



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

**PROGRAMA EDUCATIVO DE
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA**

**SUPLEMENTOS PROTEICOS PARA ABEJAS
EN INICIO DE LA FLORACIÓN**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA**

PRESENTA

DANIELA CIRNE SALDAÑA

DIRECTOR

DR. MARCOS PÉREZ SATO

ASESORES

**Ing. ABEL FELIX FLORES GARRIDO
M.C. RAMIRO ESCOBAR HERNANDEZ
MTRO. NUMA P. CASTRO GONZÁLEZ**

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Noviembre 2014.

La presente tesis titulada: **Suplementos proteicos para abejas en inicio de la floración** y realizada por: **Daniela Cirne Saldaña**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ingeniería Agrohidráulica

Consejo Particular integrado por:

firma

Director: DR. MARCOS PÉREZ SATO

Asesor: Ing. ABEL FLORES GARRIDO

Asesor: M.C. RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

Asesor: MTRO. NUMA P. CASTRO GONZÁLEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Noviembre de 2014

El presente trabajo forma parte del cuerpo académico denominado **"Producción Pecuaria Integral y de la línea de Investigación Producción Integral de rumiantes y no rumiantes.**

DEDICATORIAS

Para el mejor **padre**, que me ha apoyado incondicionalmente a pesar de mis errores y fallas, que me ha sabido educar y dar el mejor ejemplo, el cual amo por sobre todas las cosas.

A mi **madre** que me ha sabido tener paciencia, que me da los mejores consejos, me ha guiado sabiamente y siempre me protege a través de sus oraciones y buenos deseos, te amo.

A mi **hermana Ale** mi segunda madre, que es mi ejemplo a seguir, mi persona favorita, la persona que no me deja sola nunca, que alegra mi vida y por la que daría todo por ella.

De los errores se cuentan historias, anécdotas, te ríes de muchos de ellos y otros los quieres cambiar. Un error da paso a una nueva oportunidad, te hace más fuerte, te da la sensación de ser más sabio aunque siempre caes en la misma piedra.

Porque si no cometes errores ¿Para qué vives? Toda una vida de perfección parecerá tentadora, pero no la es porque nada será real, porque ya no le tendrás miedo a nada, todo saldrá bien, no tendrás nada que atesorar, porque nadie te lo quitara.

Por eso me encantan los errores, porque aprendes de ellos y porque te enseñan lo que has tenido y si lo quieres recuperar, tienes que luchar por ello.

Anónimo

A mis amigos más antiguos **Sergio Villan, Viri Timal, Lalo Ponce, Fer Juárez, Dante Vazquez y Yaz Sol** por su larga amistad a través de los años.

A las personas que se convirtieron en mis hermanos durante la carrera que me apoyaron y escucharon en este camino, **Memo, Itzel, Giovanna, Nelly, Arturo, Aarón, Juan Carlos, Emmanuel y Eduardo.**

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y a la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica.

Al Ingeniero Abel Felix Flores, así como cada uno de los integrantes de su familia por el gran apoyo ya que sin ellos no hubiera sido posible realizar este experimento y por los gratos momentos compartidos.

Al M.C. Ramiro Escobar por su apoyo para la realización de esta tesis así como por su amistad.

Al Dr. Marcos Pérez Sato por sus asesorías durante la realización de esta tesis.

Al Mtro. Numa P. Castro González por ser mi asesor de este trabajo de investigación.

A Flora Zaragoza por su incondicional apoyo durante la ejecución de mi tesis.

Al personal docente y administrativo de la unidad académica por los conocimientos otorgados, especialmente a doña Gina por sus agradables conversaciones.

A todos los compañeros de Ing. Agronómica y Zootecnia y de Ing. Agrohidráulica de generaciones anteriores y posteriores a la mía, con los que conviví durante mi estancia en la universidad que no menciono para no omitir ninguno.

A Miguel Ángel Ventura y Eric Herrera por ser mis grandes compañeros, que me apoyaron durante la universidad y haberme hecho ser una mejor persona.

A cada integrante de mi familia que me aconsejó y no me abandonó durante este camino.

A Benjamín Polo, M.C. Gerardo Segura, MVZ. Marco Alonso, Alma Hernández que me hicieron más ameno el camino durante la universidad.

INDICE GENERAL

INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo General	14
III. HIPÓTESIS.....	14
IV. REVISION DE LITERATURA.....	14
4.1 Apicultura en México	14
4.2 Generalidades de la abeja	17
4.2.1 Clasificación taxonómica	18
4.2.2 Descripción de la raza (<i>Apis mellifera ligustica</i>)	19
4.3 Necesidades nutricionales	20
4.3.1 Requerimientos energéticos	20
4.3.2 Requerimientos proteicos	22
4.3.3 Agua	25
4.4 Digestión de los alimentos	26
4.5 Alimentación artificial	29
4.5.1 Alimentación energética	29
4.5.2 Alimentación proteica	30
4.6 Levaduras	31
4.6.1 Clasificación de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	34
4.6.2 Composición química de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	35
4.7 Leguminosas	36
4.7.1 Colorín (<i>Erythrina ssp.</i>)	36
4.8 Sustitutos comerciales de polen	37
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
5.1 Localización del área experimental	40
5.2 Unidades Experimentales	41
5.3 Fase experimental	41
5.4 Dieta experimental	42

5.5 Variables Evaluadas	42
5.5.1 Ganancia de Peso (GDP)	42
5.5.2 Consumo de alimento (CA)	43
5.5.3 Desarrollo del área de cría (DAC)	43
5.5.4 Contenido de proteína (CP)	43
5.6 Análisis estadístico	44
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
6.1 Ganancia de peso (GDP)	46
6.2 Consumo de alimento (CA)	47
6.3 Desarrollo del área de cría (DAC)	48
6.4 Contenido de proteína (CP)	49
VII. CONCLUSIONES.....	51
VIII. LITERATURA CITADA.....	52
IX. ANEXOS.....	59

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la abeja.....	19
Cuadro 2. Aminoácidos esenciales para la abeja y su requerimiento mínimo.....	23
Cuadro 3. Taxonómica de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	35
Cuadro 4. Composición química en base a MS.....	35
Cuadro 5. Dietas experimentales.....	42
Cuadro 6. Ganancia de peso en núcleos de abejas alimentados con diferentes suplementos proteicos (GDP).....	47
Cuadro 7. Consumo de alimento en núcleos de abejas alimentados con diferentes suplementos proteicos.....	48
Cuadro 8. Área de cría en núcleos de abejas alimentados con diferentes suplementos proteicos.....	49
Cuadro 9. Contenido de proteína en núcleos de abejas alimentados con diferentes suplementos proteicos.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regionalización de la actividad apícola en México.....	15
Figura 2. Sistema digestivo de la abeja.....	28
Figura 3. Célula de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	34
Figura 4. Localización geográfica del sitio experimental.....	40

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el desarrollo en núcleos de abejas con tres diferentes suplementos proteicos: Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), Colorín (*Erythrina spp*) y un sustituto de polen comercial, estos fueron implementados al inicio de la floración en un clima templado. Las variables evaluadas fueron: consumo de peso, ganancia de peso, área de cría y porcentaje de proteína en las abejas. Se utilizaron 15 núcleos de abejas con un peso promedio de un kilogramo cada núcleo, de raza *Apis mellifera ligustica*, distribuidos en un diseño completamente al azar, los cuales se dividieron en cuatro tratamientos compuestos por cuatro repeticiones, realizándose el experimento de la siguiente manera: T1 Colorín, T2 Levadura, T3 sustituto de polen comercial y T4 testigo, en la variable de ganancia de peso, se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), de igual manera ocurrió con la variable de consumo de alimento ($P \leq 0.05$), mientras que para la variable de área de cría no existieron diferencias significativas ($P \geq 0.05$), ocurriendo lo mismo en la variable de porcentaje de proteína los resultados obtenidos nos indican que las suplementaciones proteicas con colorín y levadura de pan, provocaron al inicio y mediados del experimento un aumento en el peso del núcleo, en el área de cría y en el porcentaje de proteína, los cuales posteriormente se vieron disminuidos, en cuanto que el sustituto de polen y el testigo, tuvieron resultados similares.

Palabras clave: Núcleo, proteína, levadura, leguminosa, abejas

ABSTRACT

In this research we did an evaluation about the growth among the core in bees with three different protein supplements: yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), Bunting (*Erythrina spp*) and a commercial pollen substitute, these were implemented at the beginning of bloom in template weather. The variables evaluated were: consumption of weight gain, breeding area and percentage of protein in bees. 15 cores bees were used with an average weight of 1 kg each core, of *Apis mellifera ligustica* race, distributed in a completely randomized design, they which were divided into four treatments comprised four replicates, performed the experiment as follows: T1 Bunting, Yeast T2, T3 commercial pollen substitute and T4 witness, in the variable weight gain, it found significant differences ($P \leq 0.05$), just as was the case for the variable feed intake ($P \leq 0.05$) while for breeding area variable did not exist significant differences ($P \geq 0.05$), occurred the same in the percentage of protein variable the results indicate that protein supplementations with bunting and yeast, led to the beginning and middle of the experiment an increase in the weight of the core, in the breeding area and the percentage of protein, which subsequently were diminished, the pollen substitute and the witness, had similar results.

Key words: core, protein, yeast, legume and bees.

I. INTRODUCCIÓN

La producción apícola es destacada en el país tanto en el ámbito económico como ecológico ya que en México las abejas aportan 2,000 millones de dólares a través de la polinización, que es fundamental para que se pueda llevar una buena armonía dentro de los ecosistemas (INIFAP, 2008).

Existen momentos en el ciclo evolutivo de una colmena que sus necesidades nutrimentales pueden aumentar, en esos momentos es vital supervisar que las abejas estén recibiendo la cantidad y calidad de proteína requerida para cumplir con sus actividades. Un momento crucial en el que es importante un adecuado suministro de nutrientes es al inicio de la floración, esto es debido a que las abejas longevas que sobrevivieron a la época de invierno deberán alimentar a las nuevas larvas, las cuales multiplicaran la colonia, para cumplir con las necesidades requeridas (Valega, 2001). Por consiguiente se han presentado nuevas opciones de alimentación de forma artificial (SAGARPA, 2012).

La alimentación artificial es una actividad llevada a cabo durante la temporada crítica que se presenta, afectando la producción de néctar y polen (SAGAR, 1998). Desgraciadamente la suplementación proteica, es un tema considerado de poca importancia en la investigación científica, así también para cuando se realizan estrategias de manejo para productores (Curbelo *et al.*, 2006). Las principales formas de administrar proteína a una colmena de forma artificial son a través de harina de soya, harina de pescado, lactoalbuminas, sustitutos lácteos y levaduras como *Saccharomyces* (Shimanuki y Herbert, 1985).

Saccharomyces cerevisiae es una levadura que ha sido aprobada como un microorganismo seguro en la alimentación por la Unión Europea y otros países como Japón y Estados Unidos de América (Nitta y Kobayashi, 1999). El nombre de *Saccharomyces* significa azúcar de hongo debido a que produce una vigorosa fermentación, esta sirve como fuente de enzimas y de proteína (Ariza y González, 1997).

Es por lo anteriormente expuesto, que el objetivo del presente trabajo es evaluar a las abejas alimentadas con el uso de levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae*), colorín (*Erythrina spp.*) y un sustituto de polen comercial en la época de escasez de alimento para poder analizar cómo se presenta el desarrollo de los núcleos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de inclusión de tres diferentes suplementos proteicos en la dieta de abejas en inicio de la floración.

III. HIPÓTESIS

El uso de suplementos proteicos mejora el desarrollo de la cría en abejas al inicio de la floración.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1 Apicultura en México

En México la apicultura es una práctica que se llevaba a cabo desde antes de la conquista, la zona donde es realizada esta actividad con mayor producción es en el sureste del país. Desde hace ya varios años México se encuentra entre los principales países exportadores y productores de miel, esto es debido a que es un país que cuenta con una de las biodiversidades más amplias de América esto beneficia para las características de calidad, color y sabor a la miel (UNAPI-ONA, 2006).

Afortunadamente en México se dispone de una gran diversidad de climas, suelos, orografía, y altitudes, lo que nos da una gran heterogeneidad de flora, que nos permite distribuir cinco zonas apícolas, en estas zonas la producción

va a variar conforme la existencia de estos recursos, (Figura 1) esto repercutirá en los diferentes tipos de mieles, sabor, color, aromas y grados de humedad de las mismas (UNAPI-ONA 2006).



Figura 1. Regionalización de la actividad apícola en México

La zona productora más importante del país es la del sureste, esta zona exporta el 99% de su producción. En esta zona, los apicultores se están organizados dentro de grandes asociaciones, a diferencia del resto de las demás zonas apícolas de la república, en que las asociaciones son muy pocas y dispersas (Ortega y Ochoa, 2004).

De lado opuesto encontramos que los pequeños productores se caracterizan por estar dispersos y carecen de comunicación entre ellos. Existe un bajo consumo per cápita de miel, este aspecto es una gran desventaja para ellos y este bajo consumo

se debe principalmente por las pocas estrategias de promoción y ventas (Ortega y Ochoa, 2004).

México se encuentra en el sexto lugar como productor de miel, con una producción nacional de aproximadamente 53 mil toneladas y tiene el tercer lugar como exportador de miel con casi 26 mil toneladas con un valor de 77.6 millones de dólares, después de China y Estados Unidos (SAGARPA, 2010). Como señalan Ortega y Ochoa (2004) del volumen total de la producción apícola el 71% se exporta a Alemania, 13% al Reino Unido, 8% a Estados Unidos y el restante 8% a otros países, ellos comentan que la miel mexicana se exporta principalmente a granel y su calidad es muy reconocida en diversos países debido a que presenta un mismo estándar de color, sabor, aroma, por lo que es cotizada más alta que la miel china o la de otros países.

Existen alrededor de 42 mil apicultores distribuidos alrededor de todas las entidades de México, que producen de 60,000 a 70,000 toneladas de miel al año, contando con un inventario apícola en el país compuesto por más de 1.9 millones de colmenas (SAGARPA, 2010).

Además de la miel, existen otros derivados de las abejas como lo son la cera produciendo alrededor de 1,326 toneladas al año, la jalea real con 7.5 toneladas, el polen dando 13 toneladas y finalmente el propóleo generando 6,000 kilogramos al año (Ortega y Ochoa, 2004).

La producción de miel en el país del año 2000 al 2008, osciló alrededor de las 57 mil toneladas al año, presentando una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 0.35%. La

producción de miel en el 2009, reporta 52,800 toneladas, esta reducción se atribuye a la intensa sequía presentada en la Península de Yucatán y otras regiones del centro y norte de México (SAGARPA, 2010).

La apicultura en México es considerada como una rama fundamental de la producción ganadera por la gran ocupación que tiene, generando empleos, ya sea en forma directa o indirecta (Soto, 2004).

Se puede decir que la apicultura en México, es una actividad que ofrece grandes oportunidades de desarrollo. Sin embargo, deben observarse las ventajas que ofrece cada una de las zonas geográficas en cuanto al clima y vegetación, pues de estos factores depende en gran medida la producción (Ortega y Ochoa, 2004).

4.2 Generalidades de la abeja

Una colonia de abejas está formada por tres clases de individuos: la reina, las obreras y los zánganos. La reina es una hembra con un aparato reproductor optimo y su misión es la de poner huevos, para asegurar así la conservación y el incremento de la colmena; además suministra a la colonia sustancias químicas muy importantes para el mantenimiento del orden social (Moreno, 2014).

Las abejas obreras son hembras con los ovarios atrofiados, no obstante poseen un instinto femenino muy desarrollado y por ello cuidan de la cría, del orden casero, de la limpieza, así como también se preocupan por obtener la

comida diaria y son las que constituyen la mayor parte de la población en una colonia (Persano, 2002). De acuerdo a Quero (2004) una colmena suele tener normalmente de 30.000 a 80.000 individuos de los cuales casi su totalidad son obreras.

Los zánganos son las abejas macho que estarán en la colmena durante la primavera y verano, después de estos periodos y ya no presentan utilidad las abejas obreras dejan de aceptarlos como comensales y los echan o los matan a mordiscos o pinchazos (Quero, 2004).

La habilidad de la obrera para adaptarse al trabajo y cambiar de tareas es sorprendente, esa condición es muy importante, puesto que de no ser así, la colonia sucumbiría fácilmente en momentos de gran estrés. El aspecto externo de los tres habitantes de la colmena difiere entre sí, por lo que es muy fácil reconocerlos a simple vista. (Persano, 2002)

4.2.1 Clasificación taxonómica

A continuación se muestra la clasificación taxonómica de la abeja *Apis mellifera* (Cuadro 1) conforme nos señala (Trüper y De' Clari, 1998).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la abeja

Clasificación taxonómica	
Phylum	Arthropoda
Subphylum	Mandibulata
Clase	Insecta
Subclase	Holometábola
Orden	Himenóptera
Familia	Apidae
Género	Apis
Especie	Mellífera

4.2.2 Descripción de la raza (*Apis mellifera ligustica*)

Los orígenes de la abeja melífera se encuentran en el Viejo Mundo es decir en Europa y África, posteriormente la abeja melífera fue introducida a los continentes americano y australiano. Se estima que se pueden encontrar más de 30 razas o subespecies distribuidas alrededor del mundo. Sin embargo las de mayor interés en la industria apícola son: *Apis mellifera ligústica*, *Apis mellifera cárnica*, *Apis mellifera scutellata*, *Apis mellifera mellifera* y *Apis mellifera caucásica* (Pérez, 2008).

Las abejas de origen italiana son muy populares en todas las partes del mundo. Estas abejas son de color claro y tiene largos segmentos amarillos sobre el abdomen. Mejor conocida como la abeja italiana llegó a México después del año 1911, esta es la raza de abejas más difundida a nivel mundial debido a sus buenas cualidades, ya que son muy dóciles, con bajos índices de enjambración y una alta productividad (Labougley, 1986). Las abejas italianas son el blanco de todos

los cruzamientos, tanto es así que todos los híbridos actuales tienen alguna parte de ella (Valega, 2001).

Algunas de las desventajas que podemos encontrar en estas abejas es que no tienen buen sentido de la orientación y esto ocasiona que se equivoque con facilidad de colmena, son sensible a las enfermedades, también invernan con dificultad fuera de las zonas mediterráneas, tiene problemas de deriva, estas abejas cruzadas con machos de mellifera, su progenie puede dar abejas muy agresivas (Valega, 2001).

4.3 Necesidades nutricionales

En las abejas al igual que en la mayoría de los seres vivos pluricelulares no son formadoras, sino transformadoras de energía y materia, es por ello que requieren ingerir alimentos con todos los nutrientes necesarios para el mantenimiento de las funciones vitales de su organismo. Algunas de las sustancias que son elementales para las abejas son las siguientes: los hidratos de carbono (azúcares), las proteínas, lípidos (grasas), el agua y los minerales (Apicultura sin fronteras, 2012).

4.3.1 Requerimientos energéticos

Los requerimientos energéticos de una colonia pueden variar mucho de una colmena a otra, esto se debe a que existen un sin fin de factores como puede afectar como lo puede ser su fortaleza, cantidad de cría, condiciones climáticas, época del año y el ingreso natural de néctar. Cuando aumenta el tamaño de la población como respuesta al

medio ambiente, se presenta el máximo de consumo de energía, esto es porque aumenta considerablemente en la colonia el trabajo de pecoreo y el de alimentación de la cría. Debe tenerse en cuenta, que la regulación de la temperatura de la colonia, se realiza en base al consumo de energía, ya sea para que se mantenga el calor requerido en épocas frías o de forma contraria para ventilar en condiciones de exceso de calor (Moreno, 2014).

Las moléculas de los hidratos de carbono están compuestas por hidrógeno, oxígeno y carbono. Son mejormente conocidos como azúcares pero también los componen las harinas y los almidones. Los azúcares son el combustible que en el proceso de oxidación, queman los seres vivos para su funcionamiento (Moreno, 2014).

Las abejas principalmente encuentran hidratos de carbono en la miel en un 80 % y en el polen están presentes los azúcares en un 40 %, a partir de estos azúcares pueden formar dos tipos de grasas: la cera (la cual es una grasa sólida a temperatura ambiente) y sus grasas internas (estas acumulan en unas células vacías denominado tejido adiposo) sobre todo en otoño. Estas grasas las utilizan para la fabricación de hormonas y también para el mantenimiento de la cubierta de los nervios (Apicultura sin fronteras, 2012).

Para generarla energía que necesitan las abejas en todas las actividades físicas que realizan, se necesita que haya un desdoblamiento de azúcares; de donde, se hace imprescindible la presencia de estos azúcares como reservas en todo momento. Las abejas no pueden utilizar el polen como fuente de energía

ni la miel como fuente proteica. Para que se logre el desarrollo de una larva de abeja obrera se ha estimado que se requieren aproximadamente 142 miligramos de miel; por lo cual para producir un cuadro de cría se requieren alrededor de 600 gramos de miel. El consumo promedio de este producto en una colonia en el transcurso del año, es de unos 60 a 80 kilos (Baraldi, 2002).

Además de que los carbohidratos son ocupados por las abejas como su fuente de energía, los carbohidratos también son utilizados como material constitutivo de sus cuerpos, esto se debe a que el esqueleto externo de las abejas principalmente está formado por quitina (N-acetil glucosamina), el cual también es un carbohidrato (SOEXPA, 2007).

4.3.2 Requerimientos proteicos

Existen otras sustancias alimenticias importantes para los seres vivos que tienen otro elemento imprescindible para la vida, el nitrógeno. Esas sustancias nitrogenadas, se llaman proteínas (Valega, 2001).

Las proteínas se forman por un grupo de elementos más simples llamados aminoácidos. Cuando se presenta la falta de alguno de estos aminoácidos las abejas pueden utilizar otro que se encuentre disponible para la formación de proteínas, sin embargo, existen algunos aminoácidos que el organismo de las abejas no pueden sintetizar y estos son conocidos como aminoácidos esenciales, los cuales deben ser incorporados con la alimentación. El Dr. A. De Groot desde el año 1953

presentó un estudio en el que explicaba los requerimientos de aminoácidos esenciales en la abeja y pudo determinar que los mismos aminoácidos esenciales que necesitan los humanos ingerir en la alimentación también son elementales en la dieta de la abeja. (Cuadro 2) (Apicultura sin fronteras, 2012)

Cuadro 2. Aminoácidos esenciales para la abeja y su requerimiento mínimo

Aminoácido	% Mínimo del aminoácido en la proteína
Treonina	3 %
Valina	4 %
Metionina	1.5 %
Leucina	4.5 %
Isoleucina	4 %
Fenilalanina	2.5 %
Lisina	3 %
Histidina	1.5 %
Arginina	3 %
Triptófano	1 %

La proteína tiene una gran diversidad de funciones algunos ejemplos son: participa en la formación de los músculos, está presente en los tejidos de soporte en el externo o "caparazón" en las abeja, actúa en las secreciones digestivas (enzimas), en las hormonas, en los sistemas defensivos (inmunológicos), en los genes de los cromosomas (ADN), en las células nuevas que reponen a las dañadas en los tejidos, etc. En las abejas es necesario ingerir diferentes cantidades de proteínas en su dieta, esto varía según la etapa de la que se encuentren. Quienes necesitan mayor

cantidad de proteína son las larvas, la reina en plena postura y las abejas nodrizas, a diferencia de las abejas viejas o los zánganos. En la digestión se fragmentan las proteínas en partes más pequeñas, hasta llegar a convertirse en aminoácidos, estos a su vez, por combinaciones, vuelven a formar otros que no ingresaron con los alimentos, pero que son necesarios para el organismo, para aprovechar las partes nitrogenadas en fabricar otras proteínas, útiles para el ser vivo que las consume (Valega, 2001).

El polen es en la dieta de las abejas, el único aporte de proteínas que tiene cantidades variables pero con un promedio del 25% de proteína cruda y de grasas externas (Valega, 2001).

Cuando los aportes a la dieta son los indicados, todas las reacciones de transformación de estas materias en energía y en otras materias diferentes funcionan bien y el organismo vive (Valega, 2001).

Para las abejas no hay mejor fuente de proteína con mejor calidad, que la del polen de las flores, desde el momento en que las abejas recolectan el polen del campo inicia su transformación. Posteriormente se presenta una fermentación dentro de las celdas cercanas al nido de cría para finalizar con un complejo proceso dentro del ventrículo de las abejas (Vidal y Bedascarrasbure, 2003).

En el polen podemos encontrar vitaminas, minerales y grasas. El peso y contenido de nitrógeno en las abejas al momento de nacer va a variar del consumo de polen de las abejas nodrizas que alimentaron a sus larvas y éste a su vez

de la fluctuación en el ingreso de polen a la colonia. En el inicio de la primavera los productos de la digestión del polen están principalmente en las glándulas hipofaríngeas y se destinan para alimentar a las nuevas crías; en el momento que llega la época de invernar la colmena reduce el área de cría e inicia la conformación de las reservas corporales de las abejas invernantes, estas reservas serán útiles cuando inicie nuevamente la postura para alimentar a las nuevas crías que llegarán. El nivel de reservas corporales que existan determinará la vida media de dichas abejas y el arranque de la colonia en la salida de la invernada (Vidal y Bedascarrasbure, 2003).

4.3.3 Agua

Alrededor del 66% es agua en los organismos vivos. El agua participa en las reacciones químicas que mantienen la vida, como disolvente y también como refrigerante. En todas las reacciones que se presentan se produce calor, este calor debe ser eliminado y si este no se elimina, la temperatura corporal de las abejas iría subiendo poco a poco hasta "freírlas" por dentro. Las proteínas arriba de los 45° se coagulan y pierden sus funciones. Las abejas en sus antenas poseen unos termoreceptores, estos son termómetros enlazados a sus nervios, que se llegan a activar cuando la temperatura sube o baja y envían mensajes a los ganglios cerebrales que provocan determinados comportamientos como pueden ser ventilación, agrupación, acarreo de agua, etc. Si aumenta la temperatura las abejas saldrán en busca de agua, el agua que recolecten la vierten en los panales y ventilan para que se evapore, esto hace que disminuya el calor y provoca que la

temperatura disminuya a su nivel normal. Si por alguna situación no pueden hacer esta acción, las abejas saldrán de la colmena y se situarán bajo esta, a la sombra, para impedir que los ejercicios realizados dentro eleven más la temperatura (Valega, 2001).

Cuando hace frío las abejas se agrupan en racimo siendo muy comprimido y se van moviendo produciendo calor quemando sus reservas de hidratos de carbono, miel que tienen en el panal, y en una segunda fase, sus grasas internas. Las abejas necesitan estar constantemente en alguna parte del panal una temperatura de $35\pm 1^{\circ}$ C y una humedad relativa de aproximadamente del 80%, si no la cría se deshidrata con facilidad a través de su fina piel. Es por esto que se puede observar a abejas recogiendo ávidamente agua cuando es el inicio de la cría, en primavera temprana, ya que si falta agua en la colonia, la cría se paraliza. Otro aspecto elemental que necesita agua es la respiración, el aire que entra en los sacos respiratorios se carga de humedad interna de las abejas, humedad que estas deben reponer. Finalmente las excreciones de residuos también consumen agua (Apicultura sin fronteras, 2012).

4.4 Digestión de los alimentos

Cuando las abejas realizan la toma del alimento a través de las piezas bucales, inicia su paso a través del canal alimenticio. La bomba de succión va a facilitar el paso de los alimentos desde la boca hacia la faringe y esófago. En el esófago debido a sus contracciones musculares se realizara un

tránsito pasivo hacia el estómago de miel o buche (Baraldi, 2002).

El buche es donde no hay ninguna fase de absorción. El néctar se va a transformar por acción de la enzima invertasa producida por las glándulas hipofaríngeas. Las proteínas no se van a transformar en el buche pues no hay presencia de enzimas proteolíticas. El contenido del buche puede pasar al ventrículo o estómago verdadero, ser regurgitado a una celda o pasar a otra abeja por trofolaxis (Baraldi, 2002).

Para continuar el proceso de digestión el alimento debe atravesar el proventrículo donde el líquido el cual puede ser miel o néctar pasara rápidamente hacia el ventrículo de acuerdo a las necesidades. La rapidez del transporte varía de acuerdo a la concentración del líquido, de la iluminación, temperatura, edad de la abeja, posibilidad de movimiento, etc. El alimento sólido el cual es el polen es compactado en el proventrículo para luego ser transportado al ventrículo para su digestión (Palacio, 2009).

La membrana externa que tienen los granos de polen llamada exina se forma por celulosa y en el sistema digestivo de las abejas no existen enzimas capaces de degradar esta sustancia. Cuando el grano de polen está en el estómago de miel o buche en suspensión del néctar, las moléculas de azúcar penetran en el interior del polen aumentando su concentración interna. Cuando el polen pasa al ventrículo la presión osmótica es menor, se presenta un ingreso de agua al interior del grano de polen y ocasionara la ruptura de las membranas liberando el contenido celular para que se pueda producir la digestión (Baraldi, 2002).

Cuando ya se encuentra en el ventrículo, el contenido del polen se difunde en la membrana peritrófica, y comienzan a participar las enzimas proteolíticas secretadas por las células epiteliales. El tránsito del polen en el ventrículo puede ir desde horas hasta días (Baraldi, 2002).

Los elementos simples producidos por la digestión van a la hemolinfa, que llega a todos los órganos y circula alrededor del cuerpo de las abejas. Cada órgano utiliza los elementos necesarios para su funcionamiento y elimina los desechos. Estas sustancias de desecho son tomadas y filtradas por los túbulos de malpighi para ser eliminados a la entrada del recto (Figura 2) (Palacio, 2009).

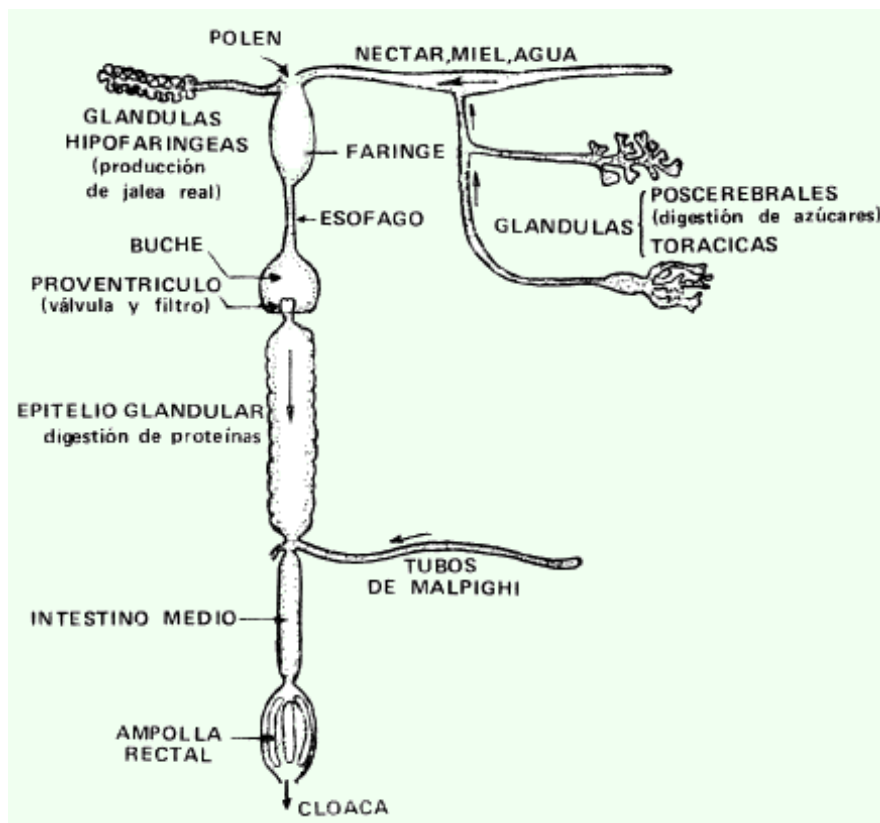


Figura 2. Sistema digestivo de la abeja

4.5 Alimentación artificial

4.5.1 Alimentación energética

Las abejas necesitan una dieta que contenga alimentos con carbohidratos, grasas, proteínas y minerales, esto lo conseguirán de manera natural de la miel y el polen. Pero en las temporadas de escases es elemental darles a las abejas una dieta con una alimentación artificial, esta puede ser para sostén, de estímulo y suplementaria (SENASICA, 2009).

La alimentación que es de sostén, va a ser de tipo energético. Usualmente se da en forma de jarabe, que no es más que azúcar con agua en proporción 1:1 y su misión es el mantenimiento de la colonia en las épocas de escasez de néctar. La alimentación de sostén puede administrarse cada una o dos semanas dependiendo de la población y la cantidad administrada (SENASICA, 2009).

La alimentación que es de estímulo va a ser muy parecida a la de sostén, difiriendo en que se administra antes de que dé inicio la floración y con mayor frecuencia a la colonia, este tipo de alimentación se asocia con sustitutos de polen. Como su mismo nombre lo dice es para estimular a la colonia y a la abeja reina para que mantenga un alto nivel de postura, para que cuando llegue la época de floración la colonia tenga un amplio número de abejas y así explotar al máximo el flujo de néctar y polen y obtener mejores resultados en la producción. El alimento que se usa para esta dieta es igualmente jarabe de azúcar que se prepara igual mente con una parte de agua y una parte de azúcar. La alimentación de

estímulo ha de iniciarse unos 60 días antes de la floración principal. Se da una o dos veces por semana hasta que llegue el momento en que las abejas no lo consuman más debido a la presencia de flores en el campo que les proporcionan néctar y polen (SENASICA, 2009).

En la alimentación suplementaria su principal función es optimizar la postura para que se enriquezca la colonia, con el propósito de producir abejas a granel, jalea real y abejas reina. En ésta se adiciona en mayor proporción sustituto de polen (SENASICA, 2009).

La alimentación artificial puede representar riesgos de contaminación para la miel, por lo cual es elemental que el apicultor tome las debidas precauciones de higiene necesarias tanto en la elaboración como en el suministro de los mismos (SAGARPA, 2003).

4.5.2 Alimentación proteica

No existe para las abejas ninguna fuente de proteína de mejor calidad que el polen de las flores y el proceso de transformación de dicho polen se inicia en el mismo momento en que las abejas lo recogen. Continúa con una fermentación dentro de las celdas cercanas al nido de cría y se completa con un complejo proceso dentro del ventrículo de las abejas. A demás, el polen aporta grasas, vitaminas y minerales.

El peso y contenido de nitrógeno de las abejas al nacer depende del consumo de polen de las nodrizas que alimentaron sus larvas y este de la fluctuación en el ingreso de polen a la colonia. Las abejas recién nacidas deben crecer y

desarrollarse y este fenómeno se inicia cuando comienza a consumir polen. En primavera los productos de la digestión del polen se direccionan principalmente a las glándulas hipofaríngeas y son destinados a la alimentación de las crías; cuando la colmena se prepara para invernar se reduce el área de cría y pasan a conformar las reservas corporales de las abejas invernantes. El nivel de reservas corporales determinara la vida media de dichas abejas y el arranque de la colonia en la salida de la invernada.

La suplementación proteica es importante en dos momentos de la vida de la colmena: en el otoño, para ayudar a cargar las reservas corporales de las abejas que van a invernar y en primavera para evitar baches producidos por escasez de floraciones o temporales largos, ya que las abejas recolectan polen para no más de 5 a 6 días, por lo cual cualquier temporal que dure más que este tiempo, genera una caída importante de las proteínas dentro de las colmenas hasta incluso muchas veces llega a observarse canibalismo.

Siempre que hablamos de suplementación con proteína debemos considerar que el objetivo es una adecuada nutrición de larvas y abejas recién nacidas, que son las que realizan el gran consumo de proteínas, se tenemos en cuenta que estas abejas no se alejan mucho del nido de cría.

4.6 Levaduras

La palabra levadura agrupa a una gran variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, y especies no solamente inocuas sino de

gran utilidad (Castrillon et al., 2006). La levadura *Saccharomyces cerevisiae* forma el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad (López et al., 2009).

Dentro de las especies de levaduras se encuentra incluida la *Saccharomyces cerevisiae* (González y Valenzuela, 2006). Llevan a cabo procesos de fermentación a partir de la transformación de azúcares de etanol y dióxido de carbono, propiedades que han sido ampliamente explotadas desde hace muchos años en la industria de la producción de pan y bebidas alcohólicas (Stewart y Russell, 1998).

El nombre de *Saccharomyces* significa azúcar de hongo esto es porque genera una fuerte fermentación la cual es mejor conocida como levadura de cerveza; esta se usa como una fuente de enzimas, como extracto de levadura para remplazar sabores naturales del extracto de carne, fermenta la masa en el pan, participa en la fabricación de vino y como fuente de proteína, vacunas, ácidos grasos y aceites. *Saccharomyces cerevisiae* es una levadura cuya colonia posee un color crema o blanco de apariencia brillante y húmeda, presenta unos bordes que son irregulares. La temperatura óptima para su crecimiento va de los 25 a 30°C y esta a su vez puede producir ascosporas cuando se presentan los requerimientos nutricionales adecuados (Ariza y González, 1997).

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* mide de ancho de 2.5 a 10 micras y de largo 4.5 a 21 micras, se puede ver microscópicamente de diversas formas como redondas y ovoides, elipsoides y a veces cilíndricas y filamentosas. *Saccharomyces cerevisiae* puede fermentar la glucosa,

galactosa, sacarosa y maltosa, la única que no puede ser fermentada es la lactosa (Ariza y González, 1997).

La pared celular de que tiene esta levadura es por completo de proteínas y carbohidratos que principalmente, se forman de glucosa, manosa y nacetilglucosamina (Balluo, 1970). La capa externa de la pared celular contiene los complejos manano-proteínas, ligados a la proteína de la pared celular y la capa interna los glucanos insolubles; los glucanos y mananos se presentan en concentraciones, aproximadamente iguales, representando cerca del 60 a 70% de la pared celular (González, 2003).

Esta levadura estructuralmente, está compuesta por tres constituyentes, el primero es la pared celular, esta pared está formada por polisacáridos de un 80 a 90%, glucanos, mananos y con pequeños porcentajes de quitina, otros elementos de la pared celular son las proteínas, lípidos y fosfatos, la función elemental de la pared celular es mantener la estructura celular (González, 2003).

La función de la membrana plasmática es mantener la permeabilidad selectiva y regular la nutrición celular, absorción de carbohidratos y compuestos nitrogenados (González, 2003).

El material celular está constituido por componentes intracelulares, (Figura 3) el componente celular es rico en inositol, glutamato el cual presenta efectos positivos sobre la palatabilidad, y nucleótidos que tienen beneficios en el sistema inmune (González, 2003).

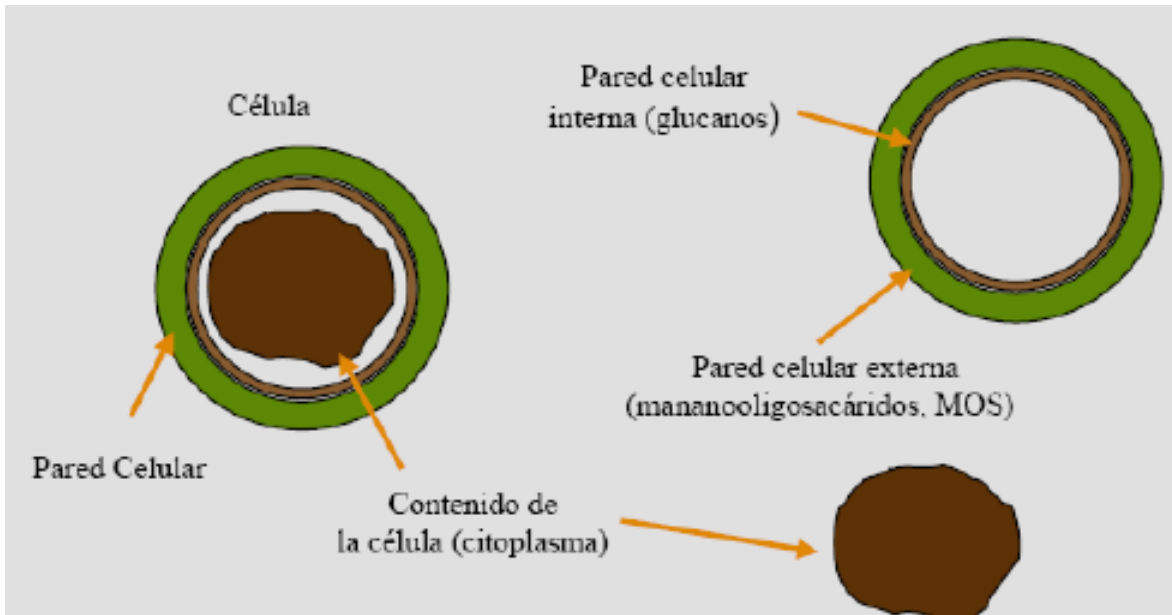


Figura 3. Célula de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es una de las levaduras que ha sido aceptada como un microorganismo confiable en la alimentación animal por la Unión Europea y por otros países como lo son Japón y Estados Unidos de América (Nitta y Kobayashi, 1999).

4.6.1 Clasificación de *Saccharomyces cerevisiae*

A continuación se muestra la clasificación taxonómica de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Taxonómica de *Saccharomyces cerevisiae*

Clasificación taxonómica	
Reino	Hongo
División	<i>Amastogomycota</i>
Clase	<i>Ascomycetes</i>
Subclase	<i>Hemiascomycetidae</i>
Orden	<i>Endomycetales</i>
Familia	<i>Saccharomycetacea</i>
Subfamilia	<i>Saccharomycetidae</i>
Género	<i>Saccharomyces</i>
Especie	<i>Saccharomyces</i>

4.6.2 Composición química de *Saccharomyces cerevisiae*

Las levaduras se componen de un 75% de agua y un 25% de Materia Seca (MS) aproximadamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Composición química en base a MS

Componente	Porcentaje (%)
Cenizas	7
Carbohidratos	43
Proteína	48
Grasa	2

Las sustancias minerales de las levaduras representan alrededor de un 5 a 9% del peso seco. Los principales elementos son ácido fosfórico con alrededor del 50% y potasio con el 30% (Haehn, 1991). Las sustancias nitrogenadas de las levaduras representan las dos terceras partes de su peso seco eso es aproximadamente de un 30 a un 75%, poseen entre un 5 y

12% de nitrógeno (Castellanos, 1991). Estas sustancias son distribuidas en 64% de proteína, 10% de peptonas y aminoácidos, 8% de amonio, 10% de purina y el resto constan en pirimidinas y vitaminas. El contenido normal de aminoácidos va a variar conforme a la alimentación que se dé, a la cantidad de oxígeno que contenga, la temperatura que tenga el cultivo, entre otras (Tuite y Oliver, 1991).

4.7 Leguminosas

Las principales características de las leguminosas son que presentan vainas o legumbres como fruto y representan el tercer grupo más abundantes de todas las angiospermas que se conocen (Fraile *et al.*, 2008).

4.7.1 Colorín (*Erythrina ssp.*)

En el mundo están distribuidas ampliamente diferentes especies de *Erythrina*, mientras que en México se encuentran un número importante de estas (Neill, 1993), desafortunadamente los estudios fitoquímicos, etnobotánicos, fisiológicos, farmacológicos y toxicológicos sobre las diferentes especies de *Erythrina* son escasos y aislados (Sanchez *et al.*, 2001).

En la *Erythrina* el valor nutritivo del follaje se ve afectado por la edad y la estación de su cosecha, igualmente en las semillas este valor nutritivo va a variar entre las especies. Los análisis realizados del follaje señalan que el contenido de proteína cruda puede variar del 20 hasta el 32% aproximadamente. Sus niveles de digestibilidad se encuentran

entre un 45 y 60%. Más del 40% de la proteína cruda de la pastura de *Erythrina* es soluble. Las hojas de *Erythrina* poseen un 24% de proteína, 29% de fibra cruda y 21% de carbohidratos esto es con base en su peso seco. Esta leguminosa es también abundante en potasio y pobre en calcio. En las vainas de esta planta encontramos que tienen alrededor de 21% de proteína, 23% de fibra cruda con base en su peso seco, 24 % de carbohidratos y frescas contienen 91% de humedad. Las semillas cocidas pueden complementar hasta en un 60% del alimento concentrado para especies como los pollos y los peces (Barrera, 1994).

Las semillas detoxificadas de *Erythrina brevipflora* y *Erythrina americana* son ricas en proteína con un 38.5 y 42.5%, respectivamente y contienen una concentración de grasa que va de 0.1 y 0.3%, las proteínas encontradas presentan un buen balance de aminoácidos según lo establecido por la FAO en el año 1973, por lo que consideran que esta leguminosa necesita de un gran número de investigaciones para usarse de manera confiable y adecuada como forraje (Sotelo et al., 1993).

4.8 Sustitutos comerciales de polen

De acuerdo a García (2008), aun no se pueden encontrar disponibles sustitutos comerciales que resulten económicos y que reemplacen de manera adecuada al polen del campo. De los principales compuestos sustitutos del polen propuestos, son en primer lugar la harina de soya así como también la levadura de cerveza que es la mayoritaria del complejo vitamínico B. En lo que respecta a los elementos

individuales, el que cualitativamente mejor reemplaza al polen es la levadura de cerveza en tanto que la harina de soya Erickson y Herbert (1980) recomiendan utilizarla tostada conteniendo como máximo el 7% de grasas y de un 45 a 60% de proteínas.

El principal fin de proporcionar un sustituto proteico es para una correcta nutrición en las larvas y abejas recién nacidas, que son las que acaparan el mayor consumo de proteínas, se debe tomar en cuenta que estas abejas no se alejan mucho del nido de cría que no son más de 4 cm, esto significa que el alimento se debe colocar de ser posible lo más cerca del nido, para lograr lo anterior se recomienda suministrar el sustituto en forma de torta, mezclando los ingredientes con agua y logrando una masa de consistencia suficiente como para que no se desintegre una vez colocada en la colmena. La colocación de estas tortas se realiza sobre los cabezales de la cámara de cría bien arriba de donde se encuentre el nido de cría. En el otoño lo recomendable es dar al menos dos o tres tortas de 200 g un par de meses antes de que se corte la cría, tratando de que la última cría que nace antes del invierno cargue sus reservas corporales con las proteínas aportadas. Una torta de este tamaño la van a consumir en 7 a 10 días (Palacio, 2009).

Los suplementos proteicos son importante en dos momentos de la vida de las colmenas: el primero es en el otoño, para ayudar tener reservas corporales en las abejas que van a invernar y que posteriormente serán las abejas que ayudaran a incrementar la población, el segundo momento en que es importante la suplementación es en la primavera para evitar

baches producidos por escasez de floraciones o temporales largos, debido a que las abejas recolectan polen para máximo de 5 a 6 días, por lo que cualquier temporal que dure más que este periodo, genera una caída importante de las proteínas dentro de la colonia, esto también nos ayuda a evitar a que se pueda llegar a presentar canibalismo (Palacio, 2009).

Los apicultores deben evaluar durante la primavera la necesidad de utilizar un sustituto proteico ya que cada zona es distinta a la otra al igual que las necesidades en una colonia. Se sugiere que en una zona con primaveras muy inestables, la suplementación proteica por más que la floración en la primavera sea muy buena, esto se debe a lo anteriormente mencionado de que si existen temporales largos se puede entrar en estrés proteico aun existiendo buenas floraciones en el campo (Vidal y Bedascarrasbure, 2003).

Lo sugerido es que en la primavera, en los casos en que se identificó el problema por la experiencia de otros años, es utilicen tortas en forma permanente, lo que puede llevar a un consumo por colmena de unas 3 a 4 tortas de 200 gr durante toda la primavera (Vidal y Bedascarrasbure, 2003).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del área experimental

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la región de la Sierra Nororiental del Estado de Puebla, en el municipio de Tlatlauquitepec, en la comunidad de Tepanzol (Figura 4) con coordenadas geográficas: longitud $19^{\circ} 53' 19''$ y latitud $97^{\circ} 28' 37''$ y una altura sobre el nivel del mar de 1660 metros, con una precipitación media anual de 1264 mm y una temperatura media anual de 15.1°C (Municipios de Puebla Tlatlauquitepec, 2004).

El municipio de Tlatlauquitepec colinda al norte con Cuetzalan del Progreso y Ayotoxco de Guerrero; al este con Chignautla, Atempan, Teteles, Yaonáhuac y Hueyapan; al sur colinda con Cuyoaco y al oeste con Zautla, Zaragoza y Zacapoaxtla (INEGI, 2006).



Figura 4. Localización geográfica del sitio experimental

5.2 Unidades Experimentales

Se utilizaron 16 núcleos de abejas (*Apis mellifera ligustica*) compuestos por tres bastidores, cada núcleo inicio pesando 965.2 ± 32.5 g de abejas, se distribuirán de manera aleatoria en 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno.

5.3 Fase experimental

La duración del experimento fue de 63 días, en los meses de Febrero a Abril, siendo alimentados con jarabe de azúcar en proporción de 1:1, las dietas variaron conforme al suplemento proteico que se les suministro, el alimento se les dio cada tercer día.

Para la preparación del tratamiento 1 que fue a base de colorín, se recolectaron las hojas del árbol, cuando se preparaba el jarabe las hojas eran hervidas en una proporción de 10 g de hojas por 100 ml de agua, posteriormente se dejaba enfriar y eran licuadas las hojas con el agua, estas eran coladas y se agregaba el azúcar en una proporción de 1:1.

En el tratamiento 2 de levadura, se usó 10 g de levadura por cada 100 ml de jarabe de azúcar en proporción de 1:1.

Mientras que en el tratamiento 3 que fue el de sustituto se administró jarabe con la misma proporción que los tratamientos anteriores y se le suministro tortas de 40 g que era preparada con el sustituto comercial mezclada con 10 ml de jarabe.

5.4 Dieta experimental

Las dietas que se le dio a los núcleos de abejas, fueron preparadas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la escuela de Ingeniería Agronómica y Zootecnia, presentando el siguiente porcentaje de proteína. (Cuadro 6)

Cuadro 5. Dietas experimentales

Colorín (<i>Erythrina</i> <i>spp</i>)	Levadura (<i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i>)	Sustituto de polen comercial	Testigo
✓ Jarabe de azúcar	✓ Jarabe de azúcar	✓ Jarabe de azúcar	✓ Jarabe de
✓ Colorín	✓ Levadura	✓ Torta: 40 g	azúcar
➤ 23% de proteína	➤ 16% de proteína	➤ 27% de proteína	➤ 3.63% de proteína

5.5 Variables Evaluadas

5.5.1 Ganancia de Peso (GDP)

Los núcleos completos de las abejas se pesaron al iniciar el experimento y posteriormente fueron pesados cada 21 días, que es el tiempo que dura el ciclo de cría de la abeja. En cada una de las pesadas se descontó el peso de piso, cámara y alimento.

5.5.2 Consumo de alimento (CA)

Se registró cada tercer día la cantidad del alimento que se les ofreció y a las 24 horas el alimento que fue rechazado por los núcleos. Con lo cual se pudo obtener el consumo de alimento por semana y se vio reportado en ml, en el tratamiento 3 aparte del jarabe ofrecido se pesó la torta ofrecida y a las 24 horas la cantidad de torta rechazada este dato fue registrado en ml.

5.5.3 Desarrollo del área de cría (DAC)

Cada núcleo poseía tres bastidores, se llevó a cabo la captura de cada bastidor a través de fotografías y fueron analizadas a través del programa computacional (AUTOCAD 2014) para poder medir el área de cría, esta práctica se realizó cada 21 días, que es el tiempo que dura el ciclo de la cría de la abeja, para ver cómo es que fue cambiando la postura.

5.5.4 Contenido de proteína (CP)

El contenido de proteína se midió en las abejas de cada tratamiento, esto se llevó a cabo al inicio de la investigación y después cada 21 días. La metodología para medir proteína fue la siguiente:

Las muestras de abejas ya secas se molieron en mortero, después se pesó 0.1 g de muestra y 1.0 g de mezcla de selenio, ambos se agregaron a un matraz de digestión kjendahl, posteriormente se agregó 3 ml d ácido sulfúrico y se colocó en el digestor de 35 a 40 minutos hasta que la

muestra tomo un color verde ámbar una vez que se dejó enfriar dicha muestra se pasó a un tubo de destilación con pequeñas porciones de agua destilada, en el extremo del condensador se colocó un matraz Erlenmeyer de 250 ml al cual se le adicionó 10 m de solución de ácido bórico al 4 % con mezcla de indicadores, cuidando que la parte final del condensador quedará sumergido dentro de la solución. Posteriormente se adicionaron 12 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 10 N y se destiló durante 7 minutos. Transcurrido el tiempo, se retiró el matraz Erlenmeyer que se colocó en el extremo del condensador y se pasó a titular con una solución valorada de ácido sulfúrico al 0.0508 N, tomando la lectura del gasto.

El porcentaje de PC se calculó con la siguiente formula:

$$\%N = \left(\frac{ml * Normalidad\ del\ acido * 1.4}{Peso\ de\ la\ muestra} \right) * 6.25$$

Donde:

%N= Porcentaje de nitrógeno

ml= Gasto del ácido sulfúrico en la titulación

5.6 Análisis estadístico

Se usó un diseño estadístico completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. El modelo estadístico fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = variable respuesta en el tratamiento i , repetición j .

$i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2, 3 \dots 6$

μ = media general.

T_i = efecto del tratamiento i .

E_{ij} = error aleatorio.

El análisis estadístico se realizó con el paquete computacional (SAS, 2004) para evaluar las diferencias de medias entre tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Ganancia de peso (GDP)

Conforme a los resultados conseguidos en la variable de ganancia de peso (Cuadro 6), se puede observar que si hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) esto posiblemente fue a causa de que la población de las colonias presentaba un índice de mortandad alto lo que ocasiono que el peso de los núcleos se viera disminuido en cada periodo del T1 Y T2, ya que en el caso del tratamiento alimentado a base de *Erythrina spp* influyó que la planta presentara alcaloides tóxicos para la alimentación (Payne y Foley, 1992) ahora en el T2 cuando la levadura se pone en agua tibia con azúcar, esta se fermenta y "se activa", sale del estado de latencia en el que se encontraba, por ello es que vemos que comienza a emitir un gas, ese gas es el dióxido de carbono (Curtis, 2006).

Si observamos el T3 que contenía un sustituto comercial y el T4 que era el testigo podemos ver que tuvieron una ganancia de peso similar.

En los promedios no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$) entre los cuatro tratamientos, por lo que el suministro de suplementos proteicos no afecta el desarrollo de un núcleo de abejas.

Cuadro 6. Ganancia de peso en núcleos de abejas alimentados con diferentes suplementos proteicos (GDP)

Periodo	GANANCIA DE PESO (kg)				C.V
	T1	T2	T3	T4	
1	1.15 ^b	1.58 ^a	1.31 ^{ab}	1.16 ^b	15.03
2	1.18 ^b	1.66 ^a	1.46 ^{ab}	1.40 ^{ab}	12.55
3	0.96 ^b	1.26 ^{ab}	1.55 ^a	1.50 ^a	13.82
Promedio	1.09^a	1.50^a	1.44^a	1.35^a	11.98

C.V. = Coeficiente de Variación

a,b Literales diferentes en la misma fila señalan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

6.2 Consumo de alimento (CA)

A continuación podemos ver que en el Cuadro 7 se presenta el consumo de alimento en el que se puede notar que en el periodo 1 si existieron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) esto se pudo deber a que las abejas se estaban adaptando a ingerir el jarabe de azúcar con algún suplemento mezclado en este mismo.

En los periodos 3, 6, 7, 8 y 9 también se muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el periodo dos es muy notorio que el T1 Y T2 sobresalieron en su consumo ya que en esa etapa incrementó el desarrollo de esos tratamientos, posteriormente se puede observar que con el paso del tiempo en el T1 Y T2 fue disminuyendo el consumo de alimento esto se debió a la palatabilidad en el T1 que se vio afectada por los alcaloides presentes en el colorín *Erythrina spp* (Fraile, et al., 2008) y en el T2 por la fermentación que se presentaba por el aumento de temperatura (Bruce, et al., 2005) mientras que en el T3 y T4 aumento paulatinamente.

En el cuadro que presenta el consumo de alimento se puede observar que hay coeficientes de variación elevados en diversos periodos del experimento así como en el promedio esto probablemente se debió a que existieron momentos en el tiempo que duró el experimento que entre repeticiones de tratamientos vario mucho el consumo de alimento por la posición del núcleo y el clima que se presentaba en la zona ya que fue muy variable y eso afectó en su consumo de jarabe.

Cuadro 7. Consumo de alimento en núcleos de abejas alimentados con diferentes suplementos proteicos

Periodo	CONSUMO DE ALIMENTO (ml)				C.V
	T1	T2	T3	T4	
1	35.72 ^{ab}	58.35 ^a	19.52 ^b	24.76 ^b	37.34
2	41.07 ^a	74.77 ^a	61.61 ^a	62.38 ^a	28.49
3	102.14 ^a	108.06 ^a	57.61 ^b	61.19 ^b	13.18
4	105.24 ^a	127.14 ^a	123.81 ^a	120.18 ^a	17.18
5	123.81 ^a	138.57 ^a	187.14 ^a	178.57 ^a	19.04
6	35.72 ^{ab}	58.35 ^a	19.52 ^b	24.76 ^b	37.34
7	31.11 ^b	58.41 ^{ab}	215.55 ^{ab}	233.33 ^a	55.98
8	107.62 ^{ab}	59.51 ^b	198.10 ^a	204.76 ^a	28.39
9	74.17 ^b	63.63 ^b	182.22 ^{ab}	266.67 ^a	52.71
Promedio	72.96^a	82.98^a	118.34^a	130.73^a	65.24

C.V. = Coeficiente de Variación

a,b Literales diferentes en la misma fila señalan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

6.3 Desarrollo del área de cría (DAC)

De acuerdo a lo que se observa en el Cuadro 8 podemos ver que el área de cría si se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre cada tratamiento.

En el T1 se puede observar que al final del experimento se disminuyó considerablemente los cm^2 del área terminando aún más reducida el área de lo que empezó, esto posiblemente se debió a la mortandad presentada por los alcaloides presentes en el colorín *Erythrina spp* (Fraile, et al., 2008) que provocaron toxicidad en las abejas. Mientras que en el T2, T3 y T4 el incremento de área de cría fue regular. Mientras que en los promedios podemos observar que no existieron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 8. Área de cría en núcleos de abejas alimentados con diferentes suplementos proteicos

DESARROLLO DE AREA DE CRÍA (cm^2)					
Periodo	T1	T2	T3	T4	C.V
1	1107.16 ^{bc}	1127.84 ^{ab}	1153.58 ^a	1082.98 ^c	2.19
2	1174.26 ^b	1273.14 ^a	1182.15 ^b	1088.74 ^c	2.19
3	847.59 ^c	1245.29 ^a	1184.29 ^a	1100.48 ^b	2.19
Promedio	1043.00^a	1215.42^a	1173.34^a	1090.73^a	8.40

C.V. = Coeficiente de Variación

a,b Literales diferentes en la misma fila señalan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

6.4 Contenido de proteína (CP)

El índice de porcentaje de proteína en las abejas se midió para saber cómo es que asimilaban la proteína que se les suministraba con cada suplemento, de acuerdo a (Ramos, et al., 1985) la proteína que contiene un insecto oscila entre 9.45 % hasta un 77 %, en el Cuadro 9 podemos ver que el porcentaje de proteína estuvo entre un 33% hasta un 44%.

Dentro de los resultados obtenidos se destaca que en el periodo 1 del experimento no hubo diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos, mientras que en el periodo 2 y 3 si se puede observar que existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), sobresaliendo que el T1 y T2 sobresalieron en el porcentaje de proteína.

Cuadro 9. Contenido de proteína en núcleos de abejas alimentados con diferentes suplementos proteicos

Periodo	CONTENIDO DE PROTEINA (%)				C.V
	T1	T2	T3	T4	
1	38.77 ^a	37.02 ^a	37.68 ^a	35.65 ^a	8.86
2	43.80 ^a	40.41 ^{ab}	37.78 ^{ab}	36.86 ^b	7.56
3	41.56 ^a	39.98 ^a	38.46 ^a	37.57 ^a	5.63
Promedio	41.37^a	39.13^{ab}	37.97^{ab}	36.69^b	4.25

C.V. = Coeficiente de Variación

a,b Literales diferentes en la misma fila señalan diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

VII. CONCLUSIONES

Conforme a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye lo siguiente:

La suplementación proteica con colorín *Erythrina spp* y levadura de pan *Saccharomyces cerevisiae* presentaron al inicio y mediados del experimento un aumento en el peso del núcleo, en el área de cría y en el porcentaje de proteína, posteriormente se vio disminuido por la toxicidad que presento el colorín y la fermentación de la levadura lo que fue posiblemente fue ocasionado por un alto índice de mortandad lo que genero un bajo rendimiento en las variables evaluadas.

Ahora en el tratamiento de sustituto de polen y en el testigo tuvieron un similar desarrollo, por lo cual se puede concluir que en la presente investigación el suplementar con un sustituto comercial o no hacerlo no genera una ventaja en la producción apícola.

Por lo anteriormente mencionado se recomienda seguir investigando como suministrar colorín *Erythrina spp* y levadura de pan *Saccharomyces cerevisiae* para llegar a los niveles adecuados y lograr un bien desarrollo en la colonia de abejas.

VIII. LITERATURA CITADA

1. Bruce, A., et al., 2005. Introducción a la Biología Celular. Editorial Panamericana, Buenos Aires, Madrid.
2. Apicultura sin fronteras 2012. Nutrición de las abejas. Periódico Apícola de Distribución Mundial. Consultado el 13 de Julio de 2014. http://www.czs.si/Upload/2012-4_APICULTURA_FEBRUAR.pdf
3. Ariza, B. y González, L. 1997. Producción de Proteína Unicelular a partir de levaduras y melaza de caña de azúcar como sustrato. Tesis de pregrado Bacteriología. Pontificia. Universidad Javeriana. Facultad de ciencias. Departamento de Bacteriología. Bogotá, Colombia. pp. 22-27.
4. Atela, O. 2002. Boletín Apícola. Consultado el 15 de Agosto de 2014. http://www.minagri.gob.ar/site/desarrollo_rural/producciones_regionales/00_origen_animal/00_apicultura/_boletines/22_10_02.pdf
5. Baraldi, O. 2002. Alimentación de abejas. Agronoticias online. Consultado el 10 de agosto de 2014. <http://www.rosario.com.ar/agronoticias/archivos/index.htm>
6. Barrera, N. 1994. *Erythrina edulis*: multipurpose tree for the tropical highlands. Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA). Hawaii, USA. pp. 1-2.

7. Castellanos, C. 1991. Estudio de levaduras de fermentación industrial. Revista Alimentaria. Edición 33. Volumen 7. Noviembre-Diciembre. pp.18-25.
8. Castrillon, M., et al., 2006. investigación sobre el microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*. Universidad de Antioquia Escuela de bacteriología y laboratorio clínico microbiología y bioanálisis 37p.
9. Curbelo, L., et al., 2006. Alimentación proteica de abejas melíferas (*a. mellifera l.*) con mezclas complementarias del polen. Asociación Cubana de Producción Animal. Cuba.
10. Curtis, H. 2006. Biología. Edit. Panamericana. 6ta edición. Buenos Aires.
11. Fraile, M., et al., 2008. Nutritivas y apetecibles: conozca de leguminosas comestibles. UAM.
12. García, G. N. 2005. Contaminación de la miel con alimentos artificiales. Dirección Nacional de alimentación. Argentina. Consultado el 19 de Agosto de 2014.<http://www.apicultura.entupc.com/nuestrarevista/nueva/notas/alimentacion.htm>
13. González, A. y Valenzuela, L. 2006. *Saccharomyces cerevisiae*. Consultado el 23 de Agosto de 2014. <http://www.microbiología.org,mx/microbiosenlinea/capitulo20.pdf>.

14. González, H. 2003. BG-Mos, un producto de paredes celulares de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) para alimentación de animales y peces.
15. Haehn, H. 1991. Bioquímica de las fermentaciones. Editorial Aguilar. España. pp. 42-48.
16. Herbert, J. R. 1992. Honey Bee Nutrition. In The Hive and The Honey Bee.
17. INEGI. 2006. Cartas topográficas. Consultado el 12 de Septiembre de 2014. <http://www.inegi.gob.mx/geo/default.asp>.
18. INIFAP, 2008. Ciencia y tecnología para enfrentar la crisis alimentaria. México. Reporte anual 2008. Junio 2009. 216 pp.
19. Labougle, R. y Zozaya, A. 1986. La Apicultura en México, Revista Ciencia y Desarrollo Vol. 12. México.
20. López, H., et al., 2009. Evaluación de tres levaduras provenientes de ecosistemas colombianos en la alimentación de pollos de engorde Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 102-114 PP.
21. Moreno, 2014. Comparación de dos dietas en abejas de raza carniola en el municipio de Salvador Escalante, Michoacán. Tesis que para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Morelia, Michoacán.

22. Municipios de Puebla Tlatlauquitepec, 2004. Información socioeconómica Municipal. Secretaria del Desarrollo Social. Puebla México. 10-36 PP .
23. Neill, D. 1993. Botany and ecology. *Erythrina* Production and Use: A Field Manual. S. B. Westley. B. Sidney. Hawaii, USA. 2-6 PP.
24. Nitta, K. y Kobayashi, F. 1999. Brewers yeast as health foodstuff. New Food. Japan. 17-23 pp.
25. Ortega, R. y Ochoa, B. 2006. La Producción de Miel En México, Modernidad y Tradición. Revista Claridades Agropecuarias. No 128. p 60.
26. Palacio, M. 2009. Alimentación natural. Curso de actualización en sanidad apícola. 1-4 pp.
27. Payne, L. y Foley, J. 1992. Gas chromatography and massspectrometry of *Erythrina* alkaloids from the foliage of genetic clones of three *Erythrina* species. Chromatography and Pharmaceutical Analysis. Series No. 512. American Chemical Society, Washington, USA. 85 - 99 pp.
28. Persano, A. 2002. Apicultura práctica. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires Argentina
29. Quero, A. 2004. Los componentes de la colmena. Las abejas y la apicultura. Dpto. Biología de Organismos y

Sistemas. Vicerrectorado de Extensión Universitaria.
Universidad de Oviedo.

30. Ramos, J. y Pino, J. 1998. Los insectos comestibles en el México antiguo. Estudio etnoentomológico. México, ATG Editor.
31. SAGAR. 1998. Alimentación Artificial. Notiabeja 1998. 1-3 PP.
32. SAGARPA. 2003. Alimentación artificial. Manual de Buenas Prácticas de Producción de Miel
33. SAGARPA. 2010. Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel. Consultado el 28 de Agosto de 2014.<http://sistemas2.senasica.gob.mx/miel/static/manuales/1manual%20produccion%20miel.pdf>
34. SAGARPA, 2010. Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. Claridades Agropecuarias. p 199.
35. SAGARPA, 2012. Sobrevivencia de abejas nodrizas con varios tipos de alimentación en jaulitas para el transporte de abejas reinas en *Apis melífera*. Notiabeja 2012. 2-4 pp.
36. Sánchez, J., et al., 2001. Identificación de alcaloides en las inflorescencias de *Erythrina americana*. UACH. México.

37. SENASICA, et al., 2005. Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel. Consultado el 28 de Agosto de 2014. <https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCoQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.senasica.gob.mx%2Fincludes%2Fasp%2Fdownload.asp%3FIdDocumento%3D21454%26IdUrl%3D39638&ei=VTNtVPvaBM0yAT8j4CgDg&usg=AFQjCNE-F333eCGxKKKXHea7Q12RIK0YpA>
38. Shimanuki, H. y Herbert, J. 1985. Alimento artificial con proteínas para las colonias de abejas. XXX Congreso Internacional de Apicultura. Japón. 347-352 pp.
39. SOEXPA. 2007. La nutrición y alimentación de las abejas en el manejo productivo de colmenas. Consultado el 29 de Agosto de 2014. <http://www.info-bee.com.ar/aliment.htm>
40. Sotelo, A., et al., 1993. Comparative studies of the alkaloidal composition of two Mexican *Erythrina* species and nutritive value of detoxified seeds. Journal Agricultural Food Chemistry. 2340-2343 pp.
41. Soto, M. 2004. Mejoramiento Integral para la producción de miel en Álamo Veracruz, Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería de Sistemas. México, D. F.
42. Stewart, G. y Russell, I. 1998. An Introduction to brewery science & thecnology. The Institute of Brewing. London, England.

43. Trüper H. y De' Clari L. 1998. Taxonomic note: erratum and correction of further specific epithets formed as substantives. *Syst. Bacteriol.* 48 - 49 pp.
44. Tuite, M. y Oliver, S. 1991. *Saccharomyces*. Editorial Plenum Press. New York, Estados Unidos. p 272.
45. UNAPI-ONA. 2006. Presentación del plan rector apícola nacional.
46. Valega, O. 2001. Alimentación complementaria, manejo de otoñada. Consultado el 14 de Agosto de 2014. http://www.apiservices.com/articulos/alimentacion_complementaria.htm
47. Valega, O. 2001. Mejor prevenir que curar, Productor apícola de Apícola Don Guillermo. Consultado el 15 de Agosto de 2014. http://www.beekeeping.com/articulos/mejor_prevenir.htm
48. Vidal, M. y Bedascarrasbure, E. 2003. Alimentando nuestras abejas. II. Alimentación proteica. Boletín Apícola. Consultado el 23 de Agosto de 2014. http://www.alimentosargentinos.gov.ar/03/apicola/01_info/b_boletin/021.pdf

IX. ANEXOS



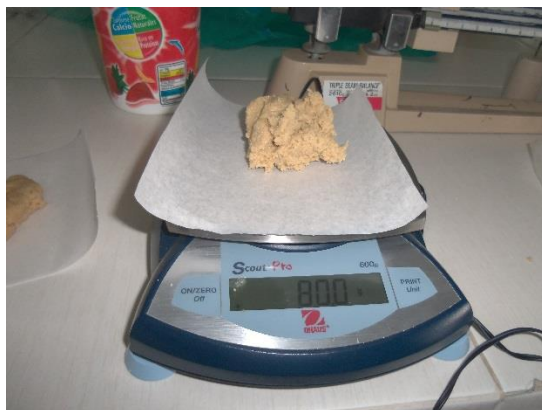
Anexo 1. Sitio del experimento.



Anexo 2. Núcleos de abejas usados para el experimento.



Anexo 3. Fotos tomadas para medir el área de cría.



Anexo 4. Preparación de torta con sustituto comercial.



Anexo 5. Preparación de levadura en jarabe de azúcar.



Anexo 6. Preparación de leguminosa en jarabe de azúcar.



Anexo 7. Determinación de proteína en abejas.



Anexo 8. Determinación de proteína en tratamientos.