con combustible ya que generan gran cantidad de calor. Su uso doméstico como leña, en el distrito de Huanca Huanca (Huancavelica) es común para cocinar, ya que el calor que provee es tan bueno como el eucalipto.

g) Chancaca

Tenorio (2001) mencionado por Gutiérrez y Huaccaycachacc (2006) indica que la chancaca (panela) es azúcar cruda, sin refinar, sin centrifugar con un alto contenido de melaza. Se utiliza comúnmente en América latina, en las Filipinas y Asia del Sur. El azúcar “sin refinar” es más oscuro que la azúcar refinada, porque contiene lo que llaman los productores del azúcar las impurezas.

La chancaca (panela) es un producto obtenido de la evaporación de los jugos de la caña y la consiguiente cristalización de la sacarosa que contiene minerales y vitaminas. Esta se puede utilizar para la industria alimenticia en la fabricación de productos alimenticios, además como proveedora de insumos para otras industrias y para la industria farmacéutica.

1.2. AGUAMIEL DE *Agave americana* L. (MAGUEY)

Ramírez *et al.* (2018) menciona que el aguamiel es una clase de zumo de color ambarino, de olor y sabor dulce característicos; se trata de una bebida ácida o ligeramente alcalina, se desarrollan en condiciones climáticas extremas del continente americano; distribuyéndose desde el sur de Canadá, a lo largo de México, en centro América y el norte de Sudamérica e islas del Caribe. El aguamiel se obtiene de plantas de 8 a 10 años de edad las cuales están en etapas de floración, en el cual se cortan las hojas del maguey formando un hueco central en el cual se estará concentrando el aguamiel el cual se recolecta dos veces al día. El proceso de maduración dura de tres a seis meses aproximadamente obteniéndose un rendimiento promedio de 2 a 4 litros por día de aguamiel durante ese periodo de tiempo. Una vez que se obtuvo el aguamiel durante este periodo el agave muere. El aguamiel es rico en carbohidratos, en algunas vitaminas (en pequeñas cantidades), algunos aminoácidos y fructanos como la inulina.

Ramírez *et al.* (2018) menciona que la acidez del aguamiel varía en función de factores como el tiempo desde la recolección del aguamiel hasta su medición, ya que aumenta debido a la fermentación producida por *Lactobacillus brevis* presente de manera natural en el aguamiel.

Muñiz *et al.* (2013) menciona que el aguamiel es un fluido (savia) producido por algunos tipos Agaves, este compuesto principalmente por una alta cantidad de azúcares fermentables y es particularmente utilizado para la elaboración artesanal del pulque, una bebida alcohólica de tradición milenaria. Actualmente, el proceso de extracción del aguamiel se realiza bajo procedimientos convencionales en comunidades rurales de México.

Muñiz *et al.* (2013) menciona que el aguamiel o jugo de agave es la savia de color amarillento y de color herbáceo que se obtiene al hacer la capacitación del maguey maduro, es decir, el corte de las hojas tiernas centrales antes del desarrollo del escapo central, posteriormente se raspa el centro del maguey, seguido del corte de las hojas para formar una cavidad de 20 -30 cm de profundidad la cual servirá para el almacenamiento de aproximadamente 1.5 L de aguamiel durante un período de 3-6 meses que son exudados del tejido del tallo del maguey.

Espíndola *et al.*, (2018) menciona que se conoce como aguamiel a la savia que exuda la piña del maguey pulquero tras haber sido raspado, producida de manera natural por hidrólisis de sus fructanos. Sin embargo, su vida útil es aproximadamente 2 horas a temperatura ambiente, debido a que es un producto altamente susceptible a la fermentación se destina principalmente a la elaboración de pulque, aunque otra de sus aplicaciones es el jarabe fructosados. El jarabe de agave es el producto acuoso de sabor dulce y consistencia viscosa obtenido de la hidrólisis térmico de los fructanos provenientes del agave, éste no debe contener aditivos alimentarios, almidones, melazas, glucosa, dextrinas, fructosa u otros azúcares de otro origen. También es conocido como sirope o miel de agave. En la actualidad se comercializan únicamente jarabes extraídos del Agave azul y es utilizado como “sustituto de azúcar”.

1.2.1. Composición química del aguamiel

Muñiz *et al.*, (2013) menciona que en la actualidad, son pocos los estudios de la caracterización química de este subproducto del Agave, causando una limitación para proponer las posibles opciones de empleo para fines alimentarios, nutraceúticos o medicinales. Según lo reportado por algunos autores el aguamiel es una bebida de sabor dulce, ácida o ligeramente alcalina rica en proteínas y carbohidratos como fructosa, glucosa y sacarosa por lo cual este producto natural resultaría ser un buen candidato para ser empleado en la industria de la fermentación.

En la siguiente tabla 1.1 se muestra un estudio realizado acerca de la composición química de aguamiel extraído de diversas variedades de magueyes pulqueros (*A salmiana*, *A duranguensis* y *A. americana*) comúnmente nombrado maguey manzo, cenizo y amarillo respectivamente. Se aprecia que el aguamiel está constituido principalmente por proteínas y azúcares y que a pesar de que son diferentes variedades, la composición fisicoquímica no varía drásticamente. Esto puede deberse posiblemente a que la función de esta savia en la planta es la misma, independientemente de la variedad del maguey.

Tabla 1.1. Composición fisicoquímica de aguamiel extraído de tres variedades de maguey pulquero

	Variedades de maguey		
	Manzo	Cenizo	Amarillo
Densidad (g/L)	1.29	1.26	1.23
Ph	6.30	6.40	6.60
Índice de refracción	1.35	1.35	1.36
Sólidos solubles(°Brix)	11.44	11.01	12.67
Acidez (%)	1.65	1.41	1.47
Humedad (%)	87.00	87.90	86.00
Proteínas(g/L)	3.41	3.11	2.49
Cenizas (g)	0.53	0.41	0.48
Azúcares reductores(g/L)	1.63	1.97	1.06
Glucosa(mg/ L)	2.31	2.31	2.50
Fructosa(mg/L)	4.70	4.92	4.50

Fuente: Flores y col., 2008.

1.2.2. Microbiología del aguamiel

Cervantes (2007) mencionado por Vásquez (2009) reportó la existencia de levaduras, *Leuconostoc*, bacilos Gram positivos y cocobacilos Gram negativos en aguamiel aislados por fases sucesivas. Respecto a las morfologías macroscópicas, las colonias para cada género presentan tres formas características, las primeras colonias de color blanco, cremosas, de borde regular y de gran tamaño; el segundo grupo formado por colonias pequeñas, puntiformes y traslucidas. El último grupo crece en forma de colonias grandes mucoides semitransparentes.

Payno (1990) mencionado por Vásquez (2009) indica que en la fermentación se va presentando cierta acidez, lo que favorece el desarrollo de las levaduras y no de las bacterias. La transformación ocurre por etapas: primero actúan las bacterias productoras de ácido láctico (*Leuconostoc*) luego las levaduras (*Sacharomyces cerevisiae*, *Pichia*) intervienen, después otros microorganismos que estimulan la viscosidad (*Acidificans longisimus*) y la producción de ácido acético (*Bacterium aceti*), finalmente los que promueven las sustancias nitrogenadas (ver figura 1.2).

1.2.3. Métodos de conservación del aguamiel

Bautista (2006) mencionado por Vásquez (2009) menciona que el sorbato de potasio se utiliza como conservante químico para el aguamiel, la razón de usar este conservante es porque tiene principalmente efecto antimicótico y tiene poca actividad antibacteriana. Aunque muchas veces se obtienen productos solo sometiendo a medios físicos, como el tratamiento térmico para el almacenamiento, pero no todos los productos soportan un tratamiento térmico o no son suficientes como para eliminar microorganismos presentes que influyen en el tiempo de conservación.

1.2.4. Cosecha y pos cosecha del aguamiel

Santa Cruz (2003) citado por Gutiérrez y Huaccaycachacc (2006) expresa que esta labor se realiza cuando la planta alcanza 3 metros de alto, más o menos entre los 5 y 10 años, según el medio geográfico. La extracción del jugo azucarado o aguamiel se efectúa antes de que la planta alcance la floración, ya que después de que esto sucede, la cabuya muere. En cambio, para fibra, forraje y combustible, la cosecha puede efectuarse en cualquier momento de la madurez.

1.2.5. Selección del agave para la producción de aguamiel

Cervantes y Cuya (2015) explican que se selecciona un agave maduro, el cual debe presentar el meristemo engrosado (conocido también como corazón del Agave, localizado en el centro de la planta de donde nacen las hojas), esto ocurre aproximadamente a la edad de 5- 7 años. La mayoría de hojas apuntan lateralmente. Estas hojas deben ser cóncavas hacia arriba, de base ancha y angostas hacia la punta. Pocas hojas deben cubrir el meristemo, las mismas que suelen tener la coloración verdosa más clara.

Pardo (2005) mencionado por Sánchez (2011) indica que el primer paso consiste en reconocer la madurez óptima de la planta, la edad de la planta para estos fines oscila entre 12 a 15 años de edad y la otra consideración es que debe ser antes de la emergencia del tallo floral.

1.2.6. Elaboración del pocillo en el *Agave* para la recolección del aguamiel

Cervantes y Cuya (2015) indica que el lugar donde se realiza el pocillo, es en el tronco, en el cual las hojas son de color amarillo- verdosas (a diferencia de las hojas externas que son más azuladas). Inicialmente se corta las hojas exteriores para hacer el “camino” hacia el

centro de la planta, luego se realizan el corte de las hojas interiores para formar el área en el cual se realizará el pocillo, seguidamente se forma el pocillo.

Finalmente, se raspa reiteradas veces el hoyo para generar la exudación de la savia. Realizado el pocillo, se recolecta el jugo diariamente, en la mañana y en la tarde, durante 2 meses aproximadamente.

1.2.7. Recolección del aguamiel

Bucasov (1981) citado por Vásquez (2009) recomendó la forma de recolectar aguamiel, argumentando que cuando la planta llega a su madurez, comienza a engrosarse el meristemo floral, anunciando la formación del vástago florífero. Esto ocurre según los informantes, en un tiempo que va de cinco a siete años, lo que parece condicionado por la calidad del terreno y las condiciones climáticas. El operador se coloca frente a la planta, haciéndose un camino, despejando las hojas que rodea el meristemo, se corta en unos 30 o 40 centímetros del suelo, de manera que permita acercarse sin herirse. Continúa partiendo y aproximadamente a las hojas centrales, más tiernas e inmediatas al ápice vegetativo.

Una vez alcanzado el centro se corta el meristemo, con una barreta hace una cavidad en el centro de la planta, en la que se acumulará la savia. La protegen cubriéndola con una piedra o un pedazo de hoja de la misma planta, con la finalidad de conservar la humedad del depósito e impedir que los animales domésticos, abejas insectos o pájaros, sean atraídos y vengán a catarse en el líquido.

Diariamente se retira la savia producida por la planta, que es llamada “aguamiel”, para lo cual se raspa el fondo de la cavidad, para el raspado se utiliza un objeto áspero, con bordes afilados que van profundizando la cavidad. A medida que avanza la madurez, aumenta el contenido de almidón y azúcares, mejorando el sabor.

Bucasov (1980) citado por Vásquez (2009) determina las cantidades de producción diaria que es de 4 a 5 litros, en un periodo de recolección de 4 a 5 meses. Citando diversos autores registra una producción que puede ir desde 200 hasta más de 500 litros de aguamiel por pié, lo que resulta coherente porque aplicando los parámetros máximos de recolección diaria (5litros) y de periodo de recolección (150 días) la producción podría alcanzar un máximo de 750 litros.

1.2.8. Composición fisicoquímica

Bautista (2006) mencionado por Cervantes y cuya (2015) informa que la cabuya contiene una asombrosa variedad de saponinas, 26 en total, agrupadas en saponinas de *Agave Americana* y Agavósidos, todas ellas raramente presentes en plantas no pertenecientes a este género. Las saponinas que más atraen la atención son la hecogenina, la 9-(11)-dihidrocogenina y la 9-hidrohecogenina, así como compuestos de cierto parentesco químico como la Ticogenina, la clorogenina la neoticozenina y la Kamogenina; además efectúa un listado del uso de los siguientes compuestos:

El grupo de las hecogeninas constituye la materia prima industrial de los esteroides que son base para la producción farmacéutica de los corticosteroides (cortisona, etc.) y otras hormonas relacionadas con fármacos anticonceptivos.

La extracción de la hecogenina de la cabuya y la elaboración de esas diversas hormonas es un rubro industrial que, adecuadamente manejado, puede resultar muy lucrativo.

El proceso para la producción de hecogenina es a partir del maguey mediante una planta de fermentación. Subproductos de este proceso son la fibra y el bagazo para la fabricación de papel. Otro interesante componente químico del maguey es un enzima proteolítico, una aminopeptidasa de excelente potencial como enzima digestiva, ablandador de carne a para la confección de preparados para tratar heridas necróticas infectadas o úlceras tórpidas.

El contenido de ácido oxálico en las hojas de cabuya es también digno de mención, pues la disposición de este compuesto químico en agujas intracelulares (oxalato de calcio) produce una acción irritante sobre las membranas mucosas. Esto explica parcialmente, el efecto urticante que produce sobre la piel o sobre las mucosas de la boca el mascar la hoja de cabuya.

1.2.9. Farmacología y toxicidad

Bautista (2006) mencionado por Cervantes y cuya (2015) informa del uso de la cabuya: el maguey puede servir de forraje de emergencia en el ganado vacuno, por ello podría hacernos pensar que la toxicidad de esta planta es relativamente baja o inexistente, si no fuera porque resulta ser letal cuando la consume el ganado ovino y que la infusión por vía oral es neurotóxica y termina con la vida del conejo.

No se tiene información sobre la dosis letal, sin embargo, se tiene conocimiento de la acción irritante que el jugo de las hojas tiene sobre la piel humana, esto ha sido reiterado por varios autores. Al parecer, podría deberse a la suma de varios factores nocivos: cristales de oxalato de calcio, algunas saponinas irritantes y otras sustancias urticantes, además de la presencia del ácido floionólico en la cutícula de la hoja, lo que haría la diferencia con la relativa ausencia de estos efectos en la savia obtenida por la amputación del vástago floral.

La cabuya ha sido sometida a serios estudios en búsqueda de sustancias antineoplásicas, antimicrobianas y antivirales. En estos estudios no se ha podido comprobar ninguna acción antitumoral. Por otro lado, los posibles efectos antimicrobianos han arrojado resultados equívocos: ninguna bacteria fue importunada con el extracto alcohólico de la hoja seca, excepto los de la familia del germen de la tuberculosis. En cambio, con el acuoso, se ha obtenido una respuesta activa frente al *S. AUREUS* (Davidson). También, parece ser efectivo frente a la levadura de cerveza y a diversos hongos patógenos de las plantas.

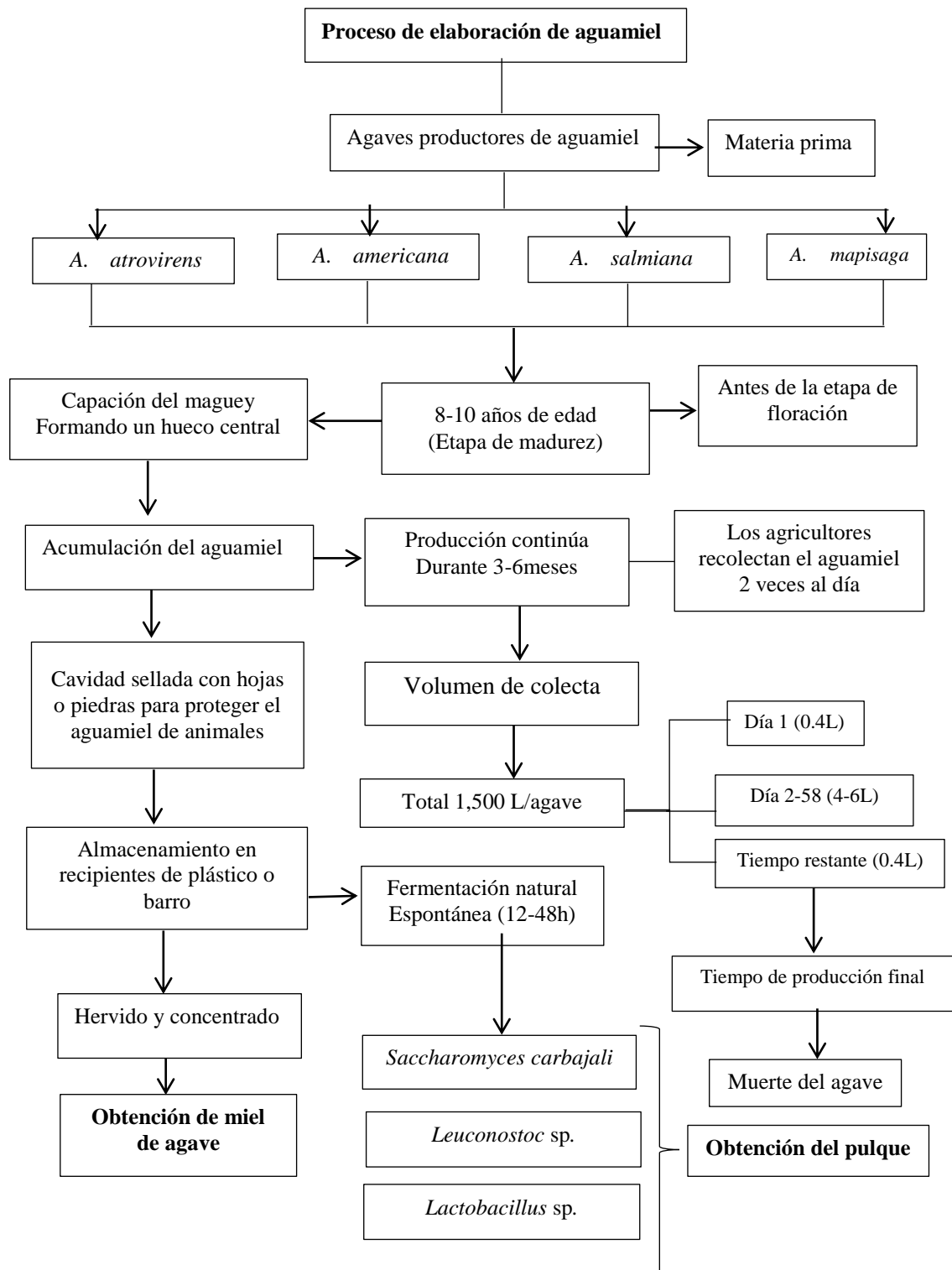


Figura 1.2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración artesanal del aguamiel

Fuente: Muñiz et al. (2013)

1.3. CONDICIONES NECESARIAS PARA LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

1.3.1. Temperatura

Collado (2001) citado por Tueros (2006) menciona que las levaduras son microorganismos mesófilos, esto hace que la fermentación pueda tener lugar en un

rango de temperaturas desde los 13-14°C hasta los 33-35°C dentro de este intervalo, cuanto mayor sea la temperatura mayor será la velocidad del proceso fermentativo siendo también mayor la proporción de productos secundarios. Sin embargo, a menor temperatura es más fácil conseguir un mayor grado alcohólico, ya que parece que las altas temperaturas que hacen fermentar más rápido a las levaduras llegan a agotarlas antes.

La temperatura más adecuada para realizar la fermentación alcohólica se sitúa entre los 18-23°C y es la que se emplea generalmente en la elaboración de vinos, por encima de los 33-35°C el riesgo de parada de fermentación es muy elevado, al igual que el de alteración bacteriana ya que a estas elevadas temperaturas las membranas celulares de las levaduras dejan de ser tan selectivas, emitiendo sustratos muy adecuados para las bacterias.

1.3.2. Aireación

Collado (2001) citado por Tueros (2006) menciona que durante mucho tiempo se pensó que las levaduras eran microorganismos anaerobios estrictos, es decir, debía realizarse la fermentación en ausencia de oxígeno. Sin embargo, es un hecho erróneo ya que requieren una cierta aireación.

Una aireación sumamente excesiva es totalmente absurda ya que, en otras consecuencias en el vino, no obtendríamos alcohol si no agua y anhídrido carbónico, debido a que las levaduras, cuando viven en condiciones aeróbicas, no utilizan los azúcares por vía fermentativa sino oxidativa, para obtener con ello mucha energía.

1.3.3. pH

Collado (2001) citado por Tueros (2006) menciona que el vino a 3.1 a 4 no es el más adecuado para la vida de las levaduras, menos para las bacterias, prefiriendo convivir con valores más elevados. Cuanto menor es el pH peor lo tendrán las levaduras para fermentar, aunque más protegido se encuentra el vino ante posibles ataques bacterianos. Además, más elevada será la fracción de sulfuroso que se encuentran libre.

Las levaduras fermentativas necesitan azúcares para su catabolismo, es decir para obtener la energía necesaria para sus procesos vitales, pero además necesitan otros

substratos para su anabolismo como son nitrógeno, fósforo, carbono, azufre, potasio, magnesio, calcio y vitaminas, especialmente tiamina (vitamina B1). Por ello es de vital importancia que el medio disponga una base nutricional adecuada para poder llevar a cabo la fermentación.

1.4. LA APICULTURA

1.4.1. Historia de la apicultura

MAG-CONAPIS en el año 2004; mencionado por Urrutia y Corpeño (2013) indica que los primeros rasgos de la apicultura se remontan en la antigüedad. Los chinos, los griegos, los romanos y los egipcios, ya poseían colmenas de paja o tierra cocida. Durante mucho tiempo, en Europa la miel era el único medio para endulzar los alimentos (antes de la llegada de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera) y la cera un producto necesario para el alumbrado.

Caron (2010) menciona que durante los últimos años se han operado grandes progresos en la industria apícola. Se introdujo y seleccionó razas e híbridos más dóciles y productivos, el desarrollo de una colmena muy práctica (la colmena Langstroth) y el desarrollo de remedios más eficaces para manejar y combatir las enfermedades. Todo ello contribuye a facilitar el ejercicio de una apicultura más racional con perspectivas más halagadoras. En realidad, la apicultura es el manejo de la abeja *Apis mellifera* que busca que el máximo de la población adulta de la colmena coincida con la principal época de la floración para la polinización de cultivos, obtener mayores recursos de néctar y otros productos.

1.4.2. Importancia de la apicultura

Jerí (2015) menciona que la apicultura tiene por objetivo principal obtener miel, esta es producida y almacenada naturalmente por las abejas para su consumo como fuente de energía, el hombre la extrae obligando a la abeja a trabajar más para reponer el producto perdido. Cuando hay un excedente de miel, se efectúa la cosecha; pero siempre y cuando se realice antes de la época de escasa floración, y nunca se extraerá la totalidad de miel. Por lo anterior, no se puede cosechar toda la miel de una colonia, de ocurrir se producirá un desequilibrio, la falta de alimento reducirá la postura de la reina, nacerán abejas desnutridas; la población, incluida la reina, padecerá hambre, produciéndose un efecto dominó que obligará a la reina a migrar, y a la población restante a morir.

Ramírez (2003) mencionado por Borbor (2015) menciona que en general las abejas cumplen un rol muy importante en la naturaleza, estos insectos son considerados como importantes polinizadores de algunas plantas silvestres y cultivadas (plantas con flores o angiospermas), mejorando la producción agrícola contribuyendo a la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad de cada zona.

1.5. LA ABEJA MELÍFERA

1.5.1. Taxonomía de la abeja melífera

Indoagro (1997) Ricardo *et al.* (1987) mencionado por Laura (2001) indican que las abejas, son insectos himenópteros, cuya existencia se remonta por lo menos a unos diez millones de años. Las evidencias se han encontrado en las pinturas rupestres de los hombres prehistóricos. El nombre científico de la abeja es *Apis mellifera* y su posición taxonómica es la siguiente:

Reino	: Animal
Sub- Reyno	: Metazoa
Phylum	: Artrópodo
Clase	: Insecta
Orden	: Hymenoptera
Superfamilia	: Apoidea
Familia	: Apidae
Género	: <i>Apis</i>
Especie	: <i>mellifera</i>
Nombre científico	: <i>Apis mellifera</i>
Nombre común	: Abeja

1.5.2. Biología de la abeja melífera

Cornejo en el año 1993, mencionado por Jerí (2015) expresa que las abejas se desarrollan mediante una metamorfosis completa (cambio de forma) o desarrollo holometábolo, pasan por los estados de huevo, larva, pupa y adulto. Dentro de una colonia, el ciclo biológico, para el caso de las obreras, ocurre masivamente y constantemente; es menos frecuente para el caso de los zánganos, y de vez en cuando bajo determinadas circunstancias se reinicia el desarrollo de una nueva reina(Tabla 1.2).

La reina ovoposita dos tipos de huevo, uno fecundado y otro no fecundado, es decir, de

condición diploide (2n) y haploide(n), respectivamente. De los huevos no fecundados se formarán machos (zánganos) y de los fecundados se originarán hembras (obreras o reinas).

Para los tres integrantes de las castas (obrero, reina, zángano), el ciclo biológico inicia con el estado de huevo; en plena floración o mielada una reina puede ovopositar de 1000 a 3000 huevos diarios, un huevo por celda. El huevo, el primer día de ovopositado, está en posición vertical, al segundo y tercer día su posición es inclinada. Luego de tres días de incubación eclosiona y nace una larva ápoda eucephala o curculioniforme, es decir, tiene una cabeza poco desarrollada y no tiene patas. La larva reposa al fondo de la celda recostada de un lado, las obreras nodrizas la alimentan con jalea real. La larva se nutre con jalea real por ósmosis, a través de la piel del cuerpo, esta nutrición acontece hasta el tercer día de nacida, tanto para las larvas obreras, reinas y zánganos. A partir del cuarto día, las larvas diploides (que se originaron de huevos fecundados), según la alimentación, se diferencian; las que siguen recibiendo jalea real durante todo su desarrollo al final se convierten en reinas, en cambio las que reciben una papilla de miel más polen llegarán a ser obreras adultas.

SAGARPA (2012) citado por López (2014) menciona que las obreras poseen otros órganos que no se encuentran en la reina, que le permite realizar innumerables tareas como: limpieza de panales, dando calor a los huevos y larvas, alimentando con jalea real, construyendo celdas reales, defendiendo la colmena, recolectando néctar, polen, agua y propóleos para cubrir las necesidades de la colmena. Su tarea de los zánganos es de fecundar a la reina virgen, estos mueren después de la cópula para evitar la consanguinidad.

Tabla 1.2. Días de desarrollo y longevidad de la Abeja *Apis mellifera*

Casta	Huevo	Larva		Pupa	Total de días de desarrollo	Longevidad
		Celda sin opercular	Celda operculada	Celda operculada		
Reina	3	5.5	1	6-7	15-16	2- 5 años
Zángano	3	6.5	1	13.5	24	28-62
Obrera	3	6.5	1	9.5	20	35-79

Fuente: Jerí (2015) (elaborado en base a los datos de Prost (1987).

1.5.3. Morfología de la abeja melífera

Jerí (2015) menciona que la abeja es un insecto, por ello el adulto tiene su cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen. Cada casta puede ser diferenciada por el tamaño y forma, además por algunas características peculiares de la celda (Tabla 1.3).

Tabla 1.3. Morfología de la abeja

Casta	Largo del cuerpo (mm)	Ancho del tórax (mm)	Peso (mg)	Posición de ojos compuestos	Aguijón	Opérculo de la celda	Forma de la celda
Reina	18-20	4.2	250	separados	liso y curvo	Plano	cono invertido
Zángano	15-17	5	230	grandes y juntos en el vértex	no tiene	Abultado	prisma horizontal
Obrera	12-13	4	100	Separados	recto y dentado	Plano	prisma horizontal

Fuente: Jerí (2015), elaborado en base a los datos de Prost (1987).

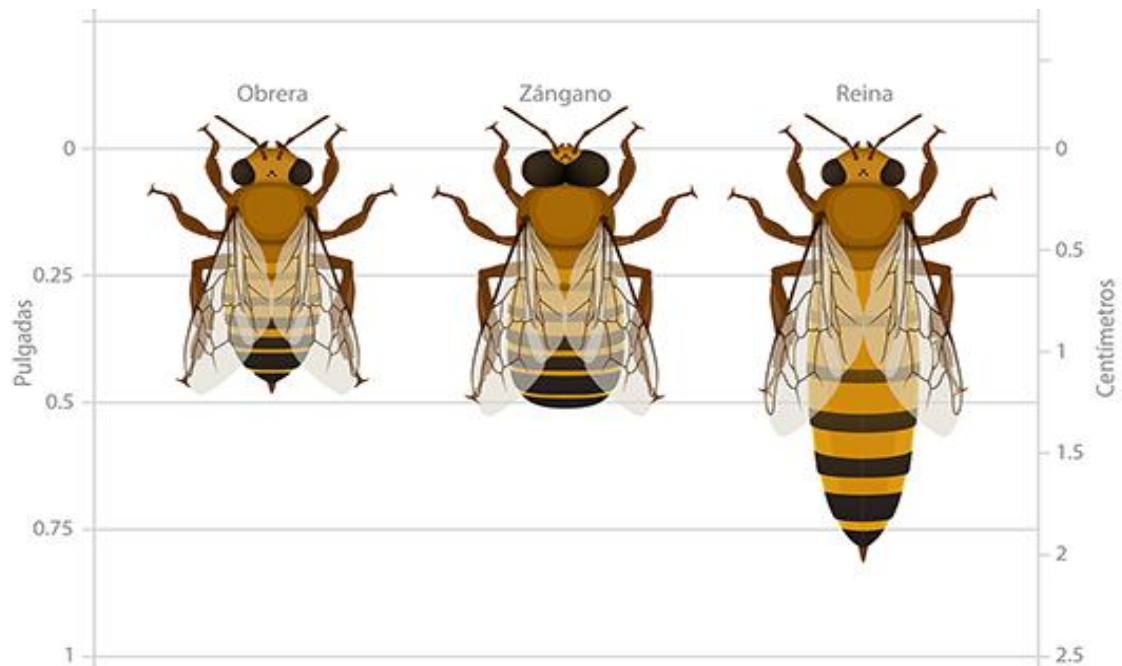


Figura 1.3. Tipos de abeja melífera

Fuente: www.askabiologist.asu.edu

1.5.4. Alimentación artificial

Bazurro (1999) citado por López (2014) menciona que la alimentación artificial de las abejas surge como una necesidad del hombre con miras a mejorar los beneficios

económicos de su explotación apícola. Entonces alimenta a sus colonias como forma de perpetuar su existencia en lugares donde naturalmente no existirían o, como una herramienta más de manejo al combinar a la abeja con un ambiente determinado para obtener e ellas un beneficio.

Vasquez (1991) citado por Borbor (2015) asegura que varios apicultores han realizados diferentes tipos de alimentación con distintos jugos o extractos como: mango, piña, sandía y papaya colocado, dentro de los colmenares, en bolsas pequeñas de jugo o rodajas de cualquier fruta para que las abejas extraigan el néctar, con el propósito de mantener a la colmena y que no haya migración por parte de las abejas.

Sagarpa (2004) citado por Borbor (2015) el azúcar de mesa es considerada como el alimento energético más tradicional por los apicultores, sin embargo, en opinión de varios apicultores, los extractos de frutas o fructuosa en diferentes concentraciones da muy buenos resultados, estimulando la postura de la reina, además estos suplementos no genera mucho pillaje debido a que casi no tiene olor.

Hernández (2008) citado por Borbor (2015) en una investigación sobre la alimentación artificial como mantenimiento de las abejas utilizó una solución de agua hervida y azúcar en proporciones de 2:1 utilizando bolsas de polietileno en cantidad de 600 mL/colmena/semana, esta dosis se debe suministrar en épocas de invierno donde existe poca actividad de la colonia debido a la falta de floración, para evitar que las abejas migren y en casos extremos mueran de hambre por la falta de néctar.

Philippe (2009) citado por Borbor (2015) indica que cuando el néctar y el polen son escasos la postura de la reina es baja, una colonia vigorosa de 40.000 a 60.000 individuos se reduce hasta contener no más que de 15.000 a 30.000 abejas al final de la estación de reposo. También manifiesta que una colonia débil es la de un año o más que contiene menos de 30.000 abejas en periodos de mielada, las obreras al no alimentar bien a las larvas ni a mantener a la cría, y no mantener la temperatura ideal (34 a 35°C), las obreras que de esta cría se produce pueden llegar a tener un tamaño más pequeño que el normal, presentando una lengua corta y llegan a vivir menos tiempo de lo normal.

Manuales del Ciclo Básico de Educación Agraria (2012) citado por Borbor (2015)

explica que el único motivo de la alimentación artificial es la de aumentar la postura de la reina mediante la utilización de sustitutos de néctar y sustitutos de polen como: extractos de frutas, jarabes, tortas proteicas, etc. El desarrollo de la población de abejas requiere de un adecuado abastecimiento de azúcares, proteínas y vitaminas.

Bazurro (2005) citado por Borbor (2015) la alimentación estimulante, tiene como objetivo garantizar reservas energéticas para lograr que la colonia de abejas se desarrolle lo suficientemente como para que al inicio de la floración principal, se encuentre con todo su potencial productivo disponible. Esta estrategia consiste en ofrecer a las colonias un jarabe preparado con una parte de azúcar y dos partes de agua y se proporcionando 50 o 60 días antes de la floración.

SAG (2005) citado por López (2014) menciona que, por otro lado, el único motivo que induce a las abejas a morir trabajando es el de guardar o almacenar alimento para poder sobrevivir durante la época de escasez de polen y néctar generalmente coincide con el invierno. anteriormente los apicultores no cosechaban la miel de la última recolecta antes del invierno ya que de ese alimento dependía la vida de la colmena, por lo que actualmente los apicultores optan por cosechar toda la miel de la temporada y brindar alimento artificial.

La misma fuente refiere, que en el periodo de escasez, las reinas disminuyen la postura y la población de la colmena se reduce drásticamente hasta la nueva floración, en donde las pecoreadoras ingresan néctar y polen, y la reina vuelve a normalizar la puesta de huevos. Para efectos de rendimiento de una colmena, se debe alimentar artificialmente con una anticipación de 40 días antes de larga floración; de esta manera, la reina al sentir que ha ingresado alimento a la colmena comienza la postura. También hay una fuerza pecoreadora potente en la colmena para un máximo aprovechamiento de la flora melífera

Ríos y Grández (2008) citado por López(2014) menciona que la alimentación artificial se suministra mediante alimentadores en forma de bastidores o bolsas plásticas existiendo diversas formulaciones de jarabe, entre las que destacan: Azúcar (40%) + agua (60%), para incrementar la postura de la reina; azúcar (50%) + agua (50%), para mantener población; chancaca (media tapa en la colmena) para mantener la población;

chancaca (un atado por 4.5 litros de agua), para estimular la postura; miel (50%) + agua (50%), es la mezcla más empleada por los apicultores para mantenimiento o estímulo a la postura.

Marchelli y García (2010) citado por López (2014) menciona que en el suministro del alimento se debe considerar la fortaleza de la colonia, la época del año y las condiciones de la vegetación que aporta néctar y polen de la región. En colonias débiles, si se alimenta en exceso, las abejas no se terminan el alimento lo que ocasiona que se fermente y/o se formen mohos. Comentan además que no se deben utilizar alimentadores colectivos para proporcionar alimentos de cualquier tipo y el suministro de alimentos líquidos puede ser mediante alimentador externo o interno, el que deberá estar limpio. A su vez, el apicultor debe cerciorarse que, tras la colocación de éste, las abejas tengan fácil acceso al alimento y no se ahoguen. Manifiestan también, que el suministro de alimentos sólidos se realiza únicamente en forma interna, pudiendo colocarse las porciones de alimento envueltas en plástico (polietileno calibre 150) limpio y nuevo o en papel encerado sobre los cabezales de los bastidores de la cámara de cría. Finalmente afirman que cuando se proporciona una alimentación suplementaria a la colmena habrá de transcurrir un tiempo hasta que la población aumente.

1.5.5. Postura de la reina

Martínez (2008) citado por López (2014) menciona que en climas templados los primeros calores primaverales la postura comienza paulatinamente desde algunos huevos diarios, llegando posteriormente hasta 2000 en la época de recolección para disminuir luego y cesar en invierno. Indica además que sólo una abeja reina pone en la colonia y su postura diaria oscila entre los 1500 y 2000 huevos.

Schopflocher y Del Pozo (1986) citados por López (2014) refieren que las disponibilidades alimenticias están relacionadas directamente con las funciones de la reina en la colonia, así en épocas de abundancia la postura aumenta y con ella el número de individuos que forma la familia, ya que al escasear el alimento o provisiones se reduce la postura con el fin de mantener el sabio equilibrio entre el número de abejas y la alimentación requerida para su sostén.

1.5.6. Miel

Salamanca y Serra (2002) citado por Díaz (2003) indican que, la miel es un alimento natural elaborado a partir de secreciones florales y extraflorales de las plantas que suele visitar la abeja *Apis mellífera*, de donde toma los elementos necesarios para su mantenimiento y el sustento de la colmena (Tabla 1.4).

Tabla1.4. Composición química promedio de la miel

Composición	Porcentaje
Fuctuosa	38.20 (%)
Glucosa	32.00 (%)
Sacarosa	1.38 (%)
Maltosa	6.80 (%)
Otros azucares	3.10 (%)
Humedad	17.20 (%)
pH	3.91
Acidez libre	22.03(meq/kg)
Lactona	7.11(meq/kg)
Acidez total	29.12(meq/kg)
Cenizas	0.17 (%)
Nitrógeno total	0.04 (%)
Índice de diastasa	20.80

1.5.7. Polen

Caron (2010) menciona que la abeja trae polen de las flores para alimentar las crías y el desarrollo de las glándulas de las nodrizas. Polen es el elemento masculino de fecundación de las flores y la transferencia en el proceso de polinización que es un servicio de las abejas. Polen por tener una alta cantidad de proteína y son fuentes importantes de minerales, vitaminas, grasas, aminoácidos, colesterol, etc. para la cría y en los primeros días de su fase como adultos.

1.5.8. Diarrea

Jerí (2015) menciona que es producido por bacterias que afectan al intestino medio de las abejas adultas. El complejo de bacterias daña el epitelio del intestino produciendo diarrea. Las otras diarreas son producidas por protozoarios (*Malpighamoeba mellificae*) o afecciones virales. Otras son las amebiasis y acariosis. Finalmente, pueden ser causas

fisiológicas al estar la abeja mucho tiempo confinada, no pudiendo evacuar fuera de la colmena, en este caso la diarrea es leve o solo se produce al tocar el intestino de la abeja puede no tener mayor importancia.

1.6. PARÁMETROS DE CALIDAD DE UN PRODUCTO

Grados Brix

Instrumentación científica y técnica en el año 2012, mencionado por Cervantes y Cuya (2015) indica que un grado °Brix es la densidad que tiene a 20°C, una solución de sacarosa al 1%; esta concentración corresponde a un determinado índice de refracción. Se dice que un jugo tiene una concentración de sólidos solubles disueltos de un grado °Brix, cuando su índice de refracción es igual al de una solución de sacarosa al 1% (p/v).

Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de una fruta. Si la pulpa o jugo se hallan a diferente temperatura se podrá realizar un ajuste en grados °Brix, según la temperatura en que se realice la lectura. Los grados °Brix son, por lo tanto, un índice comercial, aproximado, de una concentración que se acepta convencionalmente como si todos los sólidos disueltos fueran sacarosa. Para determinar los grados °Brix se usa un aparato llamado refractómetro de ABBE, es el más común y mide los índices de refracción de cualquier producto.

1.7. TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

Cervantes y Cuya (2015) mencionan que la aplicación de un tratamiento térmico a alimentos viene condicionada por la necesidad de:

- Reducir la flora microbiana presente en los alimentos.
- Evitar las alteraciones producidas por los microorganismos no patógenos que no se eliminaron en el proceso.
- Aplicar el grado de calentamiento /enfriamiento adecuado a cada alimento convenientemente.

Los cuatro objetivos principales que se persiguen al aplicar un tratamiento térmico en los alimentos son:

- Destruir los microorganismos que puedan afectar a la salud del consumidor.
- Destruir los microorganismos que puedan alterar el alimento.

- Inactivación enzimática.
- Optimizar la retención de factores de calida a un costo mínimo.

El tratamiento térmico de un alimento depende de:

1. La termo-resistencia de los microorganismos y enzimas presentes en el alimento.
2. La carga microbiana inicial que contenga el alimento antes de su procesado y el tipo de microorganismo presente.
3. El pH del alimento.
4. El estado físico inicial del alimento.

1.8. PASTEURIZACIÓN

Cervantes y Cuya (2015) mencionan que es un tratamiento relativamente suave (temperaturas normalmente inferiores a 100 grados), que se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos durante varios días, como en el caso de la leche, o incluso meses (fruta embotellada). Este método, que conserva los alimentos por inactivación de sus enzimas y por destrucción de los microorganismos sensibles a altas temperaturas (bacterias no esporuladas, como levaduras y mohos), provoca cambios mínimos tanto en el valor nutritivo como en las características organolépticas del alimento.

La intensidad del tratamiento y el grado de prolongación de su vida útil se ven determinados principalmente por el pH. El objetivo principal de la pasteurización aplicada a alimentos de baja acidez (pH mayor a 4,5) es la destrucción de las bacterias patógenas, mientras que en los alimentos de pH inferior a 4,5 persigue la destrucción de los microorganismos causantes de su alteración y la inactivación de sus enzimas.

Aunque prolonga la vida útil comercial de los alimentos, la efectividad de la pasteurización es solo relativa, pues debe ir acompañada por otros métodos de conservación, como la refrigeración. Los tiempos y temperaturas de tratamiento varían según el producto y la técnica de pasteurización. Hay un método de temperatura alta y tiempo corto (pasteurización alta) en el que la temperatura es de 71,7 grados y el tiempo de 15 segundos; y otro de temperatura baja y tiempo largo: son 62,8°C durante treinta minutos, de aplicación en la leche, aunque pueden existir otros sistemas para derivados lácteos.

1.9. ADITIVOS

Cervantes y Cuya (2015) mencionan que para los efectos de la resolución directoral N° 0775/20003/DIGESA/SA, que rige actualmente, se considera aditivos alimentarios a la sustancia que se agrega a los alimentos y bebidas con el objeto de mejorar sus caracteres organolépticos y favorecer sus condiciones de conservación, no teniendo estos las características de producto final destinados al consumo humano. Toda referencia respecto aditivitos que se indica en la presente norma, está referida a aditivos alimentarios o mezcla de aditivos, comprendiendo a sus diferentes clasificaciones.

1.9.1. Sorbato de potasio

Wikipedia (2014) menciona que el sorbato de potasio es una sal cuyo principal uso es como conservante de alimentos. También es conocido como la sal de potasio del ácido sórbico (número E 202). Su fórmula molecular es $C_6H_7O_2K$ y su nombre científico es (E, E)-hexa-2,4-dienoato de potasio. El sorbato de potasio es utilizado en una variedad de aplicaciones incluyendo alimentos, vinos y cuidado personal.

El ácido sorbico y sus sales de sodio y potasio se usan en una concentración menor del 0.3 % en peso para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras en los alimentos con un pH hasta de 6.5; su efectividad aumenta al reducir el pH, es decir, la forma sin disociar es la activa. Se emplea en quesos, encurtidos, pan, tortillas de maíz, vino, jugos de frutas, refrescos, pasteles, donas, mermeladas, rellenos, betunes, jaleas, margarinas.

No es tóxico para el hombre ya que éste lo metaboliza como cualquier otro ácido graso. Dado que su solubilidad es baja (0.16 g/100 ml a 20°C), es preferible usar en su lugar los sorbatos que son mucho más solubles. El sorbato de potasio, es la sal más usada porque se le ha encontrado un gran número de aplicaciones; en diferentes alimentos y en distintas condiciones se ha demostrado que controla el crecimiento de *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium botulinun* y otros (excepto bacterias lácticas).

1.9.2. Usos del sorbato de potasio

Wikipedia (2014) menciona que las bebidas industriales como gaseosas, agua saborizadas, etc. su administración en el caso de tratamiento para la deshidratación por *enterocolitis* puede agravar el cuadro por acarrear diarreas osmóticas graves.

El Sorbato es utilizado para la conservación de tapas de empanada, pasta, pre-pizzas, pizzas congeladas, salsa de tomate, margarina, quesos para untar, rellenos, yogur, jugos, frutas secas, embutidos, vinos, etc.

Este compuesto no debe ser utilizado en productos en cuya elaboración entra en juego la fermentación, ya que retarda el crecimiento de las levaduras y otros tipos de hongos. También retarda el crecimiento de bacterias.

En caso de utilizar combinaciones de Sorbato de potasio con otros conservantes debe tenerse la precaución de no introducir iones calcio ya que se produce una precipitación. Por lo tanto, en las combinaciones con Sorbato de potasio utilizar Propionato de Sodio y no de Calcio para una óptima acción sinérgica.

Un aspecto fundamental a tener en cuenta con el uso de este y otros conservantes es su efecto nocivo en el proceso digestivo, por alterar notoriamente, no solo la flora intestinal y estomacal sino también bucal, lo que dificulta la digestión de las comidas y en especial de los azúcares, pues un colaborador fundamental para la digestión son las levaduras presentes en el organismo humano y que estos inhiben o destruyen. Por lo que la ventaja puede ser mayoritariamente desde el punto de vista comercial y no tiene factores positivos reales con respecto al consumidor de alimentos con estos productos.

1.9.3. Propiedades y usos

Acofarma (2019) menciona que presentan propiedades antibacterianas y antifúngicas, particularmente contra mohos y levaduras. Su actividad disminuye a $\text{pH} > 6,0 - 6,5$, siendo el óptimo de 4,5. Se usan como conservante en preparaciones farmacéuticas y cosméticas. Tiene la ventaja frente al Ácido sórbico de tener una mayor solubilidad en agua. La eficacia aumenta al combinarlos con otros antimicrobianos o con glicoles como el propilenglicol. En emulsiones es mejor usar partes iguales del ácido y de la sal de potasio por razón del coeficiente de reparto. El Potasio sorbato también ha sido usado para incrementar la biodisponibilidad ocular del timolol. Las soluciones acuosas de Potasio sorbato pueden esterilizarse por autoclave.

La dosificación habitualmente es de 0,1 – 0,2%, a veces hasta el 0,6 % de ácido sórbico. Efectos secundarios: No son productos tóxicos, pero por vía tópica pueden causar

irritación y reacciones de hipersensibilidad. También irritación de ojos y mucosas. Incompatibilidades: Surfactantes no-iónicos, algunos plásticos, agentes oxidantes y reductores, y sales de metales pesados. Álcalis en el caso del ácido sórbico.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el Apiario del Centro Experimental Wayllapampa propiedad perteneciente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), Escuela Profesional de Agronomía, ubicado a 19 km. de la ciudad de Ayacucho, en el distrito de Pacaycasa, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. Geográficamente a 74° 13' 01" Latitud Oeste y 13° 04' 36" Latitud Sur, y a una altitud de 2475 msnm.

2.2. MATERIALES Y EQUIPOS

2.2.1. Materiales

- Machete
- Cuchillo
- Barreta
- Agua
- Planta de *Agave americana*
- Aguamiel de *Agave americana*
- Raspador para *Agave americana*
- Vaso de precipitado (12)
- Sorbato de potasio
- Colmenas tipo Root o Americana
- Máscara o careta
- Guantes
- Cepillo
- Ahumador
- Palanca de apicultor
- Rejilla excluidora de reina
- Portanúcleo
- Martillo
- Plumón indeleble
- Serrucho
- Recipientes de plástico 16 x24 cm
- Probeta de 250 mL
- Alimentadores Doolittle (4)
- Flotadores para alimentadores Doolittle (16)
- Cera estampada(1 kg)
- Colador
- Fósforos
- Papel periódico
- Cuaderno de apunte

2.2.2. Equipos

- Hervidor
- Estufa
- Brixómetro
- Bastidor dividido en áreas
- Cámara fotográfica
- Balanza
- Desoperculador
- Centrifuga extractor de miel
- Banco desoperculador
- Filtros para miel
- Incrustador eléctrico para cera estampada

2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Los datos meteorológicos fueron registrados por la Estación Meteorológica de Wayllapampa-Ayacucho, ubicado a una altitud de 2470 msnm, situado entre las coordenadas de 74° 13' 01'' Longitud Oeste y 13° 04' 36'' Latitud Sur.

La temperatura máxima, media, mínima y la precipitación durante el periodo Abril a Diciembre del 2016 se presentan en la Tabla 2.1 y se representan en la Figura 2.1, durante este periodo la precipitación total, alcanzó los 235.20 mm. Las condiciones de temperatura máxima, media y mínima anual fueron de 27.49, 16.03 y 4.57°C, respectivamente.

El balance hídrico presenta escasez de humedad en los meses de Junio 2016- Setiembre 2016 y en Octubre, la precipitación empezó a tener algo de humedad, Noviembre, Diciembre fue aumentando la humedad.

Tabla 2.1. Datos climatológicos y balance hídrico en el centro experimental de wayllapampa

DATOS CLIMATICOS	AÑO 2016									TOTAL	TEMP
	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	MED
T° Máxima media mensual (°C)	27.11	27.61	26.51	25.89	27.04	28.06	27.95	29.87	27.34		27.49
T° Mínima media mensual (°C)	7.77	2.74	0.1	-0.57	3.63	4.99	7.42	6.3	8.77		4.57
T° Media mensual (°C)	17.44	15.18	13.31	12.66	15.34	16.53	17.69	18.09	18.06		16.03
Precipitación total (mm)	34.2	6.8	0.1	5.8	10.9	11.6	31.5	52.9	81.4	235.20	
Precipitación efectiva (mm)	27.53	1.71	0.00	0.76	5.61	6.27	25.10	44.36	67.66	179.00	
Evapotranspiración potencial (mm)	117.38	106.76	94.66	101.34	125.72	148.54	175.66	181.51	188.76	1240.33	
Fc (corrección)	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14		
Evapotranspiración corregida (mm)	16.94	14.95	13.25	14.19	17.60	20.80	24.59	25.41	26.43		
Humedad del suelo (mm)	10.59	-13.24	-13.25	-13.43	-11.99	-14.53	0.51	18.95	41.23		
Exceso de humedad (mm)	10.59						0.51	18.95	41.23		
Déficit de Humedad (mm)		13.24	13.25	13.43	11.99	14.53					

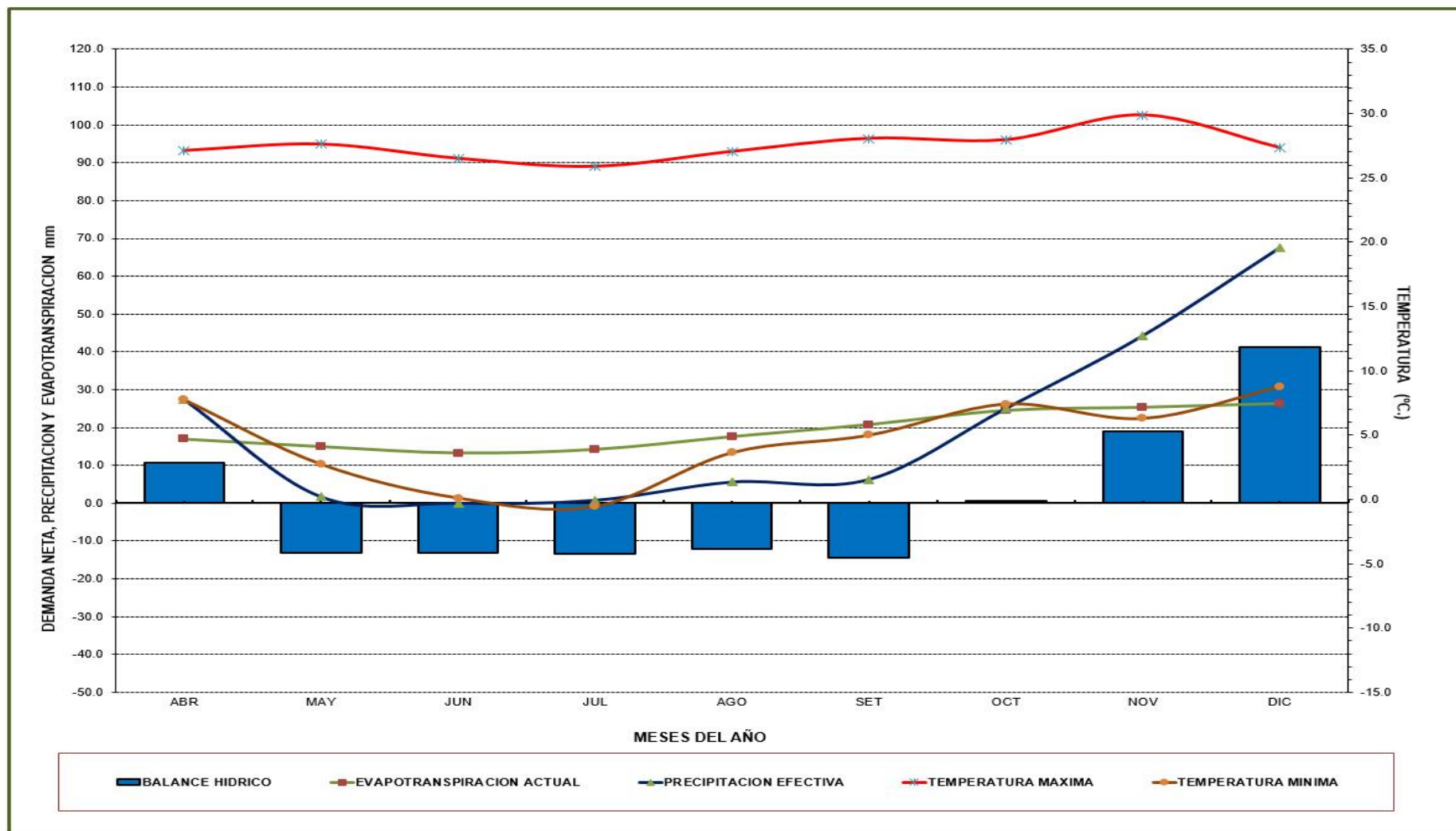


Figura 2.1. Temperaturas ombrotermicas y balance hídrico en el centro experimental Wayllapampa correspondiente al año 2016

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1. Obtención y tratamiento de aguamiel

Se seleccionó una planta de *Agave americana* considerando su tamaño, hojas grandes y abundantes y que todavía no ha emitido el tallo floral. Para ello se contactó con una persona experta en la extracción de aguamiel de cabuya. Se procedió a cortar las espigas de algunas hojas, luego a cortar las hojas a la mitad o menos de su longitud, hasta lograr acceso al centro del tallo. Luego con ayuda de una barreta se efectuó un orificio en la punta del tallo, unos 15 cm, retirando con la mano lo cortado quedando un hoyo el cual fue alisado sus paredes con un instrumento denominado raspador (un aro de metal con filo en los bordes, con un mango soldado). Luego se dejó tapado con hojas de cabuya para impedir el ingreso de insectos y otros animales. Los tres primeros días el aguamiel cosechado fue desechado o suministrado a los porcinos. La cosecha, a partir del cuarto día, se realizaba mediante un jarro vaciando el contenido a una jarra.

El aguamiel cosechado fue filtrado mediante un colador, luego hervido e inmediatamente enfriado, antes de su uso.

La cantidad de aguamiel extraída diariamente en las mañanas fue de aproximadamente de tres litros y medio, por la tarde fue de 1.8 litros de aguamiel; esta última era mucho más fresca y sin fermentar fue utilizada para alimentar a las colonias de abejas.

2.4.2. Determinación del efecto del Sorbato de Potasio en la concentración de azúcar en el agua miel de *Agave americana*, cada 24horas durante 8 días

Para el experimento se consideró tres repeticiones, mediante el Diseño Completamente Randomizado (DCR).

- To : 0% de sorbato de potasio en el aguamiel
- T1 : 0.01 % de sorbato de potasio en el aguamiel
- T2 : 0.02 % de sorbato de potasio en el aguamiel
- T3 : 0.03% de sorbato de potasio en el aguamiel

El aguamiel fue cosechado en horas de la mañana, luego de ser filtrada y pasteurizada se procedió a medir su contenido de azúcar en grados Brix. Cada tratamiento fue distribuido en un vaso precipitado, que contenía 200 mL de aguamiel. Estos fueron

introducidos a una estufa a 26°C. El objetivo fue estudiar los efectos del Sorbato de potasio en la concentración de azúcar en el aguamiel, en el tiempo, mediante la medición de grados Brix, que a su vez nos permitiría en forma indirecta establecer el grado de fermentación del aguamiel. La medición de grados Brix se efectuó diariamente por ocho días.

2.4.3. Efecto del aguamiel en el desarrollo de la colonia de abejas

Para el estudio se consideró un tratamiento y un testigo, con cuatro repeticiones (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Tratamiento y testigo para conocer el efecto del aguamiel en la colonia de abejas

	Repeticiones			
Testigo (To)	ToR1	ToR2	ToR3	ToR4
Tratamiento (T)	T1R1	T1R2	T1R3	T1R4

To = alimentación con miel de abeja en panal.

T1 = alimentación con agua miel.

Para la instalación se utilizaron ocho (8) colmenas de un solo piso, que contenían reinas del año. La evaluación consistió en determinar en cada bastidor su peso, el porcentaje de miel, porcentaje de cría operculada y el porcentaje de polen. Cada dos colmenas de similar peso y desarrollo fueron utilizadas para distribuir al azar el tratamiento y el testigo, etiquetándolas en la cara frontal. Las colmenas tuvieron 5 o 6 bastidores. Las colmenas consideradas para el tratamiento tuvieron escasa reserva de miel y se las alimentó con aguamiel que contenía 0.01% de sorbato de potasio mediante un alimentador tipo Doolittle. En el transcurso del trabajo las colmenas testigo fueron alimentadas con miel y polen en panal, y cría cuando lo requirieron.

En cada colmena un se instaló un recipiente de plástico (rectangular) sostenida con alambre, ubicada delante de la tabla de vuelo. Al fondo se ubicó una malla para evitar el ahogamiento de las abejas por la precipitación pluvial. En estas bandejas se evaluaron el número de abejas muertas.

La evaluación de las colmenas fue semanal, consistió en medir el consumo de aguamiel y la mortalidad de abejas en las piqueras. Cada 21 días se evaluó además el desarrollo de la colonia: peso de bastidor; porcentaje de miel, polen y cría por bastidor; para ello se

utilizó un bastidor vacío dividido con alambre delgado en 24 secciones, cada sección tenía un área de 35cm², esta se superponía al bastidor para evaluar estimando los porcentajes ocupados. Los datos fueron anotados en un cuaderno de apuntes bajo un formato preestablecido.

Para evaluar la mortalidad se clasificaba los cadáveres de larvas, pupas y adultas extraídas de la bandeja ubicada al frente de la tabla de vuelo. Posteriormente se efectuó el conteo respectivo.

Las colmenas fueron alimentadas con agua miel entre 100 y 500 mL, dependiendo de la población de abejas y del consumo registrado semanalmente. La evaluación del consumo de aguamiel consistió en vaciar lo no consumido en un recipiente para luego ser medido con una probeta.

2.4.4. Factores evaluados

- Peso de bastidores por colmena
- Mortalidad de larvas, pupas y adultas de abeja
- Consumo de aguamiel
- Porcentaje de área ocupada en el bastidor por: crías operculadas, miel y polen
- Presencia de diarrea

2.5. DURACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación en el campo tuvo una duración de 20 semanas, iniciado el 18 de junio y terminado el 12 de noviembre del 2016.

2.6. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos son analizados mediante el uso de estadística descriptiva, análisis de variancia y prueba de Tukey.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Concentración de azúcar en el aguamiel de *agave americana*, con diferentes dosis de sorbato de potasio

En la Figura 3.1 se aprecia la variación de los grados °Brix en el agua miel de cabuya tratada con diferentes concentraciones de sorbato de potasio, medidos cada 24 horas durante ocho días (192 horas).

En los tratamientos no disminuyen los grados °Brix, se incrementan a medida que transcurre el tiempo. El incremento de grados °Brix fue debido a la evaporación del agua que produjo a su vez la concentración de azúcar; el incremento fue hasta de 2 °Brix. Según Cervantes y Cuya (2015) los grados °Brix miden la cantidad de sólidos solubles o azúcar en un volumen determinado, a menor volumen mayor concentración de azúcar.

En el testigo, donde no se añadió sorbato de potasio disminuyó el grado °Brix hasta 8.1, para luego mantenerse e incrementar a 8.7 °Brix pero sin llegar a la concentración inicial de 12 °Brix; esta disminución de los grados °Brix fue porque las bacterias y levaduras consumieron el azúcar del agua miel produciendo alcohol, es decir se produjo la fermentación del aguamiel de *Agave americana* en ausencia del sorbato de potasio. El sorbato de potasio es un fungicida y bactericida (Acofarma, 2019).

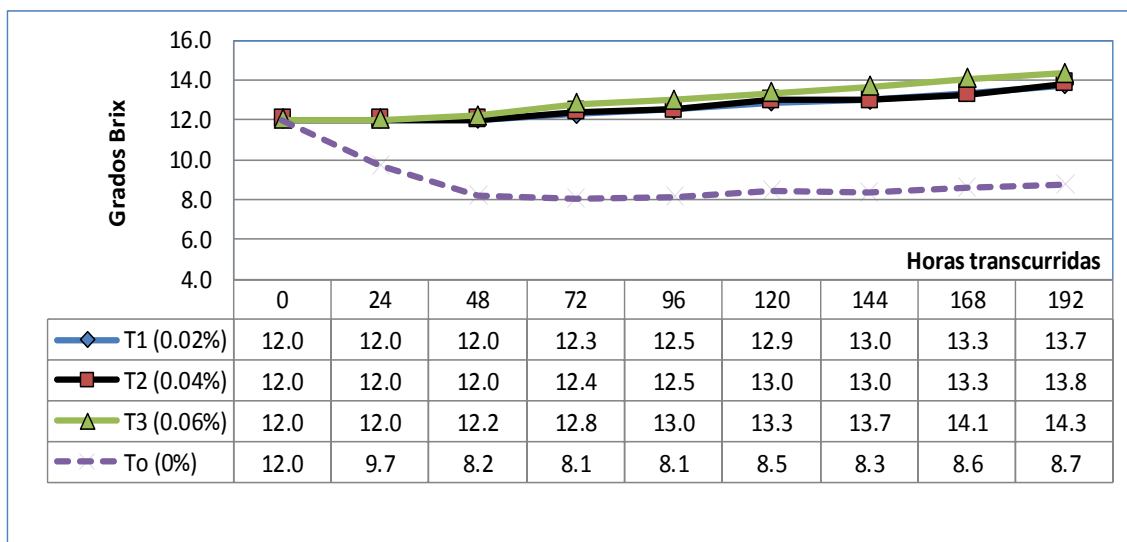


Figura 3.1. Variación de los grados °Brix en el agua miel, con diferentes concentraciones de sorbato de potasio en %.

En la Tabla 3.1 se observa el resumen de la prueba de Tukey, para los promedios de grados °Brix, registrados diariamente, en el aguamiel incubado en estufa.

A las 24 horas (Tabla 3.1) todos los tratamientos tienen estadísticamente igual grados °Brix (12°) y todos son superiores al testigo (9.67°). En el testigo se observó la presencia de abundante espuma en la parte superior del vaso precipitado, considerado como un indicador de que se está produciendo la fermentación, mientras en los tratamientos no se observó la formación de espuma.

A las 48 horas el tratamiento T3 tuvo mayor grado °Brix (12.2), respecto a los otros tratamientos (12 °Brix) y al testigo (8.2 °Brix). Similar resultado se obtuvo a las 72 horas y a las 96 horas, con la diferencia que a medida que transcurre los días se incrementa los grados °Brix en los tratamientos; mientras que en el testigo disminuye ligeramente.

A las 120 horas de instalado el experimento estadísticamente los tratamientos tuvieron igual grados °Brix, y estos fueron superiores al testigo. Similar resultado se obtuvo a las 144 horas. En general en los tratamientos los grados °Brix variaron de 12.87 a 13.67 °Brix, y en el testigo fue de 8.33 a 8.47 °Brix.

A las 168 horas el tratamiento T3 tuvo mayor grados °Brix con respecto a T1 y T2.

Todos los tratamientos fueron superiores al testigo. Similar resultado se obtuvo a las 192 horas. En general en el tratamiento T3 tuvo de 14.07 a 14.33 °Brix, mientras en el T1 y T2 hubo de 13.27 a 13.80 °Brix, finalmente en el testigo fue de 8.60 a 8.73°Brix.

En resumen, la dosis de 0.06% de sorbato de potasio (T3) permite incrementar los grados °Brix el aguamiel, en segundo lugar el T1 (0.02% de sorbato de potasio) y T2 (0.04% sorbato de potasio). En el aguamiel testigo, al cual no se añadió sorbato de potasio, el grado °Brix disminuyó o fue menor con respecto a los tratamientos por cuanto los microorganismos consumieron el azúcar.

En los tratamientos se pudo apreciar, a las 120 horas (5 días) un olor a alcohol, y un sobrenadante de materia blanquecina a manera de una película delgada. Estas características se mantuvieron hasta la última evaluación (8vo día), finalmente se apreció en el fondo del vaso de precipitado gránulos finos.

En el testigo a las 24 horas se presentó abundante espuma en la parte superior del agua miel y un ligero olor a alcohol. A las 48 horas no se apreció la espuma, pero si una materia sobrenadante de color blanco y olor a alcohol. Estos dos aspectos se fueron incrementando con el tiempo. Al final se notó que el agua miel inició a podrirse. Los microorganismos que producen los efectos en el testigo probablemente sean los mismos mencionados por Muñiz *et al.* (2013)

Tabla 3.1. Prueba de Tukey del promedio de grados °Brix según los tratamientos (sorbato de potasio)

Tiempo desde la instalación	Tratamientos	Promedio de °BRIX	ALST (0.05)
24 HORAS	T1=0.02g/l	12	a
	T2=0.04g/l	12	a
	T3=0.06g/l	12	a
48 HORAS	T0=0.00g/l	9,67	b
	T3=0.06g/l	12.2	a
	T1=0.02g/l	12	b
	T2=0.04g/l	12	b
72 HORAS	T0=0.00g/l	8.2	c
	T3=0.06g/l	12.8	a
	T2=0.04g/l	12.4	b
	T1=0.02g/l	12.3	b
96 HORA	T0=0.00g/l	8.07	c
	T3=0.06g/l	13.0	a
	T1=0.02g/l	12.53	b
	T2=0.04g/l	12.53	b
120 HORAS	T0=0.00g/l	8.13	c
	T3=0.06g/l	13.33	a
	T2=0.04g/l	13.00	a
	T1=0.02g/l	12.87	a
144 HORAS	T0=0.00g/l	8.47	b
	T3=0.06g/l	13.67	a
	T1=0.02g/l	13	a
	T2=0.04g/l	13	a
168 HORAS	T0=0.00g/l	8.33	b
	T3=0.06g/l	14.07	a
	T1=0.02g/l	13.33	b
	T2=0.04g/l	13.27	b
192 HORAS	T0=0.00g/l	8.60	c
	T3=0.06g/l	14.33	a
	T2=0.04g/l	13.8	b
	T1=0.02g/l	13.73	b
	T0=0.00g/l	8.73	c

3.2. Efecto del aguamiel, como sustituto de la miel, en el desarrollo de la colonia de abejas

3.2.1. Consumo del agua miel por las colonias de abejas

En la figura 3.2 se observa la variación de consumo semanal de aguamiel por colmena, en las colmenas que fueron alimentadas artificialmente desde junio a noviembre. El consumo de aguamiel se incrementa a medida que transcurre los días, debido a que las colonias de abeja incrementan su población lo que a su vez demanda mayor consumo de aguamiel. En el mes de junio el consumo estuvo entre 64.5 a 110 mL; en julio de 87.5 a 228 mL; en agosto de 191 a 297 ml de aguamiel; en los meses posteriores donde se produce la floración el consumo también se incrementó hasta 375ml de aguamiel por semana.

Considerando la figura 3.2, se concluye que las abejas consumen el aguamiel pasteurizada y que contiene 0.02% de sorbato de potasio; no habiendo detectado rechazo. La cantidad de consumo del volumen ofrecido de agua miel tiene correspondencia con la cantidad de abejas presentes en la colmena, cuando no es mucha, dejan sobrantes de aguamiel. La cantidad de azúcares en el aguamiel es variable, según Muñiz (2013) contiene glucosa 2.5 mg/L y fructuosa 4.5mg/L, con 12.7 °Brix, cantidad suficiente que incentiva a las abejas a recolectarla ávidamente.

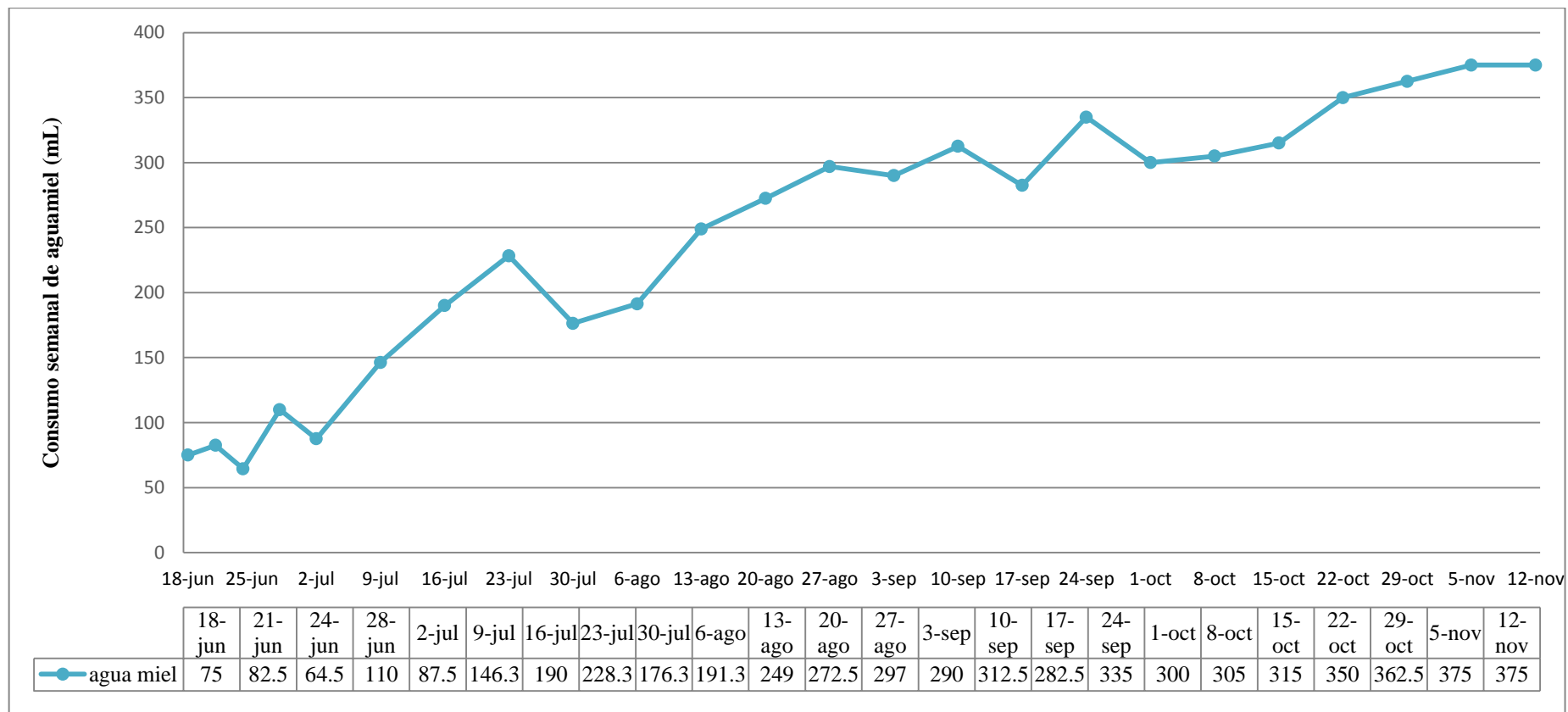


Figura 3.2. Consumo promedio semanal de aguamiel de *Agave americana* L. por colmena



Figura 3.3. Alimentador Doolittle con aguamiel de *Agave americana* L. en la colmena

En la figura 3.4 se tiene el registro de larvas muertas por cada semana; la mortalidad fue escasa tanto en las colmenas alimentadas con aguamiel como en el testigo. Desde el mes de julio hasta el mes de noviembre en total se encontraron 3.7 larvas en las colmenas testigos y 8.5 larvas en las colmenas con tratamiento. Si consideramos que las larvas muertas fueron encontradas en el testigo solo en dos evaluaciones el 06-08-16 y 13-08-16; y en las colmenas alimentadas artificialmente en tres evaluaciones el 17-09-16, 24-09-16 y 01-10-16, del total de 20 evaluaciones; se concluye que el aguamiel no incrementa la mortalidad de las larvas; las abejas nodrizas probablemente con este tipo de alimento han producido suficiente jalea real para alimentar a las larvas y hubo suficiente obreras nodrizas que cuidaron a las larvas y efectuaron la limpieza de ellas de morir. El aguamiel al ser hervida se produjo su pasteurización eliminando bacterias y levaduras (Cervantes y Cuya, 2015) perjudiciales a las abejas nodrizas productoras de jalea real o encargadas de dar la papilla de miel y polen a las larvas. Se utilizó el sorbato de potasio como conservante químico para el aguamiel, la razón de uso de este conservante es porque principalmente tiene un efecto antimicótico pero tiene poca actividad bacteriana (Vásquez, 2009)

3.2.2. Pupas muertas presentes en la canastilla externa frente a la piquera

En la figura 3.5 se muestra los resultados de la mortalidad de pupas en las colmenas; las alimentadas con aguamiel tuvieron similar mortalidad que la testigo, pero en algunos momentos superados por uno o por otro. En las primeras 12 evaluaciones en el testigo la mortalidad fluctuó de 1.50 a 7.50 pupas, mientras que en el tratamiento de 1 a 11 pupas.

La mayor mortalidad en el testigo se produjo el 24-09-16 y en el tratamiento el 08-10-16, con 14.5 y 16 pupas muertas, respectivamente; esta alta mortalidad probablemente se debió a factores externos a la colmena como el uso de agroquímicos en el Centro Experimental que afectaron también a las obreras tal como se muestra en los resultados posteriores.

En la figura 3.6 se ha graficado sumando la cantidad de pupas muertas tanto del testigo como del tratamiento; resultando que al testigo le corresponde el 44% de pupas muertas y a la alimentación artificial con aguamiel el 56%. La diferencia no es atribuible al agua miel por cuanto los resultados en el tiempo fueron diversos.

3.2.3. Abejas adultas muertas fuera de la piquera

En la figura 3.7 se observa la mortalidad de abejas adultas. En las colmenas testigo, sin alimentación con aguamiel, se produjo las mayores mortalidades en las fechas: el 09-07-16 murieron 117.2 abejas, el 24-09-16 murieron 361.5 abejas, el 08-10-16 murieron 400 abejas. En el tratamiento, es decir en las colmenas que fueron alimentadas con aguamiel, la mayor mortalidad aconteció en las fechas 20-08-16, 27-08-16, 08-10-16 y 15-10-16 con 70.7, 61.5, 954 y 88 abejas muertas. La alta mortalidad de 954 abejas pudo deberse a la intoxicación sufrida en el campo por insecticidas utilizados en la protección vegetal. En general, del total de adultas muertas el 52% corresponde a las colmenas tratadas y el 48% al testigo (Figura 3.8). El aguamiel pasteurizada y tratada con sorbato de potasio no incrementó significativamente la mortalidad de las abejas adultas; la diferencia al final fue de 131 abejas lo cual no es atribuible al aguamiel. No se tiene referencia de trabajos de investigación científica con aguamiel en las abejas, pero hay referencias que los apicultores para evitar la migración de las abejas en la época de escasa floración y puedan pasar el invierno utilizan jugos o extractos de mango, piña, sandía y papaya colocados dentro de las colmenas (Borbor, 2015). Si las abejas consumen rápidamente el alimento artificial no se producirá la fermentación y producción de mohos, por ello es necesario no alimentar en exceso a las colonias débiles (López, 2014) hecho que se evitó que ocurriera en el presente experimento.

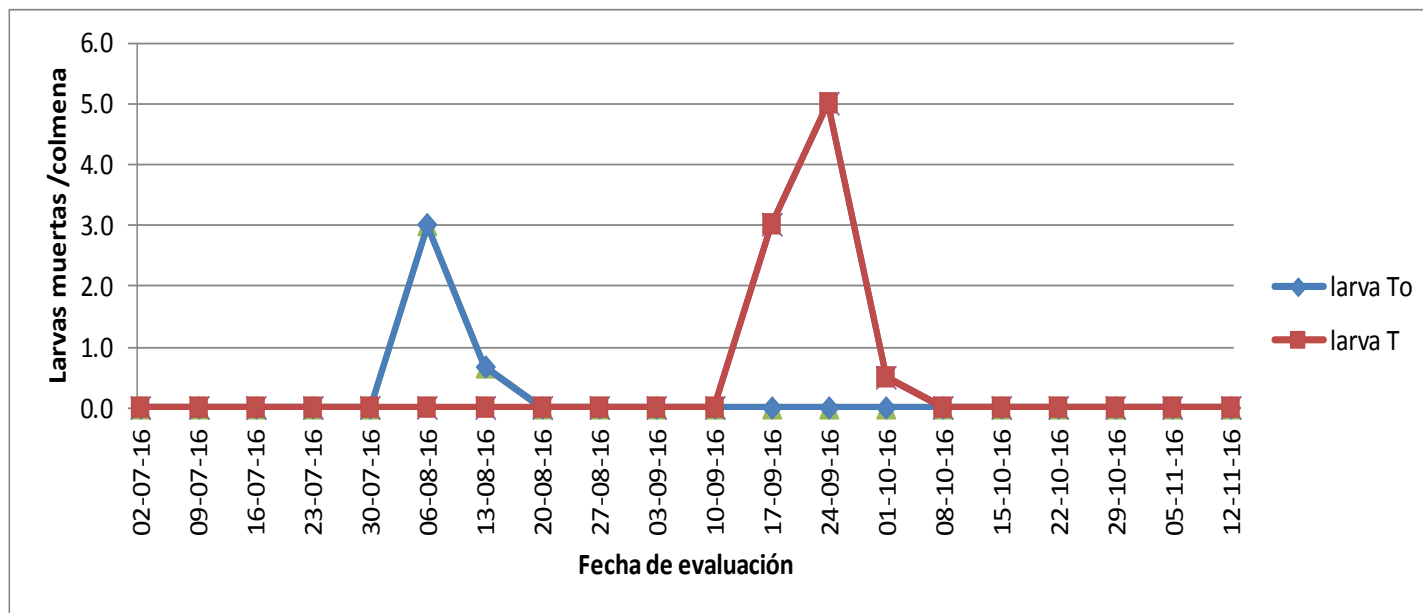
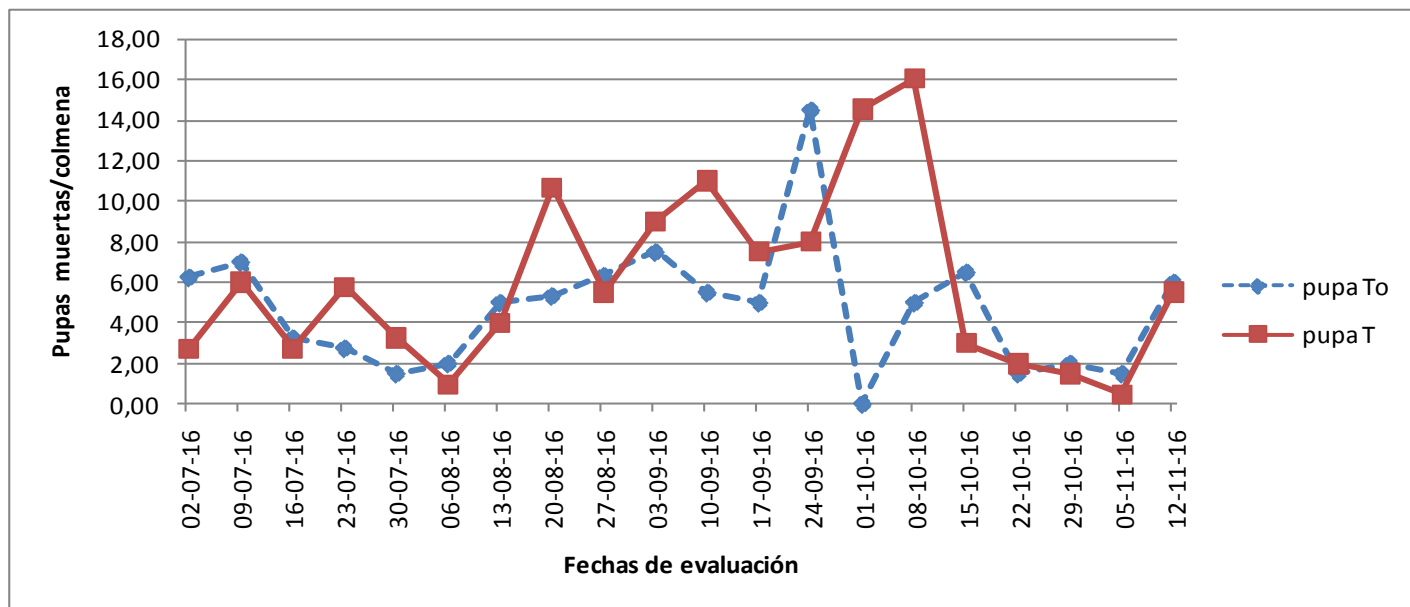


Figura 3.4. Cantidad semanal de larvas muertas por colmena

Fecha	Larva To	Larva T
02-07-16	0.0	0
09-07-16	0.0	0
16-07-16	0.0	0
23-07-16	0.0	0
30-07-16	0.0	0
06-08-16	3.0	0
13-08-16	0.7	0
20-08-16	0.0	0
27-08-16	0.0	0
03-09-16	0.0	0
10-09-16	0.0	0
17-09-16	0.0	3
24-09-16	0.0	5
01-10-16	0.0	0.5
08-10-16	0.0	0
15-10-16	0.0	0
22-10-16	0.0	0
29-10-16	0.0	0
05-11-16	0.0	0
12-11-16	0.0	0
Total	3.7	8.5



Fecha	Pupa To	Pupa T
02-07-16	6.25	2.75
09-07-16	7.00	6.00
16-07-16	3.25	2.75
23-07-16	2.75	5.75
30-07-16	1.50	3.25
06-08-16	2.00	1.00
13-08-16	5.00	4.00
20-08-16	5.33	10.67
27-08-16	6.33	5.50
03-09-16	7.50	9.00
10-09-16	5.50	11.00
17-09-16	5.00	7.50
24-09-16	14.50	8.00
01-10-16	0.00	14.50
08-10-16	5.00	16.00
15-10-16	6.50	3.00
22-10-16	1.50	2.00
29-10-16	2.00	1.50
05-11-16	1.50	0.50
12-11-16	6	5.50
Total	94.42	120.17

Figura 3.5. Cantidad semanal de pupas muertas por colmena

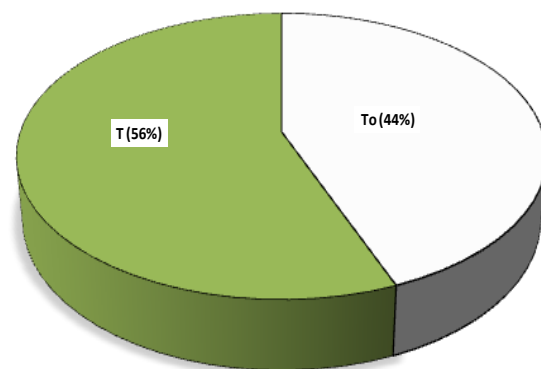
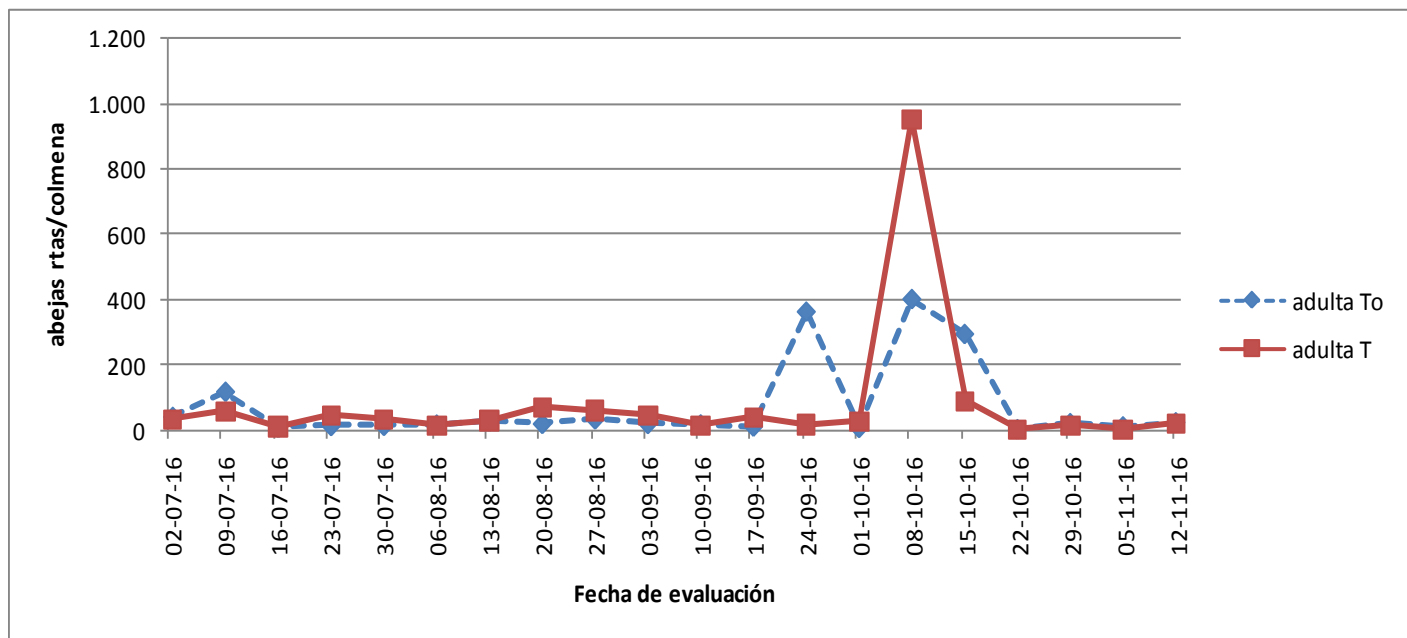


Figura 3.6. Porcentaje de mortalidad en pupas



Fecha	Adulta To	Adulta T
02-07-16	40.50	32.00
09-07-16	117.25	57.50
16-07-16	7.75	12.75
23-07-16	12.75	44.75
30-07-16	13.25	32.25
06-08-16	17.00	15.00
13-08-16	27.00	31.00
20-08-16	19.33	70.67
27-08-16	33.00	61.50
03-09-16	19.00	44.00
10-09-16	17.50	16.50
17-09-16	11.00	38.00
24-09-16	361.50	18.50
01-10-16	7.00	27.50
08-10-16	400.00	954.00
15-10-16	293.50	88.00
22-10-16	3.00	4.00
29-10-16	21.50	16.00
05-11-16	11.50	3.50
12-11-16	24	21.50
Total	1457.33	1588.92

Figura 3.7. Cantidad semanal de abejas muertas por colmena

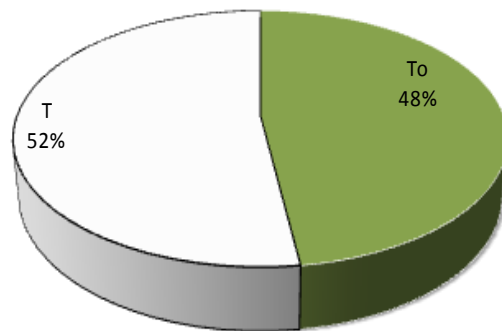


Figura 3.8. Porcentaje de mortalidad de abejas adultas



Figura 3.9. Pupas y adultas de abejas muertas en la evaluación

3.2.4. Peso promedio de bastidores por colmena

En la figura 3.11 se observa la variación de pesos de los bastidores durante la evaluación del experimento luego de haber transcurrido tres semanas de su instalación. En el tratamiento alimentado con aguamiel en las fechas 18 de junio, 9 de julio, 30 de julio, 20 de agosto y 10 de setiembre se produjo gradualmente disminución de peso de los bastidores, fue debido a que en esta temporada hay escasez de néctar y polen; incrementándose en la época de la gran floración, en las fechas de 1 de octubre y 22 de octubre, para luego disminuir el 12 de noviembre por disminución de la floración. La disminución del peso de los bastidores en las colmenas tratadas pese a que se les alimentó con aguamiel se debió a que no satisfizo los requerimientos energéticos en comparación con la miel que fue suministrada a las colmenas testigo al haber escases de alimento; el aguamiel de cabuya tiene 12.66 °Brix (Muñiz *et al*, 2013) y la miel de abeja tiene entre 77° a 86° Brix. En el testigo, el peso de los bastidores fue superior en hasta en 300 gramos en comparación al tratamiento atribuible a los bastidores de miel que fueron introducidos a la colmena para aliviar la falta de alimento.



Figura 3.10. Pesando de un bastidor

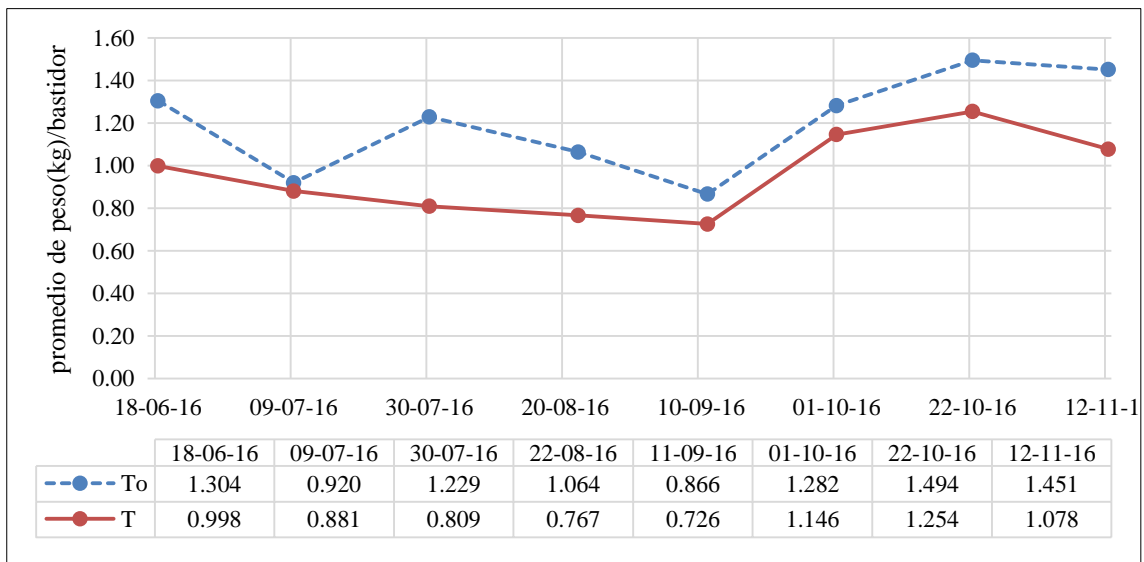


Figura 3.11. Peso promedio de bastidor (kg)

3.2.5. Porcentaje promedio de cría por bastidor

En la figura 3.12 se observa la variación de porcentaje de cría por bastidor (larvas y pupas). Del 19 de junio al 9 de julio el porcentaje de crías se incrementó ligeramente y luego se incrementa considerablemente al 29 de julio, tanto en el tratamiento como en el testigo. Posteriormente al 18 de agosto, en el tratamiento el porcentaje de cría se incrementó considerablemente, superando al testigo, para luego decrecer y mantenerse superior al testigo el 07 de setiembre. Desde el 27 de setiembre al 6 de noviembre el porcentaje de crías por bastidor es similar en el tratamiento y testigo. Aproximadamente

durante dos meses de escasa floración, con el aguamiel se logró incrementar crías; en consecuencia, indica que puede ser un sustituto de la miel en periodos críticos, pero que luego para la época de gran floración por requerir más fuentes energéticas será necesario completar con otro alimento con la finalidad de cubrir sus necesidades. Este incremento de cría en el tratamiento es porque el aguamiel está constituido principalmente por proteínas y azúcares (Muñiz *et al.*, 2013).

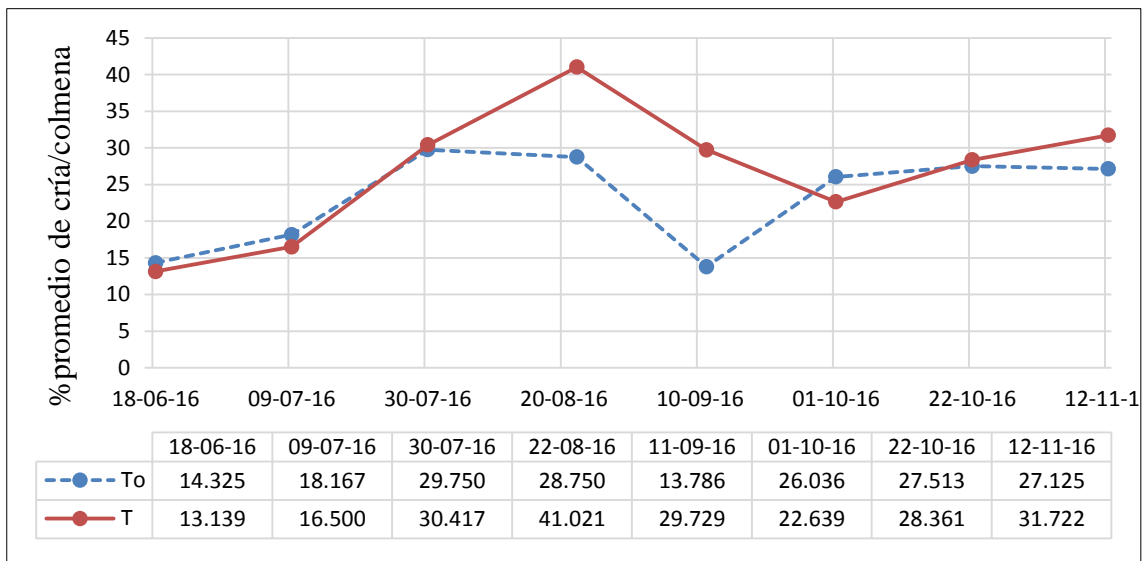


Figura 3.12. Porcentaje promedio de cría por bastidor



Figura 3.13. Evaluando el desarrollo de la cría en un panel de abeja

3.2.6. Porcentaje promedio de miel por colmena

En la figura 3.14 se observa la variación del porcentaje promedio de miel por bastidor. En el tratamiento alimentado con aguamiel desde el 19 de junio la reserva de miel fue disminuyendo, 9 de julio, 29 de julio, 18 de agosto y el 07 de setiembre, para luego incrementarse en la época de floración desde el 27 de setiembre al 6 de noviembre, para luego volver a disminuir el 26 de noviembre cuando la gran floración terminó; la baja producción de miel en los meses de junio a setiembre fue debido a la escasez de néctar. En el testigo se nota un incremento de miel debido a que fue suministrado en panal al observar su escasez; en el tratamiento a inicios del mes de setiembre llega a casi a cero la presencia de miel, lo que indica que al ser suministrado el aguamiel esta no era almacenada en los panales por mucho tiempo. En general el aguamiel puede ser utilizado como un alimento de emergencia pero que necesariamente tiene que ser complementado para elevar el contenido de azúcar antes de la gran floración y poder incrementar la población. La miel es un alimento natural elaborado a partir de secreciones florales y extraflorales de las plantas que suele visitar la abeja *Apis mellífera* (Díaz, 2003); al parecer fue insuficiente el aguamiel suministrado para que se almacene abundantemente en los panales dentro de la colmena.

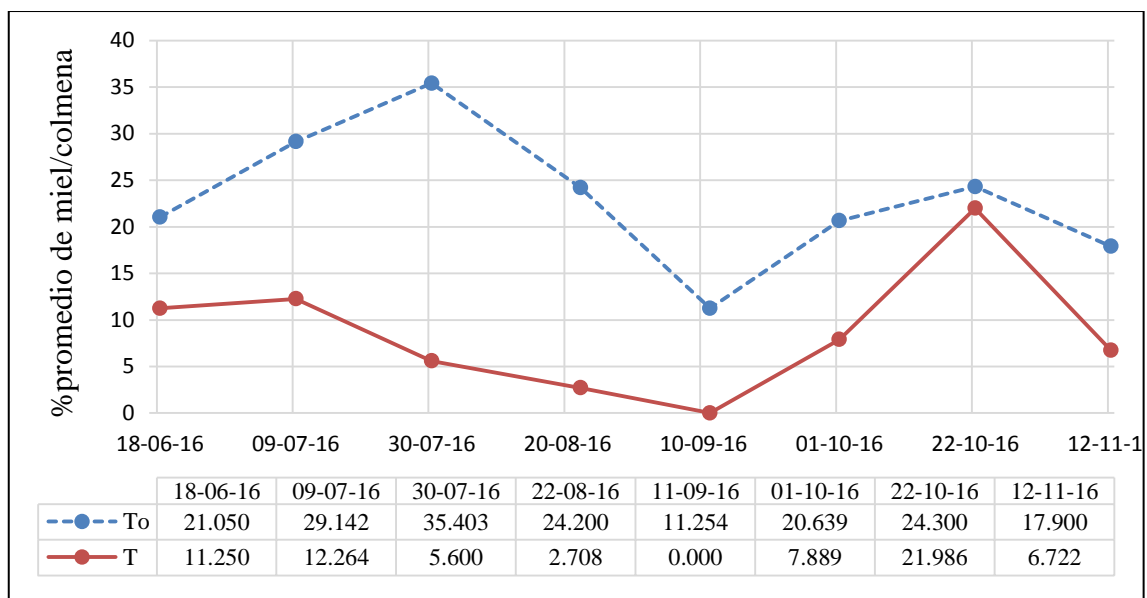


Figura 3.14. Porcentaje promedio de miel por colmena

3.2.7. Porcentaje promedio de polen por colmena

En la figura 3.15 se observa la variación de porcentaje promedio de polen. En el tratamiento alimentado con aguamiel; de la fecha 19 de junio al 9 de julio se produjo

una disminución, para luego casi mantenerse hasta el 7 de setiembre, y luego incrementarse al 27 de setiembre y en las siguientes fechas; en el testigo se observó similar tendencia en reserva de polen pero que tardó una semana con respecto al tratamiento en elevar sus reservas para luego al final ser superior (06 de noviembre). La disminución de polen en los panales se debe a que en los meses de junio e inicios de setiembre la floración en el Centro Experimental de Wayllapampa fue escasa, para luego incrementarse por producirse la gran floración del año.

3.2.8. Presencia de diarrea en las colmenas

En las colmenas que recibieron aguamiel durante las épocas de escasa floración y menor temperatura del año, no se registraron diarreas en ninguna de las colmenas, tampoco en las colmenas testigo, en consecuencia, bajo la modalidad usada el aguamiel suministrada a las abejas no producen diarrea en las colmenas. La diarrea es producida por bacterias que contaminan los alimentos como el néctar, miel, agua y polen, afectan el mesenterón (Jerí, 2015) en este caso el sustituto de miel no produjo la referida contaminación.

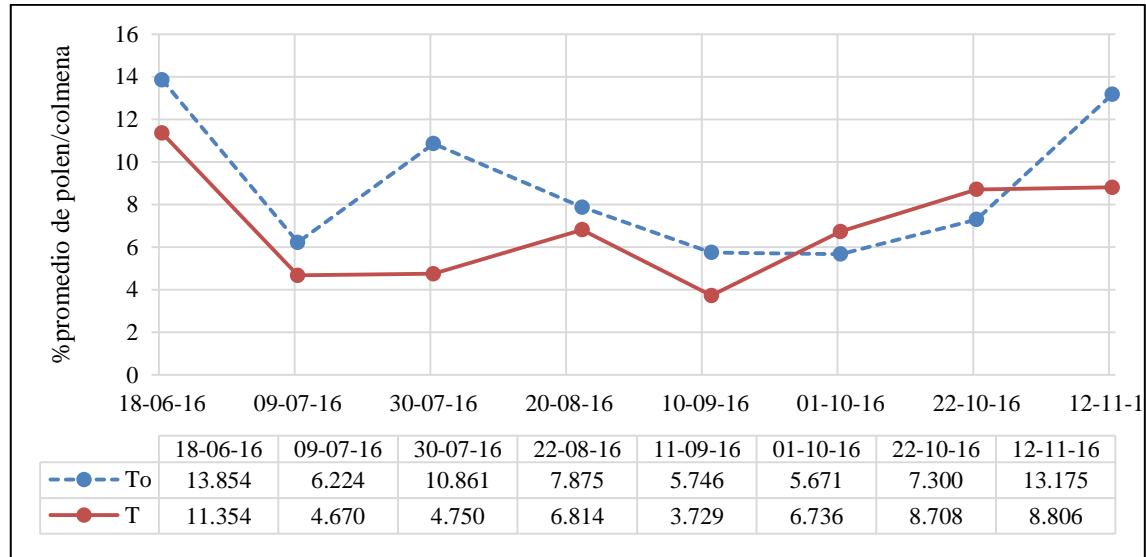


Figura 3.15. Porcentaje promedio de polen por colmena

Tabla 3.2. Registro de presencia de diarrea en las colmenas según las fecha de evaluación

Presencia de diarrea		
Fecha	To	T
02-07-16	No (0%)	No (0%)
09-07-16	No (0%)	No (0%)
16-07-16	No (0%)	No (0%)
23-07-16	No (0%)	No (0%)
30-07-16	No (0%)	No (0%)
06-08-16	No (0%)	No (0%)
13-08-16	No (0%)	No (0%)
20-08-16	No (0%)	No (0%)
27-08-16	No (0%)	No (0%)
03-09-16	No (0%)	No (0%)
10-09-16	No (0%)	No (0%)
17-09-16	No (0%)	No (0%)
24-09-16	No (0%)	No (0%)
01-10-16	No (0%)	No (0%)
08-10-16	No (0%)	No (0%)
15-10-16	No (0%)	No (0%)
22-10-16	No (0%)	No (0%)
29-10-16	No (0%)	No (0%)
05-11-16	No (0%)	No (0%)
12-11-16	No (0%)	No (0%)

To= colmenas testigo

T= colmenas tratamiento

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las condiciones en que se efectuó la investigación se concluye:

1. El agua miel de *Agave americana* (cabuya) tiene 12 °Brix y disminuye a medida que transcurre los días, llegando hasta 8.1 °Brix en el transcurso de ocho días.
2. El sorbato de potasio con agua miel a las dosis de 0.02%, 0.04% y 0.06% impide que disminuya los grados Brix del agua miel, logra valores entre 12° a 14.3 °Brix en el transcurso de ocho días.
3. El aguamiel pasteurizado y con sorbato de potasio al 0.02% no produce diarrea en las abejas, incrementa ligeramente la mortalidad de larvas y abejas adultas; la cantidad de crías (larvas y pupas) se incrementa.
4. El efecto del aguamiel pasteurizado en cuanto al almacenamiento de miel y polen; fue menor en comparación con el testigo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mezclar el sorbato de potasio con el agua miel pasteurizada a la dosis de 0.02% para evitar la fermentación.
2. Suministrar el aguamiel de cabuya a las colmenas como sustituto de miel en épocas de escases de floración, entre 55 a 375 ml por semana dependiendo del tamaño de la población. A mayor tamaño de la población mayor volumen de suministro. Al final de la escasez de floración se sugiere suministrar además otra fuente energética que complemente los grados Brix del agua miel teniendo como referencia al del néctar o jarabe azucarado.
3. Repetir el ensayo con mayor número de repeticiones, colocando al inicio igual cantidad de obreras por colmena y midiendo la capacidad de limpieza de la colmena en forma mensual produciendo artificialmente la mortalidad de pupas en panal.
4. Medir la variación del peso en el tiempo pesando el total de la colmena y anotando la cantidad de bastidores ocupados.
5. Repetir el ensayo del uso de sorbato de potasio en el aguamiel pasteurizado para medir el alcohol producido diariamente.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Borbor, J. (2015). Respuestas de las abejas (*Apis mellífera*) a diferentes alternativas de alimentación en la comuna de Olon provincia Santa Elena. Tesis Universidad Estatal Península de Santa Elena, Libertad - Ecuador. Obtenido en:
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2242/1/UPSE-TIA-2015-025.pdf>
- Caron, D. (2010). Manual Práctico de Apicultura. Recuperado de:
<http://food4farmers.org/wp-content/uploads/2012/08/MANUALDEWEY1.pdf>
- Cervantes, L. y Cuya, S. (2015). Elaboración de miel de la cabuya y estudio de pre factibilidad de una planta en el distrito de Huanca Huanca, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica. Tesis. Universidad Nacional de San Marcos, Lima. Disponible en:
http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/4227/1/Cervantes_ml.pdf
- Díaz, C. (2003). Determinación del origen floral y caracterización física y química de mieles de abeja (*Apis mellífera* L.), etiquetadas como “miel de ulmo” (*Eucriphya cordifolia* Cav.). Tesis universidad Austral de Chile Fac. Ciencias Agrarias, Valdivia - Chile. Obtenido en
<http://www.pfnm.cl/paqtecnologicos/ulmo/caracterizacion-miel.pdf>
- Espíndola, V. *et al* (2018). Caracterización de aguamiel y jarabe de agave originario del Estado de México, Hidalgo y Tlaxcala. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Obtenido de:
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/9/87.pdf>
- Gutiérrez, D. y Huaccaycachacc D. (2006). Estudio tecnológico a nivel planta piloto para la elaboración de jalea y chancaca a partir del zumo de maguey (Agave americana). Tesis UNSCH. fac. IQM. Ayacucho-Perú.
- Jerí, A. (2015). Apicultura fundamentos y prácticas. UNSCH. Ayacucho- Perú.
- Laura, R. (2001). Diagnóstico de plagas y enfermedades de *Apis mellifera* (abeja domestica) en el valle de Huanta. Tesis UNSCH.FCA. Ayacucho-Perú.
- López, S. (2014). Efecto de la alimentación artificial en el crecimiento poblacional de abejas (*Apis mellifera*) en la zona de Yurimaguas. Tesis UNAP. FZ. Yurimaguas Perú. Obtenido en:
http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3963/Susan_Te

sis_T%c3%adtulo_2014.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Morales Carrillo, N. y Esparza Frausto, G. “Guía para el manejo de plantaciones de maguey mezcalero”. 2001.
- Muñiz, D. *et al.* (2013). Producción artesanal del aguamiel: una bebida tradicional mexicana. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. Obtenido de:
<http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/AQM/No.%2010/5%20produccion.pdf>
- Ramírez, L.*et al.*, (2018). Capacidad antioxidante, fenoles totales y análisis microbiológico del Aguamiel. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Obtenido de:
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/9/83.pdf>
- Sánchez, F. (2011). Sustitución del azúcar por jarabe de cabuya (*Agave americana* L.) en la formulación y elaboración de bizcocho. Tesis UNSCH. Fac. IQM. Ayacucho-Perú.
- Tueros, F. (2006). Comparativo de dos cepas de levadura en la fermentación de azúcares de miel de abeja (*Aphis mellífera*). Tesis UNSCH FCA, Ayacucho.
- Urruchi Rey, J (2012). Composición química de la miel de abeja (*Apis mellífera*) producida en las localidades del Río Ichu de Huancavelica. Tesis Universidad Nacional de Huancavelica Fac. Ciencias de Ingeniería. Huancavelica-Perú. Obtenido en:
<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/731/TP%20-%20UNH%20ZOOT.%200004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Urrutia, S y Corpeño, L. (2013). Alimentación en abejas (*Apis mellífera*) a base de jugos de Morro (*crecentiaalata*), mango (*Mangifera indica* L.) y marañón (*Anacardium occidentale*), Santa Clara. Tesis Universidad de el Salvador Facultad, San Vicente. Obtenido en <https://docplayer.es/23000033-Universidad-de-el-salvador-facultad-multidisciplinaria-paracentral-departamento-de-ciencias-agronomicas.html>
- Vásquez, A. (2009). Evaluación de dos procesos para la obtención de miel del *Agave atrovirens* Karw. Tesis Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” México. Obtenido en:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/420/60980s.pdf?sequence=1>

PÁGINAS WEB

1. https://es.wikipedia.org/wiki/Sorbato_de_potasio
2. Acofarma (2019). Ficha técnica de sorbato de potasio:
<https://www.acofarma.com//idb/descarga/3/f90e33773b87b153.pdf>
3. www.askabiologist.asu.edu

ANEXOS

ANEXO 1
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS EXPERIMENTOS

ANVA a las 24 horas

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	3	12.25	4.083	94.231	4.07	7.59
Error	8	0.347	0.043			
Total	11	12.597				

ANVA a las 48 horas

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	3	33.72	11.240	1124.000	4.07	7.59
Error	8	0.080	0.010			
Total	11	33.800				

ANVA a las 72 horas

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	3	44.5	14.821	2223.167	4.07	7.59
Error	8	0.1	0.007			
Total	11	44.5				

ANVA a las 96 horas

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	3	47.1	15.710	523.667	4.07	7.59
Error	8	0.2	0.030			
Total	11	47.4				

ANVA a las 120 horas

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	3	47.957	15.986	319.711	4.07	7.59
Error	8	0.4	0.050			
Total	11	48.4				

ANVA a las 144 horas

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	3	54.7	18.222	683.333	4.07	7.59
Error	8	0.2	0.027			
Total	11	54.9				

ANVA a las 168 horas

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	3	56.4	18.812	376.244	4.07	7.59
Error	8	0.4	0.050			
Total	11	56.8				

ANVA a las 192 horas

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	3	62.0	20.670	516.750	4.07	7.59
Error	8	0.3	0.040			
Total	11	62.3				

ANEXO 2
PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1. Planta elegida de cabuya (*Agave americana*).



Foto 2. Pocillo de cabuya del que se extraía el aguamiel.



Foto 3. Muestra fresca y muestra a las 24 horas.



Foto 4. Extracción de muestra de aguamiel

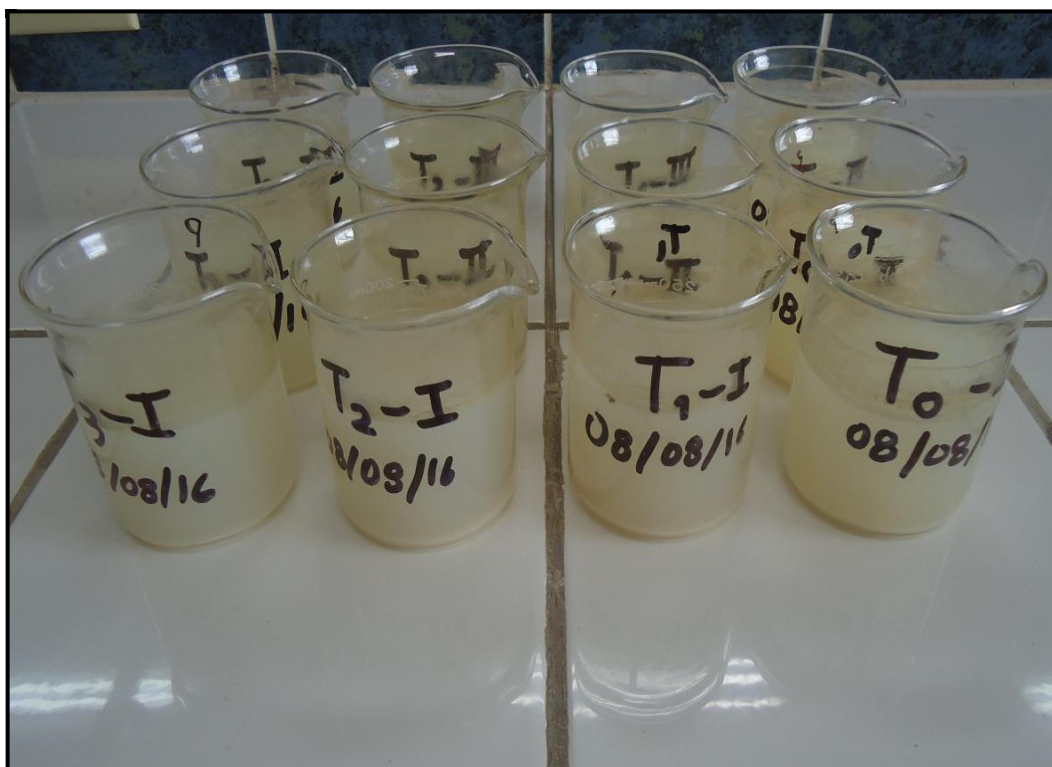


Foto 5. Evaluación con sorbato de potasio y sin sorbato de potasio en laboratorio



Foto 6. Brixómetro utilizado en la medición de grados °Brix del aguamiel



Foto 7. Estufa utilizado durante la evaluación de °Brix



Foto 8. Alimentación de colmena con aguamiel de cabuya



Foto 9. Etiquetado de las colmenas



Foto 9. Verificación del desarrollo de las colmenas