MANUAL DE TRANSFERENCIA

USO Y APLICABILIDAD DE ALIMENTO PARA ABEJAS

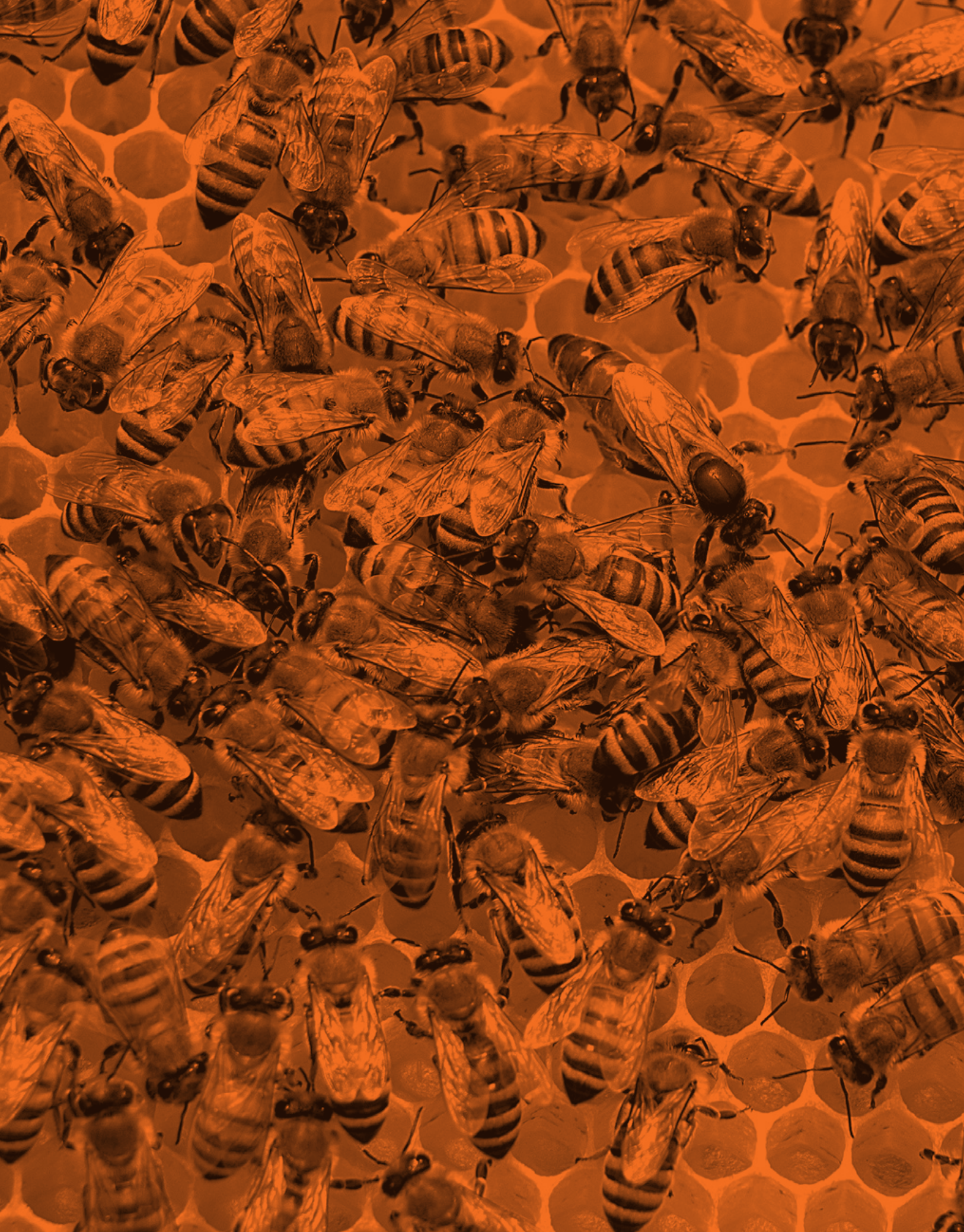
PROYECTO ALIMENTO BIOATIVO PARA ABEJAS - FICR 19-46

Proyecto financiado por el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) del Gobierno Regional de Los Ríos y su Consejo Regional

Región de Los Ríos
GOBIERNO REGIONAL

Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS
UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE



EQUIPO DE TRABAJO y AUTORES DEL MANUAL
Ociel Muñoz F. Bioquímico, Dr. Director proyecto FICR 19-46, Director Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL) Universidad Austral de Chile

Olga García F. Ingeniera en Alimentos, Magister en Ciencia de los Alimentos, Coordinadora proyecto

Patricio Olavarría C. Ingeniero en Alimentos. MBA. Profesional senior
Victoria López C. Ingeniero en Alimentos. Magister en Ciencia de los Alimentos. Profesional de apoyo

Edición Manual:
Paola Segovia T. Encargada de Comunicaciones Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias/UACh

Diseño Manual:
Joaquín Sobell

Índice

5./ Contexto

6./ Introducción

7./ Pan de abejas

7./ Requisitos de nutrición de las abejas

8./ Contexto mundial del mercado de miel

9./ Contexto apícola nacional

10./ Innovación y agregación de valor en la cadena apícola nacional

11./ Localización

11./ Materiales

12./ Elaboración de alimento

13./ Resultados del proyecto

17./ Referencias bibliográficas

Contexto

En Chile la actividad apícola se desarrolla en todo el territorio, concentrándose el 99% entre las regiones de Coquimbo a Los Lagos, produciéndose principalmente miel, material vivo servicios de polinización y otros productos de la colmena con destino al mercado nacional e internacional.

La actividad apícola tiene un rol fundamental en el desarrollo de la agricultura chilena y de las comunidades rurales que la ejercen, los productos son reconocidos y valorados a nivel nacional e internacional por su alto valor nutricional y contribución a la salud, por otra parte, los servicios de polinización contribuyen al desarrollo del sector agroalimentario del país. En las últimas décadas, los polinizadores -principalmente insectos- han disminuido drásticamente como consecuencia de actividades humanas que tienen impactos locales y globales. La industria alimentaria ha expandido los cultivos agrícolas intensivos, muchos de ellos dependientes de la polinización animal, pero al mismo tiempo ha reducido los hábitats de los polinizadores nativos.

La disminución de las abejas en los apiarios de distintas zonas del país es un problema fundamental del sector apícola, llegando a producirse en las épocas invernales una mortalidad en torno al 40-50% de las colmenas.

Un aspecto primordial para la sobrevida de las abejas está relacionado a la alimentación que reciben y son capades de almacenar para la etapa de hibernación, así entonces cuanto más proteico y calórico sea su dieta mayor esperanza de sobrevida tendrán los individuos.

FIGURA 1. ABEJAS *(APIS MELLIFERA)*

Introducción

El presente documento corresponde a un Manual Técnico para la Transferencia Tecnológica que ha sido elaborado en el marco del **proyecto Alimento Bioactivo para Abejas FICR - 19-46 financiado por el Fondo para la Innovación y la Competitividad del Gobierno Regional de Los Ríos y su Consejo Regional.**

El objetivo de la iniciativa ejecutada fue contribuir a disminuir la tasa de mortalidad de abejas melíferas en colmenas de pequeños apicultores de la región de Los Ríos por medio del desarrollo de un alimento enriquecido con compuestos bioactivos para fortalecer el estado nutricional e inmune de las abejas Melíferas y potenciar los niveles productivos de miel de los pequeños productores apícolas.

Las abejas, durante generaciones, han sido de especial interés en las industrias alimentaria debido a sus numerosas contribuciones en la producción de jaleas reales, cera, propóleos y miel (Aryal, et al., 2020). Uno de sus mayores aportes se realiza en el proceso de polinización de árboles y vegetación en general, tanto silvestre como cultivada, que a su vez ayuda a impulsar las industrias hortofrutícolas. Además, las abejas melíferas (Apis mellifera) tienen un enfoque particular, por su producción de miel (Niño & Cameron Jasper, 2015) que es altamente consumida por los humanos.

La miel no sólo se consume por sus propiedades organolépticas (sabor dulce) y terapéuticas, sino también por su componente nutricional como carbohidratos, vitaminas (riboflavina, niacina, etc.) y minerales derivados de la alimentación de las abejas. Sin embargo, estos componentes nutricionales dependen completamente de la dieta y la nutrición de las abejas. La dieta de las abejas generalmente se compone de néctar, polen y miel (Somerville, 2000). Esta dieta proporciona los nutrientes necesarios como proteínas que es vital en el crecimiento de las larvas y un buen desarrollo y fortalecer el sistema inmune, los carbohidratos aportan la energía necesaria para cumplir con las funciones vitales (Haydak, 1970) y los compuestos fenólicos que fortalecen el sistema inmune de forma general que aumenta la capacidad de las abejas para realizar sus diferentes funciones en la colmena y alargar su esperanza de vida (Aličić et al., 2014).

Si bien una nutrición óptima es vital para la supervivencia y el funcionamiento adecuado de las abejas, también el clima tolerable es igualmente importante. Se ha demostrado que la exposición prolongada a temperaturas extremadamente bajas provoca una productividad baja o más lenta, lo que resulta en un efecto dominó que eventualmente conduce al agotamiento de la fuerza de la colmena. El cambio climático permite que las especies invasoras se apoderen de las colmenas de abejas, estropeen los alimentos almacenados e interrumpan muchos procesos dentro de estas colmenas, provocando una mayor disminución de las poblaciones de abejas (Hristov, Shumkova, & Neov, 2021). Asimismo, los periodos de frío extremo son uno de las contribuyentes más dominantes en la tasa de mortalidad de las abejas (Switanek, Crailsheim, Truhetz, & Brodschneider, 2017).

Desde el año 2010 se ha observado un aumento en los periodos de sequía en las regiones centrales a sur-central de Chile con déficits anuales de precipitaciones que oscilan entre el 25 y el 45% (Garreaud et al., 2020). La estructura climática de Chile alberga ecosistemas que son naturalmente propensos a los incendios con su marcada estacionalidad (inviernos lluviosos que aumentan la productividad seguidos de condiciones de verano seco que vuelven la vegetación inflamable) convirtiéndose en una fuente natural de ignición de incendios (González, Gómez-González, Lara, Garreaud, & Díaz-Hormazábal, 2018). Además, por la diminución de agua potable, se disminuye el crecimiento de la vegetación que se correlaciona con una disminución hasta su ausencia de florescencia para una alimentación natural para las abejas provocando su extinción en estas lugares (Avilez y Araneda, 2007).

En la ausencia de alimentos por todos los factores antes mencionados, surgió la necesidad de elaborar sustitutos alimenticios que garantice la sobrevivencia de la población de abejas, Apis melíferas. Al respecto, existen varias publicaciones en las que se describen los alimentos sustitutos para las abejas (Somerville, 2000), (ESPINOZA, 2008), (El-wahab, 2016). No obstante, no hay información sobre la elaboración de un alimento reforzado con compuestos bioactivos, que no solo alimentan, sino aumenta el rendimiento y ampliar la vida de las abejas.

En tabla 2 se presentan los aminoácidos esenciales para la nutrición de las abejas. Haydak (1970).

Pan de abejas

El pan de abejas (Figura 2), se obtiene de la fermentación del polen natural recolectado por las abejas (Salazar-González & Díaz-Moreno, 2016). Las abejas obreras recolectoras de polen transfieren su carga de polen directamente a las celdas a lo largo del panal. Luego, las abejas más jóvenes procesan este polen agregando miel regurgitada con propiedades antimicrobianas para preservar (Geraldine A. Wright et al., 2018), esto es lo que se conoce como pan de abeja.

Los niveles de carbohidratos, y proteínas pueden fluctuar estacionalmente (Donkersley, Rhodes, Pickup, Jones, & Wilson, 2014). En tabla 1 se presenta la composición típica del pan a de abeja.

FIGURA 2. PAN DE ABEJAS

TABLA 1. PAN DE ABEJA COMPOSICIÓN BIOACTIVA Y NUTRICIONAL (BASE SECA)

Componente	Contenido
Humedad (%)	18.44
Proteína (%)	21.0
Grasa total (%)	6.69
Fibra cruda (%)	13.1
Ceniza (%)	2.22
Ca (mg/kg)	920
Zn (mg/kg)	93
K (mg/kg)	5,850
Mg (mg/kg)	675
Provitamina a (mg/100 g)	200–875
Vitamina e (tocoferol) (mg/100 g)	170
Vitamin c (mg/100 g)	6–200

(Salazar-González & Díaz-Moreno, 2016).

Un estudio realizado por Tomás, Falcão, Russo-Almeida, & Vilas-Boas (2017), reveló que el pan de abeja es una rica fuente de compuestos fenólicos, que generalmente se asocian con altos actividad antioxidante, por lo que su consumo puede conducir a la reducción del riesgo de enfermedades degenerativas, reducción del estrés oxidativo e inhibición de oxidación de macromoléculas.

Requisitos de nutrición de las abejas

Los requisitos nutricionales de las abejas melíferas son individuales y específicos para su nivel de tarea y sus necesidades energéticas, por lo que variarán considerablemente, ya que las larvas requieren principalmente proteínas y las abejas adultas requieren más carbohidratos y menos proteínas. (Donkersley et al., 2014).

Proteína

La proteína es un requisito esencial para el crecimiento y desarrollo de las abejas melíferas desde el punto de emergencia. Los requerimientos de proteínas aumentan rápidamente en todo el cuerpo de la abeja, dentro de los primeros cinco días se observa un aumento específicamente del 93, 76 y 37% en la cabeza, abdomen y tórax respectivamente. (Haydak, 1970).

La composición de aminoácidos de las proteínas influye directamente en la tasa de crecimiento de las abejas melíferas. En tabla 2 se encuentra los aminoácidos esenciales para el crecimiento de Abejas melíferas. Otros aminoácidos, aunque no son esenciales para el crecimiento, aportan efectos estimulantes al factor de crecimiento, estos son la serina, la glicina (Haydak, 1970).

TABLA 2. AMINOÁCIDOS ESENCIALES PARA EL CRECIMIENTO ADECUADO DE LAS ABEJAS MELÍFERAS ADULTAS

Aminoácidos	G/100G Proteína
Arginina	3,0
Histidina	1,5
Lisina	3,0
Triptófano	1,0
Fenilalanina	2,5
Metionina	1,5
Treonina	3,0
Leucina	4,5
Isoleucina	4,0
Valina	4,0

(Somerville, 2000)

Carbohidratos

Las abejas adultas, a diferencia de las larvas, tienen reservas bajas de glucógeno (0,05 a 0,47 mg por obrera), cuando necesitan energía (p. Ej., Antes de los vuelos de forrajeo), las obreras se abastecen de azúcares que obtienen de la miel almacenada. Una abeja obrera adulta, necesita alrededor de 4 mg de azúcares utilizables por día para sobrevivir. (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

Lípidos

Como componentes estructurales de las membranas celulares, los lípidos desempeñan un papel importante en la nutrición de los insectos, además se utilizan como fuente de energía. Los lípidos se almacenan como reservas de energía y participan en la regulación de muchos procesos fisiológicos, incluidos el desarrollo, la reproducción y la biosíntesis de hormonas y feromonas (Arien et al., 2020).

La mayoría de los insectos pueden sintetizar ácidos grasos, sin embargo, en muchas especies de insectos, los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) no son endógenos y deben adquirirse a través de la dieta. La suplementación dietética de PUFA mejora el crecimiento y el desarrollo. Dos PUFA que a menudo se consideran ácidos grasos esenciales son el ácido linoleico y el ácido alfa linolénico, que son ácidos grasos omega-6 y omega-3, respectivamente (Arien et al., 2020).

Las Abejas Melíferas, sufren de enfermedades debido a que su estado nutricional se ve disminuido por la falta de nutrientes en los polen y néctar que tienen disponibles lo cual afecta su sistema inmune y las hace susceptibles a enfermedades oportunistas, así entonces el estado nutricional de las abejas en la época invernal resulta fundamental para su etapa de polinización en los meses cálidos y una producción eficiente de miel. Para buscar su alimento la abeja viaja entre 2 a 4 km desde su ubicación (colmena) lo que conlleva un gasto energético importante y que debe prontamente recuperar.

Las necesidades nutricionales de las abejas están cubiertas por la miel y el polen. Los carbohidratos son aportados por el néctar, mientras las proteínas, grasas y vitaminas son aportadas por el polen. La escasez de esos compuestos pone en grave problemas a la colonia ocasionado la muerte de parte de ellas.

Recientes estudios llevados adelante en Chile por Fraunhofer Research señalan que luego de sucesivos monitoreos en la zona central se observa una alta mortalidad de abejas que se ha venido repitiendo y que se eleva a un promedio del 50% del total anual. El estudio señala que la presencia de agroquímicos que pudieran afectar a las abejas son mínimos, y que el más frecuentemente, encontrado es el que usan los apicultores para eliminar al varroa (especie garrapata que afecta a las abejas y las deja expuesta a virus).

Las conclusiones del estudio señalan que las colmenas son muy débiles en el invierno y que la muerte de las colonias se debe a una deficiente alimentación y una falta de tratamiento oportuno de las plagas. Una de las fortalezas de las colmenas es su gran cantidad de individuos y esto permite regular su temperatura; sin embargo, con menos individuos en una colmena se requiere más energía y sin alimento éstos se debilitan produciendo la muerte de gran parte de la colonia.

Como se ha señalado el rol de las abejas como agentes polinizadores es fundamental en la producción agrícola nacional, así como también lo es la producción de miel y productos de la colmena. Para el desarrollo de la actividad apícola nacional se requiere avanzar en múltiples variables que incluyen la sanidad apícola, la investigación e innovación en el desarrollo de productos, determinar las propiedades saludables de mieles provenientes de especies endémicas, incorporar nuevas tecnologías emergentes a la cadena productiva, entre otras.

Contexto mundial del mercado de miel

Durante el año 2019, la producción mundial de miel alcanzó 1,85 millones de toneladas, 1,6% menos que el año anterior. Asia concentra el 44,6% de las toneladas elaboradas en 2019, siendo China el principal productor con un cuarto de la producción mundial (25,8%). Le siguen Turquía con un 6,4%, Canadá (4,7%), Argentina (4,6%), Irán (4,4%) y Estados Unidos (4,1%). Chile se encuentra en la posición 29 dentro de los productores mundiales de miel, con 11,6 mil toneladas anuales en 2019 (0,68%)

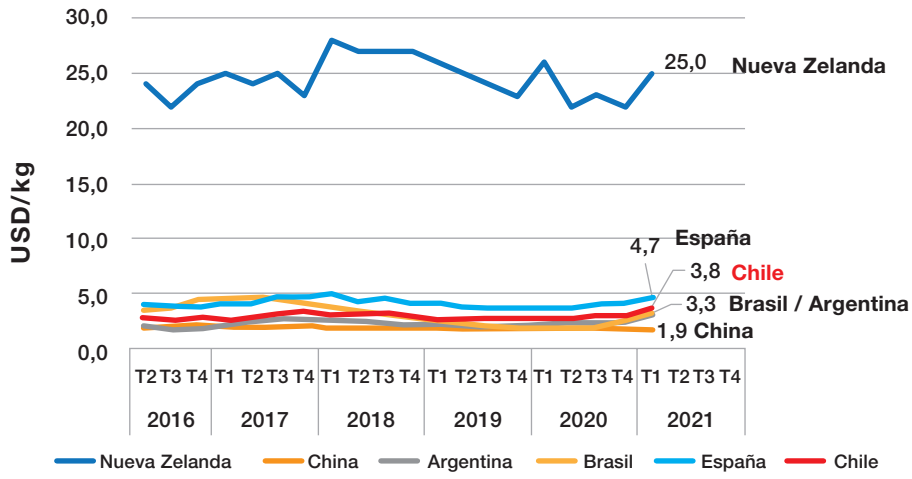
Nueva Zelandia (14,6%), China (11,3%), Argentina (7,6%), Alemania (6,5%), Ucrania (6,2%) y España (5%) dominan en el mercado mundial de la miel, con un 51,5% de participación en valor exportado.

En términos del volumen China (18,6%), Ucrania (11,4%), Argentina (10,1%), India (7,7%) y Brasil (6,4%) son los países que concentran el 54,2% de las toneladas de miel comercializadas en todo el mundo en 2020.

Nueva Zelandia, se posiciona una vez más como referente en términos de valor (USD 328 mil FOB) y cantidad de miel exportada (14 mil toneladas), principalmente con mieles fraccionadas, 4 gracias a su estrategia de diferenciación

y agregación de valor de miel de Manuka y otras mieles multiflorales, logrando un valor unitario promedio 5 entre USD 22 a USD 26 por kilo de miel en 2020 (Figura 3). Esto es 6 veces más que las mieles chilenas en el primer trimestre 2021.

FIGURA 3. MERCADO DE MIELES



Fuente: ODEPA con datos de Trademap

Contexto apícola nacional

Según datos del SAG (2020) en Chile existen 1.241.504 colmenas distribuidas en 16.973 apiarios a nivel nacional. La principal actividad del sector apícola en el país es la producción de miel (98%), siguiendo los servicios de polinización (26%) y la producción de material vivo (16%). El número de apicultores hasta 2020 es de 8.777 a nivel nacional, siendo la mayoría representantes de la agricultura familiar campesina (AFC), 21% señala exportar, un 4,3% con personalidad jurídica y un 31% a mujeres apicultoras.

Respecto de la agregación de valor a productos como la miel, como referencia podemos ver lo que ocurre en países como Nueva Zelanda que es líder en comercialización de miel y ha logrado posicionar exitosamente su miel de Manuka, asociando sus propiedades a su origen floral y certificando su origen, esto ha contribuido que esta miel sea la mejor pagada en el mercado internacional.

Así el sector apícola chileno enfrenta el gran desafío de pasar de ser un productor y exportador de commodities - como lo es hasta ahora con la venta de miel en tambores y no certificada a un precio promedio de $3 USD/kg - a ser un país que comercialice el mismo producto pero con un alto valor agregado y certificando tanto sus propiedades saludables y su origen botánico que da cuenta de estas propiedades, y con ellos competir inicialmente a precios de entrada en torno de los 15 USD/Kg en mercados como los europeos y una parte de China.

A nivel local también se enfrenta la problemática de poder disminuir la presencia de miel adulterada que existe en el mercado y que compite a precios inferiores con mieles puras que ofrecen los apicultores nacionales, esto sin duda requiere de un apoyo por parte de organismos del Estado pero además requiere de poder certificar el origen del producto que se está comercializando en el país y de esta manera el consumidor haga un compra informada, mejorando de esta forma los precios y competitividad para el sector.

Respecto de las oportunidades, la biodiversidad territorial de Chile permite obtener mieles de calidades y sabores únicas, desde los territorios de la precordillera hasta zonas insulares cada una con sus peculiares características por lo cual hoy es un desafío primordial la diferenciación por calidad y autenticidad del origen del producto, tanto para el mercado interno y especialmente el externo; así entonces el lograr una diferenciación real y validada permitirá mejorar la competitividad de los productores de miel a nivel nacional e internacional, y por otra parte brindar una seguridad al consumidores respecto del producto que está adquiriendo.

Innovación y agregación de valor en la cadena apícola nacional

El sector apícola nacional se caracteriza por la producción y comercialización de la miel tipo commodity, y el negocio se basa preferentemente en la exportación de más del 90% de la producción nacional, en formatos de barriles siendo sus principales mercados de destino, China y la Comunidad Europea.

En los últimos años, y respondiendo a políticas públicas de promoción a I+D+ i, fomento productivo y transferencia tecnológica mediante la vinculación de un modelo ciencia-empresa han surgido interesantes iniciativas que buscan generar un importante valor agregado a los productos de la colmena. En la tabla 3 se muestran algunas iniciativas relevantes en el contexto nacional donde se ha buscado innovar en el sector.

TABLA 3. INICIATIVAS RELEVANTES EN EL CONTEXTO NACIONAL

Empresa	Marca		Producto	Web	Ubicación
POWER HONEY	POWER HONEY	*ALIMENTO con valor agregado a partir de materia prima miel*	Barras y shots energéticos de miel y otros ingredientes	https://powerhoney.cl/	Puerto Varas, Región de Los Lagos
ANDES NUTRACLINIC	BEE PATAGON	*Miel certificada*	Miel de ulmo certificada NHF (NATIVE HONEY FACTOR)	https://andesnutraclinic.com/nuestros-productos/	Santiago, Región Metropolitana
	ULMO PLUS	*Biotecnología*	Ungüento clínico a partir de miel de ulmo		
JPM EXPORTACIONES	TERRA ANDES	*Miel Orgánica*	Miel orgánica certificada	https://terraandes.cl/	Paine, Región Metropolitana

Como una primera aproximación a nuevos productos a partir de mieles chilenas, quiénes han apostado por este recambio es la empresa BEE PATAGON, quienes con distintos apoyos financieros de CORFO, y en transferencia tecnología por las Pontificia universidad Católica de Chile y la Universidad de la Frontera han avanzado en validar distintas propiedades de la miel de ulmo que se encuentran exportando, asimismo han trabajado en formatos similares a la miel de Manuka neozelandesa como se puede observar en la figura 4 que se presenta a continuación.

FIGURA 4. PACKAGING MIEL DE ULMO CHILENA (BEE PATAGON) Y MIEL DE MANUKA NEOZELANDESA

En el mercado nacional se pueden encontrar precios de venta promedio al consumidor en supermercados en torno a los 13,1 USD por kilo de miel en el segundo trimestre 2021; 3 USD más si se compara en el mismo trimestre del año anterior. Los formatos de venta son mieles fraccionadas de entre 250 y 500 gramos que cumplen con la normativa sanitaria vigente y agregación de valor con certificaciones nacionales e internacionales de calidad.

De esta manera, el camino para el desarrollo del sector apícola está en las oportunidades que se tengan para generar valor, particularmente en el desarrollo de mieles fraccionadas que han experimentado una importante demanda a nivel nacional e internacional, particularmente por los cambios en las tendencias hacia el consumo de alimentos naturales y de calidad por parte de los consumidores.

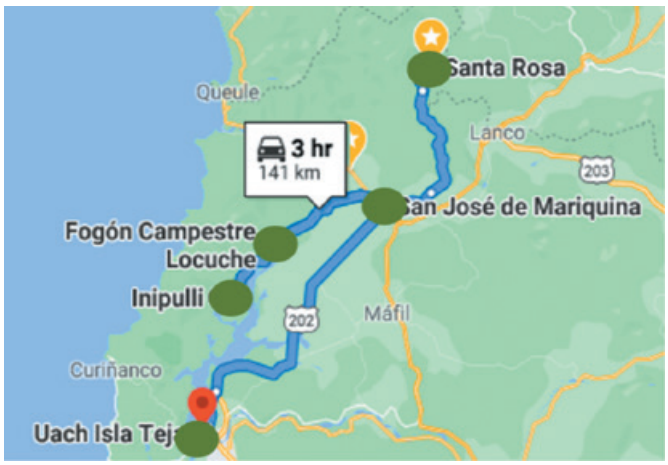
Localización

Para la realización de este proyecto se requiere uso de abejas en su propio ámbito. En la tabla 4 y figura 5, se observó las áreas de la distribución de las colmenas utilizadas y sus cantidades. Todos los análisis químicos fueron realizados en el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL), de la Universidad Austral de Chile, Valdivia.

TABLA 4. LOCALIDAD DE NUMERO DE COLMENAS MUESTREADOS

Sectores	Nº Colmenas
Santa Rosa	4
San José de la Mariquina	4
Locuche	2
Iñipulli	4

FIGURA 5. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS LOCALIDADES MUESTREADAS



Materiales

Materiales Primas para la elaboración de los alimentos sustitutos:

Se utilizó harina de arroz, harina de quinoa, levadura de cerveza, albumina deshidrata de huevo, aceite vegetal, jugo de frambuesa, jugo de maqui, azúcar en polvo, jarabe de azúcar y agua destilada. Estos materiales fueron obtenidos de diferentes centros de comercialización a lo largo de la Región de Los Ríos con la excepción del jarabe de azúcar que fue elaborado en el laboratorio al 50%m/v. Las frutas de frambuesa y maqui fueron obtenidos y extraídos.

Procesamiento y análisis de materias primas y de muestras biológicas

El pan de abejas fue obtenido de los sectores mencionados en la tabla 4, las muestras fueron molidas, almacenada en bolsas herméticamente cerradas y etiquetado, luego se guardadas a -20°C hasta el tiempo de análisis.

Los jugos de frambuesa y maqui fueron obtenidos por arrastre de vapor (Figura 6), se basa en exponer la fruta a un flujo de vapor de agua, a temperatura de ebullición a presión atmosférica (100 ± 2°C), que fluye de manera ascendente, desde la base que consiste en un recipiente con agua hirviendo, hasta alcanzar el contenedor en forma de canasto con los frutos, provocando su ablandamiento e iniciando la extracción. El vapor ascendente al entrar en contacto con la fruta se condensa y el agua condensada desnaturaliza la fruta, permitiendo extraer el jugo, el cual se acumula en el receptáculo intermedio y se mantiene caliente, por lo cual se logra un efecto de pasteurización y una condición de asepsia con el envasado en caliente del producto pasteurizado.

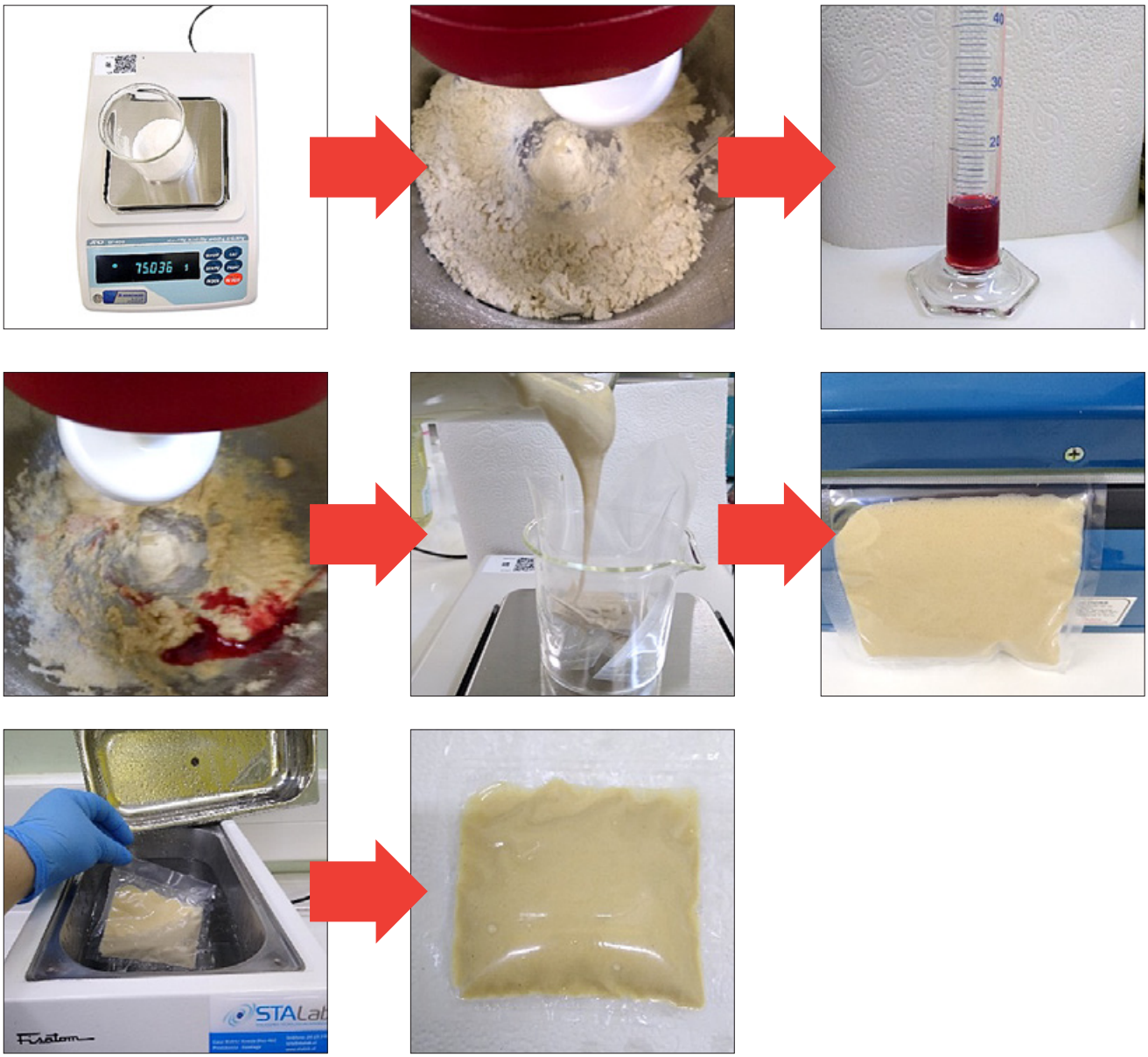
FIGURA 6. EXTRACTOR DE JUGO POR ARRASTRE DE VAPOR

Elaboración de alimento

El proceso de elaboración del alimento suplementado (Figura 7), fue realizado con la homogeneización de materia prima, en el caso del alimento proteica se homogeneiza la harina de arroz, harina de quinoa, levadura molida, albumina de huevo, aceite vegetal, jugo de frambuesa o jugo de maqui, jarabe de azúcar a 50% y agua destilada. En la elaboración del alimento hipercalórica se adiciona azúcar en polvo conjunto con los de más ingredientes mencionados. Se utiliza en una amasadora planetaria.

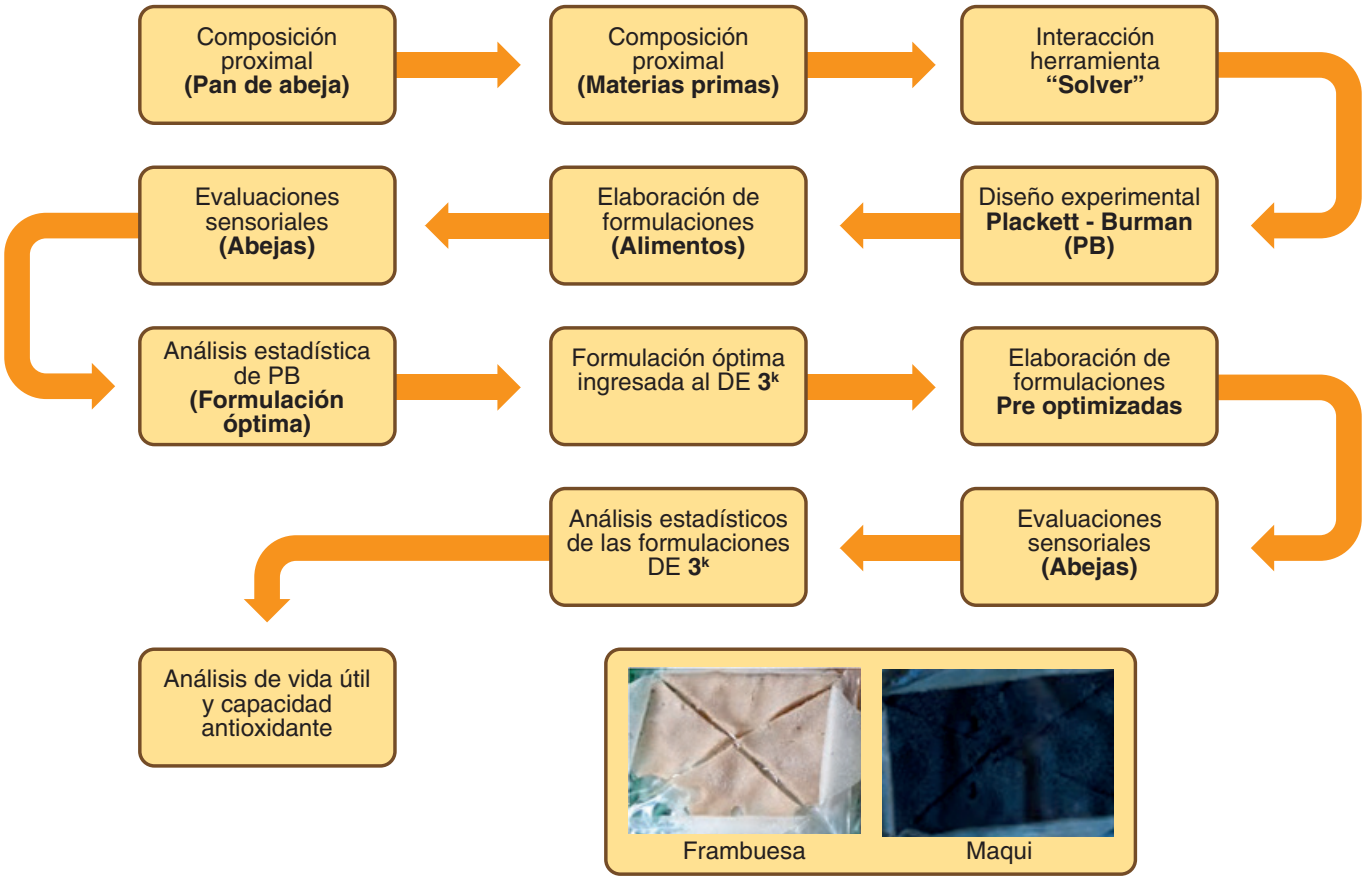
En la figura 8, se muestra el diagrama de flujo del diseño experimental para el desarrollo de alimentos.

FIGURA 7. ELABORACIÓN DE ALIMENTOS



La figura muestra las etapas de i) pesado de materias primas, ii) mezcla de materias primas, iii) adición de extracto de frambuesa/maqui iv) mezclado final de materias primas v) envasado, vi) sellado al vacio, vii) tratamiento térmico, viii) producto final

FIGURA 8. DIAGRAMA DE FLUJO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL PARA EL DESARROLLO DE ALIMENTOS



Resultados del proyecto

La composición nutricional del pan de abeja se muestra en la tabla 5. Los análisis realizados fueron necesario para entender en detalle la composición nutricional del pan de abeja para poder elaborar un alimento nutricionalmente similar. Del punto de vista nutricional, se observó que el pan de abeja es un alimento hipercalórico con concentraciones de carbohidratos más de 50%. Las concentraciones de proteína se encuentran en menor cantidad, además se observó que es un alimento relativamente húmedo con una concentración ínfimo de grasa.

El análisis proximal de las materias primas con las que se elaboran los alimentos, se muestra en la Tabla 6. las distintas materias primas se mezclan para conseguir una composición nutricional similar a la del pan de abeja. Estos ajustes se realizan mediante el programa "Solver" de Microsoft Excel.

TABLA 5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE PAN DE ABEJAS

Muestra	Proteína	Grasa Total	Carbohidratos	Humedad	Ceniza
Pan de Abeja	20.14	0.046	53.474	24,14	2.21

TABLA 6. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE INGREDIENTES

Materia prima	Proteína (g/100g)	Grasa Total (g/100g)	Carbohidratos (g/100g)	Humedad (g/100g)	Ceniza (g/100g)
Harina de Arroz	6,89	0,64	80,53	11,47	0,47
Albumina de Huevo deshidratada	78,72	0,43	4,44	10,90	5,52
Jarabe de Azúcar	0,00	0,00	50,00	50,00	0,00
Levadura de Cerveza en Polvo	54,87	2,27	34,82	2,39	5,66
Aceite Vegetal	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Harina de Quinoa	12,99	4,84	70,65	9,54	1,97
Jugo de Frambuesa	0,28	0,03	5,78	93,69	0,22
Jugo de Maqui	0,21	0,05	13,98	85,29	0,47
Agua	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00

Para optimizar los alimentos se realizaron análisis de aceptabilidad de diferentes formulaciones de pan de abeja obtenidos mediante diseño experimental de superficie de respuesta Los resultados presentados en las tablas 7 y 8 corresponden a las formulaciones optimas finales se muestran en las tablas siguientes.

TABLA 7. FORMULACIONES ÓPTIMAS FINALES DE LOS ALIMENTOS PROTEICO

Factor	Frambuesa	Maqui
Harina de Arroz	2.73	2.25
Albumina	6.56	7.50
Jarabe	24.63	36.72
Levadura	13.93	9.88
Aceite	7.41	4.47
Harina de Quinoa	11.25	14.06
Jugo de Frambuesa	12.48	
Jugo de Maqui		12.48

TABLA 8. FORMULACIONES ÓPTIMAS FINALES DE LOS ALIMENTOS HIPERCALÓRICO

Factor	Frambuesa	Maqui
Harina de Arroz	11.30	22.88
Albumina	3.43	3.75
Jarabe	28.47	29.13
Azúcar en polvo	31.30	16.67
Levadura	6.56	8.16
Aceite	1.65	1.65
Harina de Quinoa	12.23	8.67
Jugo de Frambuesa	12.09	
Jugo de Maqui		11.19

TABLA 9. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LOS ALIMENTOS

Alimentos	Proteína (g/100g)	Grasa Total (g/100g)	Carbohidratos (g/100g)	Humedad (g/100g)	Ceniza (g/100g)
Pan de Abeja	20.14	0.046	53.47	48.27	2.21
Proteico de Frambuesa	15.70	3.96	34.87	44.16	1.31
Proteico de Maqui	14.93	4.42	36.40	42.92	1.33
Hipercalórico de Frambuesa	6.20	9.45	58.14	25.66	0.54
Hipercalórico de Maqui	6.23	9.74	58.97	24.47	0.59

En la Tabla 9 se muestran los análisis nutricionales de los alimentos. Los alimentos hipercalóricos de frambuesa y maqui presentan valores de 58,14% y 58,97% de carbohidratos que son muy similares a los contenidos de carbohidratos del pan de abeja que es 53,47%, lo cual verifican que las formulaciones hipercalóricas óptimas obtenidas son ideales y los alimentos proporcionaba la energía necesaria para ejecutar las tareas diarias de cada casta de abejas melíferas.

La tabla 10 refleja los costos en pesos por kilogramo de alimento, se observó que los alimentos proteicos cuentan más para ser elaborados a comparación con los alimentos hipercalóricos. Según el grupo de Honey Bee Health Coalition (2017) en un estudio realizado con apicultores sobre diferentes componentes de alimentos suplementarios para las abejas, los apicultores confirman que ellos tenían la disponibilidad para comprar un suplemento que tienen evidencia de ser efectivo con respecto al rendimiento y sobrevivencia de la colonia de las abejas, aunque si el producto es costoso. El mismo estudio señalo que el costo anual para alimentar una colonia de abejas puede llegar a US$74 que es aproximadamente $59,940 o $9,995 mensual, que son similares a los valores obtenido por este estudio.

TABLA 10. COSTO DE ALIMENTOS ELABORADOS PER-KG

Alimento	Costo / kg
Alimento Proteico de Frambuesa	$5764
Alimento Proteico de Maqui	$5707
Alimento Hipercalórico de Frambuesa	$3169
Alimento Hipercalórico de Maqui	$4858

Evaluación 02 del estado nutricional de abejas melíferas de colmena

Una vez que se obtuvieron los resultados de la vida útil de los alimentos, y que se determinó que los alimentos tienen una vida útil de más de 88 días a 25 °C, faltaba determinar si los alimentos aplicados a las colmenas le daban una ventaja a estas últimas desde el punto de vista de la sobrevida/salud.

El análisis estadístico del estado inicial de nutrición de las abejas Tabla 11, permite observar que los contenidos de grasa carbohidratos y proteinas no presentan diferencias estadísticamente significativas.

TABLA 11. ESTADO INICIAL DE NUTRICIÓN DE LAS ABEJAS

Colmenas	Proteína (g/100g)	Grasa Total (g/100g)	Carbohidratos (g/100g)	Humedad (g/100g)	Ceniza (g/100g)
Colmenas	18,51	1,61	17,10	61,64	1,13
Control	18,20	1,34	17,39	62,00	1,07

Las colmenas sometidas a experimentos de campos consistieron en poner a disposición de las colmenas alimentos proteico desde abril hasta agosto, luego desde septiembre a octubre con alimento hipercalórico en la figura 9 se representa el experimento.

FIGURA 9. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO ESTADO NUTRICIONAL DE ABEJAS MELÍFERAS DE COLMENA

El Análisis de la composición centesimal de las abejas de las colmenas alimentadas y testigo después de haber pasado por el proceso de alimentación con Alimentos Proteico e hipercalórico, muestra que la composición centesimal no presenta grandes diferencias, salvo en la composición de grasa (Tabla 12).

TABLA 12. ESTADO FINAL DE NUTRICIÓN DE LAS ABEJAS

Colmenas	Proteína (g/100g)	Grasa Total (g/100g)	Carbohidratos (g/100g)	Humedad (g/100g)	Ceniza (g/100g)
Colmenas	15,35	2,97	13,97	66,53	1,19
Control	15,32	2,37	14,36	66,79	1,17

El Análisis Estadístico de los resultados de comparación de los contenidos de grasa entre las colmenas alimentadas y las colmenas de control, muestran que si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de las colmenas.

TABLA 13. EVALUACIÓN FINAL DE LA SOBREVIDA DE LAS COLMENAS DE ABEJAS MELÍFERAS

Colmenas	Total Colmenas	Colmenas Muertas	% Colmenas Mortalidad
Apival (DS)	180	31	17,2
Alimentadas	6	0	0

En la tabla 13 se observan los resultados de sobrevida de las colmenas alimentadas comparadas con la sobrevida de las colmenas de la Cooperativa Agrícola de Apicultores de Los Ríos, APIVAL, donde se puede ver que la mortalidad de las colmenas alimentadas corresponde a 0% mientras que las colmenas no alimentadas presentan una mortalidad del 17,2%. El Análisis Estadístico, de los resultados de comparación de sobrevida de entre las colmenas alimentadas y todas las colmenas de la cooperativa, Los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre la sobrevida de las colmenas.

Si bien estos resultados son muy buenos para los objetivos del proyecto, estos deben tomarse con la debida mesura y repetirse estos ensayos con un mayor número de colmenas y en diferentes condiciones de manejo de la invernada.

Referencias bibliográficas

Aličić, D., Šubarić, D., Jašić, M., Pašalić, H., & Ačkar, Đ. (2014). Antioxidant properties of pollen. Food in Health and Disease, 3(1), 6–12.

Arien, Y., Dag, A., Yona, S., Tietel, Z., Lapidot Cohen, T., & Shafir, S. (2020). Effect of diet lipids and omega-6:3 ratio on honey bee brood development, adult survival and body composition. Journal of Insect Physiology, 124(January). https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2020.104074

Aryal, S., Ghosh, S., & Jung, C. (2020). Ecosystem Services of Honey Bees; Regulating, Provisioning and Cultural Functions. Journal of Apiculture, 35(2), 119–128. https://doi.org/10.17519/apiculture.2020.06.35.2.119

Avilez, J, P; Araneda, X. (2007). Estimulación de la puesta en Abejas (Apis Mellifera). 56, 885–893. Retrieved from http://repositoriodigital.uct.cl/bitstream/handle/10925/274/AVIL_1885-4494_01_2007.pdf

Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. Apidologie, 41(3), 278–294. https://doi.org/10.1051/apido/2010012

Donkersley, P., Rhodes, G., Pickup, R. W., Jones, K. C., & Wilson, K. (2014). Honeybee nutrition is linked to landscape composition. Ecology and Evolution, 4(21), 4195–4206. https://doi.org/10.1002/ece3.1293

El-wahab, A. (2016). Assessment a New Pollen Supplement Diet for Honey Bee Colonies and Their Effects on some Biological Activities. 12(1), 55–62.

ESPINOZA, K. G. (2008). EFECTO DE LA DIVERSIDAD Y CALIDAD NUTRITIVA DEL POLEN SOBRE LOS COMPONENTES CELULARES Y HUMORALES DEL SISTEMA INMUNOLOGICO DE L.(HYMENOPTERA, APIDAE). In Vitro, 3, 1–23. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov.myaccess.library.utoronto.ca/pubmed/11720961

FAO 2017. Identificación de cultivos de importancia económica impactados por la zoopolinizacion en Chile
FAO 2020. Salud apícola LATAM

Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., & Veloso-Águila, D. (2020). The Central Chile Mega Drought (2010–2018): A climate dynamics perspective. International Journal of Climatology, 40(1), 421–439. https://doi.org/10.1002/joc.6219

González, M. E., Gómez-González, S., Lara, A., Garreaud, R., & Díaz-Hormazábal, I. (2018). The 2010–2015 Megadrought and its influence on the fire regime in central and south-central Chile. Ecosphere, 9(8). https://doi.org/10.1002/ecs2.2300

Haydak, M. (1970). Honey Bee Nutrition1. Annual Reviews of Entomology, (6907).

Hristov, P., Shumkova, R., & Neov, B. S. (2021). Honey bee colony losses- why are honey bees disappearing. Sociobiology, 68(1). https://doi.org/10.13102/sociobiology.v68i1.5851

Niño, E. L., & Cameron Jasper, W. (2015). Improving the future of honey bee breeding programs by employing recent scientific advances. Current Opinion in Insect Science, 10, 163–169. https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.005

ODEPA 2018. Apicultura chilena: actualización de mercado y estadísticas sectoriales.

ODEPA 2022. Plan Estratégico de Desarrollo apícola 2030

ODEPA 2022. Seguridad Alimentaria En Tiempos de Pandemia 2020-2021

ODEPA. 2021. Apicultura Chilena: principales cifras y desafíos futuros

Salazar-González, C., & Díaz-Moreno, C. (2016). The nutritional and bioactive aptitude of bee pollen for a solid-state fermentation process. Journal of Apicultural Research, 55(2), 161–175. https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1205824

Somerville, D. (2000). Honey bee nutrition and supplementary feeding. Agnote, (July), 1–8.

Switanek, M., Crailsheim, K., Truhetz, H., & Brodschneider, R. (2017). Modelling seasonal effects of temperature and precipitation on honey bee winter mortality in a temperate climate. Science of the Total Environment, 579, 1581–1587. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.178

Tomás, A., Falcão, S. I., Russo-Almeida, P., & Vilas-Boas, M. (2017). Potencial del pan de abeja como complemento alimenticio y fuente de nutracéuticos: origen botánico, composición nutricional y actividad antioxidante. Journal of Apicultural Research, 56(3), 219–230. https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1294526

Wright, Geraldine A., Nicolson, S. W., & Shafir, S. (2018). Nutritional Physiology and Ecology of Honey Bees. Annual Review of Entomology, 63, 327–344. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043423

Proyecto financiado por el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC)
del Gobierno Regional de Los Ríos y su Consejo Regional