

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS

Instituto de Producción y Sanidad Vegetal
Facultad de Ciencias Agrarias

**EVALUACIÓN DE SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS PARA *Apis mellifera* L
ADAPTADOS A LA ARAUCANÍA**

Memoria de Título presentada como parte de
los requisitos para optar al TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO.

MARÍA FERNANDA OLIVOS MANCINI

VALDIVIA – CHILE

2010

PROFESOR PATROCINANTE

Prof. Miguel A. Neira Caamaño
Nombre

Firma

PROFESOR COPATROCINANTE

Dr. Juan Pablo Smulders Ramírez
Nombre

Firma

PROFESORES CALIFICADORES

Dr. Rubén Pulido Fuenzalida
Nombre

Firma

Dr. Rafael Tamayo Castro
Nombre

Firma

FECHA DE APROBACIÓN: 19 de mayo de 2010

A mi familia

ÍNDICE

Capítulo	Página
1. RESUMEN.....	1
2. SUMMARY.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
5. RESULTADOS.....	26
6. DISCUSIÓN.....	33
7. REFERENCIAS.....	40
8. ANEXOS.....	48
9. AGRADECIMIENTOS.....	67

1. RESUMEN

Debido al número elevado de pérdidas de familias de abejas *Apis mellifera* L que ocurre durante el invierno en la zona de la Región de la Araucanía, y pensando que ésta se debe a una mala condición corporal de las abejas entrado el invierno, se decidió realizar un estudio para determinar la influencia de la entrega de un suplemento nutricional sobre éstas.

Se utilizaron 15 nucleros con aprox. $1,0 \text{ kg} \pm 200 \text{ g}$ de abejas en cada uno. La suplementación fue entregada durante ocho semanas, una vez por semana, entre marzo y mayo del año 2008. Los 15 nucleros fueron divididos en tres grupos, (Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3)) donde a todos los cajones les fue entregado jarabe de fructosa (1300 ml) con Promotor-L® (6,5 ml) y a los grupos T1 y T2 se les entregó además un calugón de 120 g. formado con polen, azúcar granulada, levadura de cerveza, huevo entero deshidratado, aceite de raps, jarabe de fructosa, agua y harina de quínoa cruda o tostada, respectivamente.

Previo a la entrega de suplementos alimenticios y al finalizar el período experimental, se obtuvieron muestras de abejas de todos los grupos para determinar los porcentajes de proteínas, materia grasa y materia seca corporal. Se obtuvieron fotografías, cada 10 días aproximadamente, de cada marco con postura, para determinar el área de cría de cada colmena. Se midió el consumo de cada suplemento entregado y se pesaron los cajones a lo largo del período experimental.

Si bien no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) para los parámetros evaluados entre los grupos T1, T2 y T3, sí se pudo observar un mayor consumo del suplemento entregado al grupo T1 en comparación al del grupo T2, el cual consumió más bajas dosis del suplemento entregado. En relación al área de cría de las colmenas, se pudo observar una disminución esperada a medida que disminuyeron las temperaturas, lo cual también se vio reflejado en la disminución del peso de las colmenas. En relación a las mediciones de proteínas, materia grasa y materia seca corporal de las abejas, al realizar el análisis descriptivo, tampoco se estableció diferencias.

La suplementación nutricional durante el otoño, para este estudio, no tuvo efecto sobre las variables evaluadas.

Palabras clave: alimentación abejas, suplemento nutricional, proteínas.

2. SUMMARY

EVALUATION OF *Apis mellifera* L FOOD SUPPLEMENTS ADAPTED TO THE ARAUCANÍA REGION, CHILE

During this study, 15 bee colonies or nuclei (*Apis mellifera*), separated in three groups, were fed with three different food supplements (Raw supplement (T1), Roasted supplement (T2) and Control (T3)). On each one of them, fructose syrup (1300 ml) with Promotor-L® (6.5 ml) was given. In addition to this, two of the three groups, group T1 and T2, were fed with a patty (120 g.) made of pollen, granulated sugar, brewer's yeast, dehydrated egg, canola oil, fructose syrup, water and raw or roasted quinoa flour, respectively.

Before feeding with the supplements and at the end of this study, samples of each group of bees were taken to measure levels of body protein, lipids and dry matter. Throughout the study, photographs of all frames with brood were taken every 10 days, approximately. Food consumption and colonies' weight were also measured during this study.

All parameters evaluated showed no differences ($P>0,05$) among the groups. Yet, the consumption of the candy given to group T1 was higher compared to group T2, which instead, showed a very low consumption. The photographs taken to evaluate breeding, showed a decrease as temperatures got lower, fact that also explained the decrease of the colonies' weight. Measurements of body protein, lipids and dry matter of the bees, did not show differences either.

Supplementary feeding, under conditions of this study, did not have any effects on the different parameters evaluated.

Key words: bee feeding, nutritional supplement, proteins.

3. INTRODUCCIÓN

La abeja productora de miel, *Apis mellifera* L, es un insecto social perteneciente a la familia Apidae (Crea 1993, Rubilar 2001). La abeja doméstica, o abeja melífera, es la única especie que forma colonias capaces de resistir el invierno, al contrario de las demás abejas y avispas sociales, cuyos miembros perecen en otoño, con la sola excepción de algunas hembras fecundadas, que hibernan para reconstruir la colonia en la primavera siguiente (Rubilar 2001).

Una colonia de abejas se compone esencialmente de miles de obreras, todas procedentes de una sola reina (Crea 1993), que es la única hembra fértil de la colonia y su función principal es la ovipostura (Butler 1975). Las obreras que confeccionan la miel, cuidan y atienden la alimentación de las larvas, son hembras estériles, imperfectamente desarrolladas (Rubilar 2001). Los machos de la colmena - o zánganos - no participan de la recolección y almacenamiento de alimentos para la colmena (Hrassnigg y col 2003), y tampoco colaboran en la alimentación de la cría. Los zánganos sólo existen entre primavera y otoño para cumplir con la función de fecundar a las reinas vírgenes (Butler 1975, Crea 1993, Hrassnigg y col 2003).

La reina, una vez fecundada, deposita los huevos uno a uno en los alvéolos hexagonales del panal (Von Frisch 1984). A los tres días salen de los huevos pequeñas larvas ápodas, que son alimentadas por las nodrizas durante las siguientes 48 horas con una jalea nutritiva que ellas producen (Crea 1993). A continuación la dieta cambia a polen y miel durante 4 días más, para luego dejar que entren en una etapa de reposo dentro de la celdilla tapada con cera, en la cual la larva se transforma en ninfa, pasa al estado juvenil y sale rompiendo el sello de cera u opérculo (Crea 1993). El desarrollo de una abeja obrera dura 21 días, en los zánganos 24 y en las reinas, de 15 a 17 días (Crea 1993).

La abeja (*Apis mellifera* L) ha estado involucrada en la vida del ser humano desde hace millones de años (Crea 1993), donde se ha ido mejorando y aprendiendo cada vez más de estos insectos para así obtener de ellas el máximo provecho. En la actualidad se ha llegado a contar con un sistema de producción muy tecnificado. La importancia de la apicultura hoy en día, se fundamenta principalmente en los servicios de polinización que entregan las abejas y la producción de miel, obtenida de sus colmenas (Lesser 2001) Además de esto, se obtiene de ellas productos como el polen, la cera y los propóleos (Crea 1993).

A pesar de la antigua relación existente entre las abejas y el hombre (Crea 1993) y de los grandes avances logrados en el ámbito de la apicultura, una de las problemáticas actuales en la industria apícola es la nutrición de las abejas (Oliver 2007^a)¹, área que se ha venido desarrollando mucho en los últimos años debido al interés y la mayor conciencia existente de la alteración de su medio ambiente. Dadas las condiciones productivas de la actualidad, las zonas de floración han disminuido considerablemente, llevando esto también a una disminución de fuentes alimenticias para las abejas.

¹ Oliver R. 2007^a. Bee nutrition: Fat bees I. Disponible el día 15 de septiembre, 2009 en: http://www.scientificbeekeeping.com/index.php?option=com_content&task=view&id=34

3.1. DIGESTIÓN DE LAS ABEJAS

La clase de los insectos es muy amplia y muy variada, pero a pesar de esto su tubo digestivo, a nivel embriológico, morfológico y fisiológico, cuenta con tres divisiones básicas: estomodeo (anterior), mesenterón (medio) y proctodeo (posterior) (Nation 2002).

En el estomodeo, debido a su cutícula impermeable, hay poca, o nula, absorción de los alimentos ingeridos (Nation 2002). Algo importante en esta porción del tubo digestivo, es que en ella se encuentra el buche o estómago melífero y el proventrículo, ubicado al final de ésta.

En el estómago melífero se almacena el néctar o miel recolectado por cada abeja. Es muy expandible y cuando una abeja ha recolectado suficiente néctar, el contenido es regurgitado de forma voluntaria, mediante la presión producida por la contracción de los segmentos abdominales (Seeley 1995^a). Esta porción del tubo digestivo también es utilizada para recolectar agua (Snodgrass 1975).

El proventrículo sirve como aparato regulador del alimento que entra al ventrículo o mesenterón. La parte anterior del proventrículo comunica al buche y tiene una válvula en forma de X. Mediante esta válvula, sumamente muscular, la abeja puede selectivamente, remover el polen del néctar y pasarlo al ventrículo (Michener 1974, Crailsheim y col 1992, Seeley 1995^a).

El ventrículo, o mesenterón, es el lugar principal para la secreción de enzimas digestivas y para la digestión y absorción de los nutrientes ingeridos (Michener 1974, Seeley 1995^a, Nation 2002). La parte anterior del ventrículo tiene una válvula que evita la regurgitación de material del estómago al buche (Snodgrass 1975). Las células del ventrículo secretan la membrana peritrófica, que envuelve la comida que ingresa al ventrículo, protegiendo a las microvellosidades del epitelio, del contacto físico directo de las partículas de comida ingerida. Esta membrana contiene quitina y proteínas y dentro de ella ocurre la mayor parte de la digestión (Nation 2002).

De las enzimas principales que se producen en el tubo digestivo de las abejas, una gran cantidad es sacarasa (Hrassnigg y col 2003) que actúa sobre la sacarosa, principal carbohidrato del néctar ingerido por las abejas. Por medio de las sacarasas, obtienen glucosa y fructosa que utilizan como fuente energética inmediata y para producir miel (Nation 2002, Hrassnigg y col 2003).

También cuentan con lipasas, para obtener ácidos grasos y glicerol a partir de los triacilglicerolos ingeridos. Para la digestión de lípidos cuentan con agentes emulsificantes, que permiten a las enzimas hidrofílicas tener contacto con las superficies hidrofóbicas de los triacilglicerolos (Nation 2002).

Para la digestión de proteínas, las abejas presentan enzimas proteolíticas en el intestino, utilizadas principalmente para la degradación de las proteínas del polen (Hrassnigg y

col 2003). Algunas de estas enzimas se encuentran libres en el lumen intestinal, mientras que otras están fijadas en la membrana (Nation 2002).

La producción de estas enzimas depende en buena medida de la actividad de las abejas obreras. En las abejas jóvenes (nodrizas), existe una mayor producción de enzimas proteolíticas, debido a su alto consumo de polen, mientras que en abejas de más edad (pecoreadoras), se verá una mayor producción de enzimas especiales para la digestión de hidratos de carbono (Hrassnigg y col 2003, Hrassnigg y Crailsheim 2005).

Otro factor importante de considerar en la acción de las enzimas, es el pH del intestino. Enzimas como la catepsina y la tripsina, trabajan de mejor forma en ambientes de pH ácido y alcalino, respectivamente. Asimismo, enzimas utilizadas en la digestión de carbohidratos, trabajan mejor en un ambiente de pH neutro o ligeramente ácido. Lipasas utilizadas para la digestión de triacilglicerolos y otros esteroides, trabajarán mejor en ambientes de pH alcalino, cercano a 8 (Nation 2002).

La última porción del tubo digestivo es el proctodeo, que tiene como función remover el agua y materiales de desecho (Snodgrass 1975, Nation 2002). El recto funciona como un almacén de estos productos. Las abejas eliminan sus desechos metabólicos durante el vuelo (Seeley 1995^a) por lo que, cuando no pueden salir de la colmena (en invierno), estos desechos se almacenan en la ampolla rectal, llegando ella a expandirse de tal forma que ocupa gran parte del abdomen (Snodgrass 1975).

En la unión del proctodeo con el ventrículo, se encuentra una red de túbulos llamados de Malpighi (Nation 2002). Estos son órganos de excreción de desechos nitrogenados y se extienden por la cavidad del cuerpo de la abeja (Hemoceloma). Tienen por función remover desperdicios y sales de la hemolinfa. Estos productos de desecho pasan por los túbulos al recto y de ahí son eliminados (Snodgrass 1975).

3.2. NUTRICIÓN DE LAS ABEJAS

Apis mellifera L, al igual que cualquier ser vivo, requiere de proteínas, lípidos, hidratos de carbono, vitaminas, minerales y agua para sobrevivir (De Groot 1953, Haydak 1967, Herbert y col 1977,). Los hidratos de carbono los obtienen principalmente de la miel (Somerville 2000, Avilez y Araneda 2007); las proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, son obtenidos a partir de la ingesta de polen (Doull 1974, Herbert 1992, Rogala y Szymas 2004, Mussen 2006², Avilez y Araneda 2007), indispensable para el crecimiento, desarrollo y reproducción de la colmena (McNally y col 1965, Haydak 1967, Somerville y Collins 2007).

La nutrición de las abejas es un área de investigación en desarrollo dentro de la industria apícola. Es así como no se ha podido encontrar con exactitud los requerimientos básicos de las mismas, existiendo muchos estudios que dan información sobre distintos experimentos al respecto pero que no llegan a una conclusión determinante (Somerville 2005, Somerville y Collins 2007), debido a la cantidad de factores que influyen en el desarrollo y

² Mussen E. 2006. Feeding bees pollen substitutes. Disponible el día 20 de septiembre, 2009, en: <http://entomology.ucdavis.edu/faculty/Mussen/beebriefs/>

comportamiento de una colonia y la dificultad existente para controlar todos estos factores (clima, genética de las reinas, costos, comportamiento de las abejas, etc.).

El consumo alimenticio de las abejas está íntimamente relacionado con una determinada etapa en la vida de las plantas: la floración. Cuando faltan las flores no hay alimento que recolectar, salvo que se presente una mielada o ligamaza; por estas circunstancias las abejas necesitan almacenar lo necesario para atender su alimentación en todas las estaciones del año (Crea 1993).

Para sobrevivir en invierno, las abejas reinas deben regular el cese de oviposura en otoño y reiniciarlo en la salida del invierno; las obreras deben tener la habilidad de sobrevivir durante largos meses, debiendo almacenar gran cantidad de miel para la termorregulación y suficiente proteína para alimentar las crías a la salida del invierno e inicio de primavera (Seeley 1995^b).

Las abejas recolectan tres sustancias – agua, néctar y polen – para satisfacer sus requerimientos nutricionales (Somerville 2005). Estas sustancias son obtenidas en la naturaleza para el buen desarrollo de la colmena y de los individuos que habitan la misma, asegurando así la sobrevivencia de todos ellos (Somerville 2005, Oliver 2007^{a 1}). Los nutrientes obtenidos serán necesarios para la crianza de larvas y adultos y para el desarrollo de éstas y de la reina de la colmena (Oliver 2007^{a 1}, Standifer 2007³) y no siempre podrán obtener la calidad o cantidad deseada para cubrir las necesidades de la colmena (Somerville 2005).

La acumulación de alimentos en las colmenas tiende siempre a ser superior a las necesidades de la colonia, en prevención de emergencias (Pezzi 1999) pero la intervención del hombre, quien sustrae lo que considera alimento excedente de su consumo, además de desequilibrar su organización natural, pone a las abejas en situación de riesgo (Crea 1993). La carencia de uno o más de estos alimentos podría potencialmente llevar a una seria reducción de la población de la colonia, de la longevidad de las abejas y de la población de zánganos, aumentar la susceptibilidad a enfermedades, ya que si no cuentan con una adecuada nutrición, su sistema inmunológico también se ve afectado, facilitando la entrada de agentes patógenos y, por último, podrían llevar a la muerte de la colonia (Somerville 2005).

Una buena nutrición es necesaria para mejorar la salud de las abejas, aumentando las reservas corporales de tejido adiposo para sobrevivir mejor el invierno, ayudando a un buen desarrollo de las glándulas hipofaríngeas necesarias para alimentar a las crías (Oliver 2007^{a 1}), entregarles energía suficiente para polinizar, producir miel y aumentar la capacidad de enfrentarse a situaciones de stress causadas por déficit de polen, enfermedades, parásitos, enemigos y fitosanitarios en general (Schmidt y Hanna 2006). Un apicultor puede manejar adecuadamente una colonia con los mejores materiales (cajones adecuados, sin grietas, limpios, etc.), libre de enfermedades (ej. varroosis y/o nosemosis) y con reinas seleccionadas genéticamente, pero si la colonia no tiene acceso a néctar y polen, el sistema fracasa, ya que no tendría la capacidad de aprovechar estos factores por falta de energía (Somerville 2005, Crespo 2007).

³Standifer LN. 2007. Honey bee nutrition and supplemental feeding. Disponible el día 2 de enero, 2008, en: http://maarec.cas.psu.edu/bkCD/HBBiology/nutrition_supplements.htm

3.2.1. Néctar:

El néctar es la fuente de energía para toda abeja (Dietz 1975) y es extremadamente importante para el crecimiento, reproducción, vuelo y termostato de las mismas (Stace 1996). La presencia de miel o de néctar, es esencial para su sobrevivencia. A partir del néctar las abejas obtendrán la miel, donde encuentran el mayor porcentaje (90%) de hidratos de carbono necesarios para producir energía (Dietz 1975).

Las obreras serán las encargadas de recolectar el néctar de las flores (Crea 1993, Butler 1975), prefiriendo aquellas que contengan un mayor porcentaje de sacarosa y, en segunda instancia, a aquellas donde es equilibrado el porcentaje de azúcares, con partes iguales de glucosa, fructosa y sacarosa (Crespo 2007). El néctar lo almacenan en su buche (estómago melífero) y así lo llevan a la colmena; allí las elaboradoras lo ingieren y luego regurgitan en forma de miel, agregándole enzimas, almacenándolo en las celdillas, junto a algo de polen, para la temporada invernal (Crea 1993). Se estima que una colonia de abejas melíferas consume, en término medio, 80 kg de miel anualmente (Seeley 1995^b).

La presencia de néctar estimulará a la colonia a expandir su área de cría. La población aumentará y con ello la seguridad de obtener una colmena fuerte, capaz de recolectar más néctar para posteriormente convertirlo en miel. También se puede observar un mayor comportamiento higiénico, por parte de las abejas, cuando existe un flujo de néctar permanente, removiendo a las abejas muertas, tanto adultas como crías, con mayor facilidad (Somerville 2005).

Cuando las abejas recolectan el néctar, éste se compone principalmente del disacárido sacarosa y, con ayuda de diversas enzimas, las abejas dividen este disacárido en dos monosacáridos: la levulosa (fructosa) y dextrosa (glucosa) para su digestión (Ceksteryte y Racys 2006).

En caso de no contar con néctar fresco o miel almacenada, las abejas posiblemente morirán de hambre (Somerville 2000). En la naturaleza el néctar es recolectado en exceso por parte de las abejas para así almacenar cierta cantidad de la misma y poder contar con reservas durante el largo invierno (Schmickl y Crailsheim 2004). Debido a la extracción de miel que se realiza en la producción apícola, tradicionalmente, los apicultores han alimentado a sus abejas con jarabe de azúcar, más o menos concentrado, dependiendo del momento del año en que lo realicen, para suplir sus necesidades de carbohidratos. El jarabe de azúcar puede ser una herramienta muy útil dentro del manejo apícola (Oliver 2007^b)⁴ y es muy bien aceptado por las abejas debido a su parecido con el néctar que recogen de las flores (Bazurro y col 1996). Sin embargo, alimentar sólo con azúcar es un estímulo para las abejas pero no será una dieta balanceada (Stace 1996, Oliver 2007^b)⁴ y no estimula la oviposición de la reina sino en primavera, donde la expansión natural de la colmena tiene lugar (Stace 1996).

Si falla el suministro de hidratos de carbono, las abejas no podrán producir energía, sobretodo calorífica, disminuyendo la capacidad de mantener 35°C constante $\pm 1^\circ\text{C}$, en la zona de cría, es decir, se paraliza la cría. Si el problema continúa y se hace más grave, la temperatura de los panales que ocupan va disminuyendo, lo que vuelve más lentas todas las

⁴ Oliver R. 2007^b. Bee nutrition: Fat bees II. Disponible el día 12 de diciembre, 2009, en: http://www.scientificbeekeeping.com/index.php?option=com_content&task=view&id=35

reacciones químicas de su cuerpo. Esto hace más lentos sus movimientos y su coordinación, la respiración, los movimientos musculares, etc., lo que a su vez acentúa la disminución de temperatura. Finalmente, cuando se llega aproximadamente a los 12°C, las abejas quedan totalmente paralizadas por el frío y mueren (Valega 2006)⁵.

Siempre se debe considerar la entrega de un jarabe de azúcar al momento de suplementar nutricionalmente a un apiario. Se ha comprobado que esto es altamente beneficioso para estimular a colonias y particularmente para mantenerlas con vida (Somerville 2000). Si bien se pueden considerar diversas fuentes de carbohidratos al momento de entregar un suplemento energético a las abejas, es importante tener en cuenta que existen algunos azúcares que son tóxicos para las abejas, incluso siendo consumidos en niveles mínimos, como la galactosa, manosa, lactosa, rafinosa, xilosa, arabinosa (Phillips 1927, Somerville 2005), dextrina (Phillips 1927), melibiosa y estaquiosa (Somerville 2005).

Si bien los carbohidratos son muy importantes en la dieta de las abejas, Rashad y Parker (1958) midieron el contenido de nitrógeno y el peso corporal de abejas alimentadas exclusivamente con carbohidratos, y las compararon con abejas que habían recibido algún suplemento proteico adicional. Los resultados obtenidos fueron menores en el primer grupo mencionado. Somerville y Collins (2007), basados en estudios de Herbert y col (1976) y Cook y Wilkinson (1986), indican que la combinación del uso de suplementos de polen y jarabe de azúcar resultó ser más efectiva que entregar cualquiera de estos dos elementos por separado.

3.2.2. Polen:

La nutrición apícola depende principalmente de la cantidad y calidad del polen y néctar recolectado y almacenado (Doull 1974). Se sabe así, por ejemplo, que el consumo de polen anual de una colmena variará entre 20-50 kg (Dietz 1975, Valega 2006⁵), dependiendo del tamaño de ésta.

En la naturaleza, las abejas se alimentan casi exclusivamente de polen para suplir todas sus necesidades, excepto las energéticas (Schmidt y Hanna 2006). Es la fuente principal de proteínas y aminoácidos para las abejas (Doull 1974, Rogala y Szymas 2004) y es necesario para el desarrollo de elementos estructurales de músculos, glándulas y otros tejidos, tanto de la cría como de la abeja adulta (Crailsheim y col 1992, Stace 1996). Además de esto, las abejas nodrizas lo digieren junto con el néctar y lo convierten en jalea real, secretada por sus glándulas hipofaríngeas (Otis y col 2004), con la cual alimentarán a la reina a lo largo de toda su vida y a las larvas (Mussen 2006)² durante sus primeras 72 horas de vida (Somerville 2000).

El polen, principal fuente de proteínas, provee a las abejas también de lípidos, minerales, vitaminas y carbohidratos (Rashad y Parker 1958, Doull 1974, Mattila y Otis 2006). Ninguna fuente única de polen podrá entregar todos los requerimientos nutricionales de las abejas y es por esto que las abejas deben recolectar polen de diversas especies dispuestas para ellas (Mussen 2006², Schmidt y Hanna 2006) para así mantenerse sanas y poder producir la jalea real necesaria para alimentar a la colmena (Mussen 2006)².

⁵ Valega O. 2006. Nutrición de las abejas. Disponible el 20 de septiembre, 2009, en: <http://www.info-bee.com.ar/aliment.htm>

Generalmente las abejas consumirán polen durante los primeros días de vida, llegando a obtener un buen nivel de proteína corporal. Alrededor del quinto día de vida, la abeja ya va a haber desarrollado sus glándulas hipofaríngeas y los cuerpos grasos necesarios para así empezar a producir jalea real (Oliver 2007^a)¹. Las abejas adultas que cumplen el rol de obreras, no consumirán gran cantidad de polen (Phillips 1927, Crailsheim y col 1992, Toth y Robinson 2005), y sólo lo volverán a consumir en caso de ser necesario para una futura crianza o para “engordar” en invierno. Una vez que las abejas pasan a ser obreras, su fuente proteica le será proporcionada por las abejas nodrizas, quienes le darán jalea rica en proteínas (Crailsheim 1990). Éstas últimas son las que consumen el polen en mayor cantidad (Crailsheim y col 1992, Toth y Robinson 2005). En caso que las nodrizas se vean desprovistas de polen dejarán de alimentar a las larvas más juveniles, favoreciendo la alimentación de las larvas más maduras. En caso de tener un déficit aún mayor, la obtención proteica es a partir del canibalismo (Mattila y Otis 2006, Oliver 2007^{b4}), alimentándose las nodrizas de los huevos y las larvas más inmaduras (Oliver 2007^b)⁴.

El manejo de la población en una colmena es muy dependiente de la calidad y cantidad de polen consumido por parte de las abejas (Mattila y Otis 2007). Las abejas, durante la recolección, no discriminan el polen por su calidad nutritiva. Sin embargo se han realizado diversos estudios (Doull 1974, Somerville 2005) donde se describe que si se limitara el volumen de polen entregado a la colmena, se reducirá el área de cría y si se disminuyera la calidad del polen consumido, las abejas necesitarán ingerir la misma, en mayor cantidad, para obtener los requerimientos nutricionales necesarios para el desarrollo de la colonia. Además, al recibir un polen de menor calidad (menos de 20% de proteínas), se reduce potencialmente la longevidad de las abejas obreras y habrá además una disminución en la cantidad de zánganos criados dentro de la colmena, ya que los huevos o larvas de zánganos serán descuidados por las nodrizas o incluso ingeridos por las mismas, para suplir las necesidades nutricionales del resto de la colmena. Sin el polen, las glándulas hipofaríngeas no se ven estimuladas y las abejas nodrizas no podrán atender de forma completa a las larvas más jóvenes, por lo que las colonias disminuirán rápidamente de tamaño, si es que no hay un adecuado polen o suplemento proteico a su disposición (Somerville 2005).

Existen estudios que describen como polen de excelente calidad a aquel que contiene un porcentaje igual o mayor a 25% de proteínas. Si contiene menos de un 20% de proteínas, se considerará como un polen de menor calidad. El contenido de proteína cruda del polen se calcula multiplicando la cantidad de nitrógeno existente en el mismo, por un factor de 6,25 (Somerville 2005).

3.2.3. Requerimientos nutricionales de las abejas

3.2.3.1. Proteína: Es un componente esencial en la alimentación apícola y es de gran importancia saber cuál es la mejor fuente proteica y en qué porcentaje es necesaria para suplementar de mejor manera a las abejas (De Araujo y Echazarreta 2001).

Basado en estudios de autores como Haydak (1943), Somerville (2005), Manning (2006) y Oliver (2007^{a1,b4}), entre otros, se ha descrito la importancia del aporte proteico (siendo indispensables algunos aminoácidos como la leucina, isoleucina y valina) en la

alimentación de las abejas. De Groot (1953) estimó la cantidad de aminoácidos esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo de las abejas (Tabla 1).

Tabla 1: Requerimientos mínimos de aminoácidos esenciales de la abeja (*Apis mellifera L.*), según De Groot (1953).

Aminoácido	Requerimiento mínimo (%) de aminoácidos en proteína digerida
Treonina	3,0
Valina	4,0
Metionina	1,5
Leucina	4,5
Isoleucina	4,0
Fenilalanina	2,5
Lisina	3,0
Histidina	1,5
Arginina	3,0
Triptófano	1,0

La mejor fuente proteica para los requerimientos nutricionales de las abejas es el polen recolectado de forma natural, pero hay que considerar que el contenido proteico de este polen variará, según la fuente floral del mismo, oscilando entre un 6% y un 40%; el nivel mínimo de proteínas requerido por las abejas es de un 20% según Somerville (2000) y un suplemento, según el autor antes mencionado, no debería tener menos de un 5% de polen en la mezcla.

Al aumentar la cantidad de polen en la mezcla, aumentará también el consumo del suplemento por parte de las abejas, ya que el polen es también un factor fagoestimulante (Robinson and Nation 1968, Shimanuki y Herbert 1985, Somerville 2005, Schmidt y Hanna 2006).

Se ha demostrado que entregar un alimento con alto nivel proteico aumenta la longevidad de abejas obreras (Doull 1968, Somerville 2005), ya que con esto aumentan los niveles de proteína corporal de las mismas. Mientras más tiempo viva una abeja, mayor oportunidad tendrá de recolectar néctar y/o polen y propóleos (Somerville 2000).

Muchos autores coinciden en que se puede considerar como adecuado, un suplemento que contenga al menos un 20% de proteínas en la mezcla entregada (Somerville 2005, Mussen 2006²). También se debe considerar que, según Lehner (1983), niveles de proteína entre un 10% y un 30%, son bien aceptados por las abejas y que con alimentos con un porcentaje de proteína entre 20% y 25%, se obtienen efectos satisfactorios en las colmenas (Herbert y col 1977, Azevedo y Nogueira 1998).

Las abejas son capaces de consumir fuentes proteicas diferentes al polen, que pueden cubrir parcialmente sus necesidades alimenticias, tales como harina de soya, levadura de cerveza (De Araujo y Echazarreta 2001), huevo en polvo (De Groot 1953), entre otras. El uso de estas fuentes alternativas, han sido estudiadas a lo largo de muchos años (De Groot 1953, Rogala y Szymas 2004), con resultados diversos.

3.2.3.2. Lípidos: son sustancias energéticas almacenados, tanto por especies vertebrados como invertebrados (Pontes y col 2008). En insectos, los lípidos son almacenados en los cuerpos grasos, principalmente como triacilglicerol (TAG) (Ziegler y Van Antwerpen 2006, Pontes y col 2008). Entre los diversos tipos de lípidos, el TAG es la forma más concentrada de energía disponible para los tejidos biológicos (Gibbons y col 2000).

La capa externa del exoesqueleto de los insectos está compuesta por una mezcla de lípidos que cubren todo el cuerpo. Esta capa ofrece una protección contra la pérdida de agua y la penetración de microorganismos. Además, en los insectos sociales, como las abejas, los lípidos de la cutícula están involucrados en funciones de comunicación, tanto intercolonial como intracolonial (Turillazzi y col 2004).

Las reservas lipídicas de los insectos son importantes para mantener necesidades metabólicas como el vuelo, la metamorfosis y la formación de huevos (Ziegler e Ibrahim 2001, Manning 2006).

La importancia de los lípidos en la dieta de las abejas fue demostrada por Herbert y col (1980), quienes comprobaron que colonias alimentadas con cuatro sustitutos que contenían un porcentaje de 2, 4, 6 y 8% de lípidos, respectivamente, criaron una mayor cantidad de larvas, que aquellas colonias que fueron alimentadas con sustitutos sin lípidos. Si bien con esto se logró demostrar la importancia de considerar los lípidos en un sustituto o suplemento entregado, no se ha podido establecer los requerimientos absolutos de lípidos para las abejas o los reales beneficios que los diversos ácidos grasos les puedan entregar (Somerville 2005). Se sabe que el colesterol, sin embargo, es muy necesario en la dieta de las abejas, ya que cumple un rol fundamental en el crecimiento y desarrollo de las larvas (Behmer y Nes 2003), siendo indispensable como sintetizador de los ecdisteroides (hormonas de la muda) (Nation 2002), y que el porcentaje total de lípidos incluidos en un suplemento alimenticio debería ser entre un 5% y un 8% (Somerville 2005).

Para las abejas, los lípidos son una fuente primordial de energía, tanto en estado embrionario (Giron y Casas 2003) como adulto, y algunos de los componentes lipídicos, como los ácidos grasos y esteroides, son importantes en el desarrollo, nutrición y reproducción de las mismas (Manning 2006). A diferencia de la mayoría de los animales, los insectos no tienen la capacidad de sintetizar esteroides, necesarios como precursores para importantes hormonas esteroides (como la ecdisona, fundamental para la muda de la abeja) o como reguladores de diversos procesos de desarrollo. Es por esto que los insectos deben obtener los esteroides a partir de su dieta (Herbert y col 1980, Behmer y Nes 2003, Manning 2006).

Según estudios de Svoboda y col (1986), el esteroles dominante en los tejidos de las abejas, es el 24-metilencolesterol. Además, estudios realizados por Herbert y col (1979), indican que el colesterol y el 24-metilencolesterol, aportan de mejor forma en la crianza en las abejas melíferas, que cualquier otro esteroles y deberían ser los esteroides de elección para futuros estudios nutricionales con suplementos sintéticos para las abejas. También, en el estudio mencionado, se observó mayor longevidad en las abejas que fueron alimentadas con el suplemento que contenía 24-metilencolesterol.

Un número de ácidos grasos del polen, como los ácidos cáprico, láurico, mirístico, linoléico y linolénico, tienen propiedades antimicrobianas (Feldlaufer y col 1993) y existen publicaciones que revelan los efectos de algunos ácidos grasos *per se* en contra de dos de los mayores patógenos de las abejas (Manning 2006): Loque europea (*Melissococcus plutonius*) y Loque americana (*Paenibacillus larvae larvae*) (Somerville 2005).

En las abejas adultas, las reservas de lípidos vienen por una parte del almacenaje en estado larval y por otra, son formadas a partir de la ingesta de grasas de la dieta (Giron y Casas 2003, Ziegler y Van Antwerpen 2006). Se ha revelado en diversos estudios (Somerville 2005, Toth y Robinson 2005, Toth y col. 2005), que las abejas nodrizas tienen mayores reservas de lípidos corporales que las abejas obreras en otras etapas, llegando estas últimas a tener la mitad de las reservas mencionadas. Es así que, si las abejas más jóvenes se ven privadas de grasa en la dieta o si se inhibe la síntesis de ácidos grasos en las mismas, acelerarán su transición de nodrizas a obreras con otros roles y funciones en la colonia (Toth y col 2005).

Bajo condiciones normales, todo requerimiento lipídico es satisfecho por el consumo del polen (Somerville 2005). Al pensar en el suministro de lípidos en un suplemento, es bueno considerar que no debería entregarse más de 6% de ácido linoléico, ni más de un 2% de ácido oleico, ya que un porcentaje mayor a estos, aumenta la mortalidad de las abejas (Manning 2006).

3.2.3.3. Minerales: Los requerimientos de macronutrientes minerales han sido establecidos sólo para unos pocos insectos. Los elementos traza (como el sodio (Na), zinc (Zn), Hierro (Fe), manganeso (Mn) y cobre (Cu)) han sido poco estudiados (Nation 2002), respecto a los requerimientos específicos de minerales para las abejas, debido a la dificultad de administrar niveles tan reducidos de estos elementos y el tiempo y costo que esto implica (Somerville 2005).

Los insectos requieren de diversos minerales en pequeñas cantidades, como por ejemplo potasio (K), fosfato y magnesio (Mg), que son vitales para todo insecto. Los iones metálicos (como el Cu, el Fe y el Zn) son necesarios como cofactores enzimáticos y como constituyentes de metaloenzimas (Nation 2002). Se ha demostrado que niveles excesivos de Na, cloruro de sodio (NaCl) y calcio (Ca), pueden llegar a ser tóxicos para las abejas, causando su muerte, acortando su vida (Dietz 1975).

El contenido de minerales de la miel y el polen que consumen las abejas, varía dependiendo de la fuente de obtención de dichos alimentos. En el polen, sin embargo, se

pueden encontrar elementos como K, Mg, Ca, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, además de pequeñas trazas de aluminio (Al), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), níquel (Ni) y selenio (Se) y normalmente cuentan con un porcentaje total de contenido entre un 1 –8% (Dietz 1975). La jalea real producida por las abejas, contiene alrededor de un 1% de minerales, predominantemente K, aunque también cuenta con trazas considerables de Zn, Fe, Cu y Mn (Schmidt y Buchmann 1997).

En un estudio realizado por Somerville (2005), se evaluó la cría al entregar dietas sintéticas con distintos porcentajes de cenizas. Los resultados demostraron una disminución en la cría de colmenas alimentadas con un porcentaje superior al 2% y casi una total detención de la misma con un 8% de cenizas en la dieta. El mismo autor señala que una dieta con un 1% de cenizas en su contenido es probablemente el ideal, aunque se ha comprobado que dietas con un 3% de cenizas no producirán daño a las crías.

3.2.3.4. Vitaminas: Las vitaminas son necesarias para todo organismo animal, sin embargo, no es mucho lo que se sabe de ellas, en cuanto a los requerimientos en las abejas. Parecieran no estar directamente ligadas a la longevidad de las abejas, pero sí ligadas intrínsecamente al desarrollo de la cría. El polen ha demostrado ser una excelente fuente de vitaminas. Cuatro complejos de la vitamina B, ácido pantoténico, tiamina, riboflavina y piridoxina, además de vitamina A y K, han sido asociados al desarrollo de las glándulas hipofaríngeas y de la cría (De Groot 1953, Dietz 1975).

Ha sido demostrado que el complejo B es esencial para la mayoría de los insectos (Dietz 1975), por lo que sería importante considerar este factor en cualquier tipo de suplemento o sustituto que se quiere entregar a las abejas.

3.3. SUPLEMENTO O SUSTITUTO ALIMENTICIO

“La principal causa de pérdidas de colonias durante el invierno no se debe a las bajas temperaturas sino a la inanición” (Somerville 2005).

En los últimos años se han realizado diversas investigaciones que indican la importancia de la alimentación de las abejas durante los distintos períodos de producción (Rubilar 2001, Somerville 2005, Oliver 2007^{a1,b4}, Somerville y Collins 2007). Se ha clarificado que se requiere de una suplementación o sustituto alimenticio para ayudar en la supervivencia del insecto (Herbert y col 1979, Avilez y Araneda 2007, Somerville y Collins 2007) y así disminuir los costos por pérdidas de mortalidad de los mismos en época de poca o nula floración (Avilez y Araneda 2007), como sucede en el invierno de nuestro país (Avilez y Araneda 2007). Además, una deficiencia de polen durante determinadas épocas del año, significará una menor producción de miel, debido al cese de ovipostura de la reina y a la inadecuada nutrición de las abejas (Langridge 1970).

Se ha experimentado con diversos productos, como jarabe de sacarosa (Phillips 1927), jarabe de fructosa (Ceksteryte y Racys 2006), harina de soya (Haydak 1943, McNally y col 1965, Pezzi 1999, Avilez y Araneda 2007), levadura de cerveza (Haydak 1943, Mussen

2006²), leche deshidratada (Haydak 1943), etc. obteniendo resultados importantes para la investigación de suplementos y sustitutos alimenticios.

El término “suplemento” sugiere que existe un ingreso de polen y/o néctar dentro del área donde habitan las abejas y que el apicultor sólo entregaría suplementos estratégicos para complementar el ingreso nutricional requerido por la colmena. Es por esto que un suplemento debe contener los componentes nutricionales que están deficientes en el área de recolección de las abejas y, además, suplir el volumen requerido para el consumo de una colonia. Un “sustituto”, en cambio, estaría sugiriendo que el néctar y/o el polen, se encuentran en total deficiencia dentro del área de recolección de alimento de las abejas (Somerville 2000).

Debido a que el principal componente que puede llegar a escasear en la oferta de alimento a las abejas es el polen, muchas veces los apicultores se refieren a la entrega de suplemento o sustituto “*de polen*”. Mussen (2006)² define un “suplemento de polen”, como aquella mezcla de nutrientes que contiene al menos un 10% de polen incluido en él y, un “sustituto de polen” como aquella mezcla que no contiene polen en su mezcla, pero sí otras fuentes de proteínas. Proveer de un suplemento de polen a una colonia llega a ser necesario cuando el objetivo es mantener o aumentar las crías y el polen disponible en los campos llega a ser limitada (Somerville 2005).

Algunas circunstancias que podrían requerir de la aplicación de suplementos nutricionales incluyen, según Somerville (2005), las siguientes: cuando se presenta restricción de vuelo; generalmente durante períodos de bajas temperaturas (iguales o inferiores a 12°C), en colonias débiles, cuando se presenta un déficit de polen y/o cuando una fuente de polen es de dudosa calidad.

Al administrar un suplemento nutricional, se está evitando la detención de la oviposura, en caso de contar con clima desfavorable para la colmena, durante un tiempo muy prolongado (Mussen 2006)².

En el sur de Chile se da mayor importancia a la suplementación que prepara a las abejas para la invernada ya que, por las características de la zona, hay escasa floración durante esta época del año, lo que conlleva a la disminución de alimento en la colmena (Avilez y Araneda 2007).

El suplemento producirá abejas con una mejor condición corporal para la llegada del invierno, lo que se traduce en una mayor sobrevida invernal y una mejor cría para la primavera siguiente (Mussen 2006)². El suplemento es beneficioso al asegurar también un desarrollo continuo de las colonias, aumentando tanto la tasa de postura de huevos (Avilez y Araneda 2007) como el tiempo de oviposura de la reina, en la medida que ésta tenga dietas ricas en energía y proteínas (Rubilar 2001).

La clave para una buena nutrición es la disponibilidad de una dieta atractiva, consumible, nutricionalmente balanceada, asequible, no tóxica y estable (Schmidt y Hanna 2006).

Durante muchos años se ha buscado el “suplemento o sustituto ideal”. Es así como nos podemos encontrar con investigaciones realizadas el año 1943, por Haydak, donde éste prueba 25 insumos distintos (Anexo 1) para establecer cuál podría ser un suplemento óptimo para ser suministrado a las abejas. En el estudio concluye que las sustancias utilizadas pueden ser separadas en dos grupos principales: un grupo donde los alimentos consumidos por las abejas podrían ser utilizados para su propio desarrollo y para la producción de nuevas generaciones y un segundo grupo, donde se incluyen los alimentos que no dieron resultados satisfactorios ya que no ayudaban a la producción de nuevas generaciones.

Dentro del grupo número uno, se encuentran, entre otros, el “pan de abeja” (polen almacenado en celdas dentro de la colmena, cubierto de miel y almacenado en condiciones anaeróbicas (Gilliam 1979)), la levadura en polvo, el huevo deshidratado y la harina de soya. Además se notó en este grupo un menor porcentaje de mortalidad al compararlo con los productos del grupo número dos.

En un posterior estudio de Haydak (1959), éste sugiere que el mejor resultado como sustituto de polen lo obtuvo con la mezcla de: levadura de cerveza en polvo, harina de soya, huevo entero seco y leche descremada en polvo. Al analizar los datos obtenidos por él, se observa también que, dependiendo de los resultados que se quiera obtener (aumento de ovipostura, engorda de alguna parte del cuerpo en particular, menor mortalidad, etc.), dependerá el alimento que se debe entregar (levadura de cerveza en polvo, huevo entero deshidratado, harina de soya, etc.).

Como se mencionó anteriormente, dos de los sustitutos o suplementos más utilizados como fuente proteica, son la levadura de cerveza y el huevo deshidratado. Además, y para el caso de este estudio, se dará a conocer las propiedades de la quínoa, también como fuente proteica.

3.3.1. Levadura de Cerveza

Reconocido es que el polen es la mayor fuente de proteína para las abejas, y la sustancia que mejor lo imita en la nutrición, obtenible fácilmente en el mercado, es la levadura de cerveza (Mussen 2006)². Este producto es palatable para las abejas y contiene la calidad y cantidad de proteínas y aminoácidos, lípidos, vitaminas y minerales requeridos para el crecimiento y desarrollo de estos insectos y para la reproducción de la colonia (Standifer y col 1973). La levadura de cerveza contiene proteínas, lípidos y glúcidos, aunque lo que la hace especial es ser una de las mayores fuentes de vitaminas del grupo B (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B12, PP). Además contiene vitamina E y minerales como: el Se, fósforo (P), Fe y Mg (Mendianta y Picado 2002).

3.3.2. Huevo deshidratado

Uno de los alimentos de mayor consumo en el mundo es el huevo, especialmente el de gallina (*Gallus domesticus*), ya que además de su calidad nutritiva, principalmente proteínica, es un producto de gran disponibilidad y bajo costo (Sotelo y González 2000). El huevo de gallina es una fuente muy rica de nutrientes esenciales, compuesto por ácidos grasos, hierro, fósforo, trazas minerales y vitaminas (A, B6, B12, D, E y K), además de proteínas (Gélvez y

col 2009), que se encuentran principalmente en la clara, aunque también en un alto porcentaje en la yema (Stadelman y Cotterill 1995). El alto nivel de colesterol, también es importante considerarlo ya que, para las abejas, es de gran importancia su consumo para el crecimiento y desarrollo de las larvas (Herbert y col 1979, Behmer y Nes 2003).

El huevo en polvo ha sido utilizado en varios estudios como suplemento para abejas, utilizándolo en forma de huevo entero o sólo utilizando parte de él, como yema o clara en polvo (Haydak 1943), llegando a tener muy buenos resultados debido a su alto contenido proteico.

3.3.2. Quínoa

La quínoa (*Chenopodium quinoa*) (Anexo 2) es una Quenopodiácea, planta característica de las regiones andinas más frías (Fontúrbel 2003)⁶ de países como Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina y Chile (Reinaudi y col 2002), aunque también se puede encontrar en la zona central y sur de nuestro país, en alturas inferiores a los 300 m.s.n.m. (Lamborot y col 1999).

El alto valor nutritivo de la semilla de quínoa se debe tanto a su composición química, como a la cantidad y calidad de sus proteínas, que fluctúa entre un 12 y 22% (Rivera 2006). Su contenido proteico es mayor respecto a otros cereales como son el maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*) o arroz (*Oryza sativa*) con 9,4%, 8,9% y 8,6%, respectivamente (Berti y col 1996). La importancia de las proteínas de la quínoa se debe a la calidad de las mismas (Jacobsen y col 2003). Es rico en aminoácidos esenciales tales como: histidina, isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina y especialmente lisina (Berti y col 1996, Gajardo 2005, Rivera 2006). La composición de aminoácidos esenciales es parecida a la composición aminoacídica de la caseína, la proteína de la leche.

El grano de la quínoa tiene casi todos los minerales en un nivel superior a los cereales. Su contenido de hierro es dos veces más alto que el del trigo, tres veces más alto que el del arroz y, al compararlo con una leguminosa, llega casi al mismo nivel que el poroto (*Phaseolus vulgaris*) (Romo y col 2006). Además contiene altos niveles de P, K y Ca. Este último se encuentra en la misma concentración que en la leche descremada, mientras que el fósforo es cuatro veces más concentrado que el de ésta (Rivera 2006). La quínoa supera a los cereales en el contenido de las vitaminas B2, C, E y A, (Rivera 2006, Silva 2006) mientras el contenido de B3 es menor (Romo y col 2006). También contiene ácidos grasos esenciales como los ácidos grasos insaturados, destacando su alto contenido de ácido linoléico (50- 56%) y oleico (22-24%), y moderado de linolénico (5-7%) (Rivera 2006).

3.3.2.1. Harina de Quínoa cruda: Es el producto resultante de la molienda de la quínoa perlada, su finura dependerá del número de malla que se use en la molienda. Antes de la molienda, el grano debe pasar por una limpieza para eliminar impurezas, tales como polvo, residuos vegetales, partículas extrañas, entre otros (Gajardo 2005). Luego el grano debe ser acondicionado, en caso sea necesario, para que tenga la humedad adecuada para la molienda, esto es 14% como máximo. En el caso de la harina de quínoa cruda, el acondicionado se efectúa mediante un secado (Meyhuay 2000)⁷. Al realizar este procedimiento para obtener la

⁶ Fontúrbel F. 2003. Problemática de la producción y comercialización de *Chenopodium quinoa* W. (Chenopodiaceae), debida a la presencia de las saponinas. Disponible el día 3 de enero, 2008, en: <http://cabierta.uchile.cl/revista/21/articulos/pdf/paper6.pdf>

harina, se logra también disminuir la actividad de agua de la misma (Gajardo 2005). Esta disminución es beneficiosa en cuanto al contenido de microorganismos, puesto que permite retardar el deterioro microbiológico (Braverman y Berk 1980). Los microorganismos no se multiplican por debajo de una actividad de agua de 0,60 y la harina de quínoa, mediante el secado, llega a tener una actividad de agua de 0,51 (Gajardo 2005).

3.3.2.2. Harina de Quínoa tostada: Es el producto resultante de la quinua perlada tostada sometido a un proceso de molienda. Al igual que la harina de quínoa cruda, debe pasar por las etapas antes descritas (limpieza, acondicionado y molienda), con la diferencia que, para obtener la harina tostada, ésta se acondiciona para extraer la humedad, mediante un tostado (Meyhuay 2000)⁷.

Los procesos que utilizan calor seco, como el tostado, pueden disminuir notablemente la disponibilidad de lisina, que es termolábil y además puede reaccionar con otros componentes del grano (Reacción de Maillard, por ejemplo) disminuyendo su biodisponibilidad (Meyhuay 2000)⁷. En general se observa que en el proceso de tostado de los cereales, se ven disminuidas las cantidades de aminoácidos, siendo los más afectados, los aminoácidos esenciales, como la metionina, cisteína, lisina, valina, arginina y treonina (2002).

3.3.3. Formas de entrega de suplementos alimenticios

Para entregar un suplemento nutricional a las abejas, primero hay que definir cuál es el propósito de la suplementación (Somerville 2005). Saber si se quiere estimular a las abejas a trabajar y a la reina a incentivar la oviposición, si simplemente se quiere mantener con vida a la colonia, si se quieren preparar para el invierno, etc. Según esto se le entregará sólo algún suplemento energético (azúcar en forma seca, jarabe de algún tipo) o un suplemento con contenido proteico y lipídico.

Existen diversas maneras de entregar un suplemento nutricional (Doull 1968, Somerville 2005). Al entregar un alimento en polvo es posible entregar éste en un tambor común para todo el apiario, dejándolo a una distancia más o menos equivalente desde cualquier colmena, o entregarlo al interior de cada colmena, por medio de un alimentador de marco que ocupará el lugar de un marco dentro de la misma (Somerville 2005). La principal ventaja de entregar un alimento seco en un tambor común, es la facilidad en el manejo de la colmena y el ahorro de tiempo al no tener que manipular las colmenas de forma individual. Sin embargo, tiene la desventaja que probablemente las abejas que se encuentran en mejores condiciones aprovechan mayormente el alimento entregado y compiten así con las abejas que no se encuentran en óptimas condiciones (Somerville 2005). Además de esto, hay que tener cuidado aislando el barril de la lluvia y de la humedad en exceso, ya que podría estropear el alimento. El segundo método tiene como ventaja el control más individual de cada colmena, entregándole la cantidad necesaria a cada una y disminuyendo los costos por pérdida de alimento. Por tratarse de una entrega individual, también puede significar una desventaja, producto del mayor trabajo y tiempo de dedicación para entregar el suplemento.

Para suplementos líquidos, también existen varias opciones, entre ellas el uso de un alimentador de marco, el uso de barriles abiertos, dispuestos para una gran cantidad de

⁷ Meyhuay M. 2000. Capítulo XI Quinoa: tareas de post cosecha. Disponible el día 11 de diciembre, 2009, en: <http://www.fao.org/inpho/content/compand/text/ch11.htm>

cajones, el uso de botellas plásticas invertidas, con agujeros de un tamaño adecuado según la velocidad a la cual se quiere entregar el suplemento, el uso de bandejas colocadas sobre los marcos al interior de la colmena, etc. Cada una de estas posibilidades tiene como ventaja el hecho de mantener el alimento cerca de la colmena, significando menos trabajo para las abejas el tener que recolectarlo. En el caso del jarabe entregado dentro de la colmena, se favorece el poder mantener una temperatura adecuada, que otorga una mejor textura el jarabe (Somerville 2005).

La forma que hoy en día se utiliza en muchos apiarios del mundo, para entregar un suplemento nutricional, es el “calugón” (Doull 1968, Somerville 2005, Mussen 2006²), una pasta semisólida, de una textura blanda, que se obtiene mediante la mezcla de uno o varios insumos en polvo, mezclándolos con agua y/o jarabe. Este calugón ha demostrado ser muy comestible para las abejas y es bueno ubicarlo dentro de cada colmena sobre los cabezales de los marcos de cría (Zaytoon y col 1988, Mussen 2006²). Hay que tener cuidado con la consistencia y la humedad ya que podría secarse fácilmente, disminuyendo el atractivo para las abejas (Somerville 2005). Muchos apicultores prefieren el uso del jarabe de fructosa, como componente líquido de la mezcla, ya que retiene mayor humedad en el calugón, permitiendo que ésta se mantenga con la consistencia deseada por más tiempo, que cuando se utiliza otro tipo de jarabe (Mussen 2006)².

En Chile existen pocos trabajos publicados en relación al uso de una alimentación suplementaria para abejas *Apis mellifera*. El principal estudio fue realizado por Avilez y Araneda 2007, quienes buscaron la estimulación de la puesta en abejas por medio del uso de cinco suplementos alimenticios entregados en época invernal (junio y julio). Otros estudios han sido realizados por estudiantes de la Universidad Austral de Chile, como tesis de pregrado, donde también se ha comparado el uso de suplementos a base de harina de lupino y de soya principalmente. Ninguno de estos trabajos consideraron una alimentación otoñal, sino, de invierno.

3.4. HIPÓTESIS

La entrega de suplemento nutricional con aportes de proteínas y lípidos de origen vegetal, contribuye a disminuir las pérdidas de colonias de abejas *Apis mellifera* L. en época de invernada en la región de la Araucanía.

3.5. OBJETIVO GENERAL

Determinar y analizar cómo influye la entrega de un suplemento nutricional en época de otoño a abejas *Apis mellifera* L., establecer qué efectos tiene en las pérdidas de colonias y sobre la dinámica de ovipositura de la reina.

3.6. OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar cómo influye un suplemento nutricional dado a abejas *Apis mellifera* L, evaluado a través de indicadores como la mortalidad invernal de colmenas, el área de cría de las colmenas, los niveles corporales de proteínas, materia grasa y materia seca de las abejas obreras y el peso de la colmena.

4.1. DURACIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

El estudio se realizó entre los días 25 de marzo y 3 de septiembre de 2008, correspondiendo a 8 semanas de alimentación entre marzo y mayo, y observaciones, mediciones y obtención de muestras, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Se llevó a cabo en la zona de Chivilcán, ciudad de Temuco, Región de la Araucanía, Chile (Anexo 3).

Latitud: - 38.42 ° ; Longitud: - 72.35 ° ; Altitud: 132 m.s.n.m.

4.2. MATERIAL BIOLÓGICO. Familias de *Apis mellifera* L, obtención.

Las abejas (*Apis mellifera* L) seleccionadas para ser utilizadas en el estudio, fueron obtenidas a partir de colmenas existentes en un apiario de la empresa APIZUR S.A., ubicadas en el sector de Gorbea, Región de la Araucanía, Chile. En ese lugar se capturaron las reinas de 25 familias, las que fueron encerradas cada una en una jaula, selladas en la base con una pequeña porción de alimento en base a harina de quínoa cruda, jarabe de fructosa y agua, y ubicadas en el marco de un nuclero con tres marcos (con una lámina de cera cada uno) y dos alimentadores de marco (uno con jarabe de fructosa y otro con agua, respectivamente). Posteriormente, se obtuvo aproximadamente un kilo de abejas obreras de las familias antes mencionadas, las cuales fueron encerradas junto a su reina en el nuclero establecido. Cada uno de los nucleros fue rotulado con una letra designada desde la A hasta la Z (omitiendo las letras CH, LL, Ñ y W del alfabeto español) y los marcos en su interior, también con la letra correspondiente. Las piqueras de cada nuclero fueron tapadas con un pedazo de espuma plástica (moltopren) para evitar la salida de abejas de las mismas. Después de tres días de encierro y acostumbramiento, las esponjas fueron retiradas, permitiendo la salida de las abejas obreras de los nucleros. Se abrieron los cajones para observarlas en su interior y ver si las reinas de cada familia habían sido liberadas. De las 25 familias obtenidas en un principio, sólo se seleccionaron 15 para la realización del estudio.

Antes del traslado se realizó el tratamiento contra *Nosema spp*, con jarabe de fructosa mezclado con Fumagilin-B®⁸(antibiótico: bicyclohexylammonium fumagillin) en dosis semanales (1,25 g/Lt), por tres semanas. Al inicio del estudio se realizó un análisis microscópico, según metodología de Cornejo y Rossi (1975), para medir la carga presente de *Nosema* antes de tratamiento, obteniendo un 100% de las muestras negativas.

4.3. TRASLADO Y ESTABILIZACIÓN DE NUCLEROS

El día 10 de marzo de 2008, después de seis días de haber formado las nuevas familias, las piqueras de los 15 nucleros seleccionados fueron nuevamente tapados con un pedazo de espuma plástica (moltopren) para ser trasladados al lugar donde se llevaría a cabo el ensayo. Cuando se llegó al Centro Canino Chivilcán, ubicado en la ciudad de Temuco, se ubicaron

⁸Fumagilin-B®: Elaborado por Medivet Pharmaceuticals Ltd. Canada.

cinco nucleros en cada caballete, elegidos completamente al azar, y no se destaparon las piqueras hasta el día siguiente. Una vez liberadas, se alimentaron a las abejas con 2 litros de jarabe de fructosa con Promotor-L® (Anexo 4) durante 3 semanas, una vez por semana, para su estabilización. Con el crecimiento de la colmena, se logró quitar un alimentador de marco de cada nuclero, para reemplazarlo por un marco nuevo con alambres. Después del período de acostumbamiento sólo se lograron estabilizar 13 nucleros, los que formaron parte del lote experimental del presente estudio.

4.4. DESARROLLO DEL ENSAYO

Se utilizaron 13 colonias de *Apis mellifera*, dispuestas en núcleos tipo Langstroth, de 4 marcos y un alimentador de marco cada uno. Cada vez que se trabajaba con las colmenas, se contó con un traje apícola completo, utilizando además un ahumador, en el cual se ocupó como combustible material vegetal, corteza y hoja de *Eucaliptus spp*, y una palanca para manipular directamente los cajones.

El área donde se realizó el estudio era una superficie plana, de 2500 m², rodeada por un bosque de *Eucaliptus globulus*. En la zona pueden encontrarse también otras especies vegetales, como boldo (*Peumus boldus*), diente de león (*Taraxacum officinale*), trébol (*Trifolium spp*) y ulex (*Ulex europaeus*). Los cajones estaban con sus piqueras dirigidas hacia el Sureste. Las tres repeticiones correspondientes a cada tratamiento experimental, fueron dispuestas sobre un caballete de madera, de 40 cm de alto.

4.4.1. Suplementos alimenticios

Durante tres semanas previas al inicio del ensayo, se elaboraron distintos tipos de alimentos sugeridos como suplementos alimenticios para ver cuáles tenían mayor aceptación por parte de las abejas, según ingredientes usados y consistencia obtenida. Las abejas utilizadas para este fin fueron algunas colmenas elegidas al azar, ubicadas en el Centro Canino Chivilcán, Temuco. Con estos trabajos preliminares se pudo definir cuáles serían los insumos y la cantidad de éstos a utilizar en el ensayo, observándose que se requería de un mínimo de un 2% de polen en la mezcla para que las abejas consumieran el suplemento. Se logró establecer cuáles serían los suplementos que ocuparía el estudio.

A continuación se indican las características nutricionales de cada uno de los insumos utilizados para elaborar los suplementos alimenticios.

4.4.1.1. Jarabe de fructosa⁹: Las características nutricionales del jarabe de fructosa fueron las siguientes: por porción de 100 g.: proteína total 0,029%, grasa 0%, energía 428 Kcal., carbohidratos disponibles 77%.

4.4.1.2. Complejo vitamínico bioestimulante¹⁰: Detalle de la composición en Anexo 4.

4.4.1.3. Huevo entero deshidratado¹¹: Las características nutricionales del huevo deshidratado fueron las siguientes: proteína total 43 %, grasa 37 %, fibra 0,1 %, cenizas 8 %, extracto libre de Nitrógeno 7 %, humedad 8 %, minerales 1,96 mg/Kg.

⁹ Jarabe de Fructosa 55®: elaborado por IDAL S.A., Santiago, Chile.

¹⁰ Promotor-L®: elaborado por Laboratorios Sidwell SRL, Argentina.

4.4.1.4. Polen¹²: Las características nutricionales del Polen utilizado fueron las siguientes: proteína total 29,4%, extracto etéreo 5,11%, ceniza total 3,78%, Fierro 433,8 mg/kg, Fósforo 0,6%, Potasio 0,675%. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición, Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile.

4.4.1.5. Levadura de cerveza¹³: Las características nutricionales de la levadura de cerveza utilizada fueron las siguientes: proteína total 43 %, carbohidratos 40 %, fibra 3 %, humedad 8%, cenizas 3 %, 652,65 mg/Kg.

4.4.1.6. Aceite de raps¹⁴: Las características nutricionales del aceite de raps utilizado fueron las siguientes: por 100 ml: energía 830,1 Kcal., proteínas 0,0 g., grasa total 92,2 g., carbohidratos disponibles 0,0.

4.4.1.7. Azúcar¹⁵: Las características nutricionales del azúcar blanca granulada utilizado fueron las siguientes: por 100 g.: energía 400 Kcal., proteínas y grasas 0 g., carbohidratos disponibles 99,8 g., Sodio $\leq$ 1 mg.

4.4.1.8. Harina de quínoa cruda¹⁶: Las características nutricionales de la Harina de quínoa cruda utilizada fueron las siguientes: ceniza total 2,23%, proteína total 15,86%, extracto etéreo 6,32%. Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición, Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile.

4.4.1.9. Harina de quínoa tostada¹⁷: Las características nutricionales de la Harina de quínoa tostada utilizada fueron las siguientes: ceniza total 2,02%, proteína total 13,97%, extracto etéreo 7,67%. Elaborado por Pablo Jara Valdivia, análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición, Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile.

4.4.1.10. Propóleo¹⁸: Obtenido de colmenas ubicadas en Cabildo, V región, Chile. (Anexo 5).

4.4.2. Diseño experimental

Se usó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos. El primer tratamiento contó con cinco repeticiones y los otros dos tratamientos, con cuatro repeticiones cada uno, correspondiendo a una colmena cada repetición.

4.4.3. Descripción y administración de los tratamientos

La forma más eficiente y económica de entregar un suplemento alimenticio, es en forma de calugón (Doull 1968, Mussen 2006²), ubicando el mismo dentro del cajón, sobre los cabezales de los marcos de la zona de cría (Doull 1974, Somerville y Collins 2007). Al entregarlo de esta forma, es más fácil regular la cantidad deseada según los requerimientos de las colonias (Somerville 2000) y se ha demostrado que, al ubicarlo más cerca de la zona de cría, aumenta su consumo de un 20% a un 35% (Zaytoon y col 1988).

¹¹ Huevo entero deshidratado: elaborado por DESPRO CHILE S.A., Santiago, Chile.

¹² Polen: obtenido de colmenas de la empresa APIZUR S.A., Chile.

¹³ Levadura de cerveza: elaborado por DESPRO CHILE S.A., Santiago, Chile.

¹⁴ Aceite de raps: elaborado por OLEOTOP S.A., Temuco, Chile.

¹⁵ Azúcar granulada: elaborado por IANSA, Santiago, Chile.

¹⁶ Harina de quínoa cruda: elaborado por AGROGEN, Temuco, Chile.

¹⁷ Harina de quínoa tostada: elaborada por Pablo Jara Valdivia, Chile.

¹⁸ Propóleo: obtenido de colmenas de APIZUR S.A., Chile.

- *Tratamiento 1:* Grupo Suplementado Crudo (T1), constituida por los cajones L, E, U, G y X. Alimentado con una parte líquida, compuesta por jarabe de fructosa con Promotor-L®, y una parte sólida (calugón), compuesta por harina de quínoa cruda, huevo entero deshidratado, polen, levadura de cerveza, aceite de raps, propóleo 50% y azúcar granulada, administrado a cada colmena del grupo cada 7 días aproximadamente (dependiendo de las condiciones climáticas), durante 2 meses, completando 8 dosis en total, de 120 g. de mezcla sólida y 1300 ml. de mezcla líquida, cada uno (Anexos 6, 7 y 8).
- *Tratamiento 2:* Grupo Suplementado Tostado (T2), constituida por los cajones A, Y, H y Q. Alimentado con una parte líquida, compuesta por jarabe de fructosa con Promotor-L®, y una parte sólida (calugón), compuesta por harina de quínoa tostada, huevo entero deshidratado, polen, levadura de cerveza, aceite de raps, propóleo 50% y azúcar granulada, administrado a cada colmena del grupo cada 7 días aproximadamente (dependiendo de las condiciones climáticas), durante 2 meses, completando 8 dosis en total, de 120 g. de mezcla sólida y 1300 ml. de mezcla líquida, cada uno (Anexos 6, 7 y 8).
- *Tratamiento 3:* Grupo Control (T3), constituido por los cajones B, N, R y J. Alimentado con una mezcla de jarabe de fructosa con Promotor-L®, administrado a cada colmena del grupo cada 7 días aproximadamente (dependiendo de las condiciones climáticas), durante 2 meses, completando 8 dosis en total, de 1300 ml cada uno (Anexo 7).

Para realizar la entrega de los distintos suplementos alimenticios, éstos se preparaban en la mañana del día en que se alimentaban y en la tarde se repartían a cada colmena según correspondiera a cada tratamiento. Los calugones confeccionados eran dispuestos sobre papel mantequilla para facilitar su manipulación al momento de entrega a las colmenas, donde era ubicado en los cabezales de los marcos de la zona de cría. El jarabe entregado también era mezclado con anterioridad con el Promotor-L® para luego administrar la cantidad indicada para cada tratamiento en un alimentador de marco que se encontraba en el interior de cada nuclero.

4.4.4. Obtención y análisis de muestras de abejas

Durante el período experimental se obtuvieron muestras de abejas de cada tratamiento en dos oportunidades, contando para esto con 13 envases de plástico con tapa, de 100 cc. cada uno. Las muestras se obtuvieron de todos los nucleros existentes previo al período de suplementación (20 de marzo, 2008) y al finalizar el ensayo (03 de septiembre, 2008). Cada vez se obtuvieron abejas de los marcos externos (aproximadamente 250-300 abejas), ubicando previamente a la reina para no perderla dentro de una muestra, tratando de llenar al máximo la capacidad del envase. Luego de la obtención de las abejas vivas, se guardaban en un freezer a -20°C , donde se les daba muerte por frío. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Fitoquímica del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, de la Universidad Austral de

Chile. De cada grupo muestreado se obtuvo el análisis de proteínas (según método oficial 984.13 de la AOAC, modificado para equipo MicroKjeldahl Gerhardt 1996), materia grasa (según método oficial 920.39 de la AOAC 1996) y materia seca corporal (según método oficial 930.15 de la AOAC 1996).

4.4.5. Parámetros evaluados

Para poder identificar el alimento más eficaz, han sido utilizados en la bibliografía consultada diversos parámetros, entre ellos: consumo del alimento (Nabors 1996, Avilez y Araneda 2007), desarrollo y peso de las colonias (Silva 1997), área de ovipostura (Avilez y Araneda 2007, Somerville y Collins 2007), producción de jalea real y desarrollo de las glándulas hipofaríngeas (Azevedo y Nogueira 1998), longevidad de abejas obreras (Cremonez 2001), análisis de proteínas y lípidos corporales de las abejas (Álvarez 2002), producción de miel (Avilez y Araneda 2007), infestación del ácaro *Varroa jacobsonii* (García y col 1986) y capacidad inmunológica y proporción de proteínas en la hemolinfa de las abejas (Cremonez 2001).

Para evaluar el impacto de la administración de los suplementos alimenticios en este ensayo, los parámetros utilizados fueron los siguientes:

4.4.5.1. Mortalidad: A lo largo del estudio se fueron muriendo algunas familias, por lo que se registró cada una de estas pérdidas y al finalizar el ensayo se midió la mortalidad por tratamiento, contabilizando cada una de las colmenas eliminadas.

4.4.5.2. Área de cría: Para medir el área de cría de cada colmena, midiendo con esto la ovipostura de las reinas, se obtuvieron fotografías de cada marco (por cada lado) donde se consideró como área de cría, toda celdilla donde se encontrara una abeja en cualquiera de sus estados de desarrollo (huevo, larva, pupa). Las fotos fueron obtenidas con una cámara digital, marca Olympus, cada 10 días aproximadamente (dependiendo de las condiciones climáticas). Para obtener todas las fotografías a una misma distancia, se creó un atril de sujeción de marcos (“apiscopio”), donde se ubicaba el marco a fotografiar en un extremo y la cámara, sobre una plataforma, en el otro extremo (Anexo 9). Las fotos fueron descargadas en un computador donde se ordenaron por fecha de obtención y tratamiento, para luego ingresarlas a un programa computacional de geografía (Mapinfo Profesional 6.0.), donde se pudo medir el área de cría en cm^2 (Anexo 10). Posteriormente se calculó la equivalencia de una celdilla en cm^2 para obtener la cantidad de celdillas ocupadas con abejas en estado de desarrollo (Anexo 11).

4.4.5.3. Alimento consumido: Cada vez que se administraba una nueva dosis de tratamiento, a cada colmena, se retiraba y pesaba el alimento sobrante de la vez anterior. Éste era pesado en una balanza digital Soehnle (grado de sensibilidad: 1g.), calculando así la cantidad de alimento consumido cada semana. Con esto se espera medir indirectamente la palatabilidad de los respectivos suplementos.

4.4.5.4. Análisis corporales de abejas: Con las muestras obtenidas como se señaló en el punto 4.4.4., se logró comparar los distintos niveles de materia grasa y proteínas corporales de

los distintos grupos de abejas, como también la materia seca corporal de cada muestra (Anexos 12, 13 y 14).

4.4.5.5. **Peso colmena:** El peso de cada una de las colmenas fue obtenido en seis oportunidades, contando para esto con una balanza electrónica Canton 305-LCD (grado de sensibilidad: 5 g). Al momento de pesar las colmenas, no contenían alimento suplementario en su interior. Cada vez se descontó el peso del cajón de madera, el peso de los marcos y del alimentador existente en su interior, por lo que el peso final obtenido consistía en el peso de las abejas más el alimento almacenado por ellas (néctar y polen) en cada marco.

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar los datos obtenidos, se utilizaron los procedimientos Univariate Freq y Mixed del programa estadístico SAS 9.1 (SAS 2003). Los datos obtenidos estaban agrupados en las variables área de cría, consumo de suplemento sólido (calugón) y peso de la colmena, realizándose con ellos inicialmente un análisis estadístico descriptivo y un test de normalidad (Shapiro-Wilk), dicho test de normalidad se verificó posteriormente sobre los residuales obtenidos de la aplicación del modelo de análisis de varianza, el cual consistió en la aplicación de un modelo mixto de medidas repetidas. Para aquellas variables en las cuales el efecto Grupo resultase significativo, se dispuso de la realización de comparaciones de medias utilizando las medias mínimo cuadráticas y contraste de Scheffe.

El modelo de análisis de medidas repetidas aplicado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{GRUPO}_i + \text{SEMANA}_j + \text{colmena}(\text{GRUPO})_{k(i)} + \text{GRUPO} * \text{SEMANA}_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk}	: Representa las variables dependientes peso de la colmena, área de cría y consumo de suplemento sólido.
GRUPO_i	: Es el efecto fijo del i-ésimo grupo de alimentación.
SEMANA_j	: Es el efecto fijo de la j-ésima semana de ensayo.
$\text{Colmena}(\text{GRUPO})_{k(i)}$	: Es el efecto aleatorio de la k-ésima colmena anidada dentro del i-ésimo grupo de alimentación.
$\text{GRUPO} * \text{SEMANA}_{ij}$	: Es la interacción entre el i-ésimo grupo de alimentación en la j-ésima semana.
e_{ijk}	: Corresponde al residual del modelo.

Este modelo se realizó para los análisis relacionados al área de cría, alimento consumido y peso de colmenas. Para los análisis de mortalidad, debido al bajo número de muestras, se realizó un test de Chi cuadrado y posteriormente un test exacto de Fischer. Para los resultados obtenidos de los análisis corporales, sólo se describen las mismas, comparando los resultados entre sí.

5. RESULTADOS

5.1. MORTALIDAD

Considerando los cajones al inicio del estudio (T1: n=5; T2: n=4; T3: n=4) y los cajones sobrevivientes al finalizar el mismo (T1: n=4; T2: n=1; T3: n=3) (Anexo 15), se estableció que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) entre los grupos Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3) (Tabla 2). Después de realizar el test exacto de Fischer entre los grupos, también se estableció que no existió una diferencia estadísticamente significativa entre ellos ($P>0,05$) (Tabla 3).

Tabla 2. Resultado del valor de P para el análisis de mortalidad de cajones con el Test de Chi cuadrado para los grupos T1, T2 y T3. Ciudad de Temuco, Región de la Araucanía. 2008.

Grupos	Estadístico	Valor de P
T1, T2, T3	Chi cuadrado	0,1937

Tabla 3. Resultado del valor de P al analizar las diferencias de mortalidad de cajones entre los grupos T1 y T2, T1 y T3, y T2 y T3 con el Test Exacto de Fischer. Ciudad de Temuco, Región de la Araucanía. 2008.

Test exacto de Fischer	
Grupos	Valor de P
T1 y T2	0,1587
T1 y T3	0,5556
T2 y T3	0,2286

5.2. ÁREA DE CRÍA

Considerando todos los cajones utilizados en el estudio, se estableció que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3), en relación al área de cría de las colmenas ($P>0,05$). Sí se puede observar una diferencia estadísticamente significativa al comparar el efecto Semana relacionado a la superficie de cría ($P<0,05$) (Tabla 4). Todos los grupos mostraron una tendencia a disminuir el área de cría a medida que fueron transcurriendo las semanas y, con ello, disminuyendo las temperaturas (Figura 1, Anexo 16).

Tabla 4. Resultados de valores de P relacionados al área de cría, obtenidos al comparar efecto Grupo, Semana y Grupo*Semana de los grupos T1, T2 y T3. Ciudad de Temuco, Región de la

Araucanía. 2008.

Efecto	Valor P
Grupo	0,8614
Semana	<0,0001
Grupo * semana	0,4528

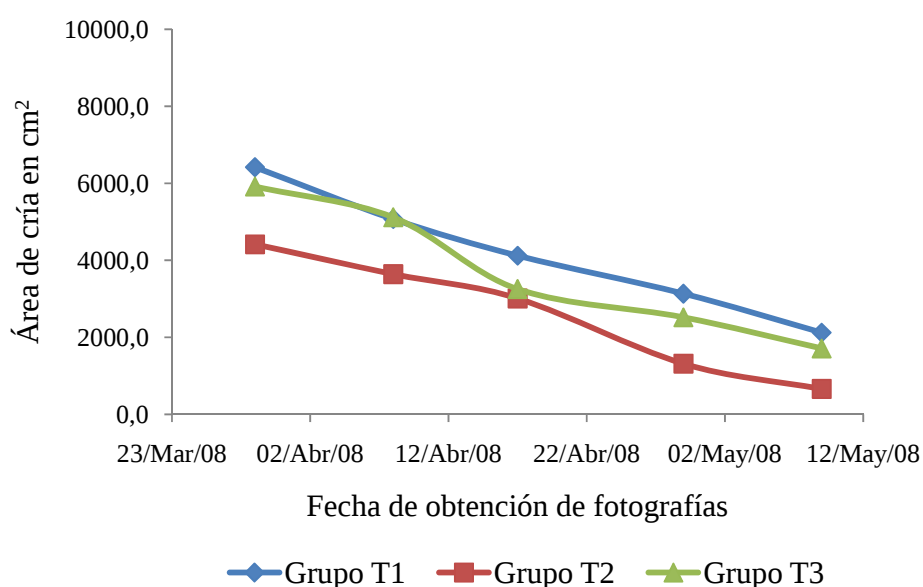


Figura 1. Dinámica de ovipostura de las reinas (cm²) de los grupos Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3). Se presenta la sumatoria de las áreas de cría de cada tratamiento, por fecha, calculadas mediante el uso de fotografías obtenidas en los meses de marzo, abril y mayo de 2008, en Temuco, Región de la Araucanía.

5.3. ALIMENTO CONSUMIDO

Al medir el consumo semanal de cada suplemento entregado (Anexo 17 y 18), sólo se realizó el análisis estadístico para los grupos Suplementado crudo (T1) y Suplementado tostado (T2). El grupo Control (T3) no se incluyó en estos análisis debido a que no existió ninguna variabilidad en su consumo (Figura 2, Anexo 17). Se pudo observar un mayor consumo del calugón confeccionado con harina de quínoa cruda (Figura 3), que, al analizar el efecto Grupo, Semana y Grupo*Semana, no resultó mostrar diferencia estadísticamente significativa ($P > 0,05$), en los resultados (Tabla 5).

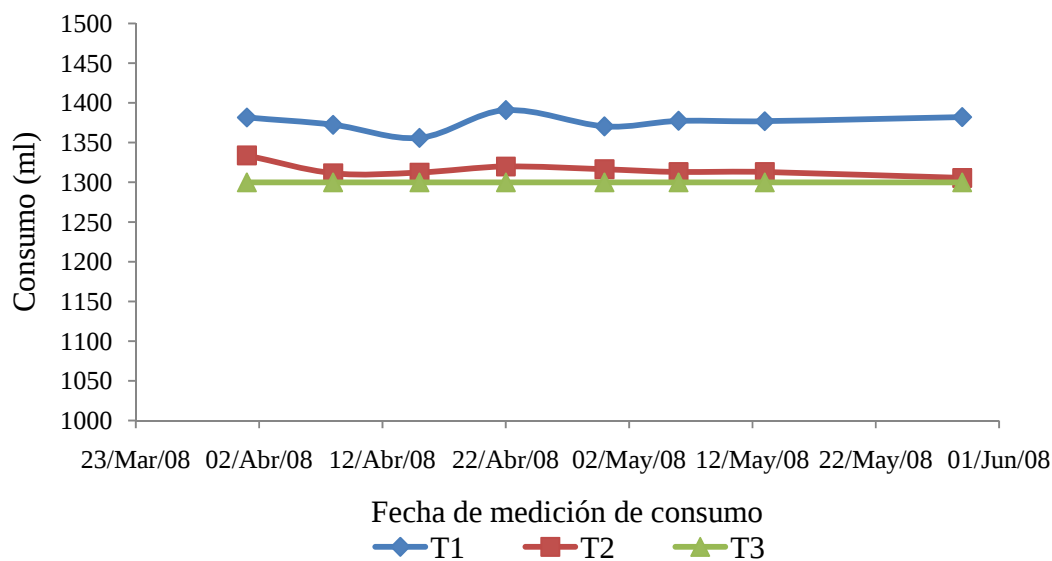


Figura 2. Promedio del consumo semanal (ml) de suplementos nutricionales entregados a los grupos Suplementado Crudo (T1, n=5), Suplementado tostado (T2, n=4) y Control (T3, n=4), medidos en los meses de abril, mayo y junio de 2008, en Temuco, Región de la Araucanía.

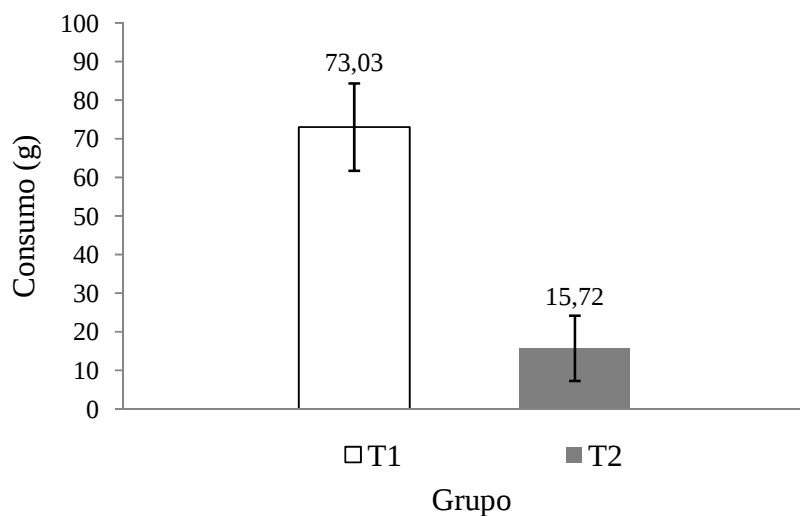


Figura 3. Promedio $\pm$ DE del consumo (g) de calugones entregados como suplemento nutricional a los grupos Suplementado crudo (T1, n=5) y Suplementado tostado (T2, n=4), durante los meses de marzo, abril y mayo de 2008, en Temuco, Región de la Araucanía.

Tabla 5. Resultados de valores de P obtenidos según el consumo de los calugones entregados a los grupos Suplementado crudo (T1) y Suplementado tostado (T2), al comparar efecto Grupo, Semana y Grupo*Semana. Ciudad de Temuco, Región de la Araucanía. 2008.

Efecto	Valor P
Grupo	0,0051
Semana	0,0935
Grupo * semana	0,4277

5.4. ANÁLISIS CORPORALES DE ABEJAS

Debido a que en la fecha de la segunda toma de muestra, el grupo Suplementado tostado (T2) sólo contaba con un cajón (Anexo 15), se consideró que el resultado obtenido no sería representativo del grupo estudiado por lo que se decidió no incluir dicho grupo en los análisis indicados a continuación.

5.4.1. Análisis de proteínas corporales, como proteína total (PT)

Al comparar los porcentajes de proteína total (PT) corporal de las abejas de cada grupo analizado, se pudo observar que el grupo Suplementado crudo (T1) aumentó el porcentaje de PT, a diferencia del grupo Control (T3), quien disminuyó los niveles de PT (Figura 4).

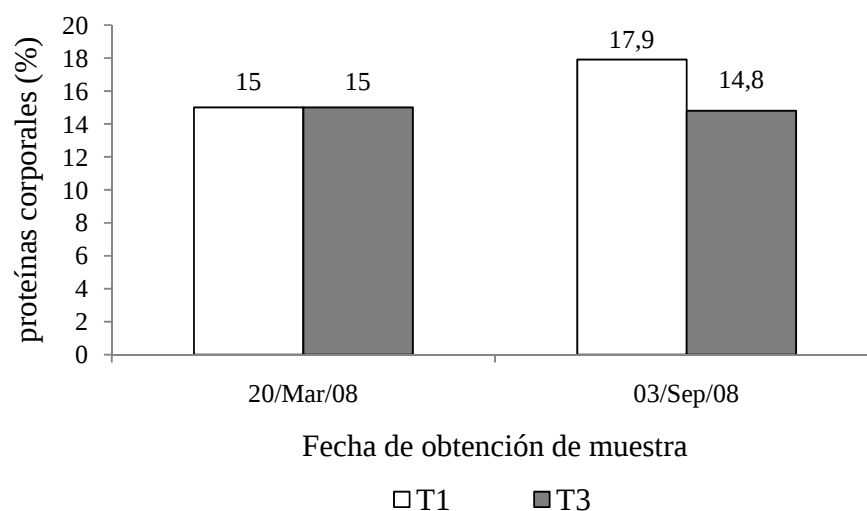


Figura 4. Concentración de proteínas corporales (%) de los grupos Suplementado Crudo (T1) y Control (T3), en muestras obtenidas el 20 de marzo y el 3 de septiembre de 2008, en Temuco, Región de la Araucanía.

5.4.2. Análisis de lípidos corporales, como materia grasa (MG)

En relación a la materia grasa (MG) corporal de las abejas de los grupos Suplementado crudo (T1) y Control (T3), se observó en los análisis obtenidos, una disminución del porcentaje de MG en ambos grupos, siendo mayor esta pérdida en el grupo T3. (Figura 5).

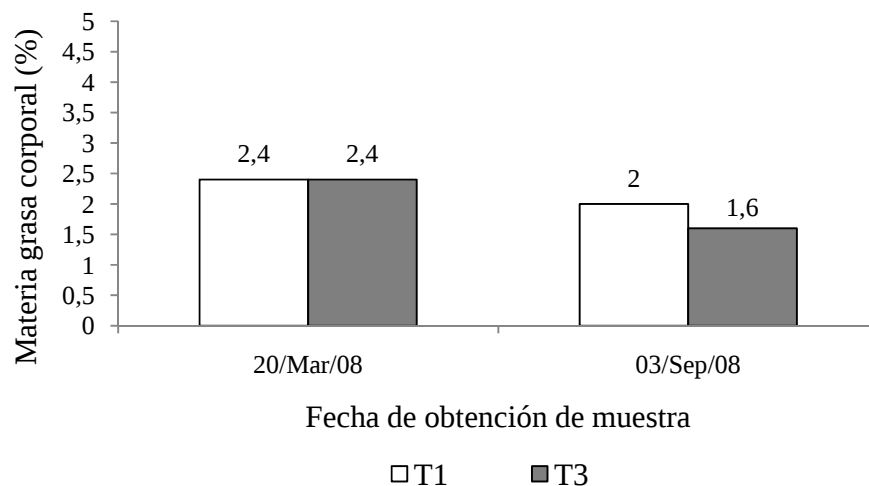


Figura 5. Concentración de materia grasa corporal (%) de los grupos Suplementado crudo (T1) y Control (T3), en muestras obtenidas el 20 de marzo y el 3 de septiembre de 2008, en Temuco, Región de la Araucanía.

5.4.3. Análisis de materia seca corporal (MS)

Al comparar los datos obtenidos de los análisis de materia seca (MS) corporal de los grupos Suplementado crudo (T1) y Control (T3), se observó disminución de la misma en ambos grupos, siendo muy similar el porcentaje de pérdida en los dos grupos (Figura 6).

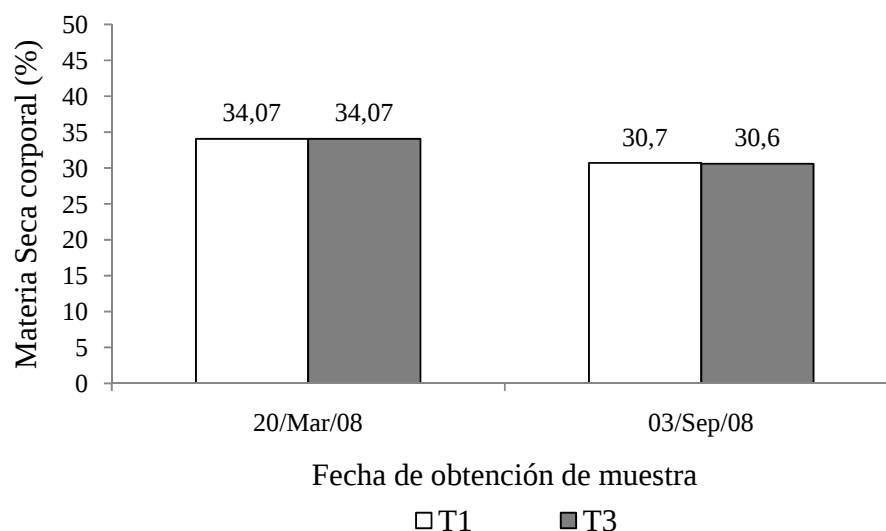


Figura 6. Concentración de materia seca corporal (%) de los grupos Suplementado crudo (T1) y Control (T3) en muestras obtenidas el 20 de marzo y el 3 de septiembre de 2008, en Temuco, Región de la Araucanía.

5.5. PESO DE COLMENAS

Tomando en consideración los pesos de todos los cajones utilizados en el estudio (Anexo 19), y realizando un análisis del efecto Grupo, Semana y Grupo*Semana, se estableció que no hubo diferencia estadísticamente significativa ($P > 0,05$) entre los pesos de los grupos Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3) en relación al efecto Grupo y Grupo*Semana, pero sí hubo una diferencia estadísticamente significativa al analizar el efecto Semana por sí solo ($P < 0,005$) (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de valores de P relacionado al peso de las colmenas de los grupos Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3), obtenidos al comparar efecto Grupo, Semana y Grupo*Semana. Ciudad de Temuco, Región de la Araucanía. 2008.

Efecto	Valor P
Grupo	0,1232
Semana	<0,0001
Grupo * semana	0,0655

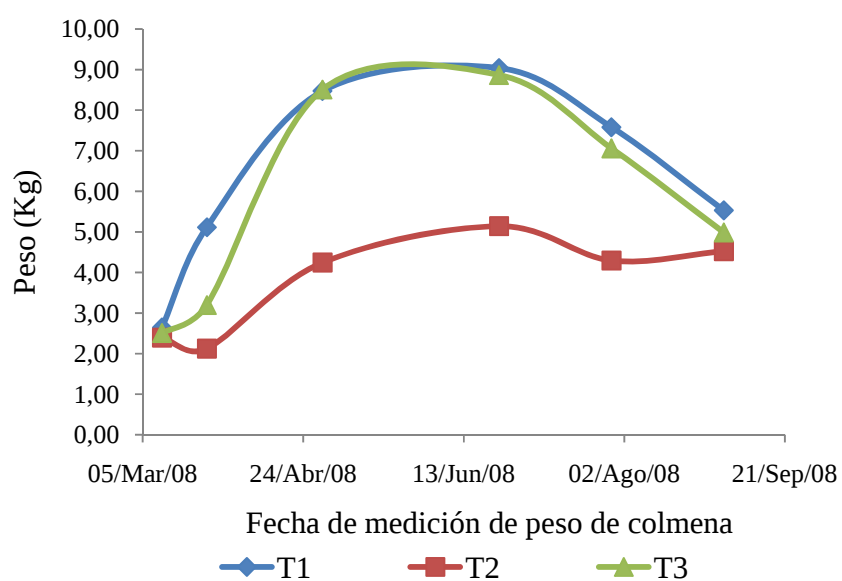


Figura 7. Promedio de peso de las colmenas de los grupos Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3), medidos en los meses de marzo, abril, junio, julio y septiembre de 2008, en Temuco, Región de la Araucanía.

6. DISCUSIÓN

6.1. MORTALIDAD DE COLMENAS

Durante el periodo experimental se perdió en total un 38,5% de los cajones considerados dentro de este estudio. Si bien pudieron haber influido diversos factores en estas pérdidas (temperaturas bajas, temporales de viento y lluvia, presencia de la polilla de la cera), se pudo observar que, en los cajones perdidos, las abejas estaban muertas en posición de inanición (con la cabeza introducida en la celdilla) (Anexo 20). El grupo que sufrió mayor mortalidad fue el Suplementado tostado (T2). Los cajones pertenecientes a este grupo consumieron la totalidad del jarabe de fructosa entregada, pero no así del calugón entregado, lo que significó que no hubo consumo de los diversos nutrientes contenidos en éste, entre ellos, la proteína. Hay que considerar también que en el proceso de tostado de la harina de quínoa, según Pizanni (2002), hay una pérdida de calidad y cantidad de la proteína, debido a una disminución de aminoácidos, por lo que, además de haber sido bajo el consumo de proteína, la proteína ingerida no fue de una muy buena calidad. Aún así, la mortalidad de este grupo (3 colmenas de 4) tal vez podría deberse a otros factores además de la inanición, ya que el grupo Control (T3), que sólo recibió jarabe de fructosa, no tuvo este impacto en la mortalidad. En el presente estudio sólo se descartó la ausencia de Varroosis y Nosemosis pero no se realizaron estudios relacionados a la presencia de otros organismos patógenos (amebiasis, acariosis interna, entre otros) que, si bien tampoco se observó características de alguna anomalía en las abejas de dichos cajones, no debieran descartarse, pudiendo esto haber inferido en la sobrevivencia de las colmenas afectadas. También podría considerarse como posibilidad que el proceso de tostado de la harina de quínoa, produzca algún compuesto nocivo para las abejas. Para corroborar esta posibilidad, sería interesante realizar estudios más específicos al respecto.

Las colmenas del grupo T2 siempre mostraron un crecimiento menor al de las colmenas de los tratamientos T1 y T3, el área de cría de las colmenas (figura 1) y el peso promedio (figura 7), se mostró siempre más bajo que las colmenas de los otros dos tratamientos mencionados. Según García (2009)¹⁹, también hay que tener cuidado con las reinas, ya que una reina deficiente puede significar un retraso en el desarrollo de las colonias y, si no se realiza un cambio artificial, es probable que la colonia se enferme y se pierda. El mismo autor señala que por no controlar efectivamente los colmenares, el productor puede encontrarse con cambios otoñales naturales tardíos, que provocarán que las reinas no se fecunden y las colonias se tornen zanganeras.

Con los resultados obtenidos en este ensayo, sólo se pudo comprobar que la mortalidad obtenida no se debió a las diferencias entre tratamientos si no que debieron influir otros factores como las anteriormente descritas. El hecho de no obtener diferencias estadísticamente significativas, se pudo deber a que se trabajó con un tamaño muestral demasiado pequeño para

¹⁹ García N. 2009. Una invernada exitosa. Disponible el 28 de marzo, 2010, en: <http://apicultura.entupc.com/nuestrarevista/nueva/notas/invernada.htm>

realizar las comparaciones debidas, por lo que se recomienda trabajar con un tamaño muestral más grande (más de 5 colmenas por tratamiento) en caso de repetir este ensayo.

6.2. ÁREA DE CRÍA

Al comparar el área de cría de los distintos tratamientos (T1, T2 y T3) no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos (Tabla 4). Este resultado puede deberse a que, si bien el suplemento entregado al tratamiento T3 era un 95% de jarabe de fructosa, hay que recordar que también contenía un 5% de Promotor-L®, que suplementó, en menor cantidad que los calugones de los tratamientos T1 y T2, con un porcentaje de proteínas y vitaminas importantes de considerar. Este motivo podría ser la razón por la cual los resultados obtenidos en este estudio, difieren de los resultados obtenidos por Avni y col. (2009), quienes concluyen que a pesar de existir un alto consumo de una alimentación suplementaria consistente únicamente en carbohidratos, éste no puede sostener la cría durante un período de escaso ingreso de polen. Estos mismos autores señalan que, colonias alimentadas con suplementos de polen, mantienen por lo general niveles más altos de ovipostura que aquellos alimentados sólo con carbohidratos.

Se debe recordar que las abejas, durante el período que duró este estudio, tuvieron acceso a la recolección de néctar y polen del ambiente donde estaban insertas (Anexo 21). Este aspecto tiene relevancia ya que Herbert y Shimanuki (1979), en un estudio de primavera utilizando suplementos de polen y jarabe de azúcar, no obtuvieron diferencias significativas debido a la existencia paralela de la floración de diversas plantas desde donde las colonias pudieron recolectar polen y néctar natural de forma simultánea. Este mismo hecho también fue reportado por Skowronek (1979), quien indicó que “buenas condiciones” proveían el polen y néctar necesarios para los requerimientos de una colonia, y una alimentación suplementaria no generaría diferencias ante estas condiciones. Lo contrario ocurriría durante “condiciones pobres”, cuando el polen y néctar natural no fueran alternativas existentes. En este último caso, la provisión artificial de un jarabe de azúcar o suplemento de polen sí ayudaría a estimular el desarrollo de la colmena.

Si bien las condiciones climáticas durante el período experimental de este estudio, no fueron las óptimas, debido a las temperaturas y precipitaciones de la zona (Anexo 16), igual hubo posibilidad de recolectar polen y néctar existentes en el ambiente (Anexo 21).

En el presente estudio se pudo observar una diferencia entre el área de cría al inicio del estudio y al finalizar éste. Hubo una disminución de la ovipostura que fue general para todos los grupos, a medida que fue pasando el tiempo (Figura 1) y, con ello, bajando la temperatura ambiental. Estos resultados son esperables ya que con la aproximación del invierno, las reinas de las colmenas tienden a disminuir la ovipostura (Palacio 2009)²⁰, llegando generalmente a su total detención, para así disminuir la energía utilizadas para la mantención de cría (García 2009)¹⁹. Con esto se logra reducir la necesidad de consumo de alimento de la totalidad de la colmena y permitir un mayor almacenamiento de alimento para la invernada, logrando una mayor sobrevivencia de las abejas invernales.

²⁰ Palacio MA. 2009. Alimentación natural. Disponible el 23 de Marzo, 2010, en: <http://www.senasa.gov.ar/Archivos/File/File2960-mat-act-san-apicola.pdf>

El alimento entregado en este estudio contenía aproximadamente un 17% de proteína y además de eso las abejas contaron con la proteína obtenida del exterior, mediante el polen recolectado. En estudios realizados por Herbert y col (1977), donde se alimentaron abejas con 50, 30, 23, 10 y 5% de proteínas, midiendo la cantidad de postura, la mayor cantidad de cría obtenida fue con el grupo de abejas alimentadas con un 23% de proteínas (si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$)), seguido por el grupo alimentado con un 30% y luego con un 10% de proteínas. Además, según estudios de Cook y Wilkinson (1986), es necesaria la entrega de un suplemento de polen en conjunto con un jarabe de azúcar (como se realizó en los grupos T1 y T2 del presente estudio) para estimular la ovipostura, ya que se ha comprobado que ninguno de los dos suplementos entregados por sí solos será tan efectivo como ambos en conjunto (Somerville y Collins 2007), dado el efecto sinérgico logrado.

6.3. ALIMENTO CONSUMIDO

A lo largo del estudio se pudo observar que la parte líquida del suplemento entregado fue consumida en su totalidad por todos los tratamientos (Anexo 17), como también se puede observar en estudios de Chandel y Kumar (2000). Por lo mismo, la discusión se centrará en la diferencia observada del consumo de los grupos T1 y T2.

Si bien no se obtuvo una diferencia significativa en relación al consumo de cada calugón, sí estuvo muy cercano a serlo ($P= 0,0051$), observándose un mayor consumo del calugón entregado al grupo T1 (figura 3), que tenía como ingrediente diferente al grupo T2, la harina de quínoa cruda (en el calugón del grupo T2 se utilizó harina de quínoa tostada). El hecho de no haber obtenido una diferencia estadísticamente significativa entre ambos tratamientos, se pudo deber al tamaño muestral, que fue sólo de cinco núcleos en el grupo T1 y cuatro en el grupo T2. El menor consumo del tratamiento T2, pudo deberse a una menor palatabilidad del calugón con quínoa tostada. Además, como se mencionó anteriormente, al realizar el proceso de tostado de la harina, se pierde gran cantidad de las propiedades proteicas de la misma, disminuyendo la calidad de los aminoácidos entregados (Pizanni 2002).

La aceptación del calugón con harina de quínoa cruda, difiere de los resultados obtenidos por Avilez y Araneda (2007), donde las abejas que fueron alimentadas con harina de quínoa cruda mezclada con miel y azúcar, no consumieron el alimento entregado. Esta diferencia de consumo podría deberse a que el calugón entregado en este estudio, se elaboró también con un porcentaje de polen, que actúa como fagoestimulante (Robinson and Nation 1968, Shimanuki y Herbert 1985, Somerville 2005, Schmidt y Hanna 2006), además de otros insumos, como la levadura de cerveza, huevo entero deshidratado y fructosa, cuyo consumo ya ha sido comprobado en estudios realizados por Haydak (1943) y Somerville (2000), entre otros. Otro factor importante de considerar en el consumo del calugón entregado, es que contenía un porcentaje de proteína bruta sobre el 15%, valor que estaría dentro de los porcentajes esperados (entre un 10% y un 30% de proteína bruta) para que un suplemento alimenticio sea consumido en mayor cantidad por las abejas (Somerville 2005).

Según estudios de Avni y col (2009), también es importante considerar el tamaño de la superficie del calugón entregado, así como el grosor del mismo, ya que, si el calugón entregado cubre una superficie más grande, más amplia, será consumido en mayor cantidad y más rápido, contribuyendo además a obtener colonias más fuertes. Este factor no fue considerado en el presente estudio, entregándose calugones que tenían una superficie aproximada de 12 x 12 x 1,5 cm., mientras que los calugones entregados en el estudio de Avni y col. (2009), tenían un área de superficie de 10 x 10 x 2 cm el más pequeño y 20 x 20 x 0,58 cm., el de mayor extensión, siendo esta última la más consumida.

Según recomendaciones de Somerville y Collins (2007), lo ideal sería entregar un total de 50 g de calugón por marco de abejas por mes, lo cual significaría, para este estudio, considerando que cada cajón contaba con 3 a 4 marcos con abejas, la entrega de 50 g por cajón por semana. En este punto es importante observar y medir la cantidad de consumo de cada cajón, ya que pueden existir abejas que consuman más que otras (Somerville 2000), dependiendo de la cantidad de cría y del ingreso adicional que tenga cada cajón de polen y néctar externo. Si una colmena requiere de mayor cantidad de suplemento, podría considerarse la entrega de un calugón de mayor tamaño. En el presente estudio, hubo cajones que, si bien les hubiese sido suficiente un calugón de 50 g por semana, hubo otros que probablemente hubiesen podido consumir más de los 120 g entregados, dado el consumo medido (Anexo 18).

Hay que considerar que en el estudio de Somerville y Collins (2007) la alimentación suplementaria es entregada durante los meses de invierno, cuando la manipulación de las colmenas debe ser mínima, por lo que una alimentación mensual debe ser considerada. En este estudio, la suplementación fue durante los meses de otoño y bajo condiciones climáticas más favorables que el invierno (Anexo 16), por lo que se pudo intervenir de forma semanal.

De repetirse este ensayo, se recomienda mantener un grupo control con una alimentación basada sólo en jarabe de azúcar (sin componente agregado) para así observar la diferencias entre éste y un alimento suplementario.

6.4. ANÁLISIS CORPORALES DE ABEJAS

Debido a que al final del estudio sólo hubo un cajón vivo del tratamiento Suplementado tostado (T2), los resultados obtenidos de dicho grupo no fueron representativos para este tratamiento. Por lo antes mencionado es que se realizará la discusión sólo para los tratamientos Suplementado crudo (T1) y Control (T3).

6.4.1. Proteína bruta (PB)

Al inicio del estudio (20 de marzo de 2008) se puede observar que ambos grupos (T1 y T3) comenzaron con el mismo porcentaje de PB (15%) (Figura 4), que es mayor que el PB descrito en estudios de Haydak (1943). Al finalizar el estudio (03 de septiembre de 2008) se observó que el grupo T1 (17,9%) contenía un mayor porcentaje de PB que el grupo T3 (14,8%) (Figura 4). Ambos resultados son mayores a los obtenidos en estudios de Haydak (1943), quien indica un porcentaje corporal de PB de un 10,5% en el grupo control y de un 13,4%, como porcentaje máximo de PB encontrado en abejas alimentadas sólo con yema de

huevo mezclado con miel. Los resultados obtenidos del presente estudio pueden ser debidos a que éste fue realizado en un ambiente externo, donde las abejas, además del suplemento entregado, tuvieron acceso a la recolección natural de polen del ambiente donde se encontraban. Esto significó que, aparte de la proteína entregada en los suplementos nutricionales, también pudieron consumir la proteína obtenida del polen recolectado, aumentando así la cantidad de proteínas disponibles para su digestión. El hecho que el grupo T1 haya aumentado su porcentaje de PB, a diferencia del grupo T3, quien lo disminuyó, puede deberse a una mayor ingesta de proteínas a través del suplemento entregado al primer grupo nombrado.

La importancia de tener un alto porcentaje de proteínas corporales de las abejas durante el invierno, radica en que éstas conformarán las reservas corporales de las abejas invernantes y, a su vez, determinarán la vida media de dichas abejas y el arranque de la colonia en la salida de la invernada (Palacio 2009)²⁰. Las proteínas de reserva de las abejas invernantes serán utilizadas para la cría en la salida del invierno. Asimismo es importante considerar que el porcentaje de proteína corporal es también un indicador del estado inmunológico de las abejas, al reflejarse en él el estado de la hemolinfa del insecto (Fluri y col 1982).

6.4.2. Materia grasa (MG)

En los análisis realizados en este estudio, se pudo observar una disminución del porcentaje de MG en ambos grupos (Suplementado crudo (T1) y Control (T3)) (Figura 5). La pérdida fue levemente mayor en el grupo T3, diferencia que podría adjudicarse a la entrega de suplemento nutricional del grupo T1, quien, con este suplemento, recibiría un mayor porcentaje de lípidos y proteínas en su alimentación. Es importante considerar la diferencia de entrega de proteínas en ambos grupos ya que, según Macicka (1987), los alimentos proteicos favorecen una mayor deposición de grasa y un mayor tejido adiposo en las abejas. Esto también tiene sentido al pensar en el estudio de Shimanuki y Herbert (1985), donde se indica que en la mayoría de los insectos el nivel de ácidos grasos está más relacionado con la alimentación que con la genética de éstos.

La diferencia observada entre la primera muestra (obtenida el 20 de marzo de 2008) y la segunda (obtenida el 03 de septiembre de 2008), coincide con la explicación entregada por Chapman (1998), donde el autor indica que, cuando existe un invierno difícil para las colmenas, es de esperar que éstas rápidamente utilicen sus alimentos de reserva y una vez que el alimento haya sido consumido, las abejas ocuparán sus reservas corporales, siendo los lípidos los primeros en serlo. Shuel y Dixon (1986) también indican que las reservas lipídicas serán consumidas principalmente con la finalidad de ocuparlas como fuente de energía para producir calor, lo cual tiene gran importancia si las condiciones climáticas son adversas, como ocurre en el invierno en la zona donde se realizó el presente estudio (Anexo 16). Estos últimos datos explicarían la disminución de la MG observada en los grupos T1 y T3 de este estudio.

6.4.3. Materia seca (MS)

Al comparar los valores obtenidos en los análisis de MS corporal en las abejas utilizadas en este estudio, se puede observar una disminución del porcentaje al comparar los valores al inicio del estudio (MS=34,07% en los grupos T1 y T3) con aquellos obtenidos al

finalizar el mismo (Figura 6). Entre ambos grupos analizados, los resultados son muy similares al final del estudio (tratamiento T1= 30,07% MS y tratamiento T3= 30,06% MS). Esta disminución es menor a aquella obtenida por Pezzi (1999), quien, si bien obtuvo un porcentaje de 40,38% al inicio de su estudio en abejas alimentadas con harina de soya y azúcar granulada, finalizó con un valor de 25,78%, en el mismo tratamiento, con muestras obtenidas en agosto. La disminución de MS corporal de las abejas, según Fluri y col (1987) empieza a disminuir paulatinamente desde comienzos del invierno, lo que explicaría la disminución observada entre la primera y la segunda muestra obtenidas para este estudio.

6.5. PESO DE LAS COLMENAS

Como se pudo observar en los resultados obtenidos (Tabla 6), no existió diferencia significativa al comparar el efecto Grupo y Grupo*Semana. Sin embargo, se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa al analizar el efecto Semana por sí solo. Al observar los pesos se nota un aumento en los primeros meses de estudio, mientras le fue entregado el suplemento nutricional a las colmenas. Luego, al detener la entrega de suplementos, el peso comenzó a disminuir hasta llegar al final del período de experimentación (Figura 7). Esto coincide con los resultados descritos por Seeley (1995^a), quien relata sobre la gran variabilidad del peso de una colmena producto del ingreso de néctar a la misma, entre una semana y otra, a lo largo de un año. Para comprobar estas diferencias se realizó un estudio donde se registró el peso de una colmena de forma semanal, durante 3 años. Los resultados obtenidos, revelan que hubo presencia de néctar suficientemente abundante para la ganancia de peso de la colmena sólo durante 10 semanas cada año, y que durante el restante de semanas, la colonia perdía peso de forma gradual a medida que utilizaba y disminuían sus reservas de polen y néctar. Estas 10 semanas de ganancia ocurrían en meses de mayor floración. Con lo antes descrito se explicaría tanto el aumento de peso debido a la entrega de suplemento alimenticio, como la pérdida de peso al finalizar la misma.

Además de lo anteriormente descrito, hay que considerar que el presente estudio fue realizado en los meses de otoño-invierno, lo cual significó una disminución paulatina de la temperatura ambiental a medida que se acercaba el final del experimento. Esta disminución de temperatura lleva a una detención en el crecimiento de la colonia (García 2009)¹⁹, manteniendo entonces una población menor pero a la vez más estable durante el invierno.

Según Seeley (1995^a), también es importante considerar la hora del día en que se mide el peso de la colmena, siendo lo óptimo, pesarlo al anochecer, cuando ya las abejas estén todas dentro de la colmena, con el néctar ingresado durante el día. En el presente estudio se realizaron las mediciones en la madrugada de cada día indicado, antes de que las abejas salieran de sus colmenas, obteniendo iguales resultados.

6.6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, y según las condiciones en que se realizó este estudio, se concluye que:

- No existen diferencias en la mortalidad de los distintos tratamientos, por lo que no se podría adjudicar a la suplementación entregada, la mortalidad observada.
- La entrega de un suplemento nutricional, con las características de los tratamientos utilizados en este estudio, no mostró efecto sobre el área de cría de las colmenas, las concentraciones corporales de proteínas, materia grasa y materia seca de las abejas obreras, ni tampoco sobre el peso de las colmenas.
- Existe una diferencia importante de considerar entre el consumo de un suplemento nutricional elaborado con harina de quínoa cruda y harina de quínoa tostada, siendo esta última poco aceptada por las abejas.
- En relación a los insumos utilizados para elaborar un suplemento nutricional, es fundamental considerar el uso de polen para aumentar la palatabilidad del mismo.

7. REFERENCIAS

- Álvarez CE. 2002. Suplementación proteica en abejas, alimentadas con harina de lupino y harina de soya. *Tesis de grado*, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile, Chile.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 1996. Animal Feed. In: AOAC (ed). *Official methods of analysis of AOAC international*. 16th ed. AOAC International, Gaithersburg, USA, Pp 4.1-4.38.
- Avilez JP, X Araneda. 2007. Estimulación de la puesta en abejas (*Apis mellifera*). *Arch Zootec* 56, 885-893.
- Avni D, A Dag, S Shafir. 2009. The effect of surface area of pollen patties fed to honey bee (*Apis mellifera*) colonies on their consumption, brood production and honey yields. *Bee World* 48, 23-28.
- Azevedo-Benitez ALG, RH Nogueira-Couto. 1998. Estudo de algumas dietas artificiais visando à produção de geléia real em colônias de *Apis mellifera*. *Encontro sobre abelhas* 3, Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Brasil, Pp 227- 230.
- Bazurro CJ, H Harriet, G Toscano, J Gardiol. 1996. Características principales y comportamiento de algunos jarabes de maíz utilizados en la apicultura como reservas invernales de la colmena. *V Congreso Ibero Latinoamericano de Apicultura, II Foro Expo-Comercial*, Mercedes, Uruguay, Pp 87-89.
- Behmer ST, WD Nes. 2003. Insect Sterol Nutrition and Physiology: A Global Overview. *Adv In Insect Phys* 31, 1-72.
- Berti M, R Wilckens, F Hevia, H Serri, I Vidal, C Mendez. 1996. Fertilización nitrogenada en quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). *Cien Investiga Agr* 27, 81-90.
- Braverman JBS, Z Berk. 1980. *Introducción a la Bioquímica de Alimentos*. 3^a ed. El Manual Moderno, DF, México.
- Butler CG. 1975. La colonia de las abejas melíferas – historia de su vida. En: Dadant e hijos (eds). *La colmena y la abeja melífera*. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay, Pp 71-114.
- Ceksteryte V, J Racys. 2006. The quality of syrups used for bee feeding before winter and their suitability for bee wintering. *J Apicult Sci* 50, 5-14.

- Chandel YS, A Kumar. 2000. Effect of sugar feeding to *Apis mellifera* L colonies on their performance during maize bloom period. *Pest Manag Econ Zool* 8, 53-56.
- Chapman RF. 1998. Behavior and survival at low temperatures. In: *Insects: structure and function*. 4th Ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK, Pp 517-521.
- Cook VA, PD Wilkinson. 1986. Pollen feeding boosts brood in colonies. *British bee J* 223–226.
- Cornejo L, C Rossi. 1975. Diagnóstico de laboratorio. En: Cornejo L, C Rossi (eds). *Enfermedades de las abejas, su profilaxis y prevención*. 2^a ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, Pp 108-116.
- Crailsheim K. 1990. The protein balance of the honey bee worker. *Apidologie* 21, 417-429.
- Crailsheim K, LH Schneider, N Hrassnigg, G Bühlmann, U Bosch, R Gmeinbauer, B Schöffmann. 1992. Pollen consumption and utilization in worker honeybees (*Apis mellifera carnica*): dependence on individual age and function. *J Insect Physiol* 38, 409-419.
- Crea P. 1993. Sección I – Introducción. En: Crea P (ed). *Propóleo y demás productos de la colmena: manual práctico y clínico*. 2^a Ed. Continente, Buenos Aires, Argentina, Pp 15-32.
- Cremones TM. 2001. Influência da nutrição sobre aspectos da fisiologia e nutrição de abelhas *Apis mellifera*. *Tesis Doctoral*, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil.
- Crespo P. 2007. Desarrollo Poblacional de la Colonia y Requerimientos Nutricionales en el Centro Norte de la Provincia de Buenos Aires. *Revista electrónica de veterinaria* 7, 1-7.
- De Araujo JC, C Echazarreta. 2001. Fuentes de proteína para suplementos de las abejas. *XV Seminario Americano de Apicultura*. Tepic, Nayarit, México, Pp 48-53.
- De Groot AP. 1953. Protein and amino acid requirements of the honeybee (*Apis mellifica* L.), *Physiol Comp Oecol* 3, 197–285.
- Dietz A. 1975. Alimentación de la abeja melífera adulta. En: Dadant e hijos (eds). *La colmena y la abeja melífera*. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay, Pp 173-211.
- Doull KM. 1968. Recent development on pollen supplements. *Apiacta* 2.
- Doull KM. 1974. Pollen Supplements I. Relationships between supplements, pollen and broodrearing. *Apiacta* 4.

- Feldlaufer ML, DA Knox, WR Lusby, H Shimanuki. 1993. Antimicrobial activity of fatty acids against *Bacillus* larvae, the causative agent of American foulbrood disease. *Apidologie* 24, 95-99.
- Fluri P, M Lüscher, H Wille, L Gerig. 1982. Changes in weight of the pharyngeal gland and haemolymph titres of juvenile hormone, protein and vitellogenin in worker honey bees. *J Insect Physiol* 18, 61-68.
- Fluri P, S Bogdanov, J Eder, H Rembold. 1987. Age Dependence of fat body protein in summer and winter bees (*Apis mellifera*). In: Eder J, H Rembold (eds). *Chemistry and biology of social insects*. Peperny, München, Germany, Pp 170-171.
- Gajardo P. 2005. Caracterización y determinación de la estabilidad durante el almacenamiento de las proteínas de harina de quinua orgánica sin pulir y pulida proveniente de la VI región de Chile. *Memoria de título*. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Universidad de Chile.
- García RC, LA Couto, RH Nogueira-Couto, OM Junqueira. 1986. Níveis de proteína, lisina e metionina em rações para colônias de *Apis mellifera* infestadas com *Varroa jacobsonii*. *Ars Veterinaria* 2, 147-151.
- Gélvez VM, F Mendoza, J Delgado. 2009. Efecto del tratamiento con ultrasonido sobre algunas propiedades funcionales de la clara de huevo. *Rev Cient (Maracaibo)* 19, 71-76.
- Gibbons GF, K Islam, RJ Pease. 2000. Mobilisation of triacylglycerol stores. *Biochim Biophys Acta* 1483, 37-57.
- Gilliam M. 1979. Microbiology of pollen and bee bread: The genus bacillus. *Apidologie* 10, 269-274.
- Giron D, J Casas. 2003. Lipogenesis in an adult parasitic wasp. *J Insect Physiol* 49, 141-147.
- Haydak M. 1943. Pollen and pollen substitute in the nutrition of honeybee. *Minnesota Technical Bulletin* 160, May 11.
- Haydak M. 1959. Pollen substitute - Still a controversy?. *Am Bee J* 99.
- Haydak M. 1967. Bee nutrition and pollen substitutes. *Apiacta* 1.
- Herbert Jr E, H Shimanuki, D Canon. 1976. Effects of early and late feeding of wheat diets on honey production. *Am Bee J* 116, 492-494.
- Herbert Jr E, H Shimunaki, D Caron. 1977. Optimum protein level required by honeybees to initiate and maintain brood rearing. *Apidologie* 8, 141-146.

- Herbert Jr E, H Shimanuki. 1979. Brood rearing and honey production by colonies of freeflying honeybees fed whoast, whey-yeast or sugar. *Am Bee J* 199, 833, 835-836.
- Herbert Jr E, JA Svaboda, MJ Thompson, H Shimanuki. 1979. Sterol utilization in honey bees fed a synthetic diet, effects on brood rearing. *J Insect Physiol* 26, 287-289.
- Herbert Jr E, H Shimanuki, B Shasha. 1980. Brood rearing and food consumption by honey bee colonies fed pollen substitutes supplemented with starch-encapsulated pollen extracts. *J Apic Res* 19, 115-118.
- Herbert Jr E. 1992. Honey bee nutrition. In: Graham JM (ed). *The hive and the honey bee*, Dadant and sons, Hamilton, Illinois, USA, Pp 197-233.
- Grassnigg N, R Brodschneider, P Fleischmann, K Crailsheim. 2003. Worker bees (*Apis mellifera* L.) are able to utilize starch as fuel for flight while drones are not. *Standing Commission of Bee Biology*.
- Grassnigg N, K Crailsheim. 2005. Differences in drone and worker physiology in honeybees (*Apis mellifera*), *Apidologie* 36, 255-277.
- Jacobsen SE, A Mujica, R Ortiz. 2003. La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum* 36, 14-24.
- Lamborot L, MA Guerrero, JE Araya. 1999. Lepidópteros asociados al cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) en la zona central de Chile. *Bol San Veg Plagas* 25, 203-209.
- Langridge DF. 1970. A solution to the problem of pollen deficiencies. *Apiacta* 3.
- Lehner Y. 1983. Nutritional considerations in choosing protein and carbohydrate sources for use in pollen substitutes for honeybees. *J Apicult Res* 22, 242-248.
- Lesser R. 2001. Estado actual de la apicultura chilena. En: *Manual de apicultura moderna*, 3^a ed. Universitaria, Santiago, Chile, Pp 21-26.
- Macicka M. 1987. Effect of pollen and substitutes on hypopharyngeal glands, fatty tissue, length of life and content of nitrogen compounds in the fat of bee bodies. *Vedecké Práce Vyzkumneho Ustavu Vcelarskeho v Dole* 9, 137-148.
- Manning R. 2006. Fatty acid composition of pollen and the effects of two dominant fatty acids (linoleic and oleic) in pollen and flour diets on longevity and nutritional composition of honey bees (*Apis mellifera*). *Doctoral Thesis*, School of Biological Sciences and Biotechnology, Murdoch University, Perth, Australia.

- Mattila H, G Otis. 2006. The effects of pollen availability during larval development on the behaviour and physiology of spring-reared honey bee workers. *Apidologie* 37, 533–546.
- Mattila H, G Otis. 2007. Dwindling pollen resources trigger the transition to broodless populations of long-lived honeybees each autumn. *Ecol Entomol* 32, 496–505.
- McNally JB, WF McCaughey, LN Standifer, FE Todd. 1965. Partition of excreted nitrogen from honey bees fed various proteins. *J Nutr* 85, 113-116.
- Mendianta R, A Picado. 2002. Diseño tecnológico de un sistema separador-secador para su utilización en la recuperación de cerveza residual y posterior secado de la levadura sobrante. *Memoria de título*, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.
- Michener CD. 1974. Bees, their development, structure and function. In: *The social behavior of the bees*. Harvard University Press, USA, Pp 3-19.
- Nabors RA. 1996. Using mixtures of different sugars to feed bees. *Am Bee J* 135, 785-786.
- Nation JL. 2002. The major structural regions of the gut. In: Nation JL (ed). *Insect physiology and biochemistry*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, Pp 30-56.
- Otis G, D Wheeler, N Buck, H Mattila. 2004. Storage proteins in winter honey bees. *Apiacta* 38, 352-357.
- Pezzi F. 1999. Efecto del suministro de dos suplementos proteicos en invierno, sobre *Apis mellifera* L. y en la población de *Varroa jacobsonii* Oud. *Memoria de título*, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile, Chile.
- Phillips EF. 1927. The Utilization of carbohydrates by honeybees. *J Agric Res* 35, 385-428.
- Pizanni P. 2002. Determinación de la energía metabolizable verdadera y de la digestibilidad de los aminoácidos de harinas (crudas o tostadas) de granos de *Canavalia ensiformis*, en gallos adultos cecotomizados. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, Universidad Central de Venezuela 43, 70-72.
- Pontes E, P Leite, D Majerowicz, GC Atella, KC Gondim. 2008. Dynamics of lipid accumulation by the fat body of *Rhodnius prolixus*: The involvement of lipophorin binding sites. *J Insect Physiol* 54, 790-797.
- Rashad SE, RL Parker. 1958. Pollen as a limiting factor in brood rearing and honey production during three drought years, 1954, 1955, and 1956. *Trans Kans Acad Sci* 61, 237-248.

- Reinaudi N, H Grégoire, S Szlápelis. 2002. Cultivo de la quinoa *Chenopodium quinoa* Willd, variedad Blanca de Junín en la región pampeana. *IV Encuentro Bromatológico Latinoamericano*, Córdoba, Argentina.
- Rivera M. 2006. Obtención, caracterización estructural y determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa*). *Memoria de título*, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Universidad de Chile, Chile.
- Robinson FA, JL Nation. 1968. Substances that attract caged honeybee colonies to consume pollen supplements and substitutes. *J Apic Res* 7, 83-88.
- Rogala R, B Szymas. 2004. Nutritional value for bees of pollen substitute enriched with synthetic amino acids part II. Biological methods. *J Apicult Sci* 48, 19-29.
- Romo S, A Rosero, CL Forero, E Cerón. 2006. Potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad piartal en los Andes colombianos, primera parte. *Facultad de Ciencias Agropecuarias* 4, 112-125.
- Rubilar 2001. Estudio de diferentes tratamientos alimenticios de estímulo de postura en abejas (*Apis mellifera*) en la IX Región. *Tesis de grado*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Católica de Temuco, Chile.
- SAS. 2003. SAS Versión 9.1 for Windows, SAS Institute Inc. Cary, NC 27513, USA.
- Schmickl T, K Crailsheim. 2004. Inner nest homeostasis in a changing environment with special emphasis on honey bee brood nursing and pollen supply. *Apidologie* 35, 249-263.
- Schmidt JO, SL Buchmann. 1997. Other products of the hive. In: Graham JM (ed). *The hive and the honey bee*. Dadant & Sons, Hamilton, Illinois, USA.
- Schmidt JO, A Hanna. 2006. Chemical Nature of Phagostimulants in Pollen Attractive to Honeybees. *J Insect Behav* 19, 521-532.
- Seeley TD. 1995^a. Worker anatomy and physiology. In: *The wisdom of the hive*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA, Pp 23-27.
- Seeley TD. 1995^b. Food collection and honey production. In: *The wisdom of the hive*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA, Pp 39-45.
- Shimanuki H, E Herbert. 1985. An artificial protein diet for bee colonies. *Proceedings of the XXXth International Congress of Apiculture*. Nagoya, Japan, Pp 347-352.
- Shuel R, S Dixon. 1986. An artificial diet for laboratory rearing of Honeybees. *J Apic Res* 25, 35-43.

- Silva FTA. 1997. Comparação entre pasta de soja (*Glycine max*) e pasta de jatobá (*Hymenaea spp.*) como alimentação suplementar para *Apis mellifera*. *Monografia (Graduação)*. Universidade Federal do Piauí, Teresina, Brasil.
- Silva J. 2006. Obtención, caracterización y relación estructura – funcionalidad de un aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa*) orgánica proveniente de la VI Región de Chile. *Memoria de título*. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile, Chile.
- Skowronek W. 1979. Effect of feeding carbohydrates and proteins on the production of wax by, and development of, honeybee colonies. *Pszczelnictwo Zeszyty Naukowe* 23, 29-42.
- Snodgrass R. 1975. Anatomía de la abeja melífera. En: Dadant e hijos (eds). *La colmena y la abeja melífera*. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay, Pp 115-172.
- Somerville D. 2000. Honey bee nutrition and supplementary feeding. *NSW Agriculture*, Australia, Pp 1-8.
- Somerville D. 2005. Fat bees - Skinny bees. A manual on honey bee nutrition for beekeepers. *Rural Industries Research and Development Corporation*, Australia, Pp 3-84.
- Somerville D, D Collins. 2007. Field trials to test supplementary feeding strategies for commercial honeybees. *Rural Industries Research and Development Corporation*, Australia, Pp 1-51.
- Sotelo A, L González. 2000. Huevo en polvo con bajo contenido de colesterol: características nutricias y sanitarias del producto. *ALAN* 50, 134-141.
- Stace P. 1996. Nutritional requirements of honey bees. In: *Protein content and amino acid profiles of honeybee collected pollens*. Bess 'N Trees Consultants, Lismore, NSW, Australia, Pp 4-12.
- Stadelman W, O Cotterill. 1995. The nutritive value of the egg. In: Stadelman W, O Cotterill (eds). *Egg science and technology*. 4th ed. Food products press, Binghampton, New York, USA, Pp 177-182.
- Standifer LN, CD Owens, MH Haydak, JP Mills, MD Levin. 1973. Supplementary feeding of honeybee colonies in Arizona. *Am Bee J* 113, 298-301.
- Svoboda JA, EW Herbert, MJ Thompson, MF Feldlaufer. 1986. Selective sterol transfer in the honey bee: its significance and relationship to other hymenoptera. *Lipids* 21, 97–101.
- Toth AL, GE Robinson. 2005. Worker nutrition and division of labour in honeybees. *Anim Behav* 69, 427-235.

- Toth AL, S Kantarovich, AF Meisel, GE Robinson. 2005. Nutritional status influences socially regulated foraging ontogeny in honey bees. *J Exp Biol* 208, 4641-4649.
- Turillazzi S, MF Sledge, L Dapporto, M Landi, D Fanelli, L Fondelli, P Zanetti, FR Dani. 2004. Epicuticular lipids and fertility in primitively social wasps (Hymenoptera Stenogastrinae). *Physiol Entomol* 29, 464-471.
- Von Frisch K. 1984. *La vida de las abejas*. 4ª ed. Labor, S.A. Barcelona, España.
- Zaytoon A, M Matsuka, M Sasaky. 1988. Feeding efficiency of pollen substitutes in a honeybee colony: effect of feeding site on royal and queen production. *Appl Ent Zool* 23, 481-487.
- Ziegler R, MM Ibrahim. 2001. Formation of lipid reserves in fat body and eggs of the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti*. *J Insect Physiol* 47, 623-627.
- Ziegler R, R Van Antwerpen. 2006. Lipid uptake by insect oocytes. *Insect Biochem Mol Biol* 36, 264-272.

8. ANEXOS

1. Valor de comidas distintas al polen en la nutrición de la abeja (Haydak 1943).

Table 1. Value of Foods Other Than Pollen in the Nutrition of the Honeybee

Food	Data on bees used in experimental colonies				Data on bees reared by experimental colonies							
	Dry weight of thoraces of bees 6-8 days old, mgms.	N. content of thoraces of bees 6-8 days old, mgms.	Mortality, per cent	Number of sealed cells and larvae before sealing	Dry weight in mgm.				Nitrogen content in mgm.			
					Heads	Thoraces	Abdomen*	Whole	Heads	Thoraces	Abdomen*	Whole
Control	13.2	1.61	17.4	1,439	2.6	9.1	5.0	17.9	0.27	1.08	0.45	1.89
Dried yeast	13.2	1.59	15.47	922	2.4	8.5	4.7	15.6	0.27	1.04	0.47	1.78
Meat scrap	11.5	1.49	18.7	170	2.3	8.2	7.0	17.5	0.27	0.98	0.67	1.92
Cottonseed meal	12.1	1.40	27.8	191	2.4	8.5	5.5	16.4	0.23	0.95	0.52	1.70
Cottonseed meal and dry skim milk	13.5	1.65	28.2	244	2.8	9.3	3.2	16.8	0.28	1.07	0.31	1.90
Soybean flour	13.3	1.61	30.2	248	2.4	9.2	2.7	17.2	0.26	1.09	0.26	1.96
Soybean meal and dry skim milk	12.4	1.49	42.6	351	2.3	7.8	2.8		0.25	0.88	0.23	
Fresh whole milk	12.6	1.48	28.89	376	2.2	8.6	6.8	17.6	0.27	1.01	0.56	1.84
Dry skim milk	12.8	1.46	40.58	336	2.4	7.9	5.4	15.7	0.25	0.94	0.51	1.69
Whole egg	13.1	1.53	31.31	163	2.9	8.0	7.2	18.1	0.29	1.05	0.95	2.29
Egg yolk	13.7	1.59	40.09	169	2.7	9.4	7.6	19.7	0.30	1.16	0.95	2.41
Egg white	13.8	1.56	48.61	17								2.30
Commercial casein	12.4	1.49	49.7	0	Reared from one day to sealed larvae							
Linseed meal	12.3	1.45	18.1	0	Hatched to 2½ days old larvae							
Linseed meal and dry skim milk	12.6	1.57	20.3	0	Hatched to sealed larvae							
Peanut meal	12.2	1.50	28.6	0	Hatched to half a day old larvae							
Soybean meal	13.6	1.60	44.5	0	Hatched to sealed larvae							
Whole oat flour	10.3	1.27	42.0	0	Hatched to 3½ days old larvae							
Whole wheat flour	10.8	1.30	43.6	0	Hatched to 2 days old larvae							
Whole rye flour	11.6	1.31	52.1	0	No brood rearing attempted							
Corn flour	10.1	1.17	44.0	0	No brood rearing attempted							
Pea flour	9.9	1.14	92.9	0	No brood rearing attempted							
Digested tankage	11.9	1.36	43.9	0	Hatched to 2½ days old larvae							
Ground dried blood	11.3	1.41	45.3	0	Hatched to 1½ days old larvae							
Fish meal	10.5	1.26	96.6	0	No brood rearing attempted							

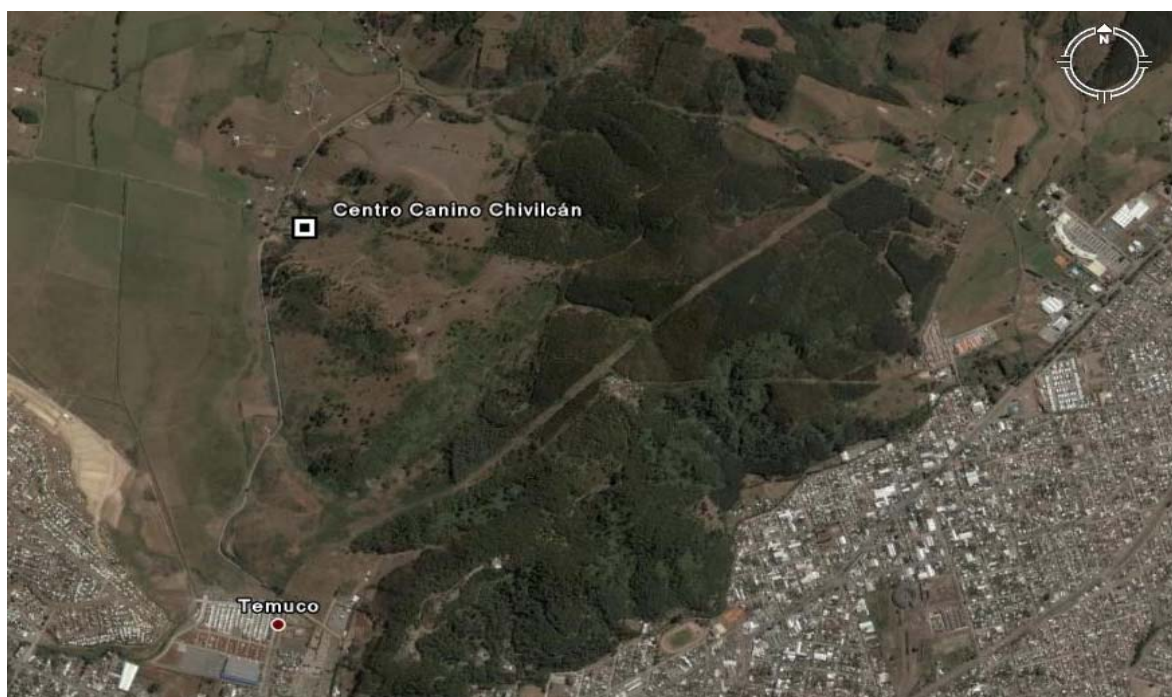
* Intestines were removed from the abdomens before determinations were made.

Anexo 2: Fotografía de *Chenopodium quinoa*²¹



²¹ Fotografía obtenida en <http://andescrop.kvl.dk/crops/index.htm>

Anexo 3: Ubicación de Chivilcán, Región de la Araucanía, Chile.



Anexo 4: Detalle de la composición de Promotor-L®, elaborado por Laboratorios Sidwell SRL, Argentina.

Vitamina A :	10 millones U.I.
Vitamina D3:	2 millones U.I.
Menadiona bisulfito sódico (Vit. K3):	500 mg.
Nicotinamida:	16,25 g.
D-Pantenol:	7,5 g.
Tiamina, clorhidrato (Vit. B1):	1,75 g.
Riboflavina, fosfato sódico (Vit.B2):	2.5 g.
Piridoxina (Vit.B6):	1,125 g.
Vitamina B12 :	1,25 mg.
Pangamato sódico (Vit. B15):	0,5 mg.
Biotina:	1.000 mcg.
Inositol:	2,5 g.
Alanina:	11,5 g.
Arginina:	6,1 g.
Ácido aspártico:	9,5 g.
Cistina:	2,1 g.
Fenilalanina:	5,5 g.
Ácido Glutámico:	21,5 g.
Glicina:	9,6 g.
Histidina:	4,7 g.

Anexo 5. Proceso de obtención del propóleo utilizado en este estudio:

El propóleo utilizado para la formulación de los suplementos nutricionales de este estudio, fue obtenido mediante el uso de mallas ubicadas sobre el último alza de colmenas ubicadas en el apiario de APIZUR S.A. en la zona de Cabildo. Después de 90 días, las mallas fueron retiradas y congeladas por 24 horas. La resina bruta de propóleos que se encontraba en la malla, se retiró congelada, se molió y luego maceró en alcohol 95%, donde se mantuvo por 15 días, batiendo diariamente el macerado. Posteriormente se filtró y se destiló. El producto obtenido fue un extracto blando de propóleos (puro). Luego de una dilución al 50% con alcohol 95% se obtuvo la tintura de propóleos 50% utilizado finalmente en el presente estudio.

Las abejas estaban insertas en un huerto de paltos (*Persea americana*) y limoneros (*Citrus limon*). Era un huerto certificado de producción orgánica. Además se encontraba en sus inmediaciones una vegetación cactácea y bosque nativo con árboles como litre (*Lithraea caustica*), boldo (*Peumus boldus*), peumo (*Cryptocarya alba*) y patagua (*Crinodendron patagua*).

Anexo 6. Insumos utilizados para la formación de suplementos alimenticios entregados a los grupos Suplementado crudo (T1) y Suplementado tostado (T2).

Insumos	T1	T2
Jarabe de fructosa	X	X
Harina de quínoa cruda	X	
Harina de quínoa tostada		X
Polen	X	X
Azúcar granulada	X	X
Levadura de cerveza	X	X
Huevo entero deshidratado	X	X
Aceite de raps	X	X
Propóleos 50%	X	X
Agua	X	X

Anexo 7. Insumos utilizados para la entrega de suplemento líquido a los grupos Suplementado crudo (T1) y Suplementado tostado (T2) y Control (T3).

Insumos	T1	T2	T3
Jarabe de fructosa	X	X	X
Promotor-L®	X	X	X

Anexo 8. Cantidad de insumos ocupados en los tratamientos Suplemento crudo (T1) y Suplemento tostado (T2), expresado en porcentaje.

Insumos	T1 (%)	T2 (%)
Jarabe de fructosa	32	32
Harina de quínoa cruda	21	-
Harina de quínoa tostada	-	21
Polen	4	4
Azúcar granulada	6	6
Levadura de cerveza	17	17
Huevo entero deshidratado	8	8
Aceite de raps	2	2
Propóleos 50%	2	2
Agua	8	8
Total	100	100

Anexo 9. a) “Apiscopio” utilizado para obtener fotografías de los marcos de cada cajón.



b) “Apiscopio”



Anexo 10. a) Foto de marco mostrando el área de cría, sin procesar. Cajón “U”, marco n° 3.



b) Foto de marco mostrando el área de cría, procesado con Mapinfo Pro. 6.0. Cajón “U”, marco n° 3. (Línea rosada marca el límite del área de cría).



c) Foto de marco mostrando el área de cría, sin procesar. Cajón “E”, marco n° 2.



d) Foto de marco mostrando el área de cría, procesado con Mapinfo Pro. 6.0. Cajón “E”, marco n° 2. (Línea rosada marca el límite del área de cría).



e) Foto de marco mostrando el área de cría, sin procesar. Cajón “Q”, marco n° 2’.



f) Foto de marco mostrando el área de cría, procesado con Mapinfo Pro. 6.0. Cajón “Q”, marco n° 2’. (Línea rosada marca el límite del área de cría).



g) Foto de marco mostrando el área de cría, sin procesar. Cajón “A”, marco n° 2’.



h) Foto de marco mostrando el área de cría, procesado con Mapinfo Pro. 6.0. Cajón “A”, marco n° 2’. (Línea rosada marca el límite del área de cría).



i) Foto de marco mostrando el área de cría, sin procesar. Cajón “N”, marco n° 3.



j) Foto de marco mostrando el área de cría, procesado con Mapinfo Pro. 6.0. Cajón “N”, marco n° 3. (Línea rosada marca el límite del área de cría).



k) Foto de marco mostrando el área de cría, sin procesar. Cajón “B”, marco n° 1’.



l) Foto de marco mostrando el área de cría, procesado con Mapinfo Pro. 6.0. Cajón “B”, marco n° 1’. (Línea rosada marca el límite del área de cría).



Anexo 11. Tabla de datos donde se puede observar el área de cría (expresado en cms²) y el equivalente en número de celdillas, de cada colmena correspondientes a los grupos Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3).

Cajón	Grupo	29-marzo-2008		08-abril-2008		17-abril-2008		29-abril-2008		09-mayo-2008	
		Cm2	Celdillas	Cm2	Celdillas	Cm2	Celdillas	Cm2	Celdillas	Cm2	Celdillas
E	T1	1896,5	474,1	1472,4	368,1	1276,8	319,2	967,0	241,7	644,8	161,195
G	T1	1341,2	335,3	1244,5	311,1	915,0	228,8	810,1	202,5	572,2	143,053
L	T1	1203,5	300,9	1029,8	257,5	908,4	227,1	488,3	122,1	338,6	84,66
U	T1	1403,15	350,8	1325,94	331,5	1021,18	255,3	868,36	217,1	569,46	142,365
X	T1	573,3	143,3								
A	T2	1667,01	416,8	1495,04	373,8	1434,21	358,6	997,69	249,4	662,5	165,625
H	T2	1385,66	346,4	1550,5	387,6	1294,75	323,7	319,79	79,9	*	*
Q	T2	684,18	171,0	596,56	149,1	283	70,8	*	*	*	*
Y	T2	679,19	169,8	*	*	*	*	*	*	*	*
B	T3	1733,45	433,4	1873,4	468,4	1345,44	336,4	1227,93	307,0	777,86	194,465
J	T3	892,61	223,2	568,16	142,0	*	*	*	*	*	*
N	T3	1751,35	437,8	1474,14	368,5	1026,81	256,7	781,25	195,3	584,86	146,215
R	T3	1539,43	384,9	1202,19	300,5	881,89	220,5	510,86	127,7	349,17	87,2925

*Cajón eliminado

Anexo 12. Porcentaje de proteínas corporales de las abejas de los grupos Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3), previo a la entrega de suplementos nutricionales (20 de marzo de 2008) y finalizado el período de estudio (03 de septiembre de 2008).

Fecha	T1	T2	T3
20-mar-2008	15	15	15
03-sep-2008	17,9	16,2	14,8

Anexo 13. Porcentaje de materia grasa corporal de las abejas de los grupos Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3), previo a la entrega de suplementos nutricionales (20 de marzo de 2008) y finalizado el período de estudio (03 de septiembre de 2008).

Fecha	T1	T2	T3
20-mar-2008	2,4	2,4	2,4
03-sep-2008	2	2,6	1,6

Anexo 14. Porcentaje de materia seca corporal de las abejas de los grupos Suplementado crudo (T1), Suplementado tostado (T2) y Control (T3), previo a la entrega de suplementos nutricionales (20 de marzo de 2008) y finalizado el período de estudio (03 de septiembre de 2008).

Fecha	T1	T2	T3
20-mar-2008	34,07	34,07	34,07
03-sep-2008	30,7	30,5	30,6

Anexo 15. Detalle de los cajones al inicio y al final del período de estudio, por tratamiento (Suplementado crudo: T1, Suplementado tostado: T2 y Control: T3).

Tratamiento	cajones inicio	cajones final	cantidad inicial	cantidad final	cantidad eliminada
T1	L,X,E,U,G	L,E,U,G	5	4	1
T2	Y,Q,H,A	A	4	1	3
T3	R,J,B,N	R,B,N	4	3	1
Total			13	8	5

Anexo 16. Datos meteorológicos obtenidos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), Región de la Araucanía, indicando: promedio de humedad relativa, expresado en porcentaje (HR%); promedio de temperatura, expresado en grados Celsius (T °C); y precipitación total mensual, expresada en milímetros (Pp (mm)), durante los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre de 2008. Temuco, Región de la Araucanía, Chile.

Mes	HR %	T °C	Pp (mm)
Marzo	71,88	15,77	42,30
Abril	81,79	11,17	82,40
Mayo	88,14	9,37	285,90
Junio	88,26	8,22	138,80
Julio	86,80	8,81	200,00
Agosto	82,86	8,08	337,70
Septiembre	77,87	9,99	101,00

Anexo 17. Detalle del promedio de consumo del suplemento líquido entregado (jarabe de fructosa), de cada tratamiento (T1, T2 y T3), expresado en mililitros (ml), en cada fecha de medición de consumo.

Fecha	T1 (ml)	T2 (ml)	T3 (ml)
01-abr-08	1300	1300	1300
08-abr-08	1300	1300	1300
15-abr-08	1300	1300	1300
22-abr-08	1300	1300	1300
30-abr-08	1300	1300	1300
06-may-08	1300	1300	1300
13-may-08	1300	1300	1300
29-may-08	1300	1300	1300

Anexo 18. Detalle del consumo (Csmo) de cada cajón de los tratamientos (Trat.) Suplementado crudo (T1) y Suplementado tostado (T2), expresado en gramos (g), por semana, durante los meses de abril y mayo de 2008.

		01-abril 2008	08-abril 2008	15-abril 2008	22-abril 2008	30-abril 2008	06-mayo 2008	13-mayo 2008	29-mayo 2008
Trat.	Cajón	Csmo (g)	Csmo (g)	Csmo (g)	Csmo (g)	Csmo (g)	Csmo (g)	Csmo (g)	Csmo (g)
T1	G	69	66	46	76	70	50	43	39
T1	L	57	57	32	48	18	25	27	60
T1	E	81	74	76	120	100	118	118	112
T1	U	120	93	70	120	94	117	120	118
T1	X	17	16	*	*	*	*	*	*
T2	A	28	16	10	16	14	10	17	10
T2	H	28	11	13	21	19	16	9	1
T2	Q	20	9	14	23	*	*	*	*
T2	Y	60	10	*	*	*	*	*	*

*Cajón eliminado

Anexo 19. Detalle de los pesos de cada cajón, por tratamiento (Suplementado crudo: T1, Suplementado tostado: T2 y Control: T3), medido en kilogramos (kg), en cada fecha de medición del peso.

		11-mar-08	25-mar-08	30-abr-08	24-jun-08	29-jul-08	02-sep-08
Tratamiento	Cajón	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)
T1	E	2,634	7,354	9,574	9,469	7,599	4,759
T1	G	2,904	8,399	11,044	10,679	8,979	6,609
T1	L	2,384	3,154	4,594	6,974	6,119	4,954
T1	U	2,664	5,419	8,674	9,024	7,619	5,799
T1	X	2,624	1,239	*	*	*	*
T2	A	2,009	3,069	6,364	6,464	5,549	4,524
T2	H	2,454	3,589	5,769	3,819	3,039	.
T2	Q	2,259	1,114	0,599	*	*	*
T2	Y	2,454	0,729	*	*	*	*
T3	B	2,809	3,684	8,384	8,894	7,014	4,864
T3	J	2,219	0,269	*	*	*	*
T3	N	2,419	5,054	9,079	9,629	8,479	6,644
T3	R	2,579	3,779	8,059	8,069	5,679	3,449

*Cajón eliminado

Anexo 20. Posición de abejas encontradas muertas dentro de la colmena. Se puede observar que las abejas están con todo el cuerpo introducido en la celdilla, con la cabeza hacia el fondo, posición característica de muerte por inanición (abejas dentro de círculos rojos).



Anexo 21. a) Fotografía de un marco con polen natural recolectado del exterior. (Polen está indicado dentro de las líneas amarillas).



b) Foto de polen recolectado del exterior (acercamiento de una porción del marco).



9. AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a todas las personas que me apoyaron a lo largo de este proceso, especialmente:

A Miguel Neira, mi profesor patrocinante, por haberme apoyado y haberme entregado toda la ayuda necesaria. Por la paciencia y la enseñanza transmitida.

Al Dr. Juan Pablo Smulders, copatrocinante, que, con mucha paciencia y entrega, entró al mundo de las abejas y me ayudó a finalizar esta memoria.

A la Escuela de Medicina Veterinaria, por todo su apoyo durante estos años y sobretodo en el final de este recorrido por la escuela.

Al Instituto de Producción y Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias, por haberme recibido tan amablemente y haberme apoyado en este proceso.

A mis padres y hermanos, por su incondicional apoyo y por todo su amor, por siempre hacerme saber que puedo contar con ellos.

A Peter, mi compañero de vida, por su amor, su confianza, por creer en mí y siempre estar ahí para ayudarme y apoyarme.

A Juanse, Alejandra, Matilde, Tencha e Iñigo. Gracias por su inmensa paciencia, su ayuda, su amistad, por entregar sus conocimientos y por haberme ayudado a llegar hasta aquí.

A mis queridas amigas, Andrea, Rocío, Javiera, Belén, por todos estos años compartidos y las experiencias vividas, gracias por su amistad.

A Marcela Matus, por su tremendo apoyo y paciencia, muchísimas gracias.

A mi gran familia Olivos, Mancini, Díaz, Gordon, Pfeiffer, Jakob, gracias por todo el amor entregado y la gran paciencia que me tuvieron para terminar esta tesis.