

ALIMENTACIÓN y NUTRICIÓN

FORMACION DEL CANAL ALIMENTARIO

El canal alimentario es un tubo a lo largo del cuerpo desde la boca al ano, con varias regiones especializadas para varios propósitos.

En los embriones de los insectos el canal se forma en tres etapas diferentes. El mesenterón o estomago embrionario forma un círculo alrededor de los restos de vitelo del huevo en el centro del embrión. En las extremidades se forman pequeños orificios (ano y boca), que comienzan a crecer hacia adentro en forma tubular dando origen al estomodeo y proctodeo respectivamente. Los extremos internos de estos tubos alcanzan el mesenterón y se unen a él formando un tubo continuo. Este tubo presenta tres partes: intestino anterior, medio y posterior. El intestino posterior no se conecta con el intestino medio hasta la etapa pupal cuando se produce la eliminación de los restos de la digestión. En la unión del intestino posterior y medio desembocan unos pequeños túbulos llamados túbulos de Malpighi, con función de excreción de sustancias de deshecho y que también se encuentran bloqueados hasta la etapa pupal. De esta manera no se eliminan sustancias que puedan ensuciar las celdas durante la etapa de alimentación de las larvas.

El intestino anterior y posterior están revestidos por epitelio pues es una continuación del epitelio externo y presenta una fuerte cutícula en su superficie.

El intestino anterior da origen en la abeja adulta al buche, esófago y aparato bucal. El intestino medio origina el estómago o ventrículo y el intestino posterior al intestino, recto y ano.

CANAL ALIMENTARIO

BOCA

Como fue mencionado anteriormente, la boca se encuentra rodeada por el labro y mandíbulas por arriba y la proboscide por debajo.

PROBOSCIDE:

La proboscide no es un órgano funcional permanente como en el caso de otros insectos succionadores sino que se improvisa temporariamente uniendo los extremos libres de las maxilas y labro formando un tubo que le permite la ingestión de líquidos: néctar, miel o agua.

Los componentes labiales y maxilares de la proboscide se encuentran asociados en su base que se encuentran suspendidas en las membranas de la fosa en la parte posterior de la cabeza.

Los componentes labiales y maxilares de la probóscide se encuentran asociados en su base que se encuentran suspendidas en las membranas de la fosa en la parte posterior de la cabeza. Cuando no se encuentra funcionando las partes bucales se ubican detrás de la cabeza balanceando en los cardines suspendidos y las partes distales están plegadas contra el prementum y estipes. Cuando la abeja va a tomar líquido la probóscide se balancea y las partes distales se extienden.

La galea maxilar y palpo labial son traídos juntos alrededor de la lengua de tal manera que forma un tubo cerrado en la parte anterior por la galea y posteriormente por el palpo con la lengua ocupando una posición axial y proyectándose más allá de las partes cerradas. Los dos segmentos finales pequeños del palpo divergen del tubo y probablemente tengan una función sensorial.

La lengua comienza un movimiento hacia arriba y abajo mientras su punta flexible se balancea con un movimiento suave. Por la acción de la lengua, el alimento líquido es introducido al canal de la probóscide. La lengua pilosa de la abeja tiene anillos fuertes en su pared sosteniendo los pelos separados por intervalos membranosos angostos. Por esto la lengua puede alargarse y acortarse. La parte posterior de la lengua se encuentra atravesada por un canal profundo con paredes membranosas delgadas en el medio de la cual corre un adelgazamiento como una varilla que está acanalada en su superficie libre. Al final de la lengua la varilla termina en un lóbulo en forma de cuchara que se llama Flabelum que presenta una superficie redonda lisa en su parte inferior y presenta pequeñas espinas en su parte superior.

Basalmente la varilla de la lengua se curva hacia atrás para ser fijada firmemente al final de la pared posterior del prementum y en esa curvatura se insertan dos músculos largos. Estos músculos permiten el acortamiento de la lengua y la extensión de la misma se logra por la elasticidad de la varilla que se pone derecha nuevamente cuando los músculos se relajan. De esta manera se producen los movimientos de protracción y retracción de la lengua desde el final de la probóscide pero como la varilla está cerca del margen posterior de la lengua, su retracción le da a la lengua ese aspecto de curvatura.

El canal del alimento de la probóscide llega a un canal en la base de la probóscide entre las bases de las dos maxilas y el labium, que aparece como una cavidad cuando la probóscide es bajada desde la cabeza.

En el extremo superior del canal está la boca parcialmente escondida detrás de un lóbulo suave grande, la epifaringe proyectándose desde abajo del Labrum. En la posición funcional de alimentación la base de la probóscide es arrastrada hacia la boca y así actúa el canal del alimento que se forma por el cierre de los lóbulos de la maxila contra la epifaringe.

El aparato bombeador o bomba succionadora está dentro de la cabeza. Cuando después de alimentarse la proboscidea es arrastrada y colocada detrás de la cabeza la lengua parece acortarse por acción de dos pares de músculos.

La bomba succionadora es una bolsa con paredes musculares ubicada dentro de la cabeza, que se extiende desde la boca hasta la abertura del cuello, a partir de donde se continúa con el esófago. Cada pared lateral de la bomba es atravesada oblicuamente por una varilla delgada que se extiende desde una lámina en el piso de la boca.

En la abeja, la bomba es una combinación de un cibarium pre-oral y la faringe post-oral. La hipofaringe de la abeja es representada por la placa oral, un pliegue en forma de babero y el final de la apertura del conducto salivar.

La boca funcional de la abeja es la apertura en el cibarium entre el labrum y la hipofaringe. El cibarium es la parte operativa de la bomba y se encuentran cinco pares de fibras musculares que se adhieren a la cara anterior. Dentro de estos músculos hay fibras compresoras que cruzan la pared del cibarium.

Los líquidos son succionados desde el canal de la proboscidea por la acción de los músculos dilatadores y contracción de los músculos compresores que cierran la boca y llevan el líquido a la faringe muscular desde donde pasa al esófago. Es posible que esta estructura tenga función de ingestión y digestión. (FIGURA.1)

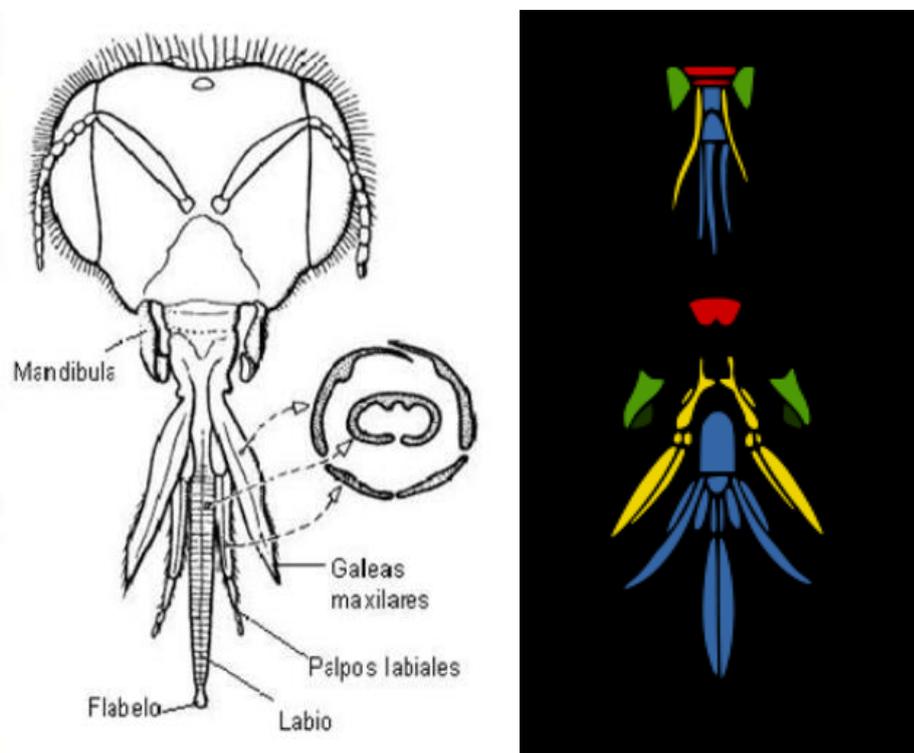


FIGURA. 1. Aparato bucal de la abeja

ESOFAGO:

En el extremo superior la bomba de succión se enangosta hacia el esófago que dobla posteriormente a través del cuello y tórax y que en su extremo superior se ensancha en una bolsa de paredes delgadas que es el buche o estómago de miel. El esófago se origina a partir del intestino medio por lo cual es de origen ectodérmico. Presenta desde el lumen una capa cuticular (intina), una capa de células epiteliales aplanadas, una de músculos longitudinales y una de músculos circulares. La acción de estas células musculares permite realizar sucesivas contracciones de este tubo y de esta manera se produce el pasaje de los alimentos desde la boca hacia el buche o estómago de miel en forma de olas. El final dilatado del esófago es la faringe.

BUCHE O ESTOMAGO DE MIEL:

El buche o estómago de miel, de origen ectodérmico se encuentra en la parte posterior del esófago. En él se transporta el néctar y es lugar de almacenamiento temporario de alimento. Su carga promedio es de de 20 a 40 mg pero debido a que su pared interna presenta varios pliegues que permiten su distensión admite una carga máxima de 100 mg. En el estómago de miel no existe secreción de sustancias, además su cubierta cuticular (intina) impide la absorción de aminoácidos o azúcares. Sin embargo en él la miel comienza la transformación de néctar a miel por acción de la enzima invertasa producida por las glándulas hipofaríngeas. Las proteínas no sufren transformaciones pues las glándulas salivares no producen enzimas proteolíticas. El contenido del buche puede pasar al intestino, ser regurgitado a una celda o pasado a otra abeja por trofalaxis.

PROVENTRICULO:

El proventrículo es un pequeño órgano muscular que regula separadamente el pasaje de alimento sólido y líquido entre el buche y el intestino medio. Es una estructura corta y angosta de origen ectodérmico. Se proyecta en el estómago de miel como un tarugo que tiene una estructura con cuatro labios (en forma de X) que presenta en sus extremos pelos direccionados hacia atrás (hacia el estómago).

El néctar es filtrado por movimientos del proventrículo que permiten la apertura y cierre de los labios, el mismo puede volver al buche o se libera hacia el estómago verdadero de acuerdo con las necesidades de la abeja. Los granos de polen son retenidos mediante los pelos y son almacenados en pequeñas bolsas ubicadas por debajo de los labios. De esta manera el polen es compactado en el proventrículo y de esa manera puede pasar al estómago verdadero para su digestión según las necesidades. Este pasaje en forma de masa de polen evita la dilución de las enzimas proteolíticas y por lo tanto una mayor eficiencia en la digestión de los granos de polen.

ESTOMAGO VERDADERO O VENTRICULO:

El ventrículo es también llamado estómago verdadero pues en él tiene lugar la digestión. Es un tubo largo y ancho de origen endodérmico. En él no hay capa cuticular, pero se encuentra presente en toda la longitud del tubo la membrana peritrófica. Esta membrana es una capa no celular, formada por la delaminación de la superficie del ventrículo. Está formada por una malla de proteínas y carbohidratos que presionan a los sólidos, pero permiten el pasaje de los líquidos. El interior de la membrana es llamado compartimiento endoperitrófico y el exterior ectoperitrófico. En esta membrana se recogen los líquidos que vienen del proventrículo, los productos solubles de la digestión de los alimentos sólidos, las enzimas digestivas secretadas por las células epiteliales y los fluidos reabsorvidos por los túbulos de Malpighi. Son funciones de esta membrana:

- protección mecánica de las células del ventrículo.
- barrera física para los microorganismos
- barrera de permeabilidad para enzimas digestivas y productos de la digestión.
- dispositivo para ayudar al proceso de no excreción de las enzimas digestivas.
- prevención de ligaciones no específicas de materiales no digeridos con las proteínas transportadoras presentes en las membranas de las células epiteliales.

Es muy poco conocida la permeabilidad de esta membrana multilaminar. Hoy sabemos que los nutrientes deben atravesar esta membrana para ser absorbidos por las células epiteliales para poder llegar a los diferentes tejidos.

El epitelio del ventrículo está formado por células columnares con microvellosidades y con su retículo endoplasmático muy desarrollado. Estas especializaciones están relacionadas con la función de estas células: absorción de nutrientes y secreción de enzimas. Existen células regenerativas que permiten la renovación de las células epiteliales ya que en aproximadamente 4 días se renueva la totalidad del epitelio. El ventrículo presenta una capa de músculos circulares y por fuera de estos músculos longitudinales, lo que permite realizar contracciones secuenciales o peristaltis.

El interior del ventrículo presenta gran cantidad de pliegues que permiten aumentar la superficie de absorción. Las vellosidades de la parte posterior del ventrículo son más cortas y ramificadas y secretan gran cantidad de vesículas con enzimas en su interior. La acidez del ventrículo es relativamente estable, en las abejas adultas se detecta un pH de 5,6-6,3 y de 6,8 en las larvas, lo que permite una óptima actividad enzimática. Este pH se asegura aún en la digestión de alimentos de acidez extrema.

El ventrículo de larvas, pupas y abejas jóvenes es estéril sin embargo en las abejas adultas hay una importante variedad de microorganismos. En el caso específico de las levaduras son poco diversificadas en abejas adultas normales, pero se desarrollan en abejas a las que se les suministra antibiótico.

INTESTINO POSTERIOR

Es un tubo delgado rodeado de fibras musculares que está plegado en seis dobleces longitudinales. En el lugar de unión del ventrículo con el intestino se abren hacia el intestino un gran número de túbulos (100 o más) que se denominan túbulos de Malpighi, de origen ectodérmico. No son glándulas digestivas, pero sí órganos excretorios que remueven los productos de deshecho del metabolismo desde la sangre incluyendo las sustancias nitrogenadas y sales para eliminarlos con los restos de alimento. Los túbulos se extienden grandes distancias en la cavidad del cuerpo, a través de los espacios este órgano.

Se encuentra en esta unión una válvula llamada pilórica formada por un adelgazamiento de las paredes del intestino en esta región. Su función es la de regular el pasaje de material desde el ventrículo hacia el intestino. La superficie interna de la válvula tiene numerosos pelos dirigidos hacia el final asistiendo el pasaje de contenido en esa dirección.

El plegado de las paredes del intestino aumenta la superficie expuesta al alimento que pasa, mientras que el área reducida en el corte transversal disminuye su pasaje.

RECTO

El intestino se abre en el recto y al igual que el buche, el recto es capaz de una gran distensión. Cuando se encuentra distendido puede ocupar toda la cavidad abdominal y permite acumular material de desecho durante largos períodos. Las heces consisten en cantidades importantes de restos de polen, glóbulos de grasa del polen, y las células epiteliales gastadas del ventrículo.

En el recto tienen lugar las siguientes transformaciones:

- reabsorción de agua y ciertos minerales, las glándulas rectales absorben las sales para mantener la presión osmótica del organismo
- ataque de la enzima catalasa. esta enzima descompone el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) de la síntesis del ácido glucónico (que es tóxico para las abejas) en agua y oxígeno. Este proceso frena la fermentación de los residuos. La actividad de la catalasa está ligada a la edad de las abejas, su proveniencia (raza, lugar de origen, etc) y la alimentación. es máxima en el momento de nacimiento, disminuye rápidamente los tres primeros días de vida y es constante en abejas de 15 y 18 días de edad. Se encuentra en

mayor concentración en las abejas de otoño y primavera. Una alimentación rica en sales reduce la actividad de la catalasa y provoca disenteria. Asimismo, las abejas parasitadas por *Nosema apis* tienen reducida la actividad de la catalasa.

Alrededor del recto se encuentran distribuidas seis ampollas rectales, parcialmente quitinizadas. las mismas parecen ser vestigiales sin ninguna función. Se cree que están relacionadas con la reabsorción de agua o el mantenimiento de la concentración de sales en la sangre a niveles constantes.

ANO

El recto finaliza en el ano, por donde se eliminan las sustancias de deshecho del proceso de digestión. (FIGURA.2)

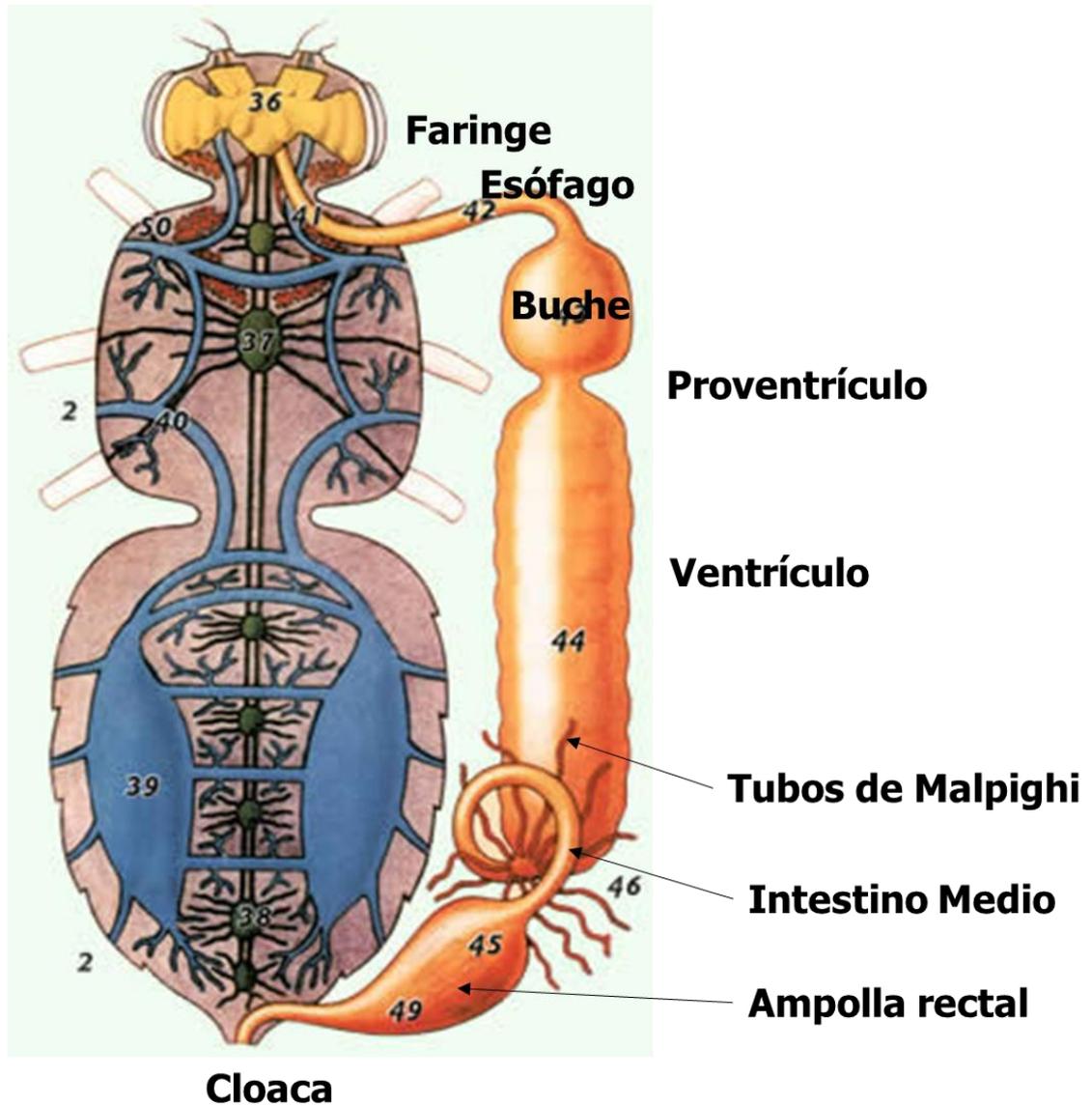


FIGURA.2. Aparato digestivo de la abeja

ALIMENTACION NATURAL DE LAS ABEJAS

La alimentación, propiamente dicha, es el aporte de alimentos que un individuo ingiere, digiere y asimila para transformarlos en nutrientes al nivel de las células. Nutrición es el aporte de dichos nutrientes al nivel de tejidos.

Según el aporte al organismo, los alimentos pueden clasificarse en:

Energéticos: son aquellos que proveen la energía necesaria para el funcionamiento de los diferentes tejidos. En el caso de las abejas el alimento energético por excelencia es la miel.

Proteicos: son los que contribuyen a la estructura de los tejidos, siendo la principal fuente el polen.

Solo cuatro recursos, néctar, polen, agua y resina son necesarios para posibilitar la vida de una colonia de abejas. El néctar y el polen son los alimentos esenciales de las abejas, y constituyen la materia prima para la obtención de carbohidratos y proteínas respectivamente. El agua es colectada principalmente para el enfriamiento del interior de la colonia en los días cálidos y para la dilución de la miel en la alimentación de las larvas. En tanto que las resinas son utilizadas para sellar las aberturas y para contribuir a la asepsia de la colmena. (FIGURA.3).



FIGURA.3. Recursos de la abeja. Néctar, polen, agua, resina

Néctar. Las abejas obtienen la mayor parte de la energía que utilizan, de carbohidratos contenidos en el néctar proveniente de las flores y ocasionalmente de nectarios extraflorales o de excreciones de insectos que se alimentan de las plantas.

El néctar floral es una secreción acuosa que contiene entre 5 a 80 % de azúcares y pequeñas cantidades de componentes nitrogenados, minerales, ácidos orgánicos, vitaminas, lípidos, pigmentos y sustancias aromáticas. La sacarosa, glucosa y fructosa son los azúcares más frecuentes en el néctar. Uno de los elementos que determinan la calidad del néctar es la concentración y proporción de estos azúcares. Pueden ser clasificados en tres grupos:



1) con predominio de sacarosa, 2) proporciones semejantes de glucosa, fructosa y sacarosa, 3) predominio de glucosa y/o fructosa. Existen evidencias que esa relación de azúcares puede determinar la preferencia de las abejas por ciertas plantas.

El néctar recién recolectado puede ser usado directamente como alimento para la cría y/o adultos, aunque lo más frecuente es su previa transformación en miel.

Miel. La miel es una solución sobresaturada de azúcares que se comporta como líquida dentro de cierto rango de temperatura (época primavera- estival) y sólida en otoño-invierno. La miel es el néctar recolectado, transformado y madurado por las abejas. En este proceso la sacarosa es transformada en partes aproximadamente iguales de glucosa y fructosa. Cuando el néctar es recolectado generalmente contiene entre 30-70% de agua y el resto corresponde a azúcares.

La cantidad de nitrógeno en la miel es baja ($x = 0,04\%$). Las proteínas que están presentes en la miel son principalmente constitutivas de enzimas tales como la invertasa, amilasa, glucoxidasa, fosfatasa y catalasa. El origen de estas está en las propias abejas, o pueden provenir del polen, del néctar o de microorganismos.



Polen. Para las abejas, el constituyente más importante del polen es la proteína. No todo el polen tiene igual valor nutricional, variando el contenido de proteínas entre 10 y 36 %.

El polen es consumido por las obreras adultas y dado a las larvas de obreras y zánganos con más de tres días después de la eclosión del huevo. En larvas con menos de tres días raramente son encontrados granos de polen. Para las obreras el polen es la materia prima esencial para el funcionamiento de la glándula hipofaríngea responsable de la producción de jalea real.

Las abejas poseen la capacidad de sintetizar histidina y arginina, en tanto que los otros aminoácidos necesarios, los obtienen de las proteínas del polen. El polen también contiene lípidos, vitaminas y minerales que son importantes para la nutrición de las abejas. La mayoría de los pólenes contienen esteroides (menos del 0,5 %), que son esenciales para el metabolismo, ya que actúan como precursores del colesterol. La pared externa del grano de polen no es digerida por las abejas.



Es importante considerar que el polen almacenado en las celdas y denominado “**pan de abejas**” difiere mucho del presente en las flores, pues al ser recolectado la abeja lo mezcla con enzimas dando inicio al proceso de digestión que continúa con un proceso de fermentación anaeróbica.

Uno de los factores fundamentales desde el punto de vista de la calidad del polen es su palatabilidad, y en este sentido se considera que muchos pólenes contienen sustancias que estimulan el consumo por parte de las abejas.



Jalea real. La jalea real es de color blanco lechosa, uniforme y de consistencia pastosa, que corresponde a la mezcla de las secreciones de las glándulas hipofaríngeas y mandibulares de las obreras. Está formada por dos tipos de secreciones: una de consistencia lechosa, producida por las glándulas mandibulares (20-40%); y una secreción acuosa producida por las glándulas hipofaríngeas (80-60 %).



Agua El agua es necesaria en la dieta de las abejas para su metabolismo, dilución de miel y para el acondicionamiento de aire de la colmena. Normalmente las abejas no guardan agua y la recolectan siempre que necesitan. Las sales minerales, necesarias en la dieta de abejas provienen de la miel y el polen. El agua es obtenida por las abejas, de las gotas de rocío o encharcamientos.



BUSQUEDA DEL ALIMENTO.

La abeja puede obtener el alimento de dos maneras diferentes:

- De otra abeja a través del mecanismo de trofalaxis. esta forma de aprovisionamiento es esencial para todas las castas y todas las edades. El nutriente que se

transfiere puede estar en la jalea real o en la miel y la entrega del mismo es un mecanismo activo, es decir, una abeja solicita la entrega y la otra acepta o rechaza.

- La abeja busca su alimento. En este caso la abeja encuentra el alimento gracias a las sustancias odoríferas que contienen y que le son atractivos; de esta manera las abejas son orientadas a las fuentes de alimento, que provocan el movimiento y la búsqueda.

TOMA DEL ALIMENTO.

- La obrera toma los alimentos de forma diferente según la textura y composición de este.

- Alimentos líquidos (néctar, miel, agua). En este caso las piezas bucales normalmente replegadas hacia la cabeza se extienden para formar la probóscide. Cuando el volumen de líquido a tomar es pequeño, solo utiliza la lengua y si el volumen es más importante se suman las maxilas en la formación del tubo de succión.

- Alimento polvoriento (pan de abejas, polen, candi). En el caso específico del polen, el mismo puede contener fagoestimulantes que provoca la acción de las mandíbulas. La abeja humidifica el alimento con la saliva antes de la ingestión. Cuando los fagoestimulantes están ausentes la abeja se comporta de igual manera cuando toma azúcar intentando diluir los alimentos con su saliva para luego absorberlos en forma líquida.

- Alimentos sólidos (polen compacto, miel, azúcar). La abeja extiende su probóscide, diluye el alimento y lo absorbe en forma líquida. Si el alimento es muy duro también actúan sus mandíbulas.

PASAJE Y DIGESTION DE LOS ALIMENTOS A TRAVES DEL CANAL ALIMENTARIO.

Una vez producida la toma del alimento mediante las piezas bucales se inicia su pasaje a través del canal alimentario.

La bomba de succión facilita el pasaje de los alimentos desde la boca hacia la faringe y esófago. En el esófago debido a sus contracciones musculares se produce un pasaje pasivo hacia el estómago de miel o buche.

El buche es un lugar de almacenamiento donde no hay proceso de absorción. El néctar sufre transformaciones por acción de la enzima invertasa producida por las glándulas hipofaríngeas. Las proteínas no sufren transformaciones en el buche pues no hay presencia de enzimas proteolíticas.

El contenido del buche puede pasar al ventrículo o estómago verdadero, ser regurgitado a una celda o pasar a otra abeja por trofalaxis.

En el caso de continuar con el proceso de digestión el alimento debe atravesar el proventrículo donde el líquido (miel o néctar) pasa rápidamente hacia el ventrículo de acuerdo con las necesidades. La rapidez del transporte depende de la concentración del líquido, de la iluminación, temperatura, edad de la abeja, posibilidad de movimiento, etc. El alimento sólido (polen) es compactado en el proventrículo para luego ser transportados al ventrículo para su digestión.

La membrana externa del grano de polen (exina) está formada por celulosa y no hay en el sistema digestivo de la abeja enzimas capaces de degradar esta sustancia. Cuando el grano de polen está en el estómago de miel o buche en suspensión del néctar, las moléculas de azúcar penetran en el interior del polen aumentando su concentración interna. Cuando el polen pasa al ventrículo la presión osmótica es menor, se produce ingreso de agua al interior del grano de polen y provoca la ruptura de las membranas liberando el contenido celular para que se pueda producir la digestión.

Una vez en el ventrículo, el contenido del polen difunde rápidamente a través de la membrana peritrófica, y comienzan a actuar las enzimas proteolíticas secretadas por las células epiteliales. La duración del tránsito del polen en el ventrículo puede variar desde horas hasta algunos días.

Los elementos simples producidos por la digestión van a la hemolinfa, que llega a todos los órganos y circula por todo el cuerpo de la abeja. Cada órgano utiliza los elementos necesarios para su funcionamiento y elimina los desechos. Estas sustancias de deshecho son tomadas y filtradas por los túbulos de Malpighi para ser eliminados a la entrada del recto.

LA DIGESTIÓN DE LOS CARBOHIDRATOS

Los azúcares son de importancia vital para la alimentación de las abejas adultas. Durante el vuelo, una obrera puede llegar a consumir un equivalente a 1,4 de su peso en azúcar. Cuanto más lejos vuela una pecoreadora en busca de alimento, mayor es el requerimiento de energía. La capacidad de contener miel en el buche (estómago de miel) parece ser constante entre las abejas de una misma colmena, variando entre subespecies o entre colonias ($50 \mu\text{l} = 0,040 \text{ cm}^3$).

La sacarosa, bajo la acción de la enzima invertasa es desdoblada en el estómago de la abeja en glucosa y fructosa. Esta enzima es secretada desde la emergencia de la abeja adulta, lo que posibilita la inmediata incorporación del néctar a su dieta. La invertasa de las glándulas hipofaríngeas tiene su máximo nivel de actividad al mes de vida, aunque varía con la época del año.

DIGESTIÓN DE POLEN

Cuando las abejas adultas se alimentan con polen, los pelos del proventrículo retienen los granos de polen así como partículas mayores de 3μ formando un bolo que es transferido para el ventrículo. La retención de polen en el proventrículo ayuda a evitar la dilución excesiva de las enzimas que actúan en la miel y el polen.

La masa de polen, al ser transferida para el ventrículo es envuelta por la membrana peritrófica y se mantiene en el ventrículo sujeta a las enzimas digestivas por tres a doce horas antes de pasar para el intestino medio. La cubierta del grano de polen no es digerida en su paso por el ventrículo. Tampoco se ha encontrado celulasa en el intestino de las abejas, lo que explica la presencia de las cubiertas del polen en las heces. En el recto la mayor parte de los granos de polen se encuentran sin su contenido.

El consumo de polen por las abejas adultas influye sobre la longevidad, el desarrollo de las glándulas hipofaríngeas y de los ovarios de las abejas recién emergidas.

Las proteínas que forman parte de la abeja, pueden ser trasladadas de una parte a otra del cuerpo. Cuando las abejas, por ejemplo, dejan de producir jalea real al fin de su etapa de nodrizas, la proteína de las glándulas hipofaríngeas es transferida a las glándulas cereras y luego a los músculos alares. A su vez, la abeja tiene cierta capacidad de almacenar proteína en los cuerpos grasos.

Cuando se da un período de escasez de polen con ingreso de néctar, las abejas nodrizas no desarrollan correctamente sus glándulas hipofaríngeas por lo cual no pueden alimentar a la cría. En estos casos, son las abejas adultas que traslocando proteínas de su cuerpo a las glándulas hipofaríngeas alimentan la cría. Este proceso logrado a expensas de las reservas proteicas de las abejas adultas, solo puede darse por un corto período.

NUTRICION DE LAS ABEJAS

La alimentación natural de los adultos, con excepción de la reina que recibe durante toda su vida jalea real y depende de un alimento más rico para poder desempeñar totalmente sus funciones de reproductora en la colmena, las obreras necesitan una dieta regular de miel y polen, sin la cual no podrían sintetizar normalmente jalea real, cera u otras sustancias importantes para la colmena.

Nutrición de larvas de obreras.

Las larvas jóvenes, hasta 2,5 días después de la eclosión, reciben solamente jalea real, el alimento es colocado en la celda y sobrepasa ampliamente el peso de la larva. Entre 2,5 a 3 días, poco alimento es depositado. A partir del 3º día las larvas reciben una mezcla conocida con

el nombre de papilla vasta que contiene miel, polen y secreción de las glándulas hipofaríngeas, hay un aumento en el tenor de carbohidratos y una disminución de las secreciones mandibulares. En este momento se registra una disminución en la diversidad y cantidad de proteínas que reciben las larvas. El porcentaje de polen aumenta en el alimento de las larvas de 3-4 días, declinando a medida que las larvas envejecen.

Los requerimientos de alimento de las larvas no han sido determinados en forma precisa y hasta el momento no existe una dieta artificial que pueda reemplazar completamente la miel y el polen. Sin embargo, se sabe que si las larvas son subalimentadas se producen adultos deficientes y si reciben menos del 65 % del alimento necesario fracasa el desarrollo de las mismas. Esto puede ocurrir cuando las fuentes de polen y néctar son escasas, cuando las colonias están enfermas, con la producción de cría muy temprana en la primavera o en colonias con baja población.

Nutrición de larvas de zánganos

Las larvas de zánganos reciben más alimento durante su desarrollo que las larvas de obreras en una relación 5:1 en peso. En el 4º día de vida el alimento de la larva de zángano contiene gran cantidad de granos de polen y la diversidad de proteínas es mayor que para las obreras. Las modificaciones en la composición del alimento a partir del 4º día son idénticas que para las larvas de obreras. La calidad de la alimentación larval de los zánganos influye sobre la longevidad y habilidad para la cópula.

Nutrición de larva de reinas

La larva destinada a ser reina es alimentada en abundancia hasta la operculación de la celda en el 5º día de su etapa larval. El alimento de la larva de reina difiere en cantidad y composición al del alimento de larvas de obreras y zánganos, principalmente después del 3º día de vida larval.

La larva de reina, hasta las 72 horas de vida, recibe más de la secreción lechosa (glándulas mandibulares) y del cuarto día en adelante más de la secreción acuosa, encontrándose muy pocos granos de polen en la alimentación de estas larvas.

La calidad y cantidad de alimento afecta la longevidad y número de ovariolas, repercutiendo en su calidad reproductiva.

Nutrición de los adultos

Alimentar no necesariamente significa nutrir. mientras que alimentar es poner a disposición de las abejas un alimento determinado (miel, polen, jarabe de azúcar, sustitutos de

polen, jarabe de maíz, etc), **nutrir** es lograr que ese alimento sea adecuadamente digerido, asimilado y llegue a incorporarse efectivamente a nivel de los tejidos de las abejas. Puede ocurrir que la alimentación no signifique una adecuada nutrición e incluso que los alimentos aportados resulten contraproducentes para la digestión y asimilación de otros. Los requerimientos nutricionales de cualquier animal, entre ellos las abejas, son la energía (aportada por la miel); las proteína, vitaminas y minerales (aportados por el polen) y por supuesto, el agua.

El almacenamiento de reservas en los **cuerpos grasos** es especialmente importante en las abejas de fin de temporada ya que deberán sobrevivir durante el invierno y comenzar a realizar tareas de forrajeo y alimentación de la cría a principios de la temporada siguiente a expensas de sus reservas corporales. Los cuerpos grasos son células blanquecinas ubicadas en la parte dorsal y ventral del abdomen donde las abejas acumulan sus reservas energéticas. Los cuerpos grasos concentran y almacenan lípidos, proteínas en forma de albumen y glucógeno en las abejas adultas que pueden ser rápidamente convertidos en glucosa cuando es necesario.

REQUISITOS PROTEICOS DE LAS ABEJAS

Para poder desarrollar sus funciones vitales y perpetuar la especie la abeja requiere proteínas, carbohidratos, minerales, grasas, vitaminas y agua. Debe existir un balance y aporte adecuado de estos nutrientes, variando estos requisitos entre las diferentes castas y etapas de la vida de las abejas.

Las proteínas son necesarias para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento de las estructuras corporales de todos los seres vivos, ya que están presentes como constituyentes de los tejidos, y cumplen funciones como catalizadores biológicos en numerosas funciones metabólicas. Las proteínas les resultan imprescindibles a las abejas para la alimentación de las larvas, el completo desarrollo de las abejas jóvenes y la reparación de las células y órganos en las abejas más viejas.

El polen es recolectado por las abejas de un gran número de plantas en floración, su composición química y valor nutritivo varían de acuerdo con la fuente y otros factores, como la humedad, la temperatura, el pH y fertilidad del suelo y la fecha de recolección. Además de la proteína, el polen satisface también los requerimientos dietarios de minerales, lípidos y vitaminas.

El polen de una fuente monofloral será químicamente diferente de un polen similar recolectado en otra área. El nivel de proteína de polen recolectado de diferentes plantas varía entre 8 y 40 %, causando una gran variabilidad en el valor nutritivo para las abejas y como consecuencia en el efecto fisiológico producido. La cantidad de polen que una colonia consume dependerá de la disponibilidad de polen para el pecoreo y de las demandas de la colonia para

desarrollar las larvas y las abejas jóvenes. Los requerimientos anuales de polen para una colonia varían considerablemente dependiendo del estado de la misma y de las fuentes florales que disponga. Se han registrado consumos de 20 a 40 kg de polen. Esta cantidad podría ser mayor si las colmenas son movidas con el flujo de néctar y las condiciones de cría se dan por más tiempo.

No sólo la cantidad de proteínas en el polen, sino su calidad, es decir, la proporción de aminoácidos, determina la calidad nutricional del polen para las abejas. Las abejas necesitan de una dieta balanceada en aminoácidos para su satisfactorio desarrollo y crecimiento.

Diez aminoácidos son considerados esenciales y las proporciones expresadas en % de proteína cruda han sido establecidas por De Groot (1953): arginina (3.0), histidina (1.5), lisina (3.0), triptofano (1.0), fenilalanina (2.5), metionina (1.5), treonina (3.0), leucina (4.5), isoleucina (4.0) y valina (4.0).

Algunos pólenes son deficientes en algún aminoácido, lo que los hace inapropiados para una adecuada nutrición de las abejas si éstas lo consumen puro, ya que afectan el equilibrio del nitrógeno y el desarrollo, sin embargo, la colonia normalmente recolecta polen de diversos orígenes florales, los que se mezclan y de esta forma se logra un balance de los nutrientes esenciales para la abeja, resultando de alto valor nutritivo. Por otro lado, si el balance de aminoácidos no es el apropiado y alguno se encuentra en cantidad deficiente en la dieta, las abejas aumentan el consumo de polen para suplir esas deficiencias. Los aminoácidos consumidos en exceso son eliminados en las heces.

Es posible dividir las especies de plantas en tres categorías generales:

- pólenes que **no sostienen** el crecimiento y desarrollo de la colonia,
- pólenes que **sostienen** una colonia, pero sólo bajo condiciones de flujos suaves de miel,
- pólenes que **podrían abastecer** a las colonias que están en flujos fuertes de miel, siguiendo la crianza.

Las abejas almacenan polen en celdas en la forma de pan de abeja, una mezcla de polen, miel, enzimas, secreciones glandulares y microorganismos que ayudan a conservarlo y le agregan valor nutritivo. Bajo condiciones naturales, el polen recogido por las abejas se almacena generalmente en la periferia del área de cría. En una colonia que está en un periodo de crianza, este polen colocado en el panal al lado de los huevos es consumido tempranamente por las abejas nodrizas.

SUPLEMENTACION ENERGÉTICA Y PROTEICA

Es común que los requerimientos superen a las reservas de la colmena, lo que hace imprescindible encarar una alimentación artificial con el objetivo de asegurar la subsistencia y cubrir las necesidades alimenticias básicas, durante la invernada. Hay que tener en cuenta que

la nutrición es un aspecto del plan de manejo de las colmenas que debe estar acompañado de un buen plan sanitario, recambio de reinas, etc

Suplementación energética.

El objetivo básico de la suplementación energética dentro del manejo apiario es la sustitución del alimento energético natural producido por las abejas (miel), este debe cumplir con los mismos requisitos nutricionales pero que logre una mayor eficiencia. También se utiliza con el objeto de estimular a la colonia, en este caso se trata de un jarabe más diluido y tiende a reemplazar el ingreso de néctar.

Lo fundamental es que la alimentación forme parte de un verdadero plan de manejo y no constituya parches improvisados. Debe tratarse de un manejo sencillo para el que debemos contar con todos los insumos necesarios de antemano. Cada colmena debe tener su alimentador como componente permanente y contar con el sustituto elegido, así como con los elementos para preparar el jarabe y distribuirlo.



Diferencia entre alimentar y estimular.

Alimentamos cuando tratamos de incorporar el elemento que elegimos para sustituir a la miel con el menor grado de estimulación de la postura posible por parte de la reina; mientras que cuando estimulamos, lo que estamos buscando es que la reina exprese su máximo potencial de postura, y para ello elegimos elementos que se asemejen al néctar de las flores.

Los alimentos utilizados deben cubrir los requerimientos energéticos solamente sin tener en cuenta el aporte proteico, ya que el propósito es mantener la colonia hasta la temporada de desarrollo poblacional.

Para este fin se pueden utilizar:

Sacarosa o azúcar común de caña: es el sustituto de la miel más utilizado, su calidad depende del grado de refinación, la utilización de azúcares no refinados, azúcar rubia o melaza no es aconsejable ya que por acumulación de desechos en la ampolla rectal, puede provocar graves trastornos digestivos en las abejas.

Jarabe de maíz de alta fructosa: también conocido como HFGH (high fructose corn syrup) se obtiene a partir del almidón del maíz, contiene entre un 26 a 29 % de agua, 36 % de fructosa y 33% de glucosa.

Aquí hay que tener en cuenta que se van a invernar colmenas en cámara de cría, por lo cual, lo ideal es retirar todas las alzas melarias cuando se realiza la última vuelta de cosecha, momento en el cual se debe realizar la provisión del azúcar necesario para alimentar todas las colmenas.

El tipo de jarabe que utilizamos durante la suplementación energética se compone por dos partes de azúcar por cada parte de agua (66% de azúcar). La incorporación del alimento a las colmenas deber realizarse en los días cálidos del otoño, antes del comienzo de los fríos, ya que es muy difícil que las colmenas incorporen el jarabe desde los alimentadores cuando está formada la bola invernal.

Tenemos que tener en cuenta que el tipo de alimentador a utilizar para estos casos debe tener una capacidad tal, que en una o dos veces nos permita incorporar a cada colmena la cantidad requerida de alimento, ya que si lo hacemos en forma más dispersa, seguramente provocaremos incentivación de la postura de la reina, algo que no buscamos en estos momentos.

Para ejemplificar, normalmente decimos que para llegar hasta la primavera sin problemas es suficiente entre 6 y 8 cuadros de la cámara de cría con reservas. La alimentación mal manejada puede afectar la salud de nuestras abejas, si llegamos tarde con la alimentación y las abejas ya han pasado hambre la situación es irreversible. Si estamos en el norte del país seguramente se fugaron o se fugarán y si estamos en el centro – sur difícilmente la colonia sobreviva o pueda producir de acuerdo al potencial de la zona.

ALIMENTADORES

Los alimentadores deben cumplir algunos requisitos:

- Que evite el derrame de alimento.
- Que no favorezca el pillaje.
- No ser onerosos.
- Fácil de usar y cargar.
- Cómodos para guardar, apilar y transportar.
- No dañar a las abejas.
- Tener una capacidad acorde a las necesidades del caso.

Se clasifican en:

1) Para aprovisionamiento o sostén (son de mayor tamaño)

a) Panel obrado: es la forma más natural y permite suministrar 2 - 2,5kg. por vez. Para llenarlo se inclina el cuadro sobre una cubeta y se le vierte el alimento desde 15- 20cm. de altura, con

un pomo o lata perforada. Se realiza primero de un lado y luego el otro. Para el jarabe tibio es conveniente usar panales viejos y resistentes. El llenado del cuadro lleva mucho tiempo y además es necesario abrir la colmena para colocarlo. (FIGURA .4)

b) Doolittle: tiene dimensiones semejantes a un cuadro. Es un recipiente abierto en la parte superior con capacidad para 2 - 2,5kg de jarabe. Se coloca en la colmena como si fuera un cuadro. Puede ser utilizado como tabla divisoria en la colmena. Algunos apicultores colocan miel granulada y rocían la superficie con miel. No se sabe con certeza cuando se acaba su contenido y hay que abrir la colmena para reaprovisionar (FIGURA .4).

Una variación de este sistema consiste en introducir un panal vacío dentro de una bolsa de nylon, de forma que la bolsa sobresalga del cabezal del cuadro. Una vez introducido en la cámara de cría se rellena la bolsa con la cantidad de jarabe deseado, el cual queda a disposición de las abejas directamente.

c) Bolsas plásticas: se utilizó mucho en los últimos años. El mecanismo consiste en colocar jarabe en bolsas y luego sellarlas o hacerles un nudo y colocarlas encima de los cabezales de los cuadros en el nido de cría. La bolsa deberá tener tamaño tal que una vez agregada la cantidad de jarabe la misma se pueda colocar sobre los cabezales sin obstaculizar el cierre de la colmena. Una vez colocada en la colmena, se realizan un par de orificios en la cara superior de la bolsa para que las abejas tengan acceso al alimento.

d) De alza: se trata de un frasco de boca ancha cuya tapa tiene pequeñas perforaciones o sin tapa y con la boca cubierta por un trozo de arpillera (previamente doblada en varias veces). Se coloca invertido sobre la perforación de la entretapa apoyado sobre unos listoncitos de madera. Se coloca un cajón y el espacio vacío se rellena con pasto seco o arpillera a fin de evitar que se disipe el calor de la colmena; luego se coloca el techo. Este sistema evita abrir la colmena en época de frío y facilita la observación del volumen consumido (FIGURA .4)

e) Boardman: consta de una base especialmente diseñada para que se encaje perfectamente un frasco invertido cuya tapa tiene perforaciones. Permite la observación directa de su contenido y su reposición sin abrir la colmena. Por lo general, si no se usan juegos de encaje perfectos suele provocarse pillaje por derrame de su contenido, además el jarabe suministrado tibio pierde temperatura en su contacto con el ambiente (FIGURA.4).

2) Para estimulación (son de menor capacidad)

a) Alexander: es un recipiente de madera, cuya cavidad se encuentra s4rcada longitudinalmente por unos listones que las abejas usan para apoyarse. Se coloca en la parte posterior cubriendo con la cámara de cría y desplazando el piso hacia adelante. Su longitud es el ancho del cajón, más una porción suficiente que permite reponer el alimento desde

afuera sin necesidad de abrir la colmena. No presenta problema de pillaje salvo en casos de daño del material (FIGURA 4).

- b) Entretapa: se emplea para su construcción una entretapa común la cual se acondiciona clavando dos listones transversalmente. Estos deberán tener un espesor inferior al marco de la entretapa para no entorpecer el paso de las abejas. Luego se sella con cera caliente los bordes y las esquinas para que el jarabe no se extienda entre las rendijas y se derrame. Es el sistema más barato y no requiere de elementos adicionales a los del colmenar, además permite reponer el alimento sin abrir la colmena. En algunos casos se elevan los bordes de la entretapa para permitir mayor capacidad y son utilizados para suministro de alimentación de sostén. También puede ser usado este método para aplicar sustituto de polen (FIGURA.4).
- c) Casillas: son cerradas por tres lados con un pequeño techo. La primera vez con el fin de atraer las abejas se coloca en su interior el polen con jarabe. Además se colocan listones para que las abejas se posen. Es importante destacar que la provisión de jarabe debe aumentarse a medida que transcurren los días, pues al incrementarse la población aumenta el consumo (FIGURA.4).

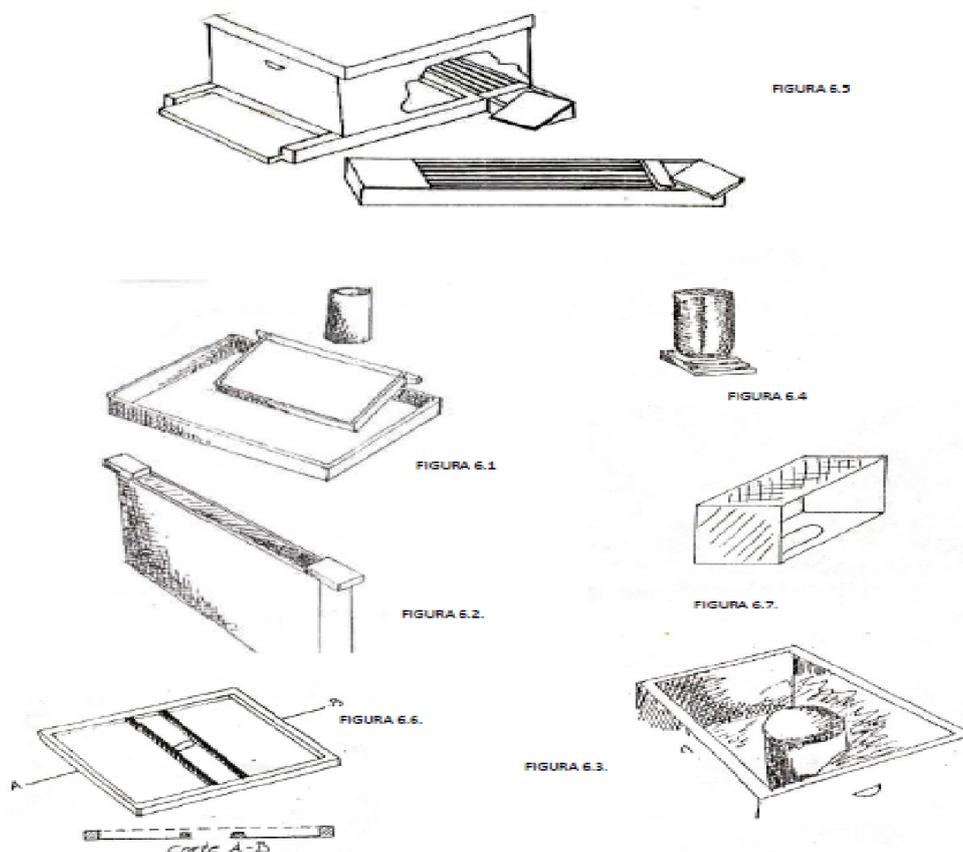


FIGURA.4. Modelos de alimentadores para colmenas.

SUPLEMENTACIÓN PROTEICA.

Cuando el polen es escaso, de mala calidad o proveniente de una única fuente floral necesitamos utilizar un suplemento o un sustituto de polen. Standiffer y col (1977) diferenciaron entre sustitutos y suplemento de polen. Refiriéndose a sustituto cuando la dieta artificial que usamos no tiene polen en su formulación y suplemento se denomina cuando tiene polen en su composición. No se aconseja el uso de polen ya que el mismo puede transmitir enfermedades. En la actualidad los productos que se utilizan son formulados comerciales o preparaciones caseras, y es importante que los mismos estén formulados especialmente para abejas. Los productos que están hoy en el mercado y se ofrecen para las abejas tienen diferentes composiciones. Algunos contienen aminoácidos libres y otros tienen proteínas hidrolizadas y solo algunos aminoácidos libres. Las abejas necesitan digerir y asimilar esas proteínas para fabricar las proteínas que ellas precisan.

El éxito de un plan de sustitución dependerá de realizar un buen manejo de las colonias en todos sus aspectos (sanidad, cambios de reinas, recambio de material, etc). La sustitución se deberá realizar teniendo en cuenta los tiempos de metabolización de las proteínas (2 ciclos de cría de antelación). El objetivo de un plan de suplementación proteica en el apiario es lograr una buena capacidad de invernada y adecuado arranque primaveral de las colonias.



Para lograr dicho objetivo debemos recordar que un verdadero plan de manejo lo debemos tener planificado para todo el año, con los insumos a disposición en el momento oportuno y la mano de obra disponible para llevarlo a cabo.

Calidad de las abejas que invernán: fundamentalmente cuando hablamos de calidad de abejas en la invernada estamos pensando en la cantidad y calidad de reservas proteicas que las mismas posean en sus cuerpos, ya que estas proteínas van a determinar en forma directa el tiempo que van a vivir estas abejas. Las abejas de invierno deben tener suficientes reservas corporales almacenadas en sus cuerpos grasos, de esta manera utilizan estas reservas proteicas para el desarrollo y funcionamiento de sus glándulas para alimentar los primeros ciclos de cría en primavera.

Calidad de las abejas luego de la invernada: de la calidad de las abejas que pasan la invernada va a depender el arranque primaveral de la colonia, es decir que si las abejas

invernantes cuentan con buen nivel de reservas corporales seguramente vamos a llegar a la primavera con una buena cantidad de abejas, que alimentaran muy bien a las primeras tandas de cría utilizando sus reservas corporales en esta actividad. Pero si las reservas corporales están muy disminuidas, lo primero que vamos a notar es que la capacidad para alimentar cría es muy baja y termina muriendo una gran cantidad de estas abejas antes de que comiencen a nacer las crías por ellas alimentadas. Este es el **RECAMBIO DE ABEJAS**, que se da cuando las reinas inician la postura, debe tenerse en cuenta que si las reservas corporales y la disponibilidad de proteínas frescas (entrada de polen) son adecuadas, este recambio de abeja no debería ser notado por el apicultor. De la cantidad de cría generada en el primer ciclo de postura de la reina, que está relacionada con la cantidad y calidad de las abejas que pasaron el invierno, va a depender la población de abejas con la que vamos a llegar al inicio de la cosecha, o la fecha en la cual vamos a poder nuclear estas colmenas.

También es importante el manejo de los espacios en la carga de reservas proteicas de las abejas, ya que si reducimos las colmenas a cámara de cría y todavía existe algo de entrada de néctar se producirá un bloqueo de la postura, con lo cual todas las abejas que nazcan en la última tanda de cría antes del invierno tendrán una buena carga proteica ya que al no tener larvas para alimentar almacenan este alimento en sus cuerpos.

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

Siempre que hablamos de suplementación con proteínas debemos considerar que el objetivo es una adecuada nutrición de larvas y abejas recién nacidas, que son las que realizan el gran consumo de proteínas, si tenemos en cuenta que estas abejas no se alejan mucho del nido de cría (no más de 4 cm), entonces ya sabemos que debemos colocar estas tortas similares a hamburguesas sobre los cabezales de la cámara de cría bien arriba de donde se encuentre el nido de cría.

En el Otoño: lo recomendable es dar al menos dos o tres tortas de 200 g un par de meses antes de que se corte la cría, tratando de que la última cría que nace antes del invierno cargue

sus reservas corporales con las proteínas aportadas. Una torta de este tamaño la van a consumir en 7 a 10 días.

En la Primavera: se evaluará la necesidad de utilizar un sustituto proteico, ya que cada zona es distinta a la otra. Tener en cuenta que una zona con primaveras muy inestables es recomendable la suplementación proteica por más que las floraciones primaverales sean buenas, ya que cuando existen temporales largos se puede entrar en estrés proteico aún con buenas floraciones. Lo recomendable en la primavera, en los casos que se identificó el problema por la experiencia de otros años, es utilizar tortas en forma permanente, lo que puede llevar a un consumo por colmena de unas 3 a 4 tortas de 200 g durante toda la primavera.

Características que deber reunir un buen sustituto proteico.

Debe tener como mínimo un 23 % de proteínas, con una buena biodisponibilidad de las mismas, es decir proteínas de buena calidad desde el punto de vista de la digestión y asimilación por parte de las abejas. Tradicionalmente se utilizan harina de soja, levadura de cerveza y proteínas de leche para preparar sustitutos proteicos. En cuanto a la calidad, las proteínas de la leche son las de mejor calidad, las de la levadura son intermedias y las de la harina de soja son las de más baja calidad. También se debe tener en cuenta que la levadura de cerveza cuenta con muchas de las vitaminas que son imprescindibles para el funcionamiento de las colmenas.

Bibliografía

- Bedascarrasbure, E; Bailez, O; Palacio, M.A; Ruffinengo, S; Cuenca Estrada, G. Guía de Apicultura. Facultad de Ciencias Agrarias. UNMdP. Pag. 293. 1984- 2000.
- Dade, H.A. 1985. Anatomy and dissection of the honeybee. Int. Bee Research Association. London. 158 p.
- Pickard, R.S. 1979. The thinking bee. In: Honeybee Biology, by J.B.Free. Central Association of beekeepers publications. p 35-44.
- Seeley, T.D. 1985. Honeybee Ecology. Princeton. Univ. Press.
- Snodgrass, R.E. 1956. Anatomy of the honeybee. Cornell Univ. Press. Ithaca, NY. 334 p.
- Winston, M.L. 1987. The biology of the honeybee. Harvard.Univ.Press. Cambridge. 281 p.

Autores :
Dra. María Alejandra Palacio
Dr. Sergio Ruffinengo
Ing Agrº. Cristina García
Lic Alim. María Soledad Varela
Tec. Analía Noelia Martínez



