

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
CAMPUS LOS ÁNGELES
ESCUELA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA VEGETAL**



**MIELES MONOFLORALES DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO.
SEGUIMIENTO MELISOPALINOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE
MIEL DE GUINDO SANTO Y QUILLAY.**

**PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO EN
BIOTECNOLOGÍA VEGETAL**

MARÍA CAROLINA IRAIRA VERA

**LOS ÁNGELES-CHILE
2024**

**“MIELES MONOFLORALES DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO.
SEGUIMIENTO MELISOPALINOLOGICO DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE
MIEL DE GUINDO SANTO Y QUILLAY”**

Alumna

**María Carolina Iraira Vera
Ingeniera en Biotecnología Vegetal**

Profesor Guía

**Dr. Mauricio J. Rondanelli Reyes
Profesor Asociado
Biólogo**

Jefe de Carrera

**Pedro Quiroz Hernández
Profesor Instructor
Ingeniero de Ejecución Forestal**

Director de Departamento

**Dr. Mauricio J. Rondanelli Reyes
Profesor Asociado
Biólogo**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios quien me ha guiado en esta etapa de mi vida, me ha dado la sabiduría para alcanzar este objetivo. A mis padres Margarita y Juan Carlos, cuando se trata de agradecer el amor, los valores y el enorme sacrificio que han tenido para mí, las palabras no alcanzan, gracias por brindarme su incondicional apoyo, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, son el fundamento de todos mis logros. Gracias por creer en mí y por ser mi refugio en los días difíciles.

A mi hermana Javiera, mi fuente de inspiración y ejemplo a seguir, su constante lucha y esfuerzo me ha dado la motivación para superarme cada día más, tu apoyo es invaluable, y espero poder contar siempre con tu guía.

A mis más valiosas amistades que he cultivado a lo largo del tiempo, mis mejores amigos Katty y Sebastián quienes llevan conmigo años de incondicional amistad, gracias por estar en mis momentos de tristeza, por escucharme y apoyarme.

Reconozco con aprecio el apoyo brindado por el equipo del Laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal, quienes transcurrido el tiempo se convirtieron en mi segundo hogar, gracias a Gabriela y Javier por compartir tiempo de calidad, por sostenerme en mis días de tristeza y por apoyarme cuando los necesitaba.

Gracias a Iván quién siempre tuvo palabras de aliento para mí, quién tuvo dedicación en mi desarrollo personal y académico sin esperar algo a cambio, llevo conmigo cada lección y consejo que me has dado, y los atesoro profundamente.

A los amigos que hice durante mis años en la universidad, cada uno de ustedes ha sido esencial en mi viaje, y estoy profundamente agradecida por la suerte de tener personas tan extraordinarias que me rodean. Gracias por acompañarme en este camino y por ser una parte tan importante de mi vida.

A mi querida brunita, quien me acompañó durante el inicio de este viaje, sin embargo, no logramos cerrar esta etapa juntas, gracias por ser mi compañera de vida, por dejarme al cuidado de Thor y Don Gato, quienes no son solo mascotas si no, mi pequeña familia.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi profesor guía, Mauricio Rondanelli Reyes, por su enorme paciencia, dedicación y comprensión ante mis constantes faltas han sido invaluable. Gracias por su preocupación y compromiso con mi aprendizaje, y por ser una fuente constante de apoyo y guía en este proceso. Su influencia ha sido fundamental en mi desarrollo académico y personal. Gracias por su convicción y ver el potencial que puedo desarrollar, por cada una de las oportunidades de participación en proyectos, congresos y lo que es la memoria de título. Usted dejó una huella impagable y le estaré eternamente agradecida por todo su apoyo y confianza.

Por último, agradecer al Proyecto Universidad de Concepción FONDEF ID. 19i10233, VRIM 2023117, VRID 2021000335 MUL., a COASBA (Cooperativa Apícola Campesina Santa Bárbara), y a la Empresa de energía COLBUN, Chile por financiar el desarrollo de esta memoria de título.

Tabla de contenido

RESUMEN	9
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN	13
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Melisopalinología.....	15
2.2 La miel y su consumo	16
2.3 La miel en Chile.....	17
2.4 Conociendo de dos mieles nativas de la Región del Biobío	18
III. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	21
IV. OBJETIVOS	21
4.1 Objetivo general.....	21
4.2 Objetivos específicos.....	21
V. METODOLOGÍA	23
5.1 Área de estudio.....	23
5.2 Análisis melisopalinológico.....	24
5.3 Montaje de la muestra	24
5.4 Suma del contenido polínico.....	25
5.5 Caracterización fisicoquímica.....	25
5.5.1 Determinación de humedad	25
5.5.2 Determinación de sólidos insolubles en agua.....	25
5.5.3 Determinación de acidez (pH).....	25
5.5.4 Determinación del contenido de ceniza	25
5.5.5 Determinación del contenido de Hidroximetilfurfural (HMF)	25
5.5.6 Análisis Microbiológico	26

5.6	Análisis nutricionales	26
5.7	Análisis de biodiversidad	26
VI.	RESULTADOS	26
6.1	Análisis melisopalinológico.....	26
6.2	Análisis fisicoquímicos.....	30
6.3	Análisis microbiológicos	31
6.4	Análisis nutricionales	32
6.5	Análisis de biodiversidad	33
VII.	DISCUSIÓN	34
7.1	Análisis melisopalinológico.....	34
7.2	Análisis fisicoquímicos.....	36
7.3	Análisis microbiológicos	37
7.4	Análisis nutricional.....	37
7.5	Análisis de biodiversidad	38
7.5.1	Índice de Shannon (H') aplicado a resultados en mieles del Sector Pitril	38
7.5.2	Índice de Equitatividad de Pielou (J') aplicado a resultados en mieles del Sector Pitril	39
7.5.3	Índice de Shannon (H') aplicado a resultados en mieles del Predio Corderito	39
7.5.4	Índice de Equitatividad de Pielou (J') aplicado a resultados en mieles del Predio Corderito	40
VIII.	CONCLUSIONES	42
IX.	REFERENCIAS	44
XI.	ANEXOS	50

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área de estudio: región geográfica de sector Pitril y predio Corderito... 23
- Figura 2 a.** Sector Pitril, comuna de Alto Biobío **b.** Predio Corderito, comuna de Yumbel. **c. d.**21
- Figura 3.** Técnica para la determinación de coliformes totales y de *Escherichia coli* según Chilena NCh3109 (Miel - Determinación y recuento de coliformes totales y *Escherichia coli* - Técnica del número más probable (NMP). **a.** Tubos de ensayo con miel del sector Pitril de las temporadas 2017-2023 **b.** No se observa turbidez en los medios **c.** No se detecta formación de burbujas de gas en la campana de Durham **d.** Tubos de ensayo con miel del predio Corderito de las temporadas 2020-2023.31
- Figura 4.** Análisis nutricional para miel del sector Pitril, temporada 2023, realizado por el CDTA., U. de Concepción. 32
- Figura 5.** Análisis nutricional para miel del predio Corderito, temporada 2023, realizado por el CDTA., Universidad de Concepción. 32
- Figura 6.** Diversos granos de polen presentes en las mieles del sector Pitril, comuna de Alto Biobío y predio Corderito, comuna Yumbel. **a)** *Eucryphia glutinosa*, **b)** *Castanea sativa*, **c)** *Echium vulgare*, **d)** *Brassica*, **e)** *Gevuina avellana*, **f)** *Luma apiculata*, **g)** *Quillaja saponaria*, **h)** *Medicago sativa*.....50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Presencia polínica relativa anual en mieles procedentes del sector Pitril, comuna de Alto Biobío.	26
Tabla 2. Presencia polínica relativa anual en mieles procedentes del sector Corderito, comuna de Yumbel.	28
Tabla 3. Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la miel del sector de Pitril, comuna de Alto Biobío, en relación con los parámetros establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (RSA) y el Codex Alimentarius (NORMA PARA LA MIEL CXS 12-19811).	30
Tabla 4. Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la miel del predio Corderito, comuna de Yumbel, en relación con los parámetros establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (RSA) y Codex Alimentarius (NORMA PARA LA MIEL CXS 12-19811).	30
Tabla 5. Resultados de los análisis de biodiversidad en miel del sector Pitril temporadas 2017-2023 utilizando índice de diversidad de Shannon-Weaver (1949), índice de Pielou (Pielou 1969) e índice de Riqueza Especifica, empleando el software estadístico PAST.	33
Tabla 6. Resultados de los análisis de biodiversidad en miel del predio Corderito temporadas 2020-2023 utilizando índice de diversidad de Shannon-Weaver (1949), índice de Pielou (1969) e índice de Riqueza Especifica, empleando el software estadístico PAST.	33

RESUMEN

La presencia de polen en la miel es el resultado del pecoreo de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.). El polen atrapado en los nectarios florales es libado por las abejas y se transforma en un componente de la miel que es producida dentro de la colmena. La morfología de la pared celular de los granos de polen tiene relación directa con el tipo de especie del cual provienen, esto permite la identificación del tipo polínico utilizando microscopio, pudiendo determinarse familias, géneros y/o especies botánicas. En Chile, la región del Biobío es considerada una zona geográfica con abundante vegetación nativa y con presencia de endemismos locales, además de ser una de las mayores regiones productoras de miel.

Considerando los estudios melisopalinológicos previos en ecosistemas de la región, realizados por el Laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, la presente investigación tiene como objetivo principal determinar si las mieles que han sido analizadas en la región cordillerana andina y del secano interior continúan siendo monoflorales, específicamente de Guindo Santo (*Eucryphia glutinosa* Poepp, & Endl) y de Quillay (*Quillaja saponaria* Molina), respectivamente. Considerando la cosecha de miel 2023, esta investigación se centró en dos ecosistemas: el sector de Pitril, en la comuna de Alto Biobío y el sector del predio Corderito, en la comuna de Yumbel. Para los análisis melisopalinológicos de estas mieles se utilizó la Norma chilena Nch2981.Of2005, basada en aplicación de mezcla acetolítica. Los resultados indican que la miel procedente del sector de Pitril, cosecha 2023, es una miel monofloral de Guindo Santo, siguiendo la tendencia observada entre los años 2017 a 2022. La miel del sector Corderito, cosecha 2023, resultó ser monofloral de quillay, siguiendo la tendencia observada para 2020 y 2022. Se determinaron parámetros fisicoquímicos utilizando las normativas nacionales chilenas para contenido de humedad, cenizas, sólidos insolubles, hidroximetilfurfural, conductividad eléctrica y pH, cuyos resultados se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el Reglamento Sanitario de los alimentos (RSA) y el Codex Alimentarius. Para la determinación de coliformes totales y de *Escherichia coli* se utilizó la Norma Chilena NCh3109, dando negativo

a la presencia de éstas. Se adicionaron análisis nutricionales para las mieles de la temporada 2023 de ambos ecosistemas para conocer su contenido de energía, proteínas, grasa total, hidratos de carbono, azúcares totales y sodio. Se concluye del presente estudio que las mieles de la temporada 2023 cosechadas en Pitril y en el predio Corderito siguen la tendencia observada en años anteriores y resultan ser monoflorales de guindo santo y quillay, respectivamente.

ABSTRACT

The presence of pollen in honey is the result of the foraging behavior of the honeybee (*Apis mellifera* L.). The pollen trapped in the floral nectaries is collected by the bees and becomes a component of the honey produced within the hive. The morphology of the cell wall of pollen grains is directly related to the species they originate from, allowing for the identification of pollen type using a microscope, which can determine families, genera, and/or botanical species. In Chile, the Biobío region is considered a geographic area with abundant native vegetation and local endemisms, and it is one of the largest honey-producing regions.

Considering previous melissopalynological studies in ecosystems of the region, conducted by the Palynology and Plant Ecology Laboratory at the University of Concepción, Los Ángeles Campus, this research aims to determine whether the honeys analyzed in the Andean mountain region and the interior dryland continue to be monofloral, specifically from Guindo Santo (*Eucryphia glutinosa* Poepp. & Endl) and Quillay (*Quillaja saponaria* Molina), respectively. Focusing on the 2023 honey harvest, this research centers on two ecosystems: the Pitril sector in the Alto Biobío commune and the Corderito farm in the Yumbel commune. For the melissopalynological analyses of these honeys, the Chilean Standard Nch2981.Of2005, based on the application of acetolytic mixture, was used.

The results indicate that the honey from the Pitril sector, 2023 harvest, is a monofloral Guindo Santo honey, following the trend observed between 2017 and 2022. The honey from the Corderito sector, 2023 harvest, was found to be monofloral Quillay honey, following the trend observed for 2020 and 2022. Physicochemical parameters were determined using Chilean national standards for moisture content, ash, insoluble solids, hydroxymethylfurfural, electrical conductivity, and pH, with results within the parameters established by the Food Sanitary Regulations (RSA) and the Codex Alimentarius. For the determination of total coliforms and *Escherichia coli*, the Chilean Standard NCh3109 was used, yielding negative results for their presence. Nutritional analyses were added for the 2023 season honeys from both ecosystems

to determine their energy, protein, total fat, carbohydrates, total sugars, and sodium content.

The study concludes that the honeys from the 2023 season harvested in Pitril and the Corderito farm follow the trend observed in previous years and are monofloral from Guindo Santo and Quillay, respectively.

I. INTRODUCCIÓN

Se entiende por miel a la sustancia dulce natural producida por las abejas, *Apis mellifera* L., a partir del néctar de las plantas (miel de flores) o de secreciones de partes vivas de estas o de excreciones de insectos succionadores (hemíptera) de plantas y que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias propias específicas y depositan, deshidratan, almacenan y dejan en el panal para su maduración (RSA 2019). Para las abejas, la producción de miel es esencial para su supervivencia y reproducción. A su vez, las abejas desempeñan un papel crucial en la polinización de las plantas, lo que contribuye a la reproducción de muchas especies vegetales y al mantenimiento de la biodiversidad. En este sentido, la miel y las abejas son consideradas servicios del bosque (Potts 2010).

Chile posee una rica diversidad de flora, con numerosas especies endémicas que no se encuentran en ninguna otra parte del mundo. Esta flora única alberga una gran variedad de plantas melíferas, es decir, plantas que proporcionan néctar y polen para las abejas (Barrientos 2020). Sin embargo, la flora de Chile enfrenta desafíos significativos debido al cambio climático y al avance de la sequía. Estos factores están alterando la distribución de las especies y causan escasez de alimento, por ejemplo, el polen para las abejas. Esta situación tiene un impacto directo en la salud y la productividad de las colmenas (ODEPA 2015).

La apicultura en Chile es un rubro importante y se ha desarrollado de manera significativa en los últimos años. El país cuenta con condiciones geográficas y climáticas favorables, así como una amplia diversidad de flora melífera que permite la producción de mieles con sabores y características únicas (Montenegro 2023). Sin embargo, los apicultores en Chile han enfrentado desafíos y alteraciones en el último tiempo. Uno de los principales desafíos es el cambio y la variabilidad climática, que han afectado la disponibilidad de néctar y polen para las abejas (Muñoz 2021). Además, el avance de la sequía ha impactado negativamente en la distribución de las especies vegetales melíferas, lo que ha llevado a una disminución en la producción de miel en algunas zonas del país.

Para optimizar la producción del producto miel, es necesario implementar estrategias y buenas prácticas en el manejo de colmenas y la recolección del producto miel, tales como la selección de ubicaciones estratégicas para identificar y establecer colmenas en áreas donde exista una abundante flora melífera y proteger los hábitats naturales de las abejas, como también el manejo adecuado de las colmenas, implementando técnicas de manejo que promuevan la salud y el bienestar de las abejas, como el control de enfermedades y plagas, la alimentación suplementaria en períodos de escasez y la rotación de sitios de alimentación; la adecuada ubicación del apiario constituye un elemento crucial para garantizar los requisitos indispensables para el desarrollo de las colmenas. En este sentido, es imperativo conocer las características del área de pecoreo con relación al potencial melífero, con el fin de estimar la capacidad de carga de las colmenas. Es esencial asegurar el suministro de fuentes de agua cercanas al apiario que estén libres de contaminación. La proximidad a otros apiarios puede representar un riesgo, debido a la deriva de abejas procedentes de otros apiarios, como por el riesgo de pillaje (Fernández 2002).

Por otra parte, cada especie de planta nativa y endémica tiene características únicas que influyen en el sabor, aroma y propiedades de la miel. Al realizar un seguimiento palinológico de una producción de miel, a través de temporadas de cosecha sucesivas se obtiene como resultado la procedencia floral de esa línea de producción melífera, lo que permite certificar su origen (Gómez y Cadenas 2015). El seguimiento de la producción de miel monofloral (miel con más del 45% de polen de una sola especie) de especies nativas y endémicas desempeña un papel considerable en diversos aspectos, tales como la certificación de origen o el valor comercial de las mieles. El seguimiento anual de la composición floral de una producción de miel adquiere gran importancia debido a los beneficios que conlleva, tanto para acreditar la calidad botánica del producto, como respecto de la conservación de especies vegetales melíferas y el desarrollo de prácticas apícolas sostenibles (Farina 2000; Montenegro 2013). Al realizar un seguimiento de una producción melífera mediante análisis melisopalínológico, en donde, además, se cumplan los parámetros fisicoquímicos establecidos por el Reglamento Sanitario de

los Alimentos de Chile (RSA) y del Codex Alimentarius se asegura la autenticidad y calidad de esa miel (Álvarez-Suárez et al. 2010).

Los análisis y estudios palinológicos realizados en el marco del seguimiento de la producción de mieles de las comunas de Alto Biobío y Yumbel, en Chile centro sur, (Lamas et al., 2017; Fernández et al., 2019; García et al., 2020) permiten profundizar en el conocimiento científico de las mieles y la flora melífera de estas regiones geográficas del país. Los resultados contribuyen a la generación de nuevo conocimiento, a la implementación de mejoras técnicas apícolas y a la búsqueda de soluciones innovadoras para los desafíos que enfrenta la apicultura en Chile. Es así, como el Laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, lleva realizando desde 2016 estudios melisopalinológicos en el sector de Pitril, comuna de Alto Biobío, zona de producción melífera pewenche, y desde 2020 en la plantación de quillay más grande de Chile ubicada en el predio Corderito, comuna de Yumbel. En ambos ecosistemas se ha obtenido como resultado del seguimiento de la producción anual de miel, hasta el año 2022, la determinación de mieles endémicas monoflorales de guindo santo (*Eucryphia glutinosa*) y de quillay (*Quillaja saponaria*), respectivamente. La presente investigación busca establecer si estas mieles seguirán su tendencia hacia la monofloralidad en la temporada de cosecha 2023.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Melisopalinología

La melisopalinología es una disciplina que se enfoca en la identificación de los granos de polen presentes en las muestras de miel (Herrero et al., 2002). Se considera el método más exacto para determinar el origen botánico y geográfico de la miel (Arone y De Micco 2010). El néctar recolectado y transformado posteriormente en miel por las abejas melíferas (*A. mellifera* Linnaeus 1758), incluye polen proveniente de las plantas que éstas han visitado, por lo que el análisis de la composición polínica de la miel nos permite conocer el origen floral de ésta y la localidad en la cual esta flora crece (Corvucci et al., 2015).

Los estudios de microscopía óptica combinados con análisis fisicoquímicos, han demostrado ser una herramienta útil para caracterizar las mieles. Algunos estudios que han utilizado esta técnica combinada de análisis incluyen a (Montenegro et al., 2003; Sant'Ana et al., 2012).

2.2 La miel y su consumo

Existe diversidad de tipos de miel dependiendo de las características que constituyen cada producción melífera, esto varía según la flora encontrada y visitada por la abeja melífera, las condiciones climáticas y las condiciones de suelo en donde se encuentran los apiarios, esto no solo caracteriza el origen floral de las mieles, sino que también define algunas características sensoriales y fisicoquímicas que se identifican con el tipo de especies utilizadas en la recolección y pecoreo de la abeja (Von Der Ohe et al., 2004).

La miel, de acuerdo con el *Codex Alimentarius*, es una sustancia dulce, natural, producida por *Apis mellifera* L. a partir de secreciones obtenidas del néctar de las flores o de excreciones de insectos chupadores de plantas y que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, las cuales depositan, deshidratan, almacenan y dejan en el panal, para que madure y añeje (Stan 1981). Su maduración es el resultado complejo de una serie de interacciones al interior de la colmena que dependerá del número de abejas que intervienen en el proceso de elaboración de la miel y del volumen de néctar almacenado (Campo et al, 2022).

El crecimiento significativo de los consumidores de miel a nivel mundial, así como las exigencias sobre la inocuidad del alimento han intensificado la necesidad de una verificación en los estándares de autenticidad de la miel, con el objetivo de satisfacer estos requerimientos que apuntan a disponer de productos orgánicos, sanos y diferenciados, elaborados bajo rigurosos estándares de calidad (de Toledo et al., 2020). La Unión Europea y EE. UU., estados con aumento significativo en el consumo de miel (Popp et al., 2018; Ferrier et al., 2018) han desarrollado normativas que permiten certificar la calidad del producto, transformándose en exigentes mercados internacionales, que han establecidos estrictos estándares de calidad, principalmente relacionados con la seguridad alimentaria (Montenegro et al. 2008).

2.3 La miel en Chile

En Chile, la exportación de mieles en el año 2022 alcanzó un volumen de 4.184,6 toneladas, valorizadas en USD 16,85 millones FOB (libre a bordo), lo que representó un aumento del 27%, tanto en volumen, como en valor de exportación respecto al año anterior, el promedio mundial de consumo *per cápita* es de alrededor de 220 g al año. Por tanto, la mejor alternativa comercial de la miel chilena es el mercado de exportación (ODEPA 2023).

De este modo, el Servicio Agrícola y Ganadero en 2006 (SAG, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile) ha establecido un sistema de trazabilidad de mieles, creando el Registro de Apicultores de Miel de Exportación (RAMEX) y el Registro para los Exportadores de Miel (REEM) con el fin de determinar el cumplimiento de los requisitos para la exportación de miel.

La producción melífera chilena se caracteriza por una gran variedad de tipos de mieles obtenidas de una región del planeta con aptitud melífera de vasta amplitud latitudinal, lo que implica una variedad de climas y de vegetación. Sin embargo, desaprovechando estas características únicas del país para el rubro, este producto no es diferenciado ni en su cosecha, ni en su venta; se exporta principalmente a granel, como miel multifloral, a bajos precios y sólo en algunos casos como miel diferenciada, por ejemplo, de ulmo (*Eucryphia cordifolia*) o de quillay (*Quillaja saponaria*) y en menor cantidad, como miel proveniente de bosque nativo (Montenegro 2000).

Chile cuenta con una gran diversidad de flora, compuesta por especies nativas y endémicas, las cuales son de aporte a la producción apícola a lo largo de nuestro país (Lobos y Silva 2021). La flora melífera se puede considerar como el insumo más importante a tener en cuenta en la planificación de la actividad apícola (Insuasty-Santa Cruz et al., 2016), ya que es la materia prima de la cual la abeja, *A. mellifera*, recolecta los recursos que utiliza para la elaboración de su alimento y para la realización de las diferentes labores en la colmena (Doke et al., 2015), obteniendo como productos el polen, la miel, el propóleo, entre otros, que son aprovechados

por el apicultor para beneficio propio, generando beneficios ambientales y económicos (Sánchez et al. 2014).

De acuerdo con lo anterior, la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización (INN, Chile) estableció en 2005, la Norma Chilena Oficial NCh2981; 2005 Miel de abejas, Denominación de Origen Botánico mediante ensayo melisopalinológico, con el fin de establecer un método para diferenciar el origen botánico de la miel producida en Chile, estableciendo que una miel monofloral de una especie, determinada debe presentar más de un 45% de pólenes de esa especie determinada en su fracción polínica; las mieles multi o poliflorales son aquellas elaboradas a partir del néctar de varias especies y cuyo contenido de polen no alcanza, en ninguna de ellas, un porcentaje igual o superior al 45%; por último, las mieles biflorales son aquellas cuyo contenido de polen principal son de dos especies determinadas, que en porcentaje alcanzan en conjunto al menos el 45%, pero que entre ellas la diferencia porcentual no supera el 5% (Montenegro et al., 2008).

Así, las comunidades vegetales de extrema singularidad y adaptación a distintos factores limitantes presentes en Chile (Montenegro 2022), que se constituyen en especies nativas y endémicas de un recurso floral único para la abeja melífera, pueden ser estudiadas melisopalinológicamente y ser certificadas en cuanto a su origen botánico y geográfico, facilitando su exportación hacia los exigentes mercados internacionales (Ávila et al., 1993; Montenegro y Ávila, 1995; Montenegro et al., 2003; Ramírez y Montenegro, 2004).

2.4 Conociendo de dos mieles nativas de la Región del Biobío

Una especie melífera interesante de Chile centro sur, escasamente estudiada, nativa y endémica, es Guindo Santo, *Eucryphia glutinosa* (Poepp. & Endl. Baill.), perteneciente a la familia *Cunoniaceae*, está presente desde la región del Maule, hasta la región del Biobío, en zonas de clima mediterráneo húmedo, templado oceánico (Echeverría et al., 2014). No es una especie abundante, se desarrolla principalmente en tipos de hábitats húmedos como riberas o quebradas, se encuentra asociado a los tipos forestales Ciprés de la Cordillera y Roble-Raulí-

Coigüe; además, por lo general, se asocia a especies que también prefieren la humedad, como *Drimys winteri* (canelo), *Gevuina avellana* (avellano), *Luma apiculata* (arrayán), entre otras. En cuanto a su fenología, se puede indicar que sus flores son de aproximadamente 6 cm de diámetro, posee flores hermafroditas, blancas, solitarias, axilares, sostenidas por un pedúnculo grueso, pubescente, con brácteas basales caducas, cóncavas y coriáceas. Cáliz caedizo, de 4 sépalos, libres; corola de 4 pétalos, nervosos, obovados, anchos y oblicuos; estambres numerosos 2,5 cm de largo, insertos en varias series sobre un disco delgado. Posee granos de polen bicolorados, con exina reticulada. Su floración es entre diciembre y febrero (Hoffmann 1995; Hechenleitner et al. 2005).

Otra especie nativa, endémica y melífera para Chile central y centro sur es la especie *Quillaja saponaria* Mol., el quillay, de la familia *Quillajaceae*, un árbol presente desde la Región de Coquimbo a la Región de la Araucanía, crece en climas secos y cálidos, como también en sitios frescos y húmedos, lo que lo hace una especie resistente a las fluctuaciones térmicas y condiciones extremas de sequía. No obstante, se considera una especie de requerimientos hídricos medios. Fenológicamente, posee flores hermafroditas. Además, sus flores son de forma estrellada, dispuestas generalmente en pequeños corimbos terminales o bien solitarias, de color blanco amarillentas. El cáliz tiene 5 sépalos y la corola 5 pétalos libres, espatulados, de color blanco cremoso. Sus granos de polen son tricolporados, con exina reticulada. Florece de diciembre a enero (Rougier et al. 1993; Ramírez et al. 2004). El quillay forma parte de la comunidad del matorral esclerófilo de la zona central del país, asociado a especies como *Colletia hystrix* (yaqui), *Cryptocarya alba* (peumo), *Escallonia pulverulenta* (corontillo), *Lithraea caustica* (litre), *Peumus boldus* (boldo), *Schinus molle* (molle), *Sophora macrocarpa* (mayú).

Tanto el guindo santo como el quillay son especies muy apetecidas por la abeja, ya que son atractivas debido a la gran cantidad de néctar que producen sus flores y que es utilizado para la elaboración del producto melífero (Montenegro 2022).

En la región geográfica de Pitril, comuna de Alto Biobío, en la provincia de Biobío, guindo santo se presenta como una especie preferida por la abeja melífera para la producción de miel. Estudios sistemáticos de cinco temporadas de cosecha de miel de la zona llevados a cabo por el Laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal, de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, han determinado melisopalinológicamente que la producción de miel de todas las temporadas ha sido monofloral de guindo santo (Lamas et al., 2017, García et al., 2020), lo que constituye un factor relevante que puede ayudar al apicultor a diferenciar su producto en un mercado competitivo, mejorar los márgenes de beneficio debido a que la apicultura es una actividad de subsistencia para la comunidad local y también, promover prácticas de conservación de la biodiversidad local, entre otras, de la especie guindo santo, que es considerada como una especie de fragilidad ecológica, debido a que es insuficientemente conocida (Quiles et al., 2018). Además, participar en la conservación de especies en peligro puede abrir oportunidades para obtener apoyo de organizaciones ambientales y acceder a nuevos mercados interesados en la sostenibilidad y la responsabilidad social.

En el predio Corderito, comuna de Yumbel, el quillay se presenta como una especie predilecta por la abeja melífera para la producción de miel. Estudios sistemáticos realizados durante cuatro temporadas sucesivas de cosecha de miel en esta zona, llevados a cabo por el Laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, han determinado melisopalinológicamente que la producción de miel, en al menos tres temporadas, ha sido monofloral de quillay. Este hallazgo es importante, porque la clasificación de miel monofloral permite mejorar su posicionamiento y valor en el mercado, debido a la demanda específica de mieles con origen floral certificado, lo que incrementa su atractivo, rentabilidad en la venta y comercialización del producto (Montenegro 2022). Adicionalmente, los estudios realizados en este ecosistema del secano interior de Yumbel cobran mayor relevancia respecto del producto melífero, debido a que el predio Corderito tiene una característica particular, es la plantación de quillay más grande de Chile, con poco más de 125 hectáreas de especies nativas (80% quillay) y que corresponde al Plan de Reforestación que la empresa Colbún,

desarrolla por compensación ambiental respecto de su Central hidroeléctrica de Angostura. Este ecosistema permitiría entonces, una actividad apícola sustentable, que ofrecería una alternativa de producción rentable al apicultor, y al mismo tiempo, estaría contribuyendo a la conservación de las comunidades vegetales nativas (Montenegro 2022).

III. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

El supuesto de investigación del presente estudio es que la producción de miel en base a la cosecha del verano de 2023, tanto en la localidad de Pitril, comuna de Alto Biobío, así como en la localidad de Corderito, comuna de Yumbel, seguirá siendo monofloral para las especies de guindo Santo y quillay, respectivamente, siguiendo la tendencia de años anteriores.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo melisopalinológico de la producción anual de miel de guindo Santo, de la localidad de Pitril (Alto Biobío) y de miel de quillay, de la localidad de Corderito (Yumbel) como seguimiento a su origen botánico certificado como mieles monoflorales de la región del Biobío.

4.2 Objetivos específicos

- Analizar la composición botánica de las mieles de Pitril, comuna de Alto Biobío y de Corderito, comuna de Yumbel, cosechadas en 2023, utilizando la norma vigente chilena NCh 2981 (Miel de abejas – Denominación de origen botánico mediante ensayo melisopalinológico).
- Determinar parámetros fisicoquímicos utilizando las normativas nacionales chilenas para contenido de humedad, cenizas, sólidos insolubles, hidroximetilfurfural, conductividad eléctrica y pH, de las mieles de Pitril y de Corderito, cosecha 2023.
- Realizar un análisis comparativo del origen floral de ambas mieles en función de sus respectivas producciones anuales históricas, utilizando antecedentes

bibliográficos, que permitan discutir sobre su tendencia de composición como mieles monoflorales.

V. METODOLOGÍA

5.1 Área de estudio

El área de estudio se ubica en el sector de Pitril, comuna de Alto Biobío (Latitud - 37.8811301, Longitud -71.638632) y predio Corderito comuna de Yumbel (Latitud - 37.0316780, Longitud -72.6671586) Región del Biobío.

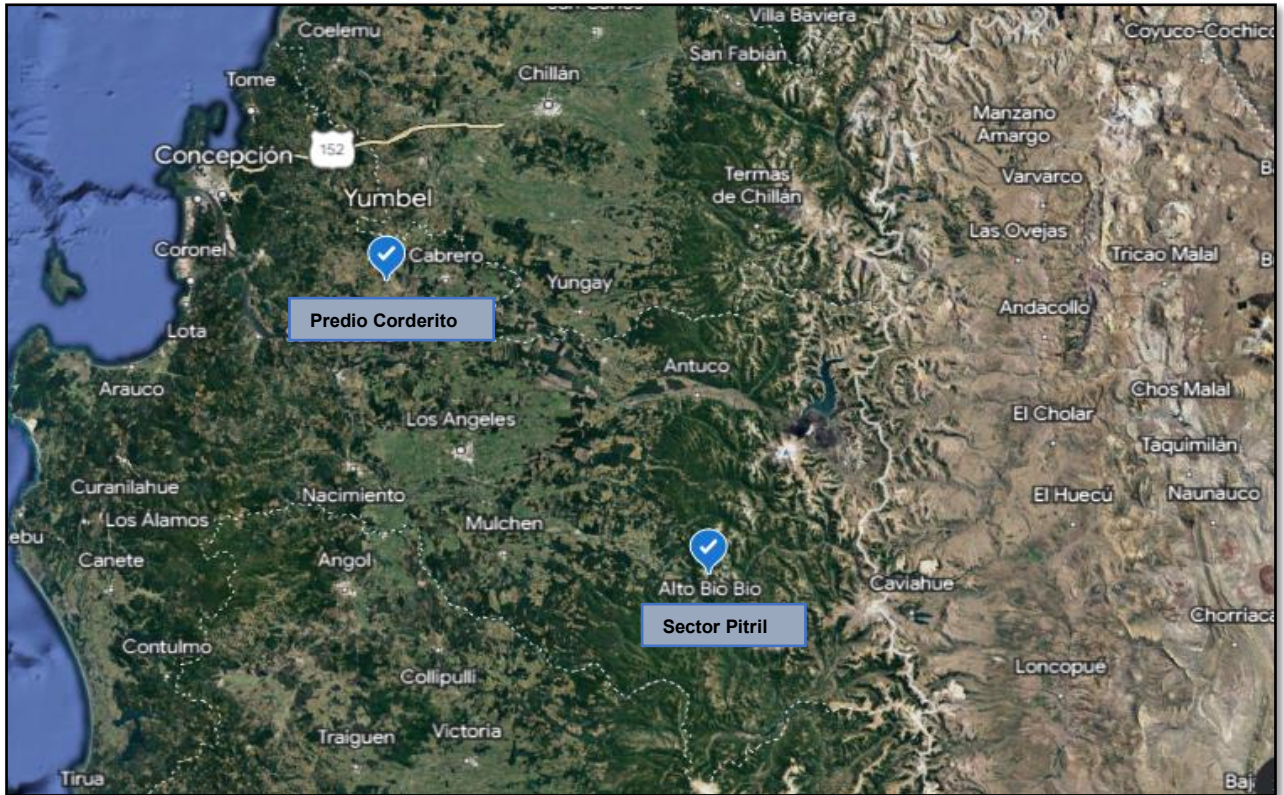


Figura 1. Área de estudio: región geográfica del sector Pitril y del predio Corderito.

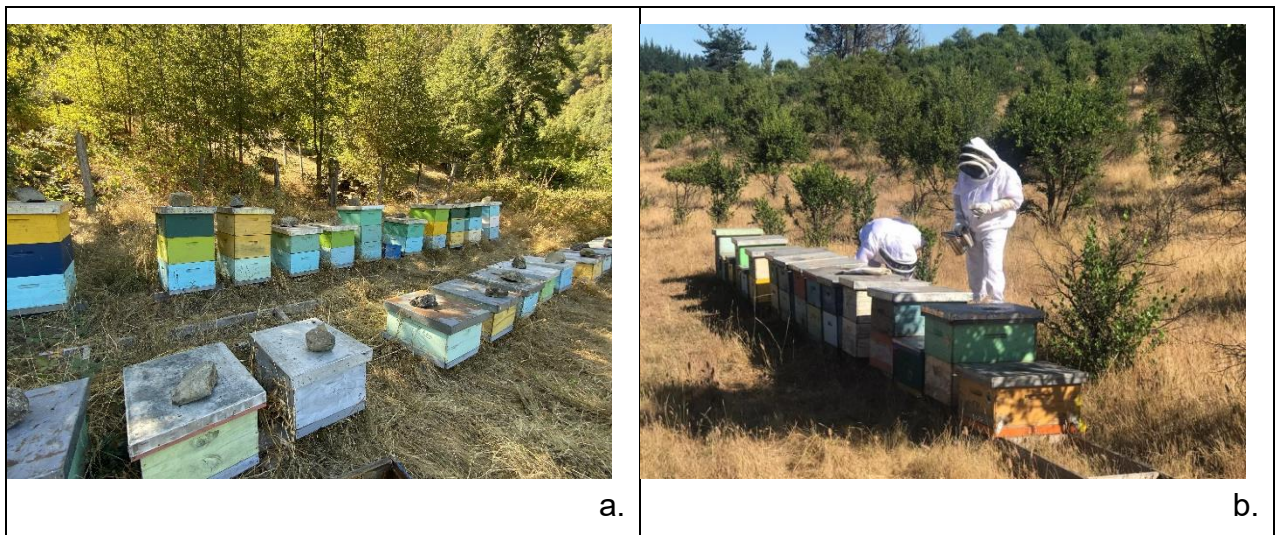


Figura 2 a. Sector Pitril, comuna de Alto Biobío **b.** Predio Corderito, comuna de Yumbel.

5.2 Análisis melisopalinológico

Para la determinación del contenido polínico de las mieles se utilizó la norma Chilena NCh 2981 (Miel de abejas – Denominación de origen botánico mediante ensayo melisopalinológico) a mieles provenientes del sector Pitril y predio Corderito respectivamente. Para cada procedencia se pesaron 40 gramos de miel, los que luego fueron traspasados a un vaso precipitado en el que se vertió agua caliente en relación 1:1 para disolver los azúcares presentes y se revolvió hasta conseguir una solución homogénea. Posteriormente, se depositaron 12 ml de la muestra en un tubo Falcón, el cual se centrifugó por 10 minutos a 4400 rpm para separar fases. Posteriormente, se descartó el sobrenadante y se realizaron centrifugaciones sucesivas hasta concentrar la muestra.

El concentrado de polen obtenido se deshidrató añadiéndole 3 ml de ácido acético glacial. A continuación, se centrifugó por 10 min. a 4400 rpm. Se eliminó el sobrenadante y se agregó la mezcla acetolítica al tubo para producir una reacción del tipo óxido-reducción que destruye la materia orgánica contenida en las muestras. La acetólisis está compuesta por anhídrido acético y ácido sulfúrico en una relación de 9:1, respectivamente. Para catalizar la reacción se utilizó baño de María, a 80°C. Enfriada la mezcla, el material se transfirió a los tubos y se centrifugó por 10 min a 4400 rpm. Se aplica nuevamente ácido acético glacial para neutralizar los residuos de la mezcla acetolítica y deshidratar el contenido de polen. Se centrifuga nuevamente por 10 min a 4400 rpm. Para culminar el proceso experimental descrito, se agregó glicerina y agua destilada a los tubos, para lograr que los granos de polen se hidrataran y se obtuviera una mejor calidad en la resolución de la observación de éstos al microscopio.

5.3 Montaje de la muestra

Las muestras se fijaron en portaobjetos utilizando el pegamento sintético Hydromatrix, sellando el cubreobjetos de las muestras con parafina sólida para su conservación.

5.4 Suma del contenido polínico

El conteo de polen al microscopio óptico sigue la metodología clásica de área mínima, establecida para palinología por Bianchi y D'Antoni (1986). Se recorre la muestra, barriendo el área delimitada por el cubreobjeto, en transectos horizontales sucesivos a partir de uno de los vértices superiores y hasta finalizar en el vértice inferior opuesto, utilizando para ello el objetivo 10x y/o 40x dependiendo del tamaño de los granos. Los granos de polen contabilizados son expresados en porcentajes, calculados por regla de tres simple, que representan la proporción relativa de las especies dentro del total de la muestra de miel.

5.5 Caracterización fisicoquímica

5.5.1 Determinación de humedad

Para determinar el contenido de agua en la miel se utilizó la Norma Chilena NCh3026 (Miel de abejas - Determinación del contenido de agua).

5.5.2 Determinación de sólidos insolubles en agua

Para determinar el contenido de sólidos insolubles en agua, en miel de abeja, se utilizó la Norma Chilena NCh3047 (Miel de abejas - Determinación del contenido de sólidos insolubles en agua).

5.5.3 Determinación de acidez (pH)

Para determinar la acidez libre presente en la miel de abeja se utilizó la Norma Chilena NCh3019 (Miel de abejas - Determinación de la acidez libre).

5.5.4 Determinación del contenido de ceniza

Para determinar el contenido de ceniza en miel de abeja se utilizó la Norma Chilena NCh3102 (Miel de abejas - Determinación de ceniza).

5.5.5 Determinación del contenido de Hidroximetilfurfural (HMF)

Para la determinación del contenido de hidroximetilfurfural (HMF) en miel de abeja mediante espectrofotometría UV se utilizó la Norma Chilena NCh3046 (Miel de abejas - Determinación del contenido de hidroximetilfurfural - Método de espectrofotometría UV).

5.5.6 Análisis Microbiológico

Para la determinación de coliformes totales y de *Escherichia coli* se utilizó la Norma Chilena NCh3109 (Miel - Determinación y recuento de coliformes totales y *Escherichia coli* - Técnica del número más probable (NMP)).

5.6 Análisis nutricionales

Los análisis nutricionales de las muestras recolectadas para este estudio fueron realizados por el Centro de Desarrollo Tecnológico Agroindustrial (CDTA), de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Concepción Campus Chillán, ubicado en la ciudad de Los Ángeles.

5.7 Análisis de biodiversidad

Se utilizó el Índice de diversidad de Shannon-Weaver (1949) para evaluar la diversidad floral en cada una de las temporadas de las cosechas de miel de cada sector en estudio. Este análisis se llevó a cabo empleando el software estadístico PAST, un paquete de programas de estadística paleontológica diseñado para la enseñanza y análisis de datos (Hammer et al., 2001).

Para ver la fórmula de cálculo del índice de diversidad de Shannon (H') e índice de Equitatividad de Pielou (J') **ver Anexo 1**.

VI. RESULTADOS

6.1 Análisis melisopalínológico

Tabla 1. Presencia polínica relativa anual en mieles procedentes del sector Pitril, comuna de Alto Biobío.

Familia	Espectro Polínico	Nombre Común	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Amaranthaceae			-	-	0,71%	-		-	-
Apiaceae			1,96%	6,09%		0,23%		0,41%	-
Asteraceae	<i>Taraxacum officinalis</i>	Diente de león	-	-	2,02%	-		5,20%	1,19%
Asteraceae			0,77%	0,26%	0,40%	-		-	-
Asteraceae	<i>Mutisia decurrens</i>	Mutisia	-	-	-	1,38%		-	-
Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i>	Hierba azul	8,31%	2,78%	3,30%	1,60%		1,87%	1,64%
Brassicaceae			2,39%	2,13%	-	-		-	0,10%
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Yuyo	-	-	1,26%	-		-	-
Bromeliaceae	<i>Puya sp.</i>	Puya	3,87%	-	1,79%	-	P	-	-

Cunoniaceae	<i>Eucryphia glutinosa</i>	Guindo Santo	49,50%	46,45%	46,00%	56,48%	A N D E M I A	52,55%	49,11%
Elaeocarpaceae	<i>Aristotelia chilensis</i>	Maqui	0,19%	0,29%	0,14%	0,30%		0,30%	-
Escalloniaceae	<i>Escallonia rosea</i>	Siete camisas	-	-	0,88%	-		-	-
Ericaceae	<i>Gaultheria sp</i>		-	-	-	-			0,39%
Fabaceae	<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa	-	-	6,51%	2,24%		2,79%	0,94%
Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega	6,24%	2,53%	2,65%	1,81%		1,63%	2,61%
Fabaceae	<i>Lotus pedunculatus</i>	Alfalfa chilota	0,33%	2,42%	2,26%	-		-	-
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i>	Castaña	3,87%	-	1,33%	0,49%		-	10,13%
Francoaceae	<i>Balbisia gracilis</i>	Balbisia	-	-	2,38%	1,02%		1,01%	-
Hydrangeaceae	<i>Hydrangea serratifolia</i>	Canelilla	5,43%	3,98%	4,05%	1,58%		1,51%	13,56%
Lamiaceae	<i>Mentha pulegium</i>	Menta	7,89%	4,60%	-	-		-	0,11%
Loranthaceae	<i>Tristerix corymbosus</i>	Quintral del maqui	-	-	-	-		-	-
Myrtaceae	<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	-	-	5,49%	5,37%		8,63%	7,27%
Myrtaceae			1,76%	-	-	-		-	-
Nothofagaceae	<i>Nothofagus sp.</i>		1,50%	1,56%	-	-		-	-
Poaceae			1,17%	0,11%	-	-		-	0,78%
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	Vinagrera	-	-	-	0,79%	0,75%	-	
Proteaceae	<i>Gevuina avellana</i>	Avellano	10,19%	5,69%	9,17%	2,39	16,03%	3,61%	
Proteaceae	<i>Lomatia hirsuta</i>	Radal	-	1,60%	-	-	-	-	
Quillajaceae	<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	-	1,27%	-	0,71%	-	5,97%	
Rhamnaceae	<i>Colletia hystrix</i>	Crucero o Llaqui	-	0,58%	-	17,56%	3,74%	0,10%	
Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora	-	-	4,78%	1,73	2,17%	1,84%	
Rosaceae	<i>Prunus sp.</i>		0,96%	-	-	-	-	-	
Rosaceae			-	0,78%	-	-	-	-	
Scrophulariaceae	<i>Verbascum thapsus</i>	Hierba de paño	0,12	3,69%	2,59%	-	-	-	
Vitaceae	<i>Clematicissus striata</i>	Voqui colorado	-		-	-	0,45%	-	
No determinados			-	0,24%	1,02%	1,02%	0,78%	0,67%	
Leyenda	Primario		Para visualizar algunos granos de polen identificados en las mieles analizadas ver Anexo 2						
	Secundario								

La presencia polínica relativa predominante en la miel procedente del sector Pitril, comuna de Alto Biobío es de *Eucryphia glutinosa* lo que indica una miel monofloral de guindo santo para los años señalados en la tabla 1 (2017-2023). Se indica en color verde el polen primario y en color naranja la presencia polínica secundaria.

Tabla 2. Presencia polínica relativa anual en mieles procedentes del sector Corderito, comuna de Yumbel.

Familia	Espectro Polínico	Nombre Común	2020	2021	2022	2023
Anacardiaceae	<i>Schinus polygamus</i>	Huingán	-	0,59%	-	-
Apiaceae	<i>Conium maculatum</i>	Cicuta	5,81%	0,26%	-	0,28%
Asteraceae	<i>Taraxacum officinalis</i>	Diente de león	-	-	-	-
Asteraceae			-	-	-	1,41%
Asteraceae	<i>Cynara cardunculus</i>	Cardo	0,52%	-	-	0,23%
Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i>	Hierba azul	-	0,95%	2,48%	2,72%
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Yuyo	-	0,80%	-	-
Brassicaceae	<i>Brassica sp.</i>		-	-	-	3,34%
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i>	correhuela	0,83%	-	-	-
Elaeocarpaceae	<i>Aristotelia chilensis</i>	Maqui	2,08%	5,69%	2,00%	-
Escalloniaceae	<i>Escallonia pulverulenta</i>	Madroño/ corontillo	0,31%	15,90%	2,00%	-
Fabaceae	<i>Acacia dealbata</i>	Aromo	-	0,59%	-	-
Fabaceae	<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa	7,78%	0,90%	1,15%	2,05%
Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega	14,79%	6,88%	19,98%	17,69%
Fabaceae	<i>Lotus pedunculatus</i>	Alfalfa chilota	-	4,13%	8,07%	3,25%
Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i>	Trébol rosado	1,22%	-	-	-
Fabaceae	<i>Sophora macrocarpa</i>	Mayo	-	8,49%	-	-
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i>	Castaño	-	3,28%	2,00%	8,45%
Lamiaceae	<i>Mentha pulegium</i>	Poleo	2,51%	-	1,15%	0,86%
Myrtaceae	<i>Luma chequen</i>	Chequen	3,26%	13,43%	4,61%	-
Pinaceae	<i>Pino sp.</i>	Pino	0,11%	-	-	-
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	Vinagrera	-	-	-	0,84%
Quillajaceae	<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	45,91%	4,92%	46,16%	47,75%
Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora	-	25,83%	4,91%	1,56%
Rosaceae	<i>Prunus domestica</i>	Ciruelo	1,48%	2,99%	-	-
Rosaceae			0,44%	-	0,23%	-
Salicaceae			-	0,35%	-	-
Solanaceae			1,13%	-	-	-
Vitaceae	<i>Clematicissus striata</i>	Voqui colorado	1,64%	-	-	-
No determinados			0,24%	0,59%	0,51%	0,69%
Leyenda	Primaria		Para visualizar algunos granos de polen identificados en las mieles analizadas ver Anexo 2			
	Secundaria					

La presencia polínica relativa predominante en la miel procedente del sector Corderito, comuna de Yumbel, es de *Quillaja saponaria* lo que indica una miel monofloral de quillay para las temporadas señaladas en la tabla 2 (2020, 2022, 2023), indicándose en color verde el polen primario y en color naranja el porcentaje polínico secundario. Durante la temporada 2021 se obtuvo una miel polifloral, en donde ninguna especie alcanzó el 45% del total de granos de polen presentes en la muestra, siendo las especies más abundantes *Rubus ulmifolius*, *Escallonia pulverulenta* y *Luma chequen*.

6.2 Análisis fisicoquímicos

Tabla 3. Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la miel del sector de Pitril, comuna de Alto Biobío, en relación con los parámetros establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (RSA) y el Codex Alimentarius (NORMA PARA LA MIEL CXS 12-19811).

Parámetros	REF.	PITRIL						
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Humedad (%)	20	16,4	18,3	18,2	17,5	P A N D E M I A	18,0	16,8
Solidos Insolubles (g)	0.1	0,08	0,03	0,04	0,03		0,05	0,04
HMF (mg/kg)	40	0,64	3,96	2,08	3,81		0,07	0,02
Cenizas (%)	0,8	0,32	0,17	0,63	0,55		0,52	0,17
Cond. Eléctrica (mS/cm)	0,8	0,49	0,44	0,32	0,45		0,19	0,43
pH	-	3,62	4,29	4,16	4,60		4,10	4,00

Tabla 4. Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la miel del predio Corderito, comuna de Yumbel, en relación con los parámetros establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (RSA) y Codex Alimentarius (NORMA PARA LA MIEL CXS 12-19811).

Parámetros	REF.	CORDERITO			
		2020	2021	2022	2023
Humedad (%)	20	18,2	P A N D E M I A	18,2	17,5
Solidos Insolubles (g)	0.1	0,06		0,07	0,04
HMF (mg/kg)	40	2,22		2,00	2,07
Cenizas (%)	0,8	0,05		0,05	0,07
Cond. Eléctrica (mS/cm)	0,8	0,58		0,77	0,61
pH	-	4,00		3,95	3,98

La totalidad de los valores de los parámetros fisicoquímicos analizados y obtenidos en las muestras de miel de ambos sectores en estudio cumplen con los estándares establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (RSA) y del Codex Alimentarius, establecidos para la miel de *A. mellifera*.

6.3 Análisis microbiológicos

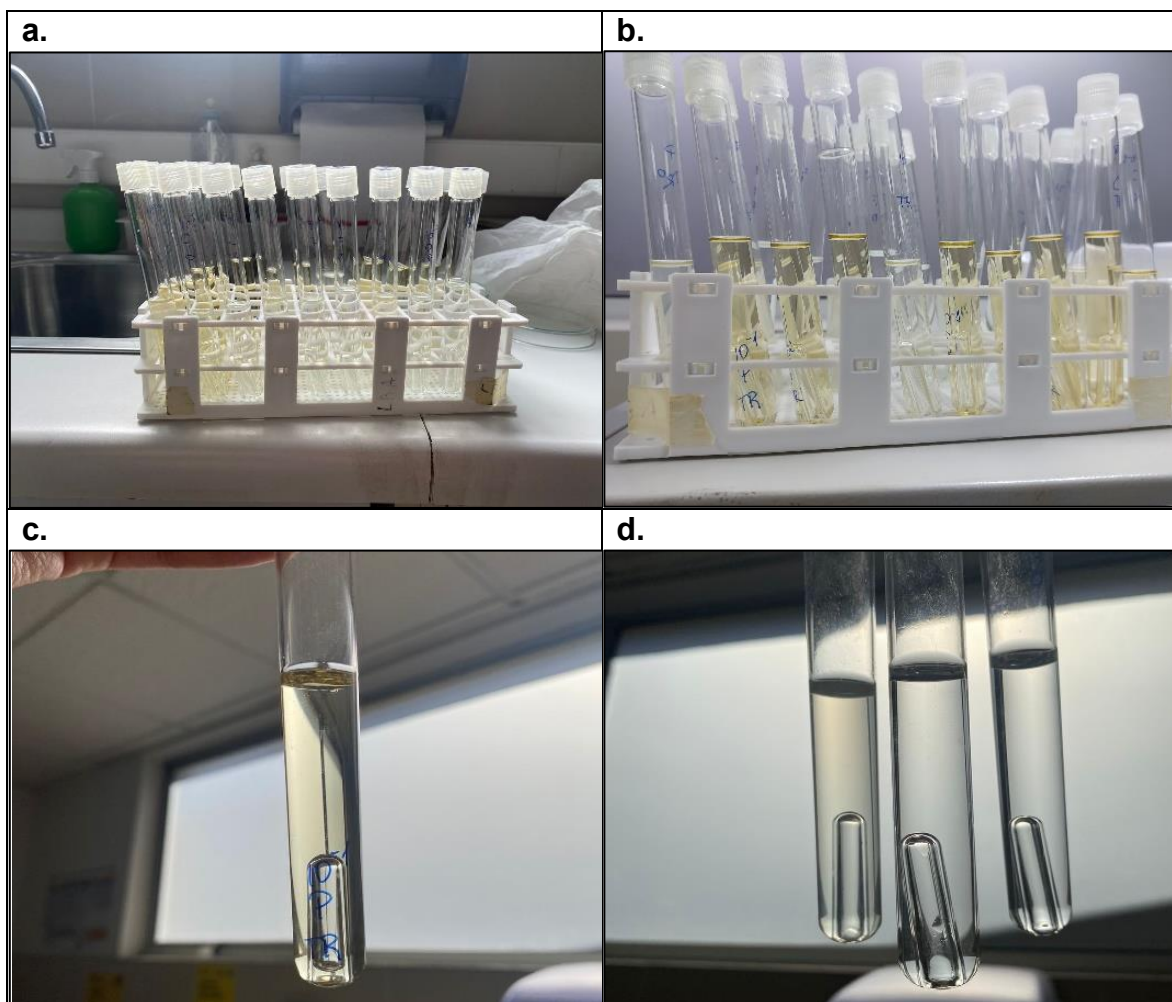


Figura 3. Técnica para la determinación de coliformes totales y de *Escherichia coli* según Norma Chilena NCh3109 (Miel - Determinación y recuento de coliformes totales y *Escherichia coli* - Técnica del número más probable (NMP). **a.** Tubos de ensayo con miel del sector Pitril de las temporadas 2017-2023. **b.** Tubos de ensayo con miel del predio Corderito de las temporadas 2020-2023. **c.** No se detecta formación de burbujas de gas en la campana de Durham para ninguna de las dos procedencias. **d.** No se observa turbidez en los medios para ninguna de las dos procedencias.

No se detectó la formación de burbujas de gas en las campanas de Durham ni se observó turbidez en los medios de cultivo inoculados con miel. Además, las muestras de mieles analizadas no presentan resultados positivos a la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli* (Figura 3).

6.4 Análisis nutricionales

El análisis nutricional de la miel para las procedencias de Pitril y de Corderito, realizado por el Centro de Desarrollo Tecnológico Agroindustrial (CDTA) de la U. de Concepción, revela que, por cada 100 gramos de miel, este producto exhibe un contenido calórico bajo.

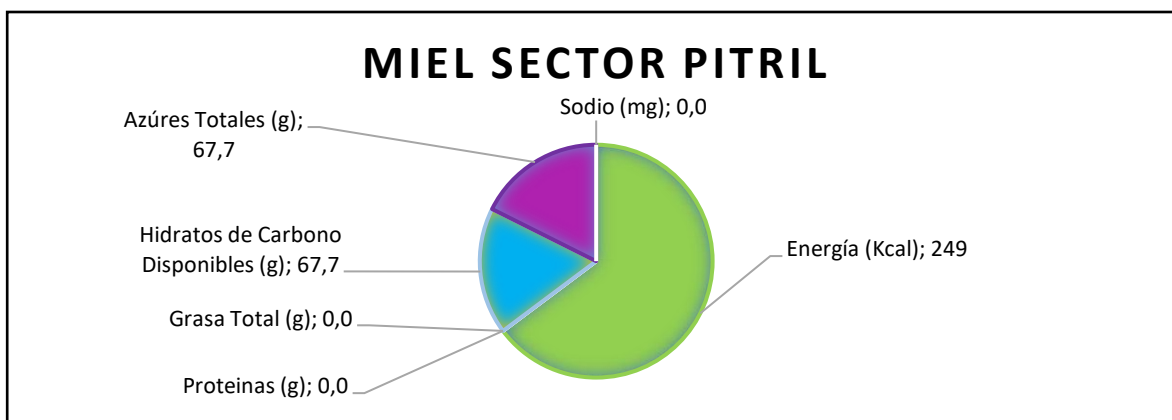


Figura 4. Análisis nutricional para miel del sector Pitril, temporada 2023, realizado por el Centro de desarrollo tecnologico Agroindustrial (CDTA), Universidad de Concepción.

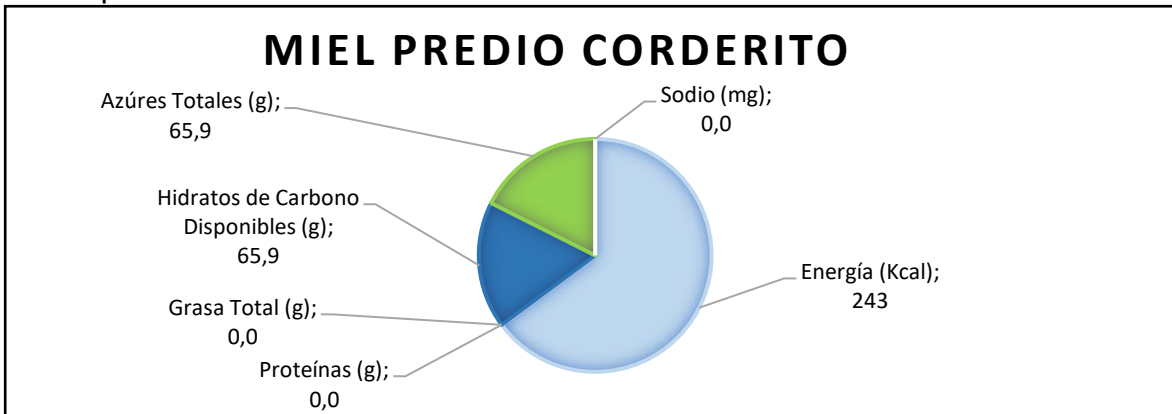


Figura 5. Análisis nutricional para miel del predio Corderito, temporada 2023, realizado por el CDTA., Universidad de Concepción.

En el **Anexo 4**, disponible al final del presente documento, se proporcionan las tablas nutricionales correspondientes, que incluyen datos específicos sobre energía, proteínas, grasas, carbohidratos y otros nutrientes por porción y por cada 100 gramos para ambos productos analizados de la temporada 2023, de ambas localidades en estudio.

6.5 Análisis de biodiversidad

Tabla 5. Resultados de los análisis de biodiversidad en miel del sector Pitril temporadas 2017-2023 utilizando índice de diversidad de Shannon-Weaver (1949), índice de Pielou (Pielou 1969) e índice de Riqueza Específica.

SECTOR PITRIL	H'	J'	Riqueza Específica
2017	1,90	0,70	19
2018	2,20	0,70	24
2019	2,10	0,70	22
2020	1,60	0,50	21
2021	-	-	-
2022	1,70	0,60	18
2023	1,80	0,60	17

Los valores altos de diversidad (H') y riqueza específica se registraron en 2018, mientras que en los años posteriores se observó una baja tanto en la cantidad de especies como en la uniformidad de su distribución (J'). Especialmente a partir de 2020, los índices reflejan una menor diversidad y equidad.

Tabla 6. Resultados de los análisis de biodiversidad en miel del predio Corderito temporadas 2020-2023 utilizando índice de diversidad de Shannon-Weaver (1949), índice de Pielou (1969) e índice de Riqueza Específica.

SECTOR CORDERITO	H'	J'	Riqueza Específica
2020	1,97	0,66	20
2021	2,36	0,77	21
2022	1,80	0,64	17
2023	1,80	0,64	17

Entre 2020 y 2023, la biodiversidad en la miel del predio Corderito presentó su valor alto de diversidad (H') y uniformidad (J'), en 2021, acompañado de una riqueza específica relativamente estable. Sin embargo, a partir de 2022 se observa una disminución en los índices de diversidad y equidad, junto con una baja en el número de especies presentes.

VII. DISCUSIÓN

7.1 Análisis melisopalínológico

El sector Pitril, comuna de Alto Biobío, presenta una amplia diversidad de especies botánicas que caracteriza la región vegetacional biogeográfica del bosque caducifolio andino del Biobío (Gajardo 1994). Durante las temporadas analizadas en la presente investigación, entre 2017 y 2023 (tabla 1), se identificaron 28 especies florales presentes en las mieles estudiadas, pertenecientes a 26 familias botánicas, destacando las familias *Cunoniaceae*, *Fabaceae* y *Proteaceae*. Se destaca la especie Guindo santo, la cual predominó en todas las temporadas, con un porcentaje de granos de polen en la miel superior al 45%, lo que permite clasificar a este producto, en cada una de estas temporadas, como miel monofloral de Guindo Santo. Las especies florales identificadas en la composición de la miel son, en su gran mayoría, nativas, lo que refleja que la zona no se encuentra mayormente intervenida por el hombre y, por lo tanto, la abeja dispone de un recurso alimenticio que es propio de la vegetación del lugar (Ramírez y Montenegro 2004).

El Guindo Santo es un árbol altamente atractivo para las abejas, el cual taxonómicamente está emparentado con la especie *Eucryphia cordifolia* (ulmo), compartiendo con ella, entre otras características, una abundante producción de néctar en sus flores. Aunque su presencia es poco frecuente en el país y representa porcentajes de importancia menor y secundaria en las mieles de la zona centro-sur de Chile, es posible obtener mieles monoflorales de esta especie (García et al., 2020; Montenegro 2022). Estas mieles se producen principalmente en apiarios ubicados en la precordillera y cordillera de la Región del Biobío, donde los porcentajes de participación de la especie en la producción de miel alcanzan niveles de importancia, entregando un producto con un alto valor nativo y endémico.

En las temporadas que han sido estudiadas, de 2017 a 2023, las cosechas de miel en Pitril han sido, hasta la fecha, monofloral para la especie guindo santo, lo que habla de una preferencia de la abeja melífera por este alimento floral en específico. (Chittka et al., 2006) indican que las abejas melíferas exhiben notables habilidades de aprendizaje, y sus preferencias florales pueden ser moldeadas por sus

experiencias. Al pecorear, las abejas tienden a regresar a tipos de flores que previamente proporcionaron un alto porcentaje de néctar, demostrando un claro vínculo interespecífico abeja-flor.

En el predio Corderito, comuna de Yumbel, que alberga la plantación de quillay más grande de Chile, las 26 especies de granos de polen encontradas en las mieles analizadas de las temporadas 2020 a 2023 (tabla 2) pertenecen a 18 familias botánicas, siendo las más representativas: *Quillajaceae*, *Fabaceae* y *Escalloniaceae*.

Las temporadas de cosecha de miel 2020, 2022 y 2023 (tabla 2) de Corderito fueron identificadas como períodos en que se obtuvo miel monofloral de quillay, con granos de polen de esta especie que superaron el 45% de presencia en las muestras analizadas. Esta característica releva la importancia de la especie quillay como fuente principal de néctar en esta zona. El resultado antes descrito demuestra que, efectivamente, el quillay es alimento de preferencia por la abeja melífera y permite, como ya ha sido estudiado, la producción de mieles únicas, que contienen componentes antioxidantes y antimicrobianos. Así mismo, la miel monofloral de la especie quillay presenta interesantes actividades terapéuticas. Un ejemplo es la actividad antibacteriana y antifúngica analizada en varios estudios precedentes (Montenegro et al., 2009; Montenegro et al., 2013; Bridi et al., 2017;).

En la temporada 2021, se obtuvo en Corderito una miel polifloral, donde ninguna especie alcanzó al menos el 45% del total de granos de polen presentes en la muestra. Las especies más abundantes fueron *Rubus ulmifolius*, *Escallonia pulverulenta* y *Luma chequen*, con porcentajes relativos de presencia en la muestra de 25,83%, 15,90% y 13,43%, respectivamente. Esto podría atribuirse principalmente a la ausencia de precipitaciones registradas en la comuna, durante la época de floración de la especie quillay, lo que habría producido un estrés hídrico en ésta generando una respuesta defensiva del tipo defoliación para evitar la apertura estomática, propia del proceso fotosintético de la planta y reducir así, la evapotranspiración, aumentando la deshidratación (Gotor 2008) Consecuentemente, esta planta reduce la cantidad de floración y *A. mellifera* debe

buscar néctar entre otras fuentes florales mejor adaptadas a esta temporada seca. El estrés hídrico es uno de los factores más limitantes del crecimiento, la composición y distribución de las especies que se desarrollan en los climas mediterráneos (Otieno et al., 2005).

En las temporadas 2020, 2022 y 2023, la presencia de *Galega officinalis* como polen secundario podría deberse, de acuerdo con estudios previos (Montenegro et al. 2010), a la larga floración de la especie y su adaptabilidad a las condiciones ambientales, siendo utilizada por las abejas en la medida de su disponibilidad.

La presencia de especies nativas en las mieles del predio Corderito durante las temporadas analizadas, 2020 a 2023, no solo enriquece sus características organolépticas, sino que también destaca, como ha sido descrito, la importancia de conservar y proteger los ecosistemas locales (Montenegro et al., 2017).

7.2 Análisis fisicoquímicos

Todas las mieles analizadas, de ambos ecosistemas estudiados, muestran características fisicoquímicas que cumplen con los requisitos del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile, Decreto Supremo 977/96, y del Codex Alimentarius Stan 12-1981 (Codex 2001). Esto sugiere que siguiendo las normas básicas de las buenas prácticas apícolas es factible producir mieles ajustadas a los parámetros internacionales sobre inocuidad alimentaria del producto; independientemente de que los ecosistemas tengan mayor o menor grado de intervención antrópico, como ha sido señalado en la literatura (Navarrete et al., 2016; Montenegro et al., 2019).

En relación con el pH, los valores de las mieles analizadas oscilan entre 3,63 y 4,29. Algunos autores han descrito que la miel posee un pH promedio de 3,8 con una oscilación entre 3,4 y 6,1 en función del origen floral. Los valores altos de pH son indicativos, muchas veces, de la adición de jarabes hidrolizados o de siropes de fructosa con fines fraudulentos (Lozano 1984; Periago et al., 2016). No obstante, ser una característica importante en este aspecto, así como también en las características sensoriales, las cuales finalmente terminan por influir en la aceptación y preferencia del producto, así como en el precio final de

comercialización, el parámetro de acidez en miel no está contemplado en la normativa nacional ni en la internacional, un tema que requiere revisión.

7.3 Análisis microbiológicos

Como todo producto de origen natural, las mieles de *Apis mellifera*, presentan una flora microbiana propia, al igual que el resto de los productos alimentarios, pero con un comportamiento microbiológico característico (Salamanca et al., 2001). Los análisis microbiológicos realizados en las muestras de miel de ambos ecosistemas estudiados, de la temporada 2023, dieron como resultado ausencia de *E. Coli* y coliformes totales, lo que se condice con los parámetros fisicoquímicos obtenidos, en relación con un pH bajo y a un porcentaje de humedad también bajo, en estas mieles. A su vez, se infiere, a partir de los resultados obtenidos, que el procesamiento y almacenamiento del producto miel por parte de los apicultores es el correcto, ya que produjeron un producto inocuo para la comercialización, cumpliendo con la normativa legal vigente.

7.4 Análisis nutricional

La miel se distingue por ser extraordinariamente rica en carbohidratos y azúcares naturales, mientras que carece de contenido proteico significativo. Además, tanto la miel como otros productos apícolas muestran un bajo contenido de grasa total, resaltando así las características nutricionales específicas de la miel como un alimento naturalmente dulce y energético (de Toledo et al., 2020).

Los azúcares totales y los hidratos de carbono disponibles son los componentes predominantes en la miel. Para la miel cosechada en la temporada 2023 del sector Pitril, comuna de Alto Biobío, el resultado del parámetro fue de 67,7 gramos por porción, mientras que para la miel cosechada en la temporada 2023 del predio Corderito, comuna de Yumbel, fue de 65,9 gramos por porción. Esto sugiere, efectivamente, que la miel es principalmente una fuente de carbohidratos simples, lo que es consistente con su naturaleza como producto derivado del néctar de las flores. Los azúcares son los componentes más importantes de la miel puesto que representan aproximadamente del 95 al 99% de la materia seca, siendo fructosa y glucosa los más importantes (ca. 70 %) (Zandamela 2008). La ausencia de sacarosa

y los bajos niveles de hidroximetilfurfural (HMF) determinados en el presente estudio demuestran que estas mieles no fueron adulteradas con la adición de azúcares comerciales (Estupiñan 1998). Todos los parámetros nutricionales analizados se encuentran dentro de los rangos permitidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile.

7.5 Análisis de biodiversidad

El índice de diversidad (H') en todas las muestras de miel varió de 1,60 a 2,3, mientras que el valor de uniformidad (J') se mantuvo entre 0,5 y 0,7. Los valores de J' indican que *Apis mellifera* utilizó de manera uniforme los taxones determinados en el análisis melisopalínológico. Es importante señalar que no se deben comparar directamente los sectores de Pitril y de Corderito entre sí, debido a las diferencias inherentes a la estructura de sus ecologías de paisaje y producción anual de miel.

7.5.1 Índice de Shannon (H') aplicado a resultados en mieles del Sector Pitril

Desde la temporada 2017 hasta 2019, el índice de Shannon (H') muestra una tendencia creciente, pasando de 1,90 a 2,20, lo que indica un incremento en la diversidad de componentes en la miel. Sin embargo, en la temporada 2020, H' disminuye a 1,60, lo que implica una reducción en la diversidad de las fuentes de néctar utilizadas por las abejas lo que podría reflejar cambios en las prácticas agrícolas, preferencia dietaria o efectos del cambio climático, factores que han sido ampliamente documentados como influencias negativas en la biodiversidad de las plantas melíferas (Vanbergen, 2013). De acuerdo con lo que señala Reyes et al. (2022), un valor de H' entre 2 y 3 se considera normal, un valor inferior a 2 indica una diversidad baja, y un valor superior a 3 refleja una diversidad alta.

En 2021, el índice de diversidad H' subió ligeramente a 1,70 y se mantuvo estable en 1,80 durante las temporadas de 2022 y 2023. Según Menzel et al., (2001), *apis mellifera* tiene la capacidad de aprender y recordar rasgos florales complejos. Pueden asociar colores, formas y olores específicos con recompensas alimenticias, lo que les permite desarrollar fuertes preferencias por ciertas flores basadas en experiencias positivas previas de forrajeo, esto explicaría la diversidad baja en este

ecosistema debido a que las abejas durante todas las temporadas prefieren seguir seleccionando a la especie guindo santo por sobre otros recursos florales.

7.5.2 Índice de Equitatividad de Pielou (J') aplicado a resultados en mieles del Sector Pitril

El índice de equitatividad de Pielou (J') se mantuvo constante en 0,70 desde la temporada 2017 y hasta 2019, lo que indica una distribución relativamente equitativa de la abundancia entre los taxones polínicos determinados en la miel. Sin embargo, en la temporada 2020, J' disminuye a 0,50, reflejando una distribución menos equitativa y una mayor dominancia de ciertos taxones polínicos (tabla 5). Según Winfree et al., (2011) la disminución en la diversidad podría estar relacionada con la predominancia de ciertas especies que, debido a su mayor resistencia, son capaces de sobrevivir a condiciones adversas como cambios climáticos o desastres naturales. En las temporadas 2021 a 2023, J' alcanza un valor de 0,60, lo que sugiere una mejora en la equitatividad de las especies participantes. Este valor determinado está indicando mejor equilibrio entre las fuentes de néctar participantes del pecoreo de *A. mellifera*.

7.5.3 Índice de Shannon (H') aplicado a resultados en mieles del Predio Corderito

El índice de Shannon-Weaver (H') para el sector Corderito muestra variabilidad entre las temporadas de cosecha de miel 2020 y 2023. En 2020, H' fue de 1,97, aumentando a 2,36 en 2021, estos cambios reflejan fluctuaciones en la diversidad de las fuentes de néctar disponibles para las abejas.

El aumento en la diversidad observado en la temporada 2021 podría estar relacionado con condiciones climáticas menos favorables para quillay y otras especies botánicas susceptibles a la disponibilidad de agua, pero más favorables para otras especies mejor adaptadas a escasez hídrica, lo que genera cambios en la floración del ecosistema y consecuentemente, un cambio en la disponibilidad del recurso floral melífero. La comuna de Yumbel registró una precipitación media, entre noviembre de 2020 y febrero de 2021, de 0 mm (Centro de Información de Recursos Naturales, 2021), precisamente en el período de floración del quillay, lo que pudo

haber influido negativamente en la disponibilidad de este recurso floral específico en la dieta de las colmenas experimentales instaladas en este ecosistema.

El índice de diversidad de Shannon (H') muestra una baja diversidad debido a que, como se ha discutido previamente, *apis mellifera* prefiere las mismas especies y selecciona consistentemente ciertos recursos florales en su dieta. En consecuencia, debido a la escasa disponibilidad de flores de la especie *Quillaja saponaria* durante su temporada de floración 2021, las abejas se vieron obligadas a buscar otras especies más abundantes en cuanto a floración. Las especies con mayor disponibilidad de néctar para *A. mellifera* fueron *Rubus ulmifolius*, *Escallonia pulverulenta* y *Luma chequen*.

7.5.4 Índice de Equitatividad de Pielou (J') aplicado a resultados en mieles del Predio Corderito

El índice de equitatividad de Pielou (J') también muestra variaciones en el período de estudio. En la temporada 2020, J' fue de 0,66, incrementando a 0,77 en 2021, y luego disminuyendo nuevamente a 0,64 en 2022 y 2023. Estos cambios indican fluctuaciones en la distribución equitativa de los individuos entre los taxones presentes en la miel. Un J' más alto en la temporada 2021 sugiere una distribución más equitativa de las fuentes de néctar, lo que podría estar relacionado con un aumento en la variedad de plantas disponibles. Como indican Potts et al. (2003), una mayor equitatividad en la disponibilidad de recursos florales puede mejorar la estabilidad de las colonias de abejas al reducir la dominancia de ciertas especies de plantas.

La riqueza específica en el sector de Corderito muestra una disminución gradual entre las temporadas 2020, 2022 y 2023 (tabla 6). Esta reducción en el número de taxones podría ser un indicador de cambios negativos en el ecosistema local. Según Biesmeijer et al. (2006), la pérdida de diversidad de plantas melíferas puede estar asociada con prácticas agrícolas intensivas y cambios en el uso de la tierra, que reducen la variedad de flores disponibles para las abejas; sin embargo, al ser Corderito una plantación de quillay de particulares, con planes de manejo establecidos y controles periódicos, a salvaguarda de prácticas agroforestales

intensivas, este cambio en la reducción del número de taxones florales disponibles para la abeja melífera sería más bien el reflejo del factor clima por sobre otros vectores de incidencia; sin embargo, y según Potts et al., 2016, la pérdida de diversidad floral está vinculada también, con la disminución de las poblaciones de abejas y otros polinizadores, subrayando la necesidad de estrategias de conservación que promuevan la diversidad de plantas melíferas en paisajes

Las variaciones en los índices de Shannon-Weaver, Pielou y Riqueza específica determinados para las cosechas anuales de miel producidas en los ecosistemas estudiados de Pitril (2017 a 2023) y Corderito (2020 a 2023) resaltan la importancia de mantener y mejorar la diversidad floral de los ecosistemas para asegurar la salud y la productividad de las colonias de abejas de estos ecosistemas.

En síntesis, y de acuerdo con la discusión precedente, tenemos que una producción ajustada al uso de las buenas prácticas apícolas asegura, independientemente del tipo de ecosistema en el cual estén trabajando las abejas, una producción melífera optimizada, sostenible en el tiempo, que puede obtener mejor rentabilidad, lograr un posicionamiento en los mercados (locales, nacionales, internacionales) y que permite acceder a un producto diferenciado en cuanto a su origen botánico y geográfico. La producción de miel monofloral de guindo santo y de quillay, de las localidades de Pitril, en Alto Biobío y de Corderito, en Yumbel, son un producto de calidad en términos de endemismos, características fisicoquímicas y composición nutricional.

VIII. CONCLUSIONES

- Para el sector de Pitril, comuna de Alto Biobío, la miel analizada melisopalinológicamente, de la temporada 2023, dio como resultado una miel monofloral de guindo santo.
- Para el sector del predio Corderito, en la comuna de Yumbel, la miel analizada melisopalinológicamente, de la temporada 2023, dio como resultado una miel monofloral de quillay.
- Los resultados de los análisis fisicoquímicos de las muestras de mieles analizadas, de ambas localidades, indican que se cumple con los parámetros del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile y del Codex Alimentarius.
- Las mieles analizadas en este estudio, de ambas procedencias geográficas, presentaron ausencia de *E. coli* y coliformes totales, cumpliendo con la normativa chilena vigente.
- En relación con los índices de biodiversidad, el índice de Shannon (H') para las mieles analizadas de las temporadas 2017 a 2023 en el sector de Pitril, comuna de Alto Biobío, indica una diversidad baja, con un valor de 1,6.
- El índice de Shannon (H') para las mieles analizadas de las temporadas 2020 a 2023 en el predio Corderito, comuna de Yumbel, indica una diversidad baja, con un valor de 1,9.
- El índice de Equitatividad de Pielou (J') aplicado para las muestras de miel de las temporadas 2017 a 2023 en el sector de Pitril, comuna de Alto Biobío, indica una baja uniformidad en la distribución de individuos entre las especies, con un valor de 0,5.
- El índice de Equitatividad de Pielou (J') aplicado para las muestras de miel de las temporadas 2020 a 2023 en el predio Corderito, comuna de Yumbel, indica una baja uniformidad en la distribución de individuos entre las especies, con un valor de 0,6.

- Finalmente, se acepta la hipótesis de trabajo puesto que las mieles producidas en los sectores de Pitril, comuna de Alto Biobío, y predio Corderito, comuna de Yumbel, para la temporada 2023, resultaron monoflorales de *Eucryphia glutinosa* y *Quillaja saponaria*, respectivamente, manteniendo la tendencia observada en años anteriores.

IX. REFERENCIAS

- Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D., Le Conte, Y. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters*, 6(4), 562-565.
- Arone, G., V. de Micco (2010). Traditional melissopalynology integrated by multivariate analysis and sampling methods to improve botanical and geographical characterization of honeys. *Plant Biosystems* 144: 833-840
- Barrientos, A, (2020). Biodiversidad y plantas nativas de Chile. Primera Edición. Universidad Autónoma de Chile. Centro de Comunicación de las Ciencias. Santiago, Chile.
- Bianchi MM., H D' Antoni (1986) Deposición del polen en los alrededores de Sierra de Los Padres (Pcia. de Buenos Aires). Contribución IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Apéndice de las Actas: 16-27. Mendoza.
- Bridi, R., Montenegro, G. (2017). The value of Chilean honey: floral origin related to their antioxidant and antibacterial activities. *Honey Analysis*, 63–78
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). (2021). Informe Meteorológico de la Región del Biobío.
- Codex Stan 12. 1981. Codex Standard for Honey Codex Stan 12-1981, Rev. 1 (1987), Rev. 2 (2001).
- Corvucci F., L. Nobili., D. Melucci., F. Grillenzoni. (2015) The discrimination of honey origin using melissopalynology and Raman spectroscopy techniques coupled with multivariate analysis. *Food Chemistry* 169: 297-304
- Departamento de Sanidad Animal, División de Protección Pecuaria. (2018). Manual de Gestión Productiva-Sanitaria Y de Buenas Prácticas Apícolas. Servicio Agrícola y Ganadero1.
- de Toledo, V. A. A., Chambó, E., & de Toledo, V. A. A. (Eds.). (2020). Honey analysis - New advances and challenges.
- Echeverría, C., Rodríguez, R., Sáez, F., Garrido, N. (2014). Caracterización de *Eucryphia glutinosa*, *Citronella mucronata*, *Prumnopitys andina* y *Orites myrtoidea* según los criterios de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).

- Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile, Asesorías Agrícolas y Agroindustriales Ltda. (Asagrin). (2015). "Informe Final Estudio Estratégico de la Cadena Apícola de Chile". (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. .
- Farina, A. (2000). "The Cultural Landscape as a Model for the Integration of Ecology and Economics". *Bioscience* 50(4): 313-320.
- Fernández, A. (2002). Manual Apícola para Pequeños Productores. https://www.academia.edu/38005670/MANUAL_APICOLA_PARA_PEQUENOS_PRODUCTORES
- Ferrier, P.M., Rucker, R.R., Thurman, W.N., and Burgett, M. (2018). Economic effects and responses to changes in honey bee health. *Economic Research* 246:1-48.
- García, Sofía., Troncoso, J. Max., Rondanelli-Reyes, Mauricio. (2020). Estudio de la miel según origen botánico y parámetros fisicoquímicos en la Región del Biobío, Chile. *Revista chilena de investigación agrícola* , 80 (4), 675-685. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392020000400675>
- Gómez, A., Cadenas, H. (2015). "Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica". *L'Ordinaire des Amériques* 218 [en línea] <http://journals.openedition.org/orda/1774> (consultado 20-06-17).
- Gotor, B. (2008). Caracterización y comparación anatómica de hojas de Peumo (*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser) y Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) sometidas a condiciones de riego permanente y de restricción hídrica. Trabajo de grado, Ingeniería Forestal, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229).
- Hechenleitner, P., Gardner, M., Thomas, P., Echeverría, C., Escobar, B., Brownless, P., Martínez, C. (2005). Plantas amenazadas del centro-sur de Chile. Distribución, conservación y propagación. Universidad Austral de Chile y Real Jardín de Edimburgo. 188 p.

- Herrero, B., Valencia-Barrera, R., San Martín, R. (2002) Characterization of honeys by melissopalynology and statistical analysis. *Canadian Journal of Plant Science*, v.82, p.75-82, .
- Cortés B., Boza M. (2006) Informe Final Estudio Estratégico de la Cadena Apícola de Chile, Centro Nacional de Desarrollo Apícola, Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). Santiago, Chile. 44 pp.
- Insuasty-SantaCruz, E., Martínez-Benavidez, J. y Jurado-Gómez, H. (2016) Identificación de flora y análisis nutricional de miel de abeja para la producción apícola. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1), p. 37-44.
- Simal Lozano J. (1984). Parámetros de calidad de la miel: III. pH, acidez total, acidez láctica total, relaciones e índice de formol.
- Medina, S. (2014) La producción de miel en función del clima y la agricultura de temporal en Aguascalientes, México. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
- Menzel, R., Giurfa, M. (2001). Cognitive architecture of a mini-brain: the honeybee. *TRENDS in Cognitive Sciences*. Trends in Cognitive Sciences. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01601-6](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01601-6) .
- Montenegro, G. (2023) “Un país, un producto prioritario”: la miel chilena. Informe Producto 1 Estudio FAO – UC <https://doi.org/10.4060/cc7995es>
- Montenegro, G., Gómez, M., Díaz-Forestier, J., y Pizarro, R. (2008). Aplicación de la Norma Chilena Oficial de denominación de origen botánico de la miel para la caracterización de la producción apícola. *Ciencia e Investigación Agraria* 35:181-190.
- Montenegro, G., Pizarro, R., Mejías, E., and Rodríguez, S. (2013). Evaluación biológica de polen apícola de plantas nativas de Chile. 82: 7-14
- Montenegro, G., Velásquez, P., Viteri, R., Giordano, A. (2021). Changes in the antibacterial capacity of Ulmo honey samples in relation to the contribution of *Eucryphia cordifolia* pollen. *Journal of Food and Nutrition Research JFNR*-2021-023.R1 / 22.6.2021.

- Muñoz, O., Copaja, S., Speisky, H., Peña, R. C., & Montenegro, G. (2007). Contenido de flavonoides y compuestos fenólicos de mieles chilenas e índice antioxidante. *Química Nova*, 30(4), 848–851.
- Muñoz. (2021) Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV). Investigación PUCV alerta sobre abrupta caída en la producción de miel. <https://www.pucv.cl/pucv/noticias/destacadas/investigacion-pucv-alerta-sobre-abrupta-caida-en-la-produccion-de-miel>
- Navarrete, Carolina, Muñoz-Olivera, Gladys, Wells, Guillermo, Becerra, Julio, Alarcón, Julio, Finot, Víctor L. (2016). Espectro polínico y análisis fisicoquímico de mieles de la Región del Biobío, Chile. *Gayana. Botánica*, 73(2)268282. <https://dx.doi.org/10.4067/S071766432016000200268>
- Normas chilenas oficiales. Miel de abejas: NCh3019Of.2006, NCh3026Of.2006, NCh2981Of.2007, NCh3046Of.2007, NCh3047Of.2007, NCh3064Of.2007, NCh3102Of.2007, NCh3109Of.2008. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- Otieno, D., Schmidt, M., Adiku, S., Tenhunen, J. (2005). Physiological and morphological responses to water stress in two Acacia species from contrasting habitats. *Tree Physiology*, 25(3), 361-371.
- Pardillo L. & La Serna I.E. (2007). Espectro polínico de algunas mieles producidas en Tenerife y La Gomera (Islas Canarias, España). *Geo – Eco – Trop.* 31: 215 – 232.
- Periago, M. J., Navarro-González, I., Alaminos, A. B., Elvira-Torales, L. I., & García-Alonso, F. J. (2016). Parámetros de calidad en mieles de diferentes orígenes botánicos producidas en la Alpujarra granadina. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 32, 59-71. Recuperado de <https://editum.um.es/anales-veterinaria/article/view/005>
- Popp, J., Kiss, A., Oláh, J., Máté, D., Bai, A., and Lakner, Z. (2018). Network analysis for the improvement of food safety in the international honey trade. *Amfiteatru Economic* 20(47):84-98.

- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353.
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Vanbergen, A. J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), 220-229.
- Quiles, J.L.; Giampieri, F.; Battino, M. (2018). Phenolic Compounds in Honey and Their Associated Health Benefits: A Review. *Molecules*, 23(9), 2322. <https://doi.org/10.3390/molecules23092322>
- Ramírez-Arriaga, E., Vit, P., Enríquez, L. (2016). Antioxidant capacity of honey from stingless bees (Apidae: Meliponini) and its correlation with quality indicators. *Brazilian Journal of Biological Sciences*, 76(1), 154-163.
- Ramírez, R., G. Montenegro. (2004). Certificación del origen botánico de miel y polen corbicular pertenecientes a la comuna de Litueche, VI Región de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 31:197-211.
- Reyes, R. A., Martínez, D., Ortega, L. (2022). Impact of climate change on floral resources and honey bee nutrition. *Environmental Research*, 204, 112102.
- Rodríguez, R. (2004). Monografía Guindo Santo (*Eucryphia glutinosa*) especie con problemas de conservación en Chile. ENDESA.
- Rougier, D., B.N. Timmermann., E. Fuentes., L. Yates., F. Bas.,G. Pasinato (1993). Relación entre la selectividad de la abeja melífera (*Apis mellifera*) y el contenido de proteína cruda del grano de polen. Diagnóstico en la flora nativa de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 21: 47-52.
- Salamanca G., Henao Rojas, C. Moreno., I. Luna, A (2001). Características microbiológicas de las mieles tropicales de *Apis mellifera*. *Galeria Apícola virtual*. Apiservices
- Sánchez, O.A, Castañeda, P.C., Muños, G. y Téllez, G. (2014) Aportes para el análisis del sector apícola colombiano.
- Sial lozano J. 1984. Parámetros de calidad de la miel: III. pH, acidez total, acidez láctica total, relaciones e índice de formol.

https://www.researchgate.net/publication/235700115_Parametros_de_calidad_de_la_miel_III_pH_acidez_total_acidez_lactonica_total_relaciones_e_indice_de_formol?enrichId=rgre694ade93-836a-4452-9c2d

- Vanbergen, A. J. (2013). Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(5), 251-259.
- Viteri, R., Zacconi, F., Montenegro, G., Giordano, A. (2021). Bioactive compounds in *Apis mellifera* monofloral honeys. *Journal of Food Science*, 86, 1552–1582.
- Von Der Ohe, W.; Persano, L.; Piana, M. et al. (2004) Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*, v.35, p. S18-S25.
- Winfree, R., Bartomeus, I., & Cariveau, D. P. (2011). Native pollinators in anthropogenic habitats. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42, 1-22

XI. ANEXOS

ANEXO 1

1.1. Fórmula para cálculo del Índice de diversidad de Shannon- Weaver (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

Donde,

H' = índice de diversidad de Shannon

p_i = abundancia relativa de cada tipo de polen presente en una muestra dada.

1.2. Fórmula para cálculo de la equitatividad (J') según el índice de Pielou

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde,

J' = índice de equitatividad. Cuando J' se acerca a 0 los recursos se utilizan de manera desigual; si el índice se acerca a 1 los recursos se explotan de manera equitativa.

H' = índice de diversidad de Shannon.

H'_{max} = Diversidad máxima ($H'_{max} = \log S$); logaritmo natural del número total de tipos polínicos observados en una muestra dada.

ANEXO 2

Fotografías al microscopio óptico de algunos granos de polen identificados en las mieles estudiadas del sector de Pitril, comuna de Alto Biobío, y del sector predio Corderito, en la comuna de Yumbel. (Fuente: Palinoteca de referencia del laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal – LABPOLENMIEL - de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles, Chile).

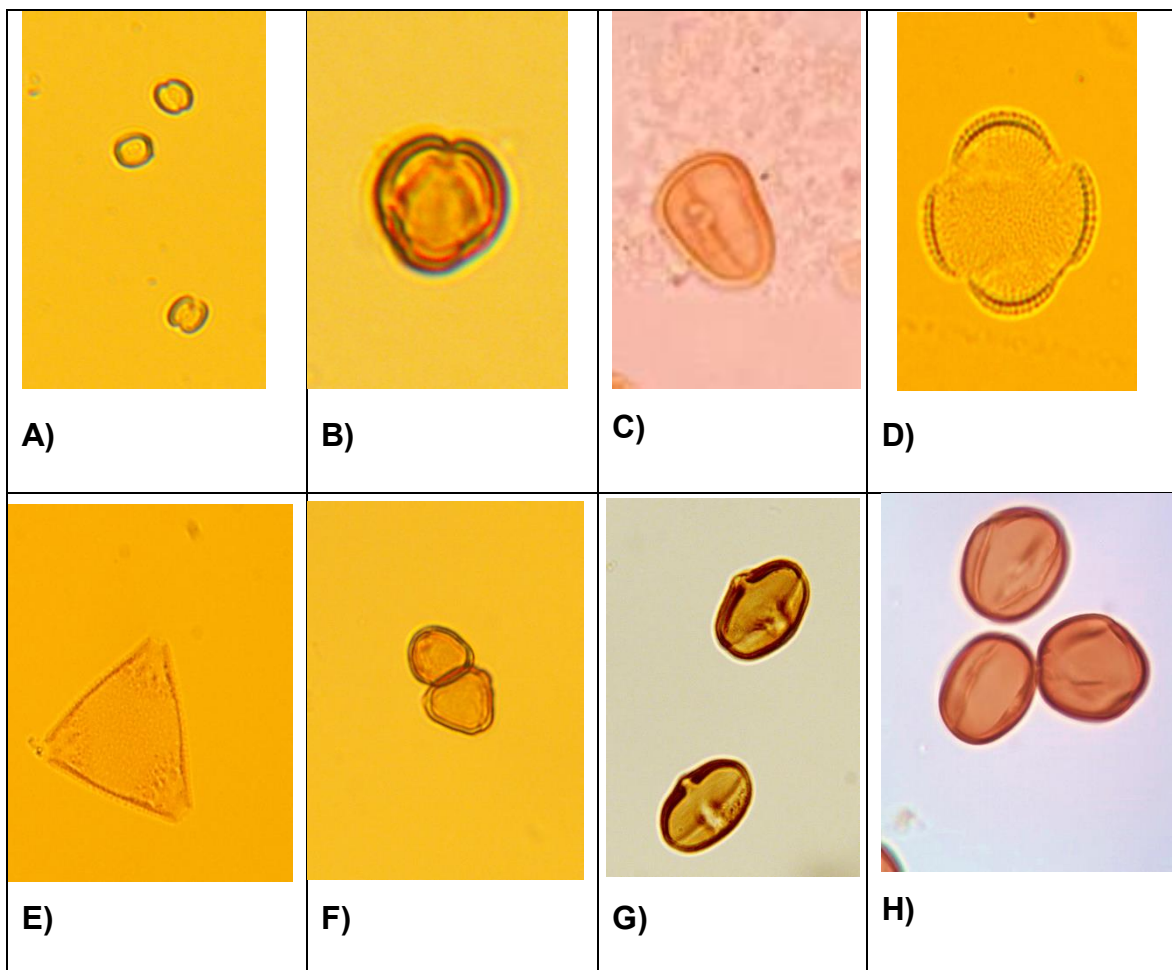


Figura 6. A) *Eucryphia glutinosa*, B) *Castanea sativa*, C) *Echium vulgare*, D) *Brassica*, E) *Gevuina avellana*, F) *Luma apiculata*, G) *Quillaja saponaria*, H) *Medicago sativa*.

ANEXO 3

- 4.1. Resultados del contenido nutricional para miel de la temporada 2023 del sector Pitril, comuna de Alto Biobío (Análisis por el CDTA, UdeC.).

Miel, Pitril Alto Biobío.

Código de laboratorio :1053

Contenido Neto 1 kg

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Porción: 10 g (1 cucharadita) Porciones por envase:100 Aprox.		
	100 g	Porción
Energía (Kcal)	249	24,9
Proteínas (g)	0,0	0,0
Grasa Total (g)	0,0	0,0
Hidratos de Carbono Disponibles (g)	67,7	6,78
Azúcares Totales (g)	67,7	6,78
Sodio (mg)	0,0	0,0

- 4.2. Resultados del contenido nutricional para miel de la temporada 2023 del predio Corderito, comuna de Yumbel (Análisis por el CDTA, UdeC.).

Miel, Corderito Yumbel.

Código de laboratorio :1054

Contenido Neto 1 kg

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Porción: 10 g (1 cucharadita) Porciones por envase:100 Aprox.		
	100 g	Porción
Energía (Kcal)	243	24,27
Proteínas (g)	0,0	0,0
Grasa Total (g)	0,0	0,0
Hidratos de Carbono Disponibles (g)	65,9	6,6
Azúcares Totales (g)	65,9	6,6
Sodio (mg)	0,0	0,0

