

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



**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE CARGA POLÍNICA CORBICULAR Y  
MELISOPALINOLOGÍA EN APIARIOS DEL SECANO INTERIOR Y  
PRECORDILLERA ANDINA DE LA PROVINCIA DEL BIOBÍO, CHILE**

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

**GABRIELA ALEJANDRA GARCÍA NAVARRO**

**LOS ÁNGELES-CHILE  
2024**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE CARGA POLÍNICA CORBICULAR Y  
MELISOPALINOLOGÍA EN APIARIOS DEL SECANO INTERIOR Y  
PRECORDILLERA ANDINA DE LA PROVINCIA DEL BIOBÍO, CHILE”**

**Alumna**

**Gabriela Alejandra García Navarro  
Ingeniera en Biotecnología Vegetal**

**Profesor Guía**

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

**Jefe de Carrera**

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

**Directora de Departamento**

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

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar expresando mi gratitud a Dios por siempre estar guiando mi camino. A mis padres por brindarme fortaleza y la guía necesaria para completar este proyecto académico. Su amor incondicional ha sido mi fuente de inspiración constante, al igual que su orientación, porque sin ella esto no habría sido posible. Agradezco su paciencia, comprensión y apoyo en cada cosa que he querido hacer en mi vida, al igual que cada sacrificio que han hecho por mí, lo cual ha dejado una lección importante en mi vida. Solo me queda decirles que los amo y admiro demasiado.

A mi querida Nonnita, aunque ya no esté entre nosotros, le agradezco eternamente por sus sabios consejos y por alentarme a siempre estudiar. Su voz resonará siempre en mi corazón como un recordatorio eterno a la huella que dejó en mi vida y en mi camino académico.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todos aquellos que han estado a mi lado a lo largo de este camino. En especial, quiero reconocer a mis queridas amigas de toda la vida, Valentina y Andy, así como a las valiosas amistades que he cultivado durante mi paso por la carrera: Thiare, Constanza, Javiera y Javier.

Agradezco de corazón su constante apoyo, sus palabras alentadoras que me impulsaron a no rendirme en los momentos difíciles y su constante contención cuando más lo necesité. Cada uno de ustedes ha sido una parte fundamental de mi travesía, y estoy profundamente agradecido por la fortuna de contar con amigos tan excepcionales. Gracias por compartir este camino conmigo y ser una parte tan significativa de mi vida

También quisiera agradecer a todos los que forman parte del laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal, en especial a Iván y Nina, por su dedicación, paciencia, compromiso y apoyo durante estos dos últimos años. Por sus consejos que me han ayudado en mis momentos de crisis existencial, estrés y para crecer como persona.

Al igual que agradecer a mi profesor guía Mauricio Rondanelli Reyes por su dedicación, paciencia y compromiso durante mi tiempo de aprendizaje. Su influencia positiva ha dejado una marca duradera en mi desarrollo académico y personal.

Quiero destacar especialmente la oportunidad que me ha brindado para participar en proyectos innovadores dentro del laboratorio, como lo es esta memoria de título. Su apoyo y aliento para explorar nuevas ideas y contribuir a la creación de algo nuevo han sido catalizadores cruciales en mi desarrollo como investigadora. La experiencia en el laboratorio bajo su guía ha sido invaluable y ha despertado en mí una pasión renovada por la investigación y la creación.

Por último, agradecer al Proyecto Universidad de Concepción 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 CONTENIDOS

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 La abeja melífera .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Polinización.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Valor nutricional de polen apícola y de miel .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4 Antecedentes de producción de miel y de polen apícola (corbicular) a     escala mundial y Nacional (Chile).....</b>	<b>22</b>
<b>III. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>25</b>
<b>IV. OBJETIVOS.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>26</b>
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
<b>5.1 Área de Estudio.....</b>	<b>27</b>
<b>5.2 Análisis Palinológico .....</b>	<b>27</b>
<b>5.3 Separación por Color de los Cúmulos Corbiculares.....</b>	<b>29</b>
<b>5.4 Visualización Microscópica de los Cúmulos Corbiculares Separados por     Color .....</b>	<b>30</b>
<b>5.5 Análisis de Composición Polínica: Extracción y Conteo en Muestras de     Polen Corbicular.....</b>	<b>31</b>
<b>5.6 Análisis Melisopalinológico.....</b>	<b>32</b>

5.7	Análisis Nutricionales .....	33
5.8	Análisis Estadísticos.....	34
<b>VI.</b>	<b>a) RESULTADOS PREDIO CORDERITO, COMUNA DE YUMBEL.....</b>	<b>35</b>
6.1	Separación por Color de los Cúmulos Corbiculares:.....	35
6.2	Análisis Melisopalinológico y Palinológico:.....	37
	<b>b) RESULTADOS SECTOR PITRIL, COMUNA DE ALTO BIOBÍO.....</b>	<b>43</b>
6.3	Separación por Color de los Cúmulos Corbiculares:.....	43
6.4	Análisis Melisopalinológico y Palinológico:.....	46
6.5	Análisis Nutricionales Predio Corderito y Sector Pitril .....	53
<b>VII</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>56</b>
<b>VIII.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>X.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>71</b>
<b>XI.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>84</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación geográfica de los ecosistemas desde donde fueron cosechadas las muestras de miel y polen corbicular en la región del Biobío. .... **27**
- Figura 2.** Apiario desde donde se obtuvieron las muestras de polen apícola correspondientes al predio Corderito, comuna de Yumbel. **a.** Apiario sin trampas de polen, **b.** Apiario con trampa de polen, **c.** Recolección de polen corbicular, **d.** Vista del ecosistema con quillay en primer plano. .... **28**
- Figura 3.** Apiario desde donde se obtuvieron las muestras de polen apícola correspondientes al sector de Pitril, comuna de Alto Biobío. **a.** Apiario con trampa de polen, **b.** Detalle del ingreso de abejas y de polen en la trampa de polen, **c y d.** Recolección del polen corbicular. .... **29**
- Figura 4. a y b.** Separación y clasificación de las muestras de acuerdo con su color. .... **30**
- Figura 5.** Técnica de acetólisis de acuerdo con la Norma Chilena Oficial Nch2981.Of2005. **a.** Cúmulos de polen separados por color, **b.** Polen homogeneizado con Ácido Acético Glacial, **c.** Preparación de mezcla acetolítica, **d.** mezcla acetolítica y polen corbicular, **e.** Baño termorregulado, **f.** Visualización en microscopio 40x. .... **31**
- Figura 6. a.** Frasco de vidrio con polen corbicular, **b.** Muestras de polen corbicular diluidas en agua destilada tibia ..... **32**
- Figura 7.** Cúmulos corbiculares separados por color y fecha de recolección, predio Corderito. PMS (Matching System Color Chart): código color de paleta PANTONE. .... **35**
- Figura 8.** Gama de colores PMS de los cúmulos corbiculares recolectados en el predio Corderito, Yumbel, establecidos por PANTONE. En **Anexo 1** se indican: fechas de recolección, procedencia, código PANTONE, color PANTONE, familia, especie polínica y nombre común. .... **36**

<b>Figura 9.</b> Imágenes de los granos de polen determinados, obtenidas de microscopio óptico. <b>a.</b> <i>Galega officinalis</i> , <b>b.</b> <i>Luma chequen</i> , <b>c.</b> <i>Rubus ulmifolius</i> y <b>d.</b> <i>Artemisia</i> sp .....	<b>36</b>
<b>Figura 10.</b> Gráfico de la composición taxonómica de polen en la muestra de miel obtenida del predio Corderito durante la floración de <i>Q. saponaria</i> , cosecha 2023. ....	<b>37</b>
<b>Figura 11.</b> Gráfico de la composición taxonómica de polen en la muestra de polen corbicular obtenida del predio Corderito durante la floración de <i>Q. saponaria</i> , cosecha 2023. ....	<b>38</b>
<b>Figura 12.</b> Estratos visitados por <i>Apis mellifera</i> en base al conteo de los granos de polen en miel y en polen corbicular. Predio Corderito, Yumbel. Floración de quillay, 2023. ....	<b>41</b>
<b>Figura 13.</b> Representación segmentada de datos de miel y polen corbicular por estrato vegetacional visitado. La subdivisión gráfica muestra las tendencias y variaciones para cada componente en el predio Corderito. ....	<b>42</b>
<b>Figura 14.</b> Cúmulos corbiculares separados por color y fecha de recolección, sector Pitril. PMS (Matching System Color Chart): código color de paleta PANTONE.....	<b>44</b>
<b>Figura 15.</b> Gama de colores PMS de los cúmulos corbiculares recolectados en el sector Pitril, Alto Biobío, establecidos por PANTONE. En <b>Anexo 2</b> se indican: fechas de recolección, procedencia, código PANTONE, color PANTONE, familia, especie polínica y nombre común .....	<b>45</b>
<b>Figura 16.</b> Imágenes de los granos de polen obtenidas del microscopio óptico: <b>a.</b> Tipo Apiaceae, <b>b.</b> <i>Taraxacum officinale</i> , <b>c.</b> <i>Echium vulgare</i> , <b>d.</b> <i>Eucryphia glutinosa</i> , <b>e.</b> <i>Hydrangea serratifolia</i> <b>f.</b> <i>Mentha pulegium</i> y <b>g.</b> <i>Tristerix corymbosus</i> , <b>h.</b> <i>Gevuina avellana</i> .....	<b>46</b>
<b>Figura 17.</b> Gráfico de la composición taxonómica de polen en la muestra de miel obtenida del sector Pitril durante la floración de <i>E. glutinosa</i> , cosecha 2023.....	<b>47</b>

<b>Figura 18.</b> Gráfico de la composición taxonómica de polen en la muestra de polen corbicular obtenida del predio Corderito durante la floración de <i>E. glutinosa</i> , cosecha 2023. ....	<b>47</b>
<b>Figura 19.</b> Estratos visitados por <i>Apis mellifera</i> en base al conteo de los granos de polen en miel y en polen corbicular, Sector Pitril, Alto Biobío. Floración de guindo santo 2023.....	<b>50</b>
<b>Figura 20.</b> Representación segmentada de datos de miel y polen corbicular por estrato vegetacional visitado, La subdivisión gráfica muestra las tendencias y variaciones por cada componente en el sector Pitril. ....	<b>52</b>
<b>Figura 21.</b> Análisis nutricional para miel del predio Corderito, cosecha 2023, realizado por el CDTA., U. de Concepción.....	<b>53</b>
<b>Figura 22.</b> Análisis nutricional para polen corbicular del predio Corderito, recolectado en temporada de floración del quillay en 2023, realizado por el CDTA., U. de Concepción.....	<b>54</b>
<b>Figura 23.</b> Análisis nutricional para miel de Pitril, comuna de Alto Biobío, cosecha 2023, realizado por el CDTA., U. de Concepción.....	<b>54</b>
<b>Figura 24.</b> Análisis nutricional para polen corbicular de Pitril, comuna de Alto Biobío, recolectado en temporada de floración de guindo santo en 2023, realizado por el CDTA., U. de Concepción.....	<b>55</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Porcentaje de taxones registrados en la miel ( <b>M</b> ), y cargas de polen corbicular ( <b>P</b> ) de <i>Apis mellifera</i> en el predio Corderito, Yumbel. Cosecha 2023. Indicando con negrita los taxones de importancia para <i>Apis mellifera</i> ( $\geq 10\%$ )..	<b>399</b>
<b>Tabla 2.</b> Valores de diversidad de Shannon ( $H'$ ) de las muestras de miel y polen corbicular de <i>Apis mellifera</i> en el predio Corderito.....	<b>40</b>
<b>Tabla 3.</b> Porcentaje de taxones registrados en la miel ( <b>M</b> ), y cargas de polen corbicular ( <b>P</b> ) de <i>Apis mellifera</i> en el sector Pitirl, Alto Biobío, Cosecha 2023. Indicando con negrita los taxones de importancia para <i>Apis mellifera</i> ( $\geq 10\%$ )..	<b>488</b>
<b>Tabla 4.</b> Valores de diversidad de Shannon ( $H'$ ) de las muestras de miel y polen corbicular de <i>Apis mellifera</i> en el sector Pitiril.....	<b>499</b>

## RESUMEN

La abeja melífera (*Apis mellifera* L.) desempeña un rol fundamental en la polinización de las plantas con flores, gracias a que su cuerpo genera un campo electrostático que atrae el polen de la flor y lo adhiere a su tercer par de patas, llamadas corbículas, mientras liba néctar para la producción de miel. De esta forma, la abeja melífera no solo elabora este producto, sino que también, a partir del polen corbicular, fabrica pan de abeja, utilizado como alimento para las crías de la colmena. Dado que existe en la literatura información que indica que la composición polínica de la miel y del polen corbicular variaría de acuerdo con la diversidad vegetal de los ecosistemas, las necesidades nutricionales y de salud de la colmena, el objetivo general del presente estudio consistió en comparar la composición floral del polen corbicular y de las mieles, como productos de la colmena asociados a un mismo apiario, en dos ecosistemas de la provincia de Biobío; Predio Corderito (comuna de Yumbel), en el secano interior y Pitril (comuna de Alto Biobío), en precordillera andina, durante la temporada de floración 2023 de quillay y guindo santo, respectivamente. Los cúmulos corbiculares colectados se separaron por color utilizando la Norma chilena Nch3255 (2011) asociado al uso de la paleta de color Pantone® Matching System Color Chart (PMS). Para la determinación palinológica de las cargas corbiculares, en ambos ecosistemas, se utilizó la Norma chilena Nch3255 (2011) modificada, con aplicación de mezcla acetolítica, según la Norma chilena establecida para el análisis melisopalinológico, en reemplazo de la técnica de tinción de granos de polen. Para la determinación melisopalinológica de estas mieles se utilizó la Norma chilena Nch2981.Of2005. Los resultados indican que el polen corbicular de la temporada, en el Predio Corderito, es monofloral no nativo de *Galega officinalis* L., y no se registra polen de quillay; en el Sector de Pitril el polen corbicular es multifloral mixto y se registra polen de guindo santo, aunque en bajo porcentaje. En el Predio Corderito, la producción de miel resultó en miel monofloral de quillay (*Quillaja saponaria* Molina) y en el Sector de Pitril, las abejas produjeron miel monofloral de guindo santo (*Eucryphia glutinosa* Poepp. & Endl). Se dispuso de análisis nutricionales para las mieles y el polen corbicular de ambos

sectores, obteniendo como resultado diferencias entre ambos productos en cuanto a energía, proteínas, grasa total, hidratos de carbono, azúcares totales y sodio. El índice de diversidad de Shannon utilizado para comparar la composición floral entre miel y cargas corbiculares en cada ecosistema estudiado indicó una diversidad baja para ambos productos en Predio Corderito y una diversidad similar para ambos productos en la localidad de Pitril. Todos los resultados del presente estudio evidencian una selectividad de *A. mellifera* en cuanto al uso del recurso floral obtenido, de néctar y polen corbicular, y la funcionalidad específica en que éstos participan dentro de los productos de la colmena.

## ABSTRACT

The honeybee (*Apis mellifera* L.) plays a fundamental role in the pollination of flowering plants due to its body generating an electrostatic field that attracts pollen from flowers, which adheres to its third pair of legs, called corbiculae, while it gathers nectar for honey production. In this way, the honeybee not only produces honey but also creates bee bread from the bee pollen, which is used as food for the hive's larvae. Since existing literature indicates that the pollen composition of honey and bee pollen may vary according to the plant diversity in ecosystems, as well as the nutritional and health needs of the hive, the main objective of this study was to compare the floral composition of bee pollen and honey, as hive products associated with the same apiary, in two ecosystems in the Biobío region: Predio Corderito (Yumbel commune) in the interior dryland, and Pitril (Alto Biobío commune) in the Andean foothills, during the 2023 flowering season of quillay and guindo santo, respectively. The collected bee pollen loads were separated by color using the Chilean standard Nch3255 (2011) in conjunction with the Pantone® Matching System Color Chart (PMS). For the palynological determination of bee pollen in both ecosystems, the modified Chilean standard Nch3255 (2011) was used, employing an acetolytic mixture according to the Chilean standard established for melissopalynological analysis, replacing the pollen grain staining technique. The melissopalynological determination of the honey was performed using the Chilean standard Nch2981.Of2005. The results indicate that the bee pollen from the season in Predio Corderito is a non-native monofloral pollen from *Galega officinalis* L., with no quillay pollen recorded; in the Pitril sector, the bee pollen is a mixed multifloral type, and guindo santo pollen is recorded, although in low percentage. In Predio Corderito, the honey produced was monofloral from quillay (*Quillaja saponaria* Molina), while in the Pitril sector, the bees produced monofloral honey from guindo santo (*Eucryphia glutinosa* Poepp. & Endl). Nutritional analyses were conducted for the honey and bee pollen from both sectors, revealing differences between the two products in terms of energy, protein, total fat, carbohydrates, total sugars, and sodium. The Shannon diversity index used to compare the floral composition

between honey and bee pollen in each studied ecosystem indicated low diversity for both products in Predio Corderito and similar diversity for both products in Pitril. All results from this study demonstrate a selectivity of *A. mellifera* in the use of floral resources for nectar and bee pollen and the specific functionality in which they participate within hive products.

## I. INTRODUCCIÓN

El polen es la célula reproductiva masculina de las plantas superiores. La reproducción sexual de las plantas con flores depende de la actividad polinizadora de algunos insectos como la abeja melífera, *Apis mellifera* L. (Bettler et al. 2020; Cué et al. 2022), los cuales transportan el polen de una planta a otra (Baena et al., 2022). Es una relación de tipo simbiótica, la cual permite a las plantas la reproducción sexual y a la abeja obtener néctar y polen como alimento para ser llevado a la colmena y fabricar miel, pan de abeja, jalea real, entre otros productos (Vásquez et al. 2021; Navarrete 2022). El polen es transportado por las abejas obreras durante las visitas a las flores, atrayendo de cientos a miles de granos de polen con la ayuda de un campo electrostático débil, el cual es generado entre la flor, la cual posee una carga electronegativa, y el cuerpo de la abeja, que se encuentra cargado positivamente (Thakur et al. 2020). Los granos de polen se aglutinan con la ayuda de varios peines de las patas de las abejas, llegando a sus patas traseras o corbículas. Este peinado lo humedecen con secreciones salivales y néctar, llegando a formar gránulos de 1,4 a 4 mm de tamaño (Karam et al. 2022).

El polen transportado por la abeja, también conocido como polen apícola o polen corbicular, se puede recolectar con la ayuda de trampas de polen o caza polen, las cuales se fijan en la entrada de las colmenas. Las abejas, al volver a la colmena, pierden el polen que se encuentra en las corbículas y éste es almacenado en la bandeja de recolección que presenta la trampa (Leiva et al. 2020). En la actualidad, se conoce que el polen corbicular estudiado contiene nutrientes, y que las fuentes vegetales del polen apícola determinan sus propiedades nutricionales (Quintero et al. 2021). Este ha sido reconocido por ley, como aditivo alimentario en países como Argentina, Brasil y Suiza. Por otra parte, distintos países, tales como Brasil, China, India, Portugal, Rumania, España, Sudáfrica y Arabia Saudita han realizado estudios en diferentes ecosistemas para caracterizar la vegetación que aporta al polen corbicular (Thakur et al. 2020). Sin embargo, los estudios sobre el polen corbicular, así como el de los ecosistemas florales que lo aportan, no son numerosos, ni tan exhaustivos, como los estudios melisopalínológicos (estudio del

contenido polínico presente en mieles) (Campos et al. 2021), especialmente si se compara Chile, con el resto del mundo.

El presente estudio que lleva por título, Análisis comparativo entre carga polínica corbicular y melisopalinología en apiarios del Secano Interior y precordillera andina de la provincia del Biobío, Chile, contribuirá al conocimiento de la palinología (estudio de las esporas y de los granos de polen) en Chile; particularmente, del polen corbicular presente en ecosistemas de la región del Biobío, región que destaca a nivel nacional como una zona de gran actividad apícola, y en donde la provincia del Biobío tiene mucho que aportar.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 La abeja melífera

La abeja melífera (*Apis mellifera* L.) es una especie de himenóptero apócrito correspondiente a los ápinos (Apini), una tribu de la subfamilia Apinae con un solo género (*Apis*). Este género incluye las nueve especies de abejas melíferas, donde ocho de ellas son originarias del sur y sudeste de Asia, más *Apis mellifera*, la cual es originaria de Europa. El género *Apis* fue descrito por Linnaeus en 1758 y es uno de los insectos sociales más reconocidos y de mayor distribución a nivel mundial (Guzmán et al. 2011; Kieliszek et al. 2018). Se les reconoce desde la antigüedad debido a su capacidad para producir y almacenar miel, así como también en la construcción de sus nidos utilizando cera segregada por las abejas obreras de la colonia en particular (Flores-Prado 2012; Kieliszek et al. 2018).

La miel y la cera fueron los principales productos de la colmena en ser utilizados por las civilizaciones griegas, egipcias y chinas (García 2021). Posterior a la Segunda Guerra Mundial, los demás productos de la colmena cobraron mayor importancia, ampliándose el uso de polen corbicular o polen apícola, propóleos, jalea real e incluso, el uso de la apitoxina con su efecto antiinflamatorio (Poblete et al. 2011; García 2021). Esta diversificación de los productos de la colmena por parte de los apicultores es consecuencia de los bajos ingresos que estaba generando la comercialización de miel después de la guerra (Poblete et al. 2011; Kieliszek et al. 2018).

La colonia de abejas melíferas corresponde a una unidad biológica, la cual no puede sobrevivir de manera independiente, por lo que se organizan socialmente en tres castas: abeja reina, abejas obreras y abejas zánganos (Vit 2004), estos últimos cumplen la función de fertilizar a la abeja reina para que desove huevos fértiles. Las obreras son las responsables de la mayoría de las labores para que la colonia tenga un correcto funcionamiento: limpieza, alimentación de crías, defensa, construcción del panal y pecoreo de agua, néctar, propóleos y polen (Sepúlveda 2015; Granados et al. 2020; García 2021).

La recolección de recursos para el desarrollo de la colonia y el cuidado de la colmena lo llevan a cabo las abejas obreras adultas llamadas pecoreadoras, estas obreras cubren una distancia relativa normal de entre 3 y 4 kilómetros cuadrados desde la colmena y su principal fuente de energía es el néctar floral, el cual también es la materia prima para la fabricación de la miel (Reyes-Carrillo et al. 2014). *A. mellifera* dentro de su ecosistema suele encontrar una amplia variedad de especies florales, tanto de aptitud melífera, es decir, flores que le son de mayor apetencia para libar su néctar (preferencia dietaria), como de aquellas otras de las cuales captura y transporta el polen (Reyes-Carrillo et al. 2014; García 2021). El polen transportado es el polen apícola o polen corbicular y es el alimento básico del estado larvario, la principal fuente de proteínas, vitaminas, lípidos y aminoácidos necesarios para el desarrollo de las crías (Cobo 2019).

## **2.2 Polinización**

El polen se constituye por células microscópicas haploides llamadas granos (Cabello 2022). Los granos de polen son las células sexuales masculinas de las plantas con flores. Estas se forman al interior de las anteras ubicadas en los extremos de los estambres y cuando se encuentran maduras son liberadas para alcanzar la estructura femenina de una planta, el pistilo, correspondiente a la misma especie, y realizar la fecundación del gameto femenino haploide, formando el embrión diploide de la nueva generación (Belmonte et al. 2002; Vit et al. 2008; Saavedra et al. 2013). Este traslado del polen, desde el gametofito masculino al gametofito femenino, se denomina polinización (Belmonte et al. 2002).

La polinización puede ser efectuada, entre otros agentes polinizadores, por las abejas melíferas, pudiendo éstas ser capaces de realizar la recolección y transporte del polen. Este tipo de recolección puede ser realizado por la abeja tanto de manera activa como de manera pasiva (Thakur & Nanda 2020).

### **a) Recolección activa de polen:**

La recolección de tipo activa corresponde a aquella en donde las abejas melíferas van en busca de granos de polen determinados, que constituyen parte de su dieta y que poseen un importante valor nutricional para la colmena, dado por sus

contenidos de azúcares, carbohidratos, proteínas, enzimas, vitaminas y minerales (Vit et al. 2008; Aloisi & Ruppel 2014). El néctar es un líquido dulce, que al igual que el polen, se encuentra en las flores y es recolectado de forma activa por la abeja para la elaboración de miel (García 2021). Las abejas recolectoras lo transfieren a las abejas elaboradoras, las cuales manipulan el néctar con sus mandíbulas, exponiéndolas al aire caliente y seco de la colmena. Durante las descargas de transferencia de alimento, la abeja receptora (elaboradora) recibe información sobre las características de la fuente explotada, como el olor, la concentración y el flujo de la solución (Fernández 2003; Vit 2004).

La miel es uno de los productos de la colmena que ha resultado ser de la mayor importancia nutricional para el ser humano, debido a que presenta una composición química variada, la cual contiene: agua, azúcares, proteínas, enzimas, ácidos orgánicos, minerales, polen, entre otros (Ramírez-Arriaga et al. 2016). El color de la miel puede variar dependiendo de su composición floral y su consistencia puede ser viscosa, cristalizada o líquida; sus características fisicoquímicas están asociadas fundamentalmente a la glucosa y fructosa que presenta en su composición (Vásquez et al. 2020).

De acuerdo con la Norma Chilena 2981 establecida por el Instituto Nacional de Normalización (INN) en el año 2005, denominada “Aplicación de la Norma Chilena Oficial de denominación de origen botánico de la miel para la caracterización de la producción apícola”, la miel puede ser clasificada de acuerdo con su origen botánico en miel monofloral, bifloral y multifloral. La miel monofloral es aquella en que solo una especie vegetal proporciona más del 45% del total de los granos de polen identificados y contados en una muestra de miel. Se consideran mieles biflorales aquellas que en su composición polínica se encuentra significativamente polen de dos especies (ambas sobre el 45%) y en proporción similar (con una diferencia < 5% entre ambas especies). Por último, la miel multifloral está compuesta por distintos porcentajes polínicos sin predominancia específica y en donde ninguna especie supera el 45% de representación en la muestra de miel analizada (Montenegro et al., 2008; Iturra 2021; Lobos et al. 2021;). Otro atributo de las mieles

es que éstas poseen características que pueden ser analizadas organolépticamente, y que están estrictamente relacionadas al tipo de especie vegetal que visita la abeja para libar el néctar y fabricar la miel (Valdés 2013).

#### **b) Recolección pasiva de polen:**

La recolección de manera pasiva es la más común. El cuerpo de la abeja pecoreadora genera un campo electrostático débil de carga positiva, atrayendo a su cuerpo los granos de polen que se encuentran en las flores que va visitando, los cuales tienen carga negativa (García 2021). Posteriormente, la abeja inicia el proceso de recolección de ese polen, que consiste en cepillar las partículas polínicas que se encuentran en su cuerpo, llevándolas a su tercer par de patas denominadas corbículas y así poder transportarlo a la colmena (Tegucigalpa 2005; Human et al. 2006).

Las cargas polínicas individuales (polen corbicular), por lo general pertenecen a una misma especie vegetal. Esto se debe a que las abejas poseen un elevado grado de constancia floral (Gómez et al. 2016). Por esta razón, las cargas tienen color, tamaño y formas características según el origen botánico. Sin embargo, pueden existir cargas mixtas conformadas por polen de diferentes flores (Vit et al. 2008; Gómez et al. 2016; Quintero et al. 2021).

El polen corbicular es recolectado por los apicultores en la entrada de la colmena con la ayuda de trampas de polen. Estas trampas pueden ser de madera o plástico y se deben colocar en el frente de la colmena, evitando que las trampas toquen el suelo para evitar la humedad (Vit et al. 2008). Las trampas poseen cuatro partes fundamentales: techo, rejilla perforada, malla de retención y un cajón recolector. El techo evita la entrada de agua de lluvia y de rocío en el cajón (Leiva et al. 2021). La rejilla perforada presenta agujeros de 3 mm, los cuales bloquean el paso directo a la piquera por donde pasan las abejas y depositan las cargas polínicas, las cuales caen directo a una malla de retención que no permite el paso de las abejas (Cabello 2022). Las cargas pasan a un cajoncillo que se desliza frontalmente para así cosechar el polen corbicular (Ivars 2021). Los principales componentes del polen suelen ser carbohidratos, fibra cruda, lípidos, proteínas, minerales, vitaminas,

compuestos fenólicos, flavonoides, esteroides y terpenos. Esta gran diversidad de componentes hace del polen un alimento de calidad, además de convertirlo en otro producto de importancia de la colmena (Montenegro et al. 1992; Blettler et al. 2020; Bardales 2021).

El apicultor que opte por cosechar polen debe realizar un manejo a las colmenas similar al utilizado en la obtención de miel, en donde se debe considerar, entre otros, la ubicación del apiario, evitando los lugares cercanos a carreteras de alto tránsito o de cultivos intensivos, debido a la utilización de pesticidas que influyen de manera negativa en la obtención de buenos productos de la colmena (Gómez et al. 2016).

### **2.3 Valor nutricional de polen apícola y de miel**

Tanto el polen corbicular como la miel son productos apícolas que han sido consumidos por humanos a lo largo de la historia debido a sus propiedades nutricionales y beneficios para la salud (García 2021).

El polen apícola se caracteriza por ser una excelente fuente de proteínas, proporcionando aminoácidos esenciales necesarios para el crecimiento y la reparación celular (Saavedra et al. 2013). Además, contiene vitaminas del complejo B, antioxidantes como la vitamina C, y minerales como zinc, hierro y magnesio. Los ácidos grasos esenciales presentes en el polen, como los omega-3 y omega-6, también contribuyen a su valor nutricional (Puerto et al. 2015).

Este producto apícola no solo destaca por su composición nutricional, sino también por sus beneficios para la salud (Aloisi & Ruppel 2014). Sus propiedades antioxidantes pueden ayudar a combatir el estrés oxidativo, y su contenido vitamínico y mineral fortalece el sistema inmunológico, contribuyendo a la prevención de enfermedades (Zamora et al. 2007).

En cuanto a la miel, es principalmente una fuente de carbohidratos, principalmente glucosa y fructosa, que proporcionan energía rápida (García 2021). Contiene enzimas como la amilasa, la cual facilita la digestión de los carbohidratos, y aporta pequeñas cantidades de vitaminas y minerales esenciales como vitamina C, calcio y hierro (Lobos & Pávez 2021). Además, la miel es conocida por sus propiedades

antimicrobianas debido a la presencia de compuestos como el peróxido de hidrógeno y sustancias fenólicas (Estrada et al. 2005).

Los beneficios de la miel para la salud son diversos. Sus propiedades antibacterianas la hacen útil en la cicatrización de heridas y la prevención de infecciones (Schenke et al. 2016). La miel también tiene efectos calmantes en la garganta, siendo utilizada como remedio casero para aliviar la tos. Además, su contenido de carbohidratos proporciona una fuente rápida de energía, siendo beneficiosa antes o después de la actividad física (García 2021).

Así pues, el polen apícola y la miel son alimentos naturales con un valor nutricional y diversos beneficios para la salud (Mungsan 2018; Lobos & Pávez 2021). Su inclusión en una dieta equilibrada puede contribuir a la obtención de nutrientes esenciales y al mantenimiento de un estado de salud óptimo (García 2021).

#### **2.4 Antecedentes de producción de miel y de polen apícola (corbicular) a escala mundial y nacional (Chile)**

Según la información proporcionada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción de miel a nivel mundial la lidera el continente asiático, con un total de 800 mil toneladas, siendo los países asiáticos los responsables de más del 50% de la producción de miel a nivel mundial, seguido de Europa, Norte América, África y Oceanía, con 400, 380, 200 y 150 toneladas aproximadamente (FAOSTAT, 2018). Del continente asiático, China es el principal productor de miel en el mundo, con casi 500 mil toneladas de miel natural producidas en el año 2021. Seguido de Turquía con 96.300 mil toneladas e Irán con 77.200 toneladas. Esto indica una gran ventaja del país asiático (Mena-Roa 2023). Se estima que el tamaño del mercado de la miel a nivel internacional es de aproximadamente 8.500 millones de dólares (USD) (Orús 2021).

En Latinoamérica, los principales países productores de miel a nivel mundial son Argentina, México y Brasil con 71.300, 62.100 y 55.800 toneladas generadas durante el año 2021 (Orús 2021). Por su parte, Chile es un país productor y exportador de miel, el cual, hasta el año 2019 estaba contribuyendo con el 0,6% de

exportaciones de miel natural a nivel mundial. Dicha exportación alcanzó las 4.474 toneladas, siendo el principal comprador la Unión Europea (específicamente, Alemania, Francia y Suiza) (Lobos & Pávez 2021).

A nivel local, el Consorcio de Desarrollo Tecnológico Apícola de Chile, en el año 2014, indicó que la comercialización a nivel nacional de miel incluye mercados formales como los supermercados, la industria de alimentos, la farmacéutica y cosmética y las tiendas gourmet; además, una gran parte se comercializa de manera informal.

En la actualidad, se ha registrado un incremento en el número de apicultores a nivel nacional, alcanzando un 8,6% para el año 2022. Destacan las regiones de la Araucanía, el Maule y el Biobío (SAG 2023). Estas regiones comparten un clima mediterráneo templado, y debido a este tipo de clima y a su geografía, es que la vegetación de sus ecosistemas ofrece un entorno propicio para la apicultura y la producción de miel y de otros productos apícolas (APIMONDIA 2023).

Por el contrario, la producción de polen corbicular como producto de la colmena a nivel mundial no es un producto ampliamente comercializado si se compara con la miel (Valdés 2013 y 2014). Aun así, sus mayores productores y exportadores son España, China, Australia y Argentina (MINAGRI 2018). Su producción mundial ronda los 1.500 millones de toneladas al año (Mena-Roa 2023). El mercado del polen corbicular o polen de abeja en el año 2022 se valoró en alrededor de 719 millones de dólares (USD) y se pronostica que alcanzará los 1.000 millones de dólares (USD) para el año 2029 estimándose que tenga una tasa de crecimiento anual compuesta del 5,7% para el mismo año (Lobos & Pávez 2021; Iturra 2023).

La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) declaró la actividad de producción chilena de polen corbicular para el período 2018 a 2020, indicando que en el año 2018 eran 344 apicultores dedicados a la producción y venta de polen corbicular, alcanzando en 2020 un registro de 485 apicultores (SAG 2023). En base a las revisiones bibliográficas se concluye que la venta de polen corbicular solo sería

a nivel nacional, ya que los apicultores prefieren enfocarse en la producción de miel y cera para su posterior exportación.

El Instituto Nacional de Normalización (INN) en el año 2011 estableció la Norma Chilena Oficial 3255 “Polen apícola – Calidad de la colmena para polinización y diferenciación del polen según origen botánico”. Esta Norma establece los requisitos de calidad de una colmena de *Apis mellifera* para la polinización. Además, establece la diferenciación del polen apícola de acuerdo con su origen botánico, mediante ensayo palinológico, como lo indica la misma norma.

Esta norma, al igual que las demás normativas para productos apícolas, no establece regulaciones referidas a exportación de polen apícola.

### III. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

El polen recolectado de las flores por la abeja melífera (*Apis mellifera* L.) es la única fuente de proteína natural para la colmena, la cual ayuda a la elaboración de los distintos productos del colmenar, como: la jalea real, pan de abeja, cera, miel y polen corbicular.

Tanto el polen corbicular como la miel son productos de gran interés para el consumo alimenticio de las personas, el cual ha ido en aumento en los últimos años, al igual que el interés por conocer más acerca de su constitución.

La composición y los distintos contenidos nutricionales del polen corbicular y la miel varían de acuerdo con el origen floral y la diversidad de la vegetación del lugar de procedencia, debido a que la abeja melífera presenta preferencia dietaria. Los granos de polen de las flores seleccionadas por la abeja son llevados al colmenar en forma de cargas corbiculares, las cuales son transportadas por la abeja en su tercer par de patas, en estructuras llamadas corbículas, para ser utilizadas como alimento para crías, así también transportan el néctar que liban desde las flores para la elaboración de la miel.

En el predio Corderito, ubicado en la Comuna de Yumbel, en el Secano Interior de la región del Biobío, está la plantación de *Quillaja saponaria* (quillay) más grande de Chile, de propiedad de la empresa chilena de energía COLBÚN, creada por normativa vigente asociada a compensación ambiental, en donde las abejas melíferas tienden a elaborar miel monofloral de esta especie. Estudios palinológicos previos, realizados en este ecosistema, muestran que quillay es una especie melífera que las abejas del lugar prefieren por sobre otras especies que se encuentran cerca para la elaboración de miel. Así mismo, en Pitril, Comuna de Alto Biobío, estos estudios palinológicos indican, para los sectores de bosque nativo, que las abejas melíferas tienden a producir miel de *Eucryphia glutinosa* (guindo santo) prefiriendo a esta especie por sobre una alta variedad de otras especies melíferas presentes en el lugar; sin embargo, para ambos ecosistemas, los estudios sobre el polen apícola son nulos.

Debido al fundamento precedente, la hipótesis de trabajo del presente estudio es que, considerando la demostrada preferencia dietaria de la abeja melífera y la diferenciación que ésta realiza en función del recurso floral ya sea, para elaborar miel o para transportar polen, la composición polínica de las mieles producidas en los ecosistemas de Corderito (comuna de Yumbel) y de Pitril (comuna de Alto Biobío) seguirán siendo monoflorales de *Quillaja saponaria* y *Eucryphia glutinosa*, respectivamente; sin embargo, el análisis polínico de las cargas corbiculares recolectadas en los mismos apiarios de estos ecosistemas debieran revelar una composición polínica diferente a la que caracteriza la producción de miel.

#### **IV. OBJETIVOS**

##### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Comparar taxonómicamente la composición floral de polen corbicular y de mieles como productos de la colmena asociados a un mismo apiario en dos ecosistemas de la provincia de Biobío, predio Corderito (comuna de Yumbel) y Pitril (comuna de Alto Biobío).

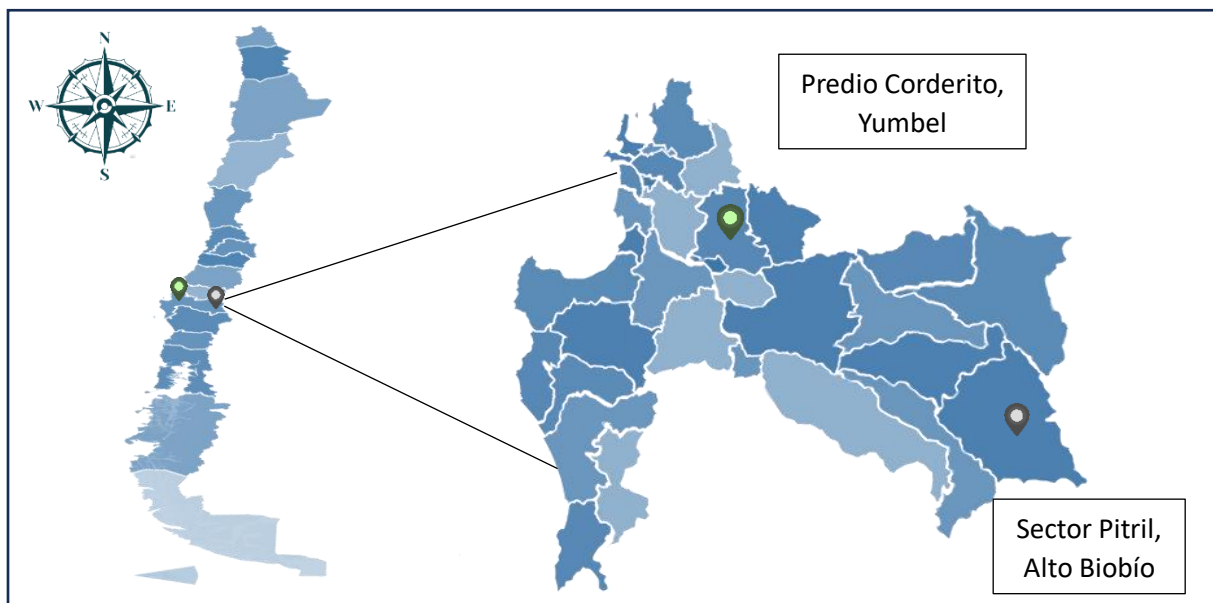
##### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Clasificar el polen corbicular recolectado en las zonas de estudio por color, utilizando la Norma Chilena Oficial Nch3255.Of2011.
- Determinar la composición polínica del polen corbicular y de mieles procedentes de las zonas de estudio utilizando la Norma Chilena Oficial Nch2981.
- Inferir, a partir de la información nutricional disponible para polen corbicular y mieles de las zonas en estudio, potenciales diferencias entre ambos productos de la colmena.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Área de estudio

El área de estudio corresponde a dos sectores de la región del Biobío. El primero situado en la comuna de Yumbel, predio Corderito (Latitud -37.0316780, Longitud -72.6671586) y el segundo, situado en la comuna de Alto Biobío, Pitril (Latitud -37.8811301, Longitud -71.638632) (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación geográfica de los ecosistemas desde donde fueron cosechadas las muestras de miel y polen corbicular en la región del Biobío.

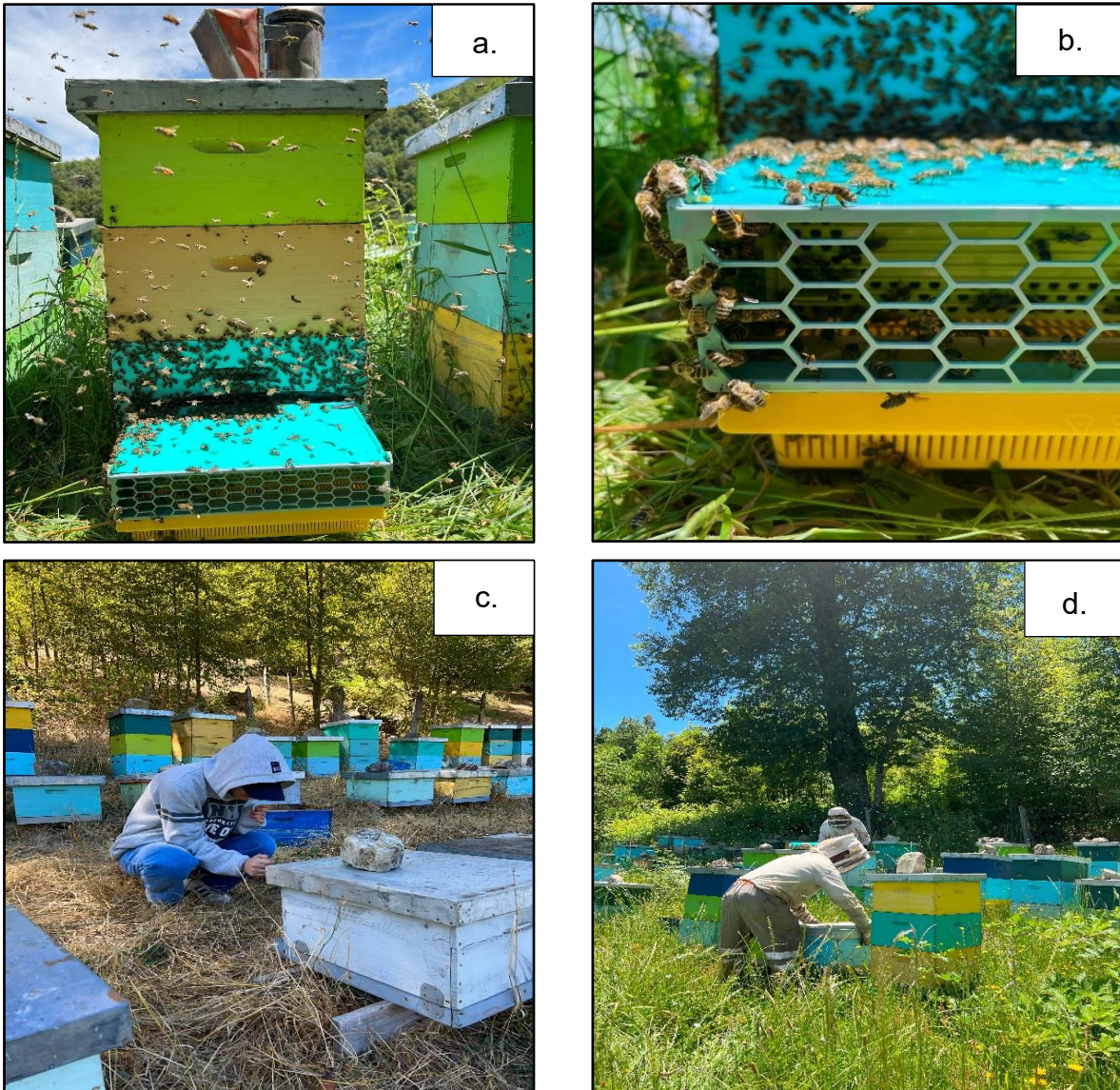
### 5.2 Análisis palinológico

El material corbicular utilizado, correspondiente al área de estudio del predio Corderito, en la comuna de Yumbel, corresponde al de una plantación de 125 hectáreas de especies nativas conformada por un 80% de quillay y un 20% entre roble y laurel. Esta plantación corresponde a un plan de compensación que la empresa chilena de energía Colbún desarrolla debido a la construcción de su Central de Angostura. El polen corbicular fue recolectado en enero de 2023 por el equipo del Laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles. En el período se realizaron dos recolecciones en un mismo apiario con un intervalo de 11 días entre ellos (Figura 2).



**Figura 2.** Apiario desde donde se obtuvieron las muestras de polen apícola correspondientes al predio Corderito, comuna de Yumbel. **a.** Apiario sin trampas de polen, **b.** Apiario con trampa de polen, **c.** Recolección de polen corbicular, **d.** Vista del ecosistema con quillay en primer plano.

El material corbicular utilizado proveniente del sector Pitril, en la comuna de Alto Biobío, fue recolectado desde un mismo apiario en los meses de enero, febrero y marzo de 2023, por el apicultor Samuel Carrasco, quien realizó un total de cinco recolecciones (Figura 3). Estas colmenas se encuentran inmersas en un bosque nativo, en donde destaca la presencia de la especie endémica *Eucryphia glutinosa*, guindo santo, una especie que es de alta preferencia melífera, y cuyo estado de conservación actual es de insuficientemente conocida.



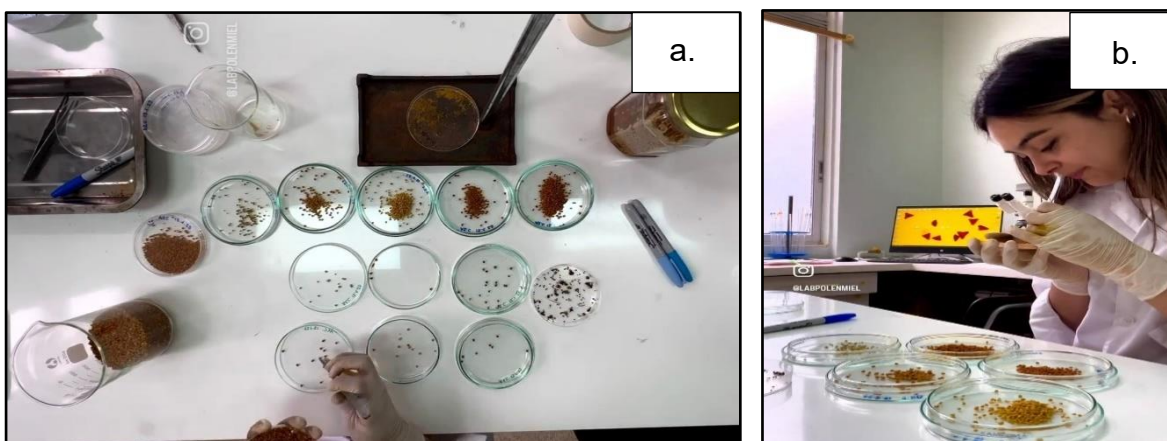
**Figura 3.** Apiario desde donde se obtuvieron las muestras de polen apícola correspondientes al sector de Pitril, comuna de Alto Biobío. **a.** Apiario con trampa de polen, **b.** Detalle del ingreso de abejas y de polen en la trampa de polen, **c y d.** Recolección del polen corbicular.

Posterior a la recolección de las muestras de polen apícola en ambos sectores, éstas fueron depositadas en frascos de vidrio rotulados por lugar de procedencia y fecha, para su posterior traslado al laboratorio.

### 5.3 Separación por color de los cúmulos corbiculares

La separación por color, previo a la identificación microscópica de los cúmulos corbiculares recolectados para determinar la composición polínica que predomina en éstos, se realizó de acuerdo con la Norma Chilena Oficial Nch3255 “Polen

apícola – Calidad de la colmena para polinización y diferenciación del polen según origen botánico”, adaptada por García-Navarro (en este trabajo). El protocolo consistió en extraer y pesar 10 g de muestra de polen corbicular de cada frasco de recolección. Bajo luz natural se separaron los cúmulos corbiculares en grupos, de acuerdo a su color, con ayuda de pinzas, y se depositaron sobre placas Petri de vidrio para su posterior observación bajo lupa con un fondo negro. Se asignó a cada grupo un color de acuerdo con la escala de colores Pantone® Matching System Color Chart (PMS) (<https://www.pantone-colours.com>) (Figura 4).

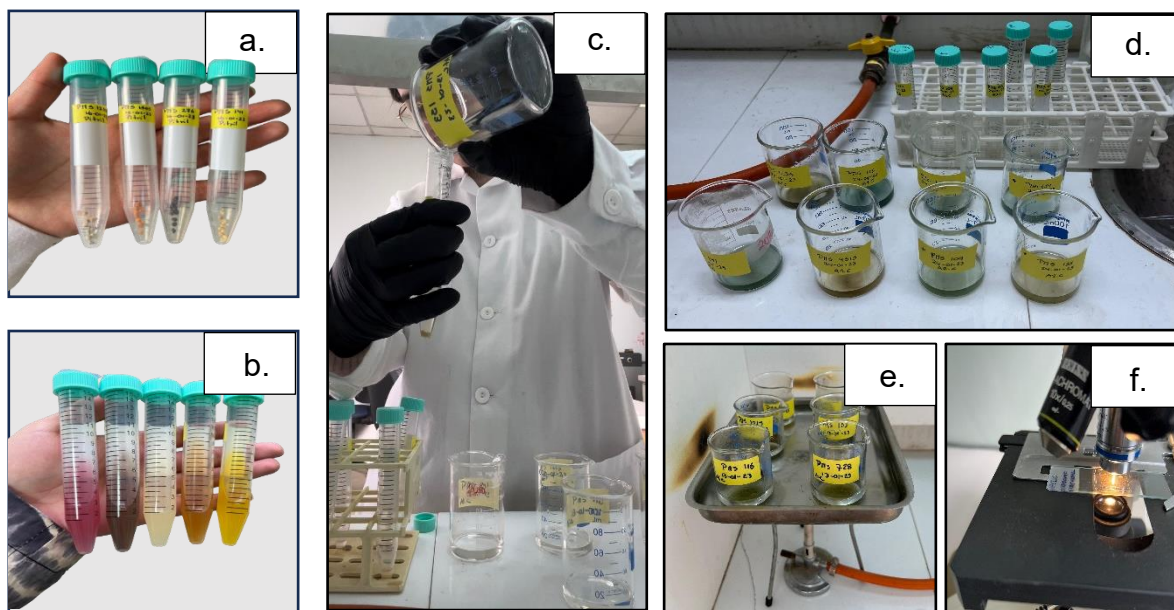


**Figura 4.** a y b. Separación y clasificación de las muestras de acuerdo con su color.

#### **5.4 Visualización microscópica de los cúmulos corbiculares separados por color**

Para la visualización microscópica de los cúmulos corbiculares, ya separados por color, fueron depositados en tubos Falcon de 15 mL, a los cuales se les realizó la técnica de acetólisis de acuerdo con la Norma Chilena Oficial Nch2981 “Miel de abejas - Denominación de origen botánico mediante ensayo melisopolinológico”, lo que constituye a la adaptación realizada a la Norma Chilena Oficial Nch3255 en la presente investigación, y que consiste básicamente en suprimir la tinción de los granos de polen con fucsina y reemplazarla por el uso de una mezcla acetolítica, lo que optimiza la identificación y determinación polínica (Figura 5).

Ver protocolos de ejecución en **Anexo 4** letra **a**. Protocolo para la separación por color y visualización microscópica de cúmulos corbiculares y letra **b**. Protocolo para el análisis de composición polínica de polen corbicular: extracción, conteo y clasificación, páginas 86 y 89 respectivamente (en ambos protocolos se utiliza la técnica de acetólisis).

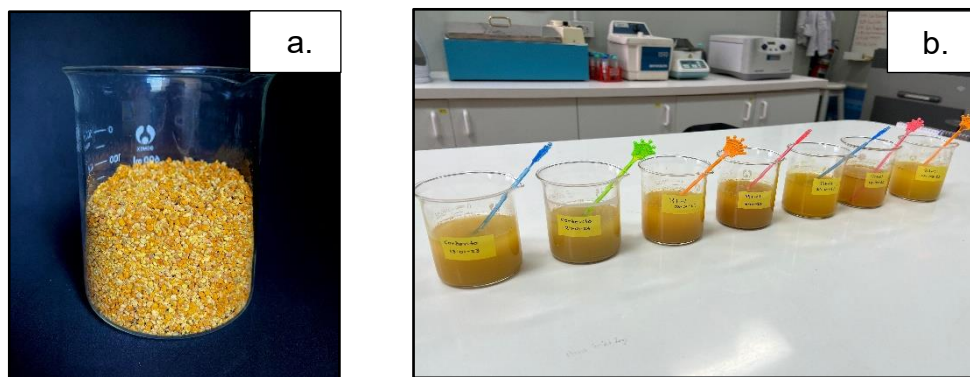


**Figura 5.** Técnica de acetólisis de acuerdo con la Norma Chilena Oficial Nch2981.Of2005. **a.** Cúmulos de polen separados por color, **b.** Polen homogeneizado con Ácido Acético Glacial, **c.** Preparación de mezcla acetolítica, **d.** mezcla acetolítica y polen corbicular, **e.** Baño termostático, **f.** Visualización en microscopio 40x.

### 5.5 Análisis de composición polínica: Extracción y conteo en muestras de polen corbicular

Para determinar la composición polínica en cada uno de los frascos que contienen las muestras de polen corbicular recolectadas y rotuladas por fecha en ambos sectores (2 frascos para Corderito y 5 frascos para Pitril), se extrajeron 20 g de cargas de polen por cada frasco con espátulas esterilizadas y rotuladas para que no existiera contaminación cruzada entre los frascos (Figura 6.a). Posteriormente, los 20 g de polen corbicular extraídos se transfirieron a nuevos frascos de vidrio de 200 mL, luego se agregaron 150 mL de agua destilada tibia para su dilución (Ramírez-Arriagada et al. 2016) (Figura 6.b). Una vez homogeneizadas, se les realizó la técnica de acetólisis, para posteriormente ser visualizados en un

microscopio óptico con aumento de 40x, y contar 500 granos de polen por muestra. El conteo se realizó en triplicado para cada muestra (Ramírez-Arriagada et al. 2016). Posteriormente, se procedió a la determinación botánica de acuerdo con la Norma Chilena Oficial Nch3255 “Polen apícola – Calidad de la colmena para polinización y diferenciación del polen según origen botánico”, su clasificación y finalmente, a su tipificación.



**Figura 6.** a. Frasco de vidrio con polen corbicular, b. Muestras de polen corbicular diluidas en agua destilada tibia.

## 5.6 Análisis melisopalinológico

La determinación de la composición polínica de muestras de miel cosechadas en la temporada de estudio, en el año 2023, procedentes de Corderito y de Pitril, se realizó de acuerdo con la Norma Chilena Oficial Nch2981, establecida por el Instituto Nacional de Normalización. Para ello, se pesaron 40 g de miel (para cada una de las procedencias) en vasos precipitados previamente rotulados para cada muestra, para luego añadirles agua destilada en proporción 1:1. Se utilizaron tubos Falcon, a los cuales se les agregaron 15 mL de las mieles ya diluidas. Las muestras se centrifugaron 5 veces por 15 minutos cada vez a 4.400 rpm.

Posteriormente, se añadieron 5 mL de ácido acético glacial a los tubos Falcon para deshidratar la muestra de miel, luego se realizó un centrifugado por 15 minutos a 4.400 rpm., descartando el ácido acético glacial en un bidón de residuos. Se agregaron 9 mL de anhídrido acético y 1 mL de ácido sulfúrico en los tubos que contenían las muestras y se procedió a agitar hasta mezclar el pellet y verterlo en vasos precipitados. Se les realizó un baño termo regulado entre 80-100°C por 30

minutos hasta que las mezclas se tornaron de color negro. Después de que se enfriaran las mezclas acetolíticas, éstas se centrifugaron por 15 minutos a 4.400 rpm., y se procedió a descartar en el bidón de residuos peligrosos.

Se agregaron 15 mL de agua destilada a cada tubo para lavar las muestras con agua destilada hasta eliminar cualquier olor de los reactivos; luego, se montaron las muestras en portaobjetos, aplicando una gota de glicerina con una pipeta; se colocó el cubreobjeto y se selló. Se realizaron conteos de hasta 1200 granos de polen por muestra en el microscopio óptico, utilizando el aumento de 40x. El conteo se realizó en triplicado por cada muestra.

El análisis palinológico, tanto para los cúmulos corbiculares separados por color, el conteo de los espectros polínicos corbiculares y el de las mieles, consistió en el polen, la determinación a nivel de familia, género y/o especie de los granos de polen corbicular. La determinación botánica de las muestras de polen apícola y de mieles se basó en el análisis de las características morfológicas de la pared celular del grano de polen (exina), junto con ayuda de bibliografía especializada y el uso de la palinoteca de referencia del Laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal de la Universidad de Concepción, Campus Los Ángeles.

Una vez realizado el conteo de los espectros polínicos corbiculares y de las mieles, se calcularon los porcentajes de cada taxón y se realizaron los gráficos respectivos para cada sector en estudio. De igual manera, se identificaron los taxones de importancia para *A. mellifera*, considerando, de acuerdo con la bibliografía, solo aquellos que alcanzan o superan el umbral del 10% de presencia mínima efectiva (Ramírez-Arriagada et al. 2016).

## **5.7 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 U. de Concepción, ubicado en la ciudad de Los Ángeles.

## **5.8 Análisis estadísticos**

Se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Weaver (1949) para evaluar la diversidad floral en las mieles y en el polen apícola. Esto se realizó empleando el software estadístico PAST: Paquete de programas de estadística paleontológica para enseñanza y análisis de datos (Hammer et al. 2001).

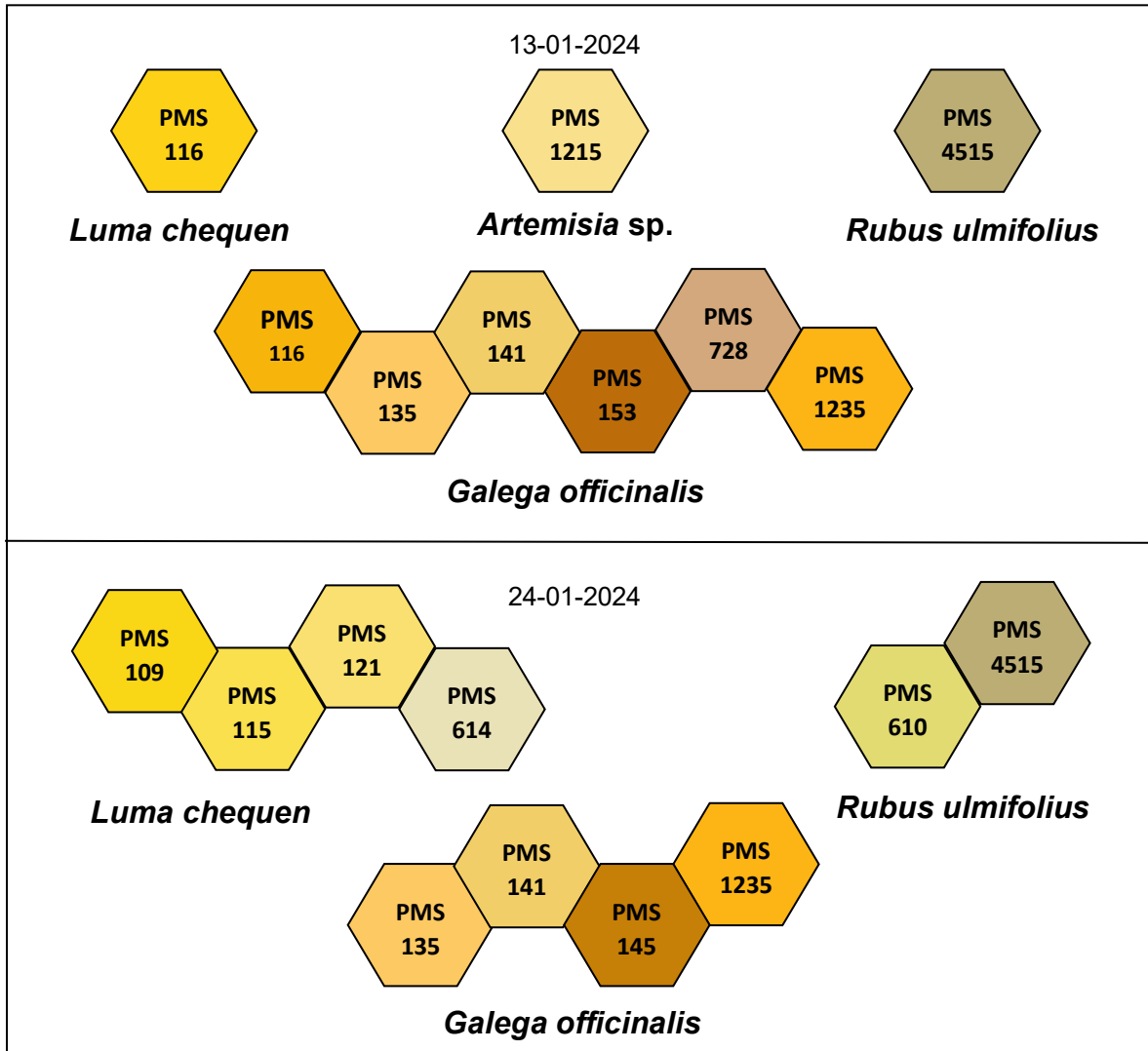
## VI. a) RESULTADOS PREDIO CORDERITO, COMUNA DE YUMBEL

### 6.1 Separación por color de los cúmulos corbiculares

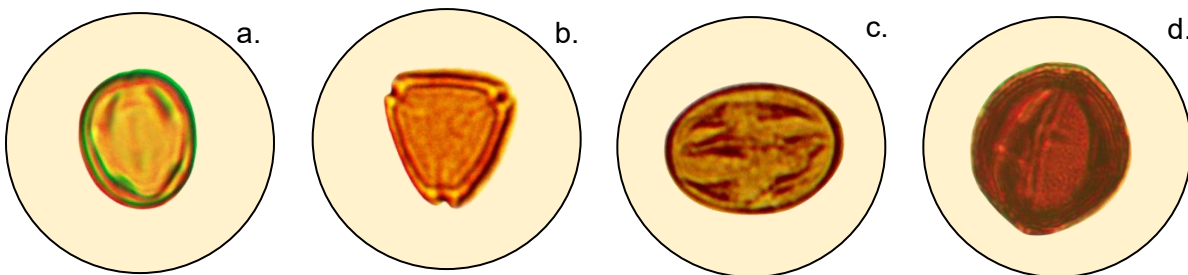
La separación por color de los cúmulos corbiculares obtenidos del predio Corderito, Yumbel, durante la floración de *Q. saponaria* en 2023, muestra una variación de tonalidades amarillas, naranjas, y marrón (Figura 7), según paleta PANTONE; siendo *Galega officinalis* la especie botánica con mayor representación dentro de la muestra, seguida de *Luma chequen*, *Rubus ulmifolius* y *Artemisia* sp. (Figura 8) (Figura 9).



**Figura 7.** Cúmulos corbiculares separados por color y fecha de recolección, predio Corderito. PMS (Matching System Color Chart): código color de paleta PANTONE.



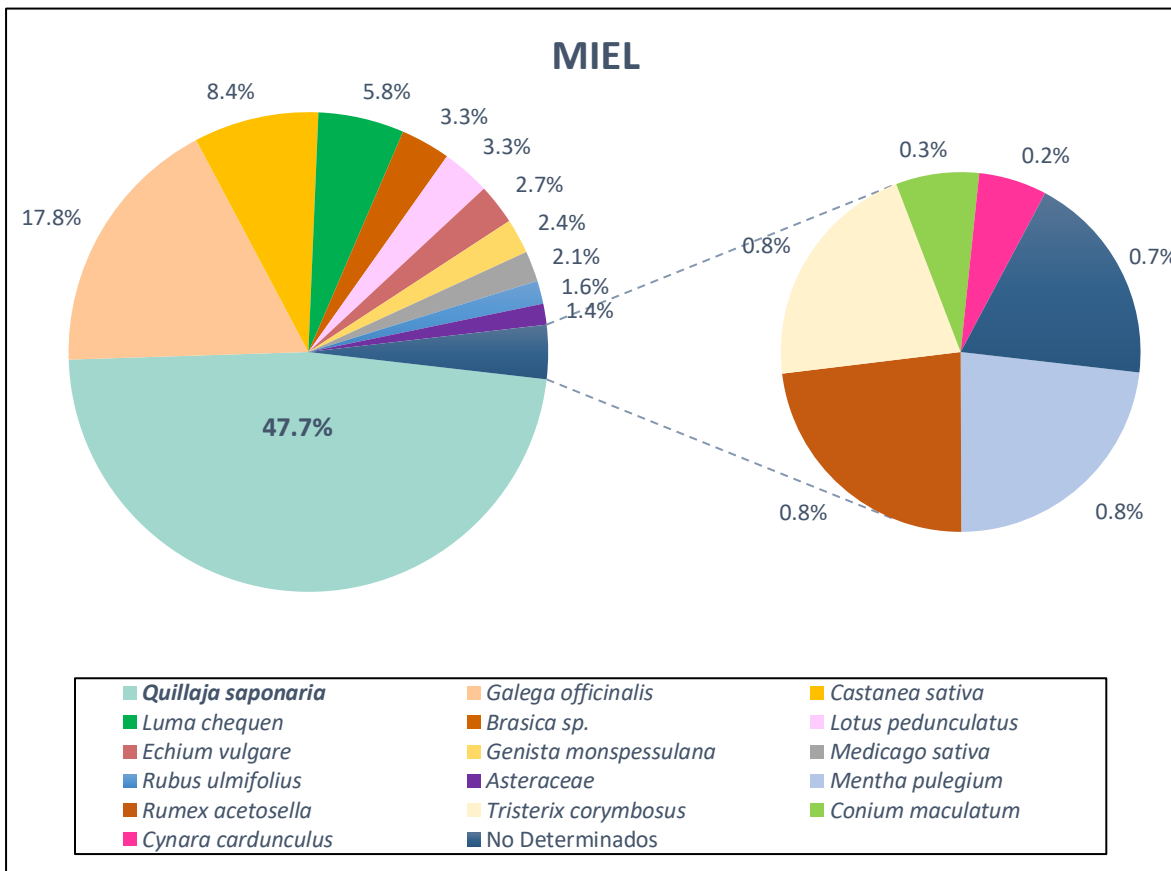
**Figura 8.** Gama de colores PMS de los cúmulos corbiculares recolectados en el predio Corderito, Yumbel, establecidos por PANTONE. En **Anexo 1** se indican: fechas de recolección, procedencia, código PANTONE, color PANTONE, familia, especie polínica y nombre común.



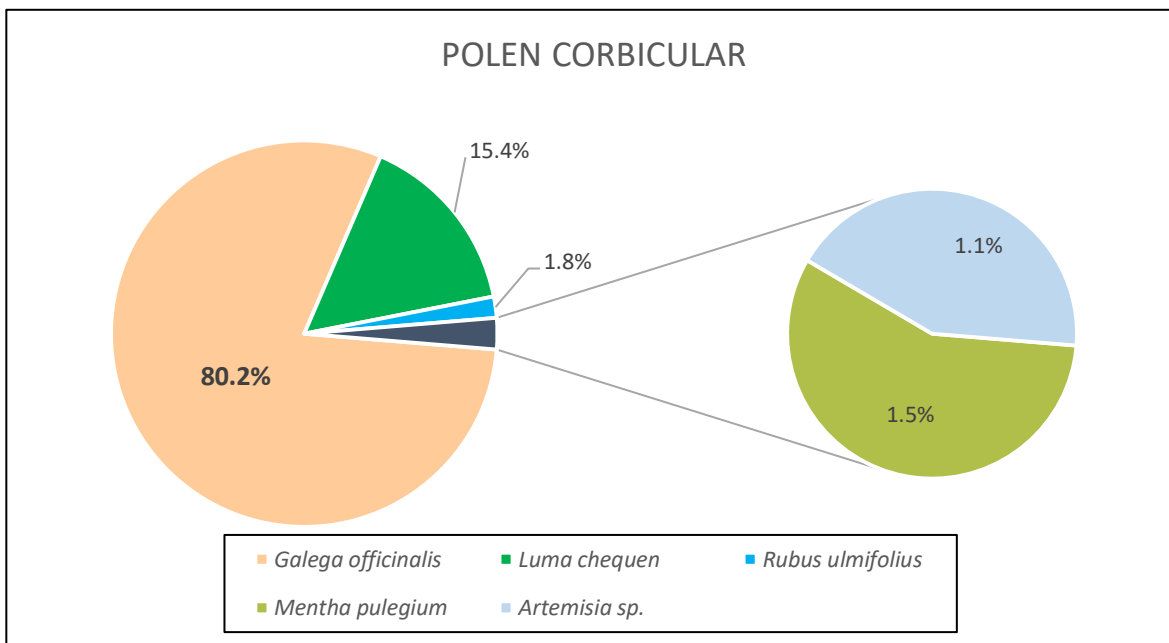
**Figura 9.** Imágenes de los granos de polen determinados, obtenidas de microscopio óptico. **a.** *Galega officinalis*, **b.** *Luma chequen*, **c.** *Rubus ulmifolius* y **d.** *Artemisia* sp.

## 6.2 Análisis melisopalinológico y palinológico:

El análisis melisopalinológico y palinológico realizados en la miel y en polen corbicular respectivamente, durante la floración de *Q. saponaria* en 2023 en el predio Corderito, caracterizan una miel monofloral de *Quillaja saponaria* (47,7%) y un polen corbicular monofloral no nativo de *Galega officinalis* (80,2%) (Figuras 10 y 11).



**Figura 10.** Gráfico de la composición taxonómica de polen en la muestra de miel obtenida del predio Corderito durante la floración de *Q. saponaria*, cosecha 2023.



**Figura 11.** Gráfico de la composición taxonómica de polen en la muestra de polen corbicular obtenida del predio Corderito durante la floración de *Q. saponaria*, cosecha 2023.

Se identificó un total de 16 tipos de polen en la muestra de miel analizada. Por su parte, el análisis del espectro polínico corbicular reveló la presencia de cinco tipos polínicos.

La Tabla 1 muestra estos resultados a la forma de proporción de las especies presentes, tanto en miel como en polen corbicular indicando aquellos taxones de importancia para *A. mellifera*.

También se observó que tanto en el polen corbicular como en la miel existen taxones de importancia para *Apis mellifera*, cuya presencia fue superior a lo establecido, superando de esta manera el umbral del 10% establecido por Ramírez-Arriagada et al. 2016. Estas especies fueron para la miel: *Quillaja saponaria* (47,7%) y *Galega officinalis* (17,8%). Para polen corbicular fueron: *Galega officinalis* (80,2%) y *Luma chequen* (15,4%) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Porcentaje de taxones registrados en la miel (**M**), y en cargas de polen corbicular (**P**) de *Apis mellifera* en el predio Corderito, Yumbel, cosecha 2023. Indicando con negrita los taxones de importancia para *Apis mellifera* ( $\geq 10\%$ ).

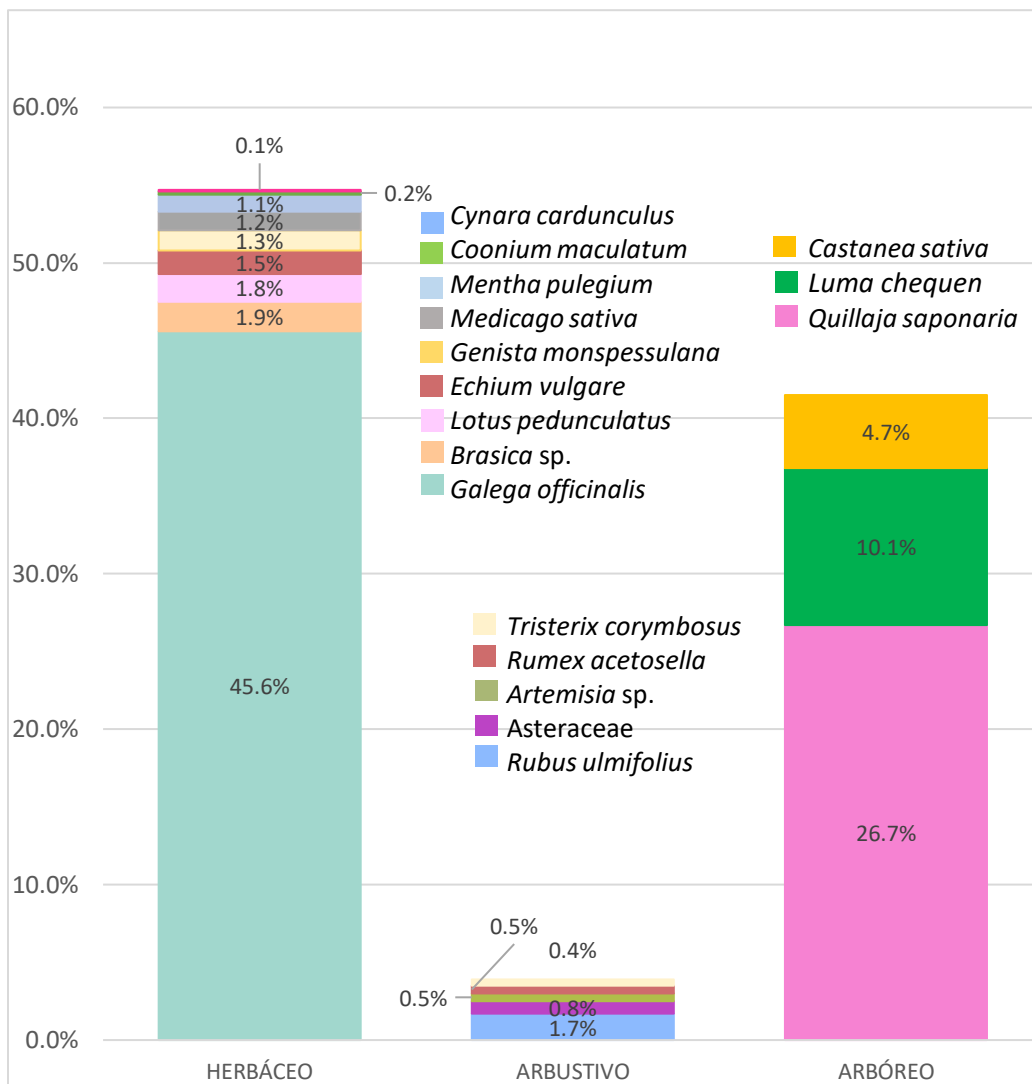
	<b>M</b>	<b>P</b>
APIACEAE		
<i>Conium maculatum</i>	0,3	0,0
ASTERACEAE		
Asteraceae	1,4	0,0
<i>Artemisia</i> sp.	0,0	1,1
<i>Cynara cardunculus</i>	0,2	0,0
BRASSICACEAE		
<i>Brassica</i> sp.	3,3	0,0
BORAGINACEAE		
<i>Echium vulgare</i>	2,7	0,0
FABACEAE		
<i>Galega officinalis</i>	<b>17,8</b>	<b>80,2</b>
<i>Genista monspessulana</i>	2,4	0,0
<i>Lotus pedunculatus</i>	3,3	0,0
<i>Medicago sativa</i>	2,1	0,0
FAGACEAE		
<i>Castanea sativa</i>	8,4	0,0
LAMIACEAE		
<i>Mentha pulegium</i>	0,8	1,5
LORANTHACEAE		
<i>Tristerix corymbosus</i>	0,8	0,0
MYRTACEAE		
<i>Luma chequen</i>	5,8	<b>15,4</b>
POLYGONACEAE		
<i>Rumex acetosella</i>	0,8	0,0
QUILLAJACEAE		
<i>Quillaja saponaria</i>	<b>47,7</b>	0,0
ROSACEAE		
<i>Rubus ulmifolius</i>	1,6	1,8

Con el propósito de evaluar la diversidad floral a partir de la cual las abejas han recogido néctar para producir la miel y polen corbicular para la elaboración de pan de abeja, se aplicó el índice de diversidad de Shannon (H), cuyo resultado para la muestra de miel fue de 1,8 y para el polen corbicular fue de 0,7 (Tabla 2).

**Tabla 2.** Valores de diversidad de Shannon (H') de las muestras de miel y polen corbicular de *Apis mellifera* en el predio Corderito.

Índice de Diversidad H'	
MIEL	POLEN
1,8	0,7

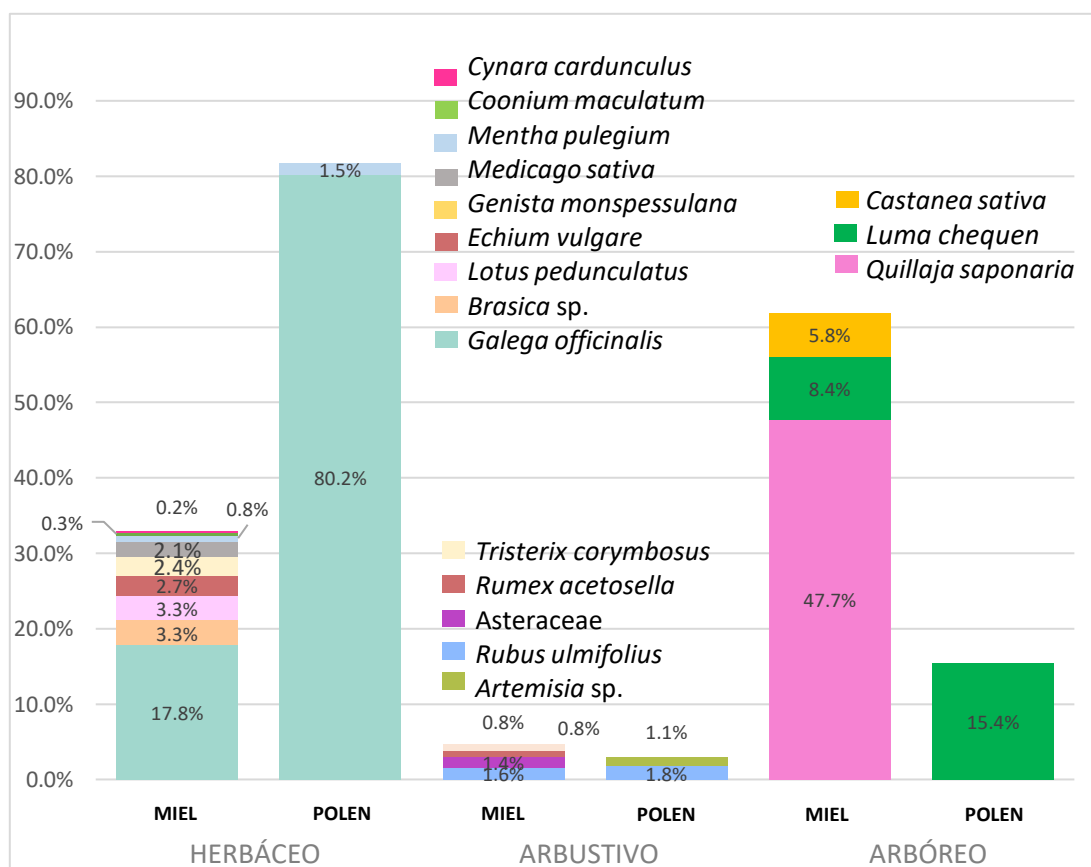
Para identificar en qué proporción visitó *A. mellifera* los diferentes estratos vegetacionales del ecosistema predio Corderito, en base al conteo de polen en la miel y en el polen corbicular durante la floración de quillay, en 2023, se realizó un gráfico combinado, representando las especies de ambas fuentes. Los resultados indican que la abeja melífera se desplazó preferentemente sobre el estrato herbáceo, seguido del estrato arbóreo y el arbustivo. En el estrato herbáceo las especies visitadas fueron *Galega officinalis*, *Brassica* sp., *Lotus pedunculatus*, *Echium vulgare*, *Genista monspessulana*, *Medicago sativa*, *Mentha pulegium*, *Coonium maculatum* y *Cynara cardunculus*. En el estrato arbóreo visitó a *Quillaja saponaria*, *Luma chequen* y *Castanea sativa*. Por último, en el estrato arbustivo visitó a *Rubus ulmifolius*, *Asteraceae*, *Artemisia* sp., *Rumex acetosella* y *Tristerix corymbosus* (Figura 12).



**Figura 12.** Estratos visitados por *Apis mellifera* en base al conteo de los granos de polen en miel y en polen corbicular. Predio Corderito, Yumbel. Floración de quillay, 2023.

La subdivisión de los datos para miel y polen corbicular por cada estrato visitado por la abeja melífera permite un análisis más detallado de cada componente, facilitando la identificación de tendencias específicas y variaciones particulares en ambos conjuntos de datos. Los resultados indican que *A. mellifera* en el estrato herbáceo tiene una preferencia dietaria por *Galega officinalis*, tanto para la elaboración de miel (17,8%), como para realizar pan de abeja (80,2%), al igual que por *Mentha pulegium* aunque en menor proporción, tanto para miel (0,8%), como para polen corbicular (1,5%). En el estrato arbóreo *A. mellifera* tiende a preferir mayoritariamente para la elaboración de miel a *Q. saponaria* (47,7%) y en mucho

menor proporción a *C. sativa* (5,8%); en cambio, para la especie *L. chequen* la abeja melífera consume tanto su néctar, para elaborar miel (8,4%), como también transporta el polen corbicular al apiario para hacer pan de abejas (15,4%). Por último, la abeja en el estrato arbustivo utiliza a *R. ulmifolius* para elaborar miel (1,6%) y el pan de abejas (1,8%) en proporciones cercanas y bajas en relación con el resto del componente floral. Para uso exclusivo de producción de miel, *A. mellifera* usó Asteraceae (1,4%), *Rumex acetosella* (0,8%) y *Tristerix corymbosus* (0,8%), en cambio, para la elaboración exclusiva de pan de abeja, visitó a *Artemisia* sp. (1,1%) (Figura 13).



**Figura 13.** Representación segmentada de datos de miel y polen corbicular por estrato vegetal visitado. La subdivisión gráfica muestra las tendencias y variaciones para cada componente en el predio Corderito.

## b) RESULTADOS SECTOR PITRIL, COMUNA DE ALTO BIOBÍO

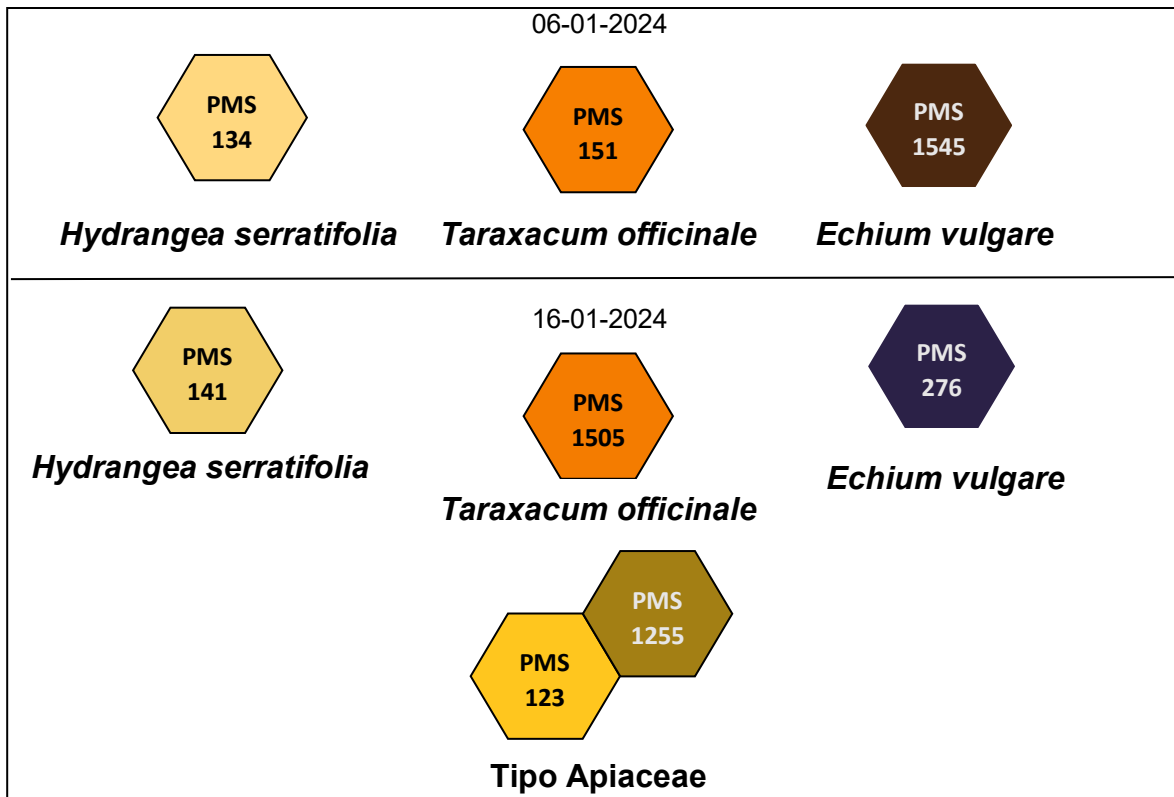
### 6.3 Separación por color de los cúmulos corbiculares

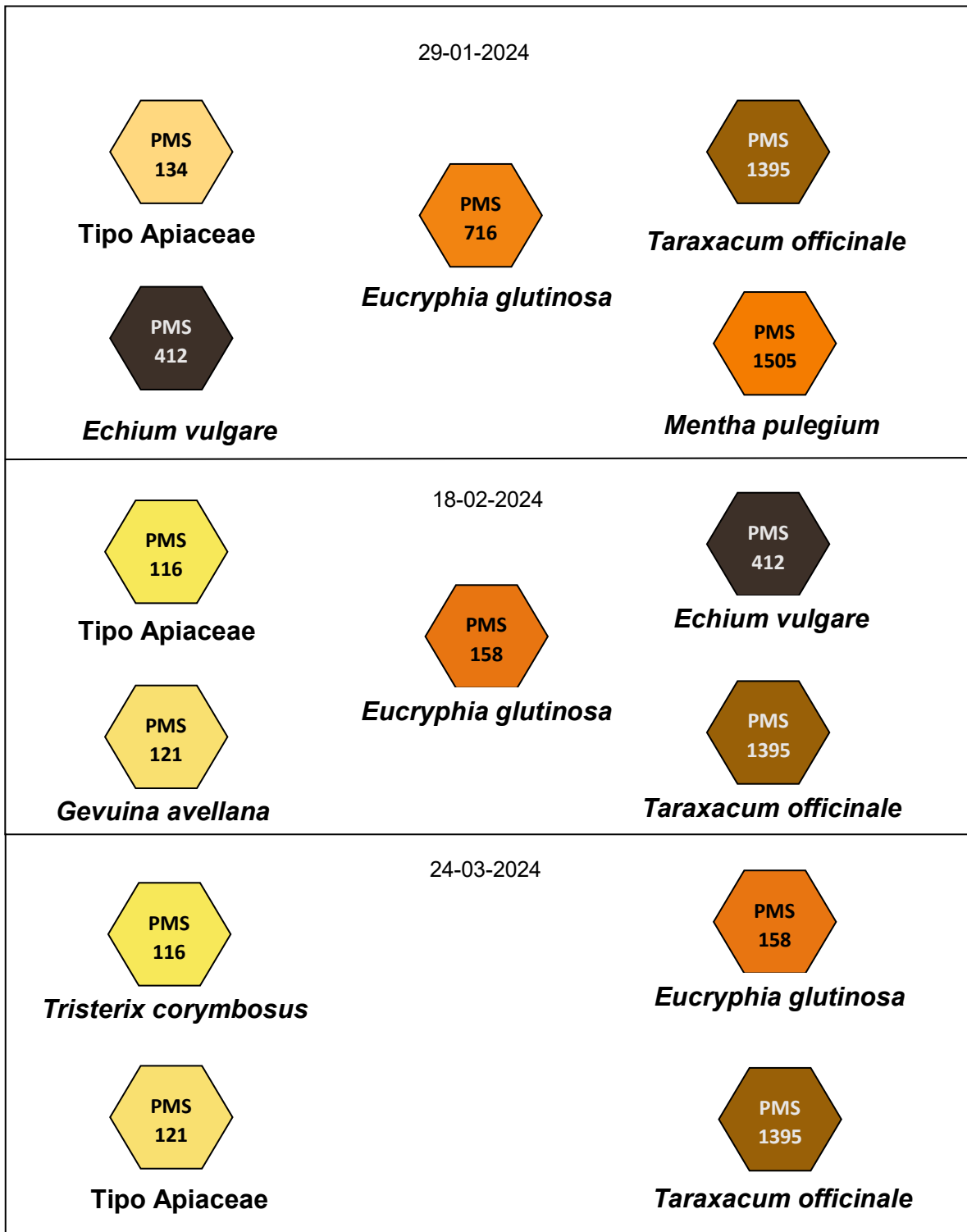
El análisis de la separación por color de los cúmulos corbiculares obtenidos en el sector Pitril, Alto Biobío, durante la floración de *Eucryphia glutinosa*, muestra una variación de tonalidades amarillas, naranjas, y marrón (Figura 14), *siendo* la especie identificada como Tipo Apiaceae la que se encontró con mayor representación dentro de la separación de los distintos cúmulos corbiculares en total, seguida de *Taraxacum officinale*, *Echium vulgare*, *Eucryphia glutinosa*, *Hydrangea serratifolia*, *Gevuina avellana* y *Mentha pulegium* (Figura 15) (Figura 16).



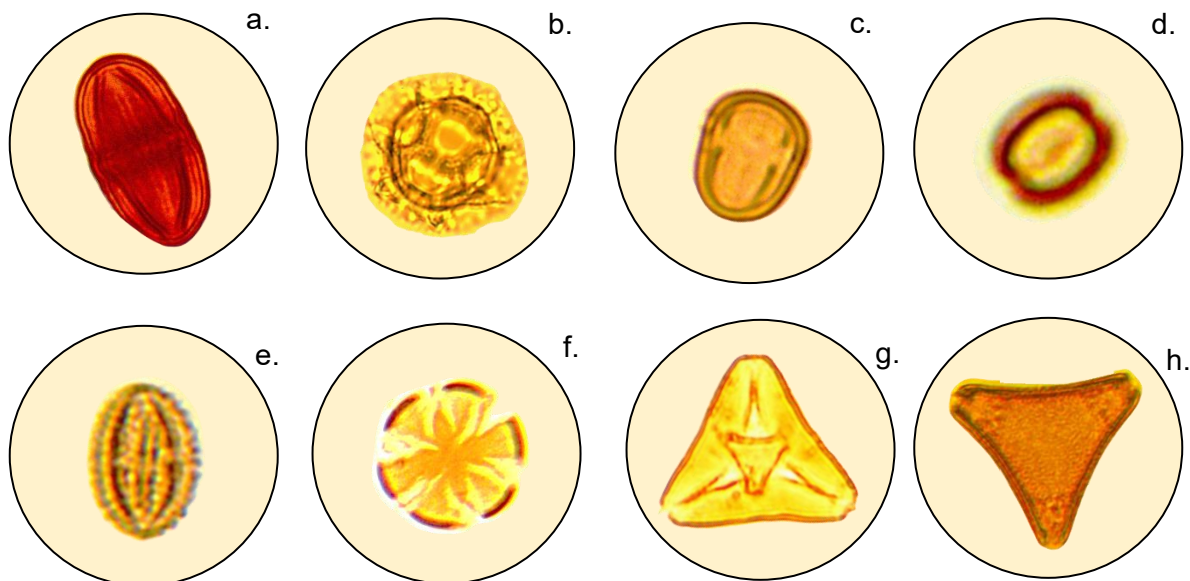


**Figura 14.** Cúmulos corbiculares separados por color y fecha de recolección, sector Pitril. PMS (Matching System Color Chart): código color de paleta PANTONE.





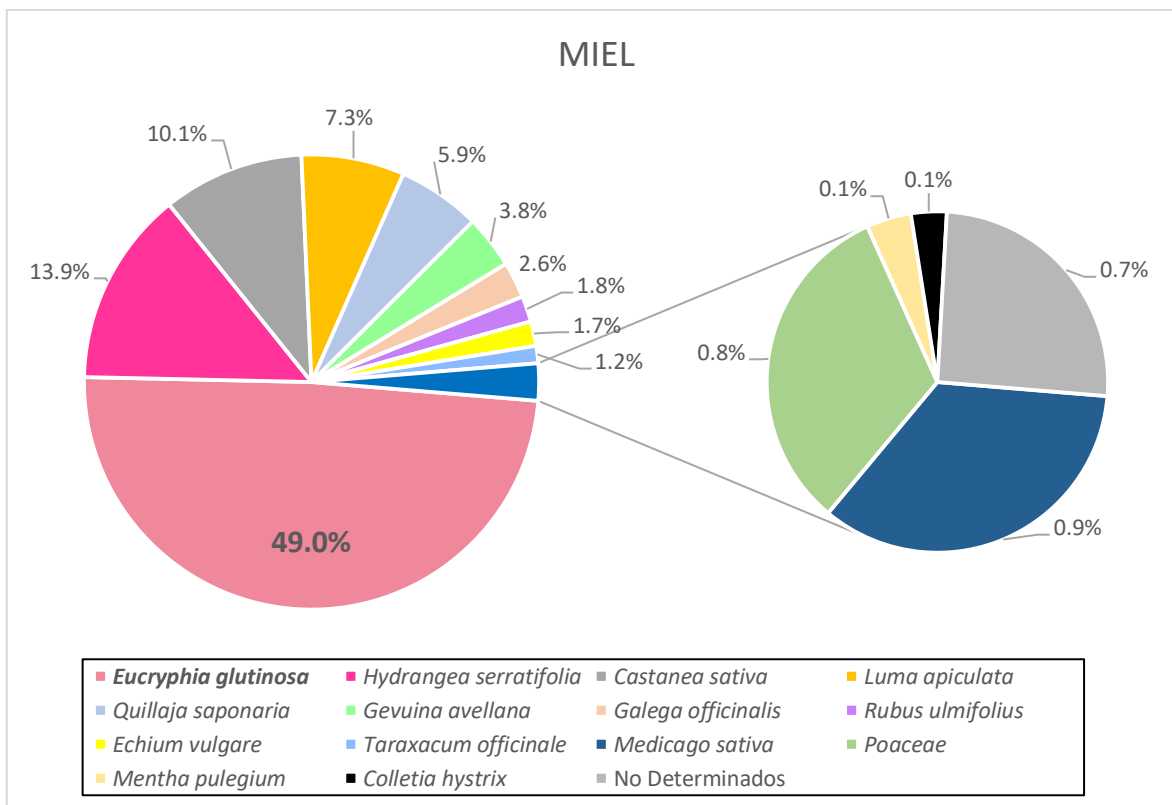
**Figura 15.** Gama de colores PMS de los cúmulos corbiculares recolectados en el sector Pitiril, Alto Biobío, establecidos por PANTONE. En **Anexo 2** se indican: fechas de recolección, procedencia, código PANTONE, color PANTONE, familia, especie polínica y nombre común.



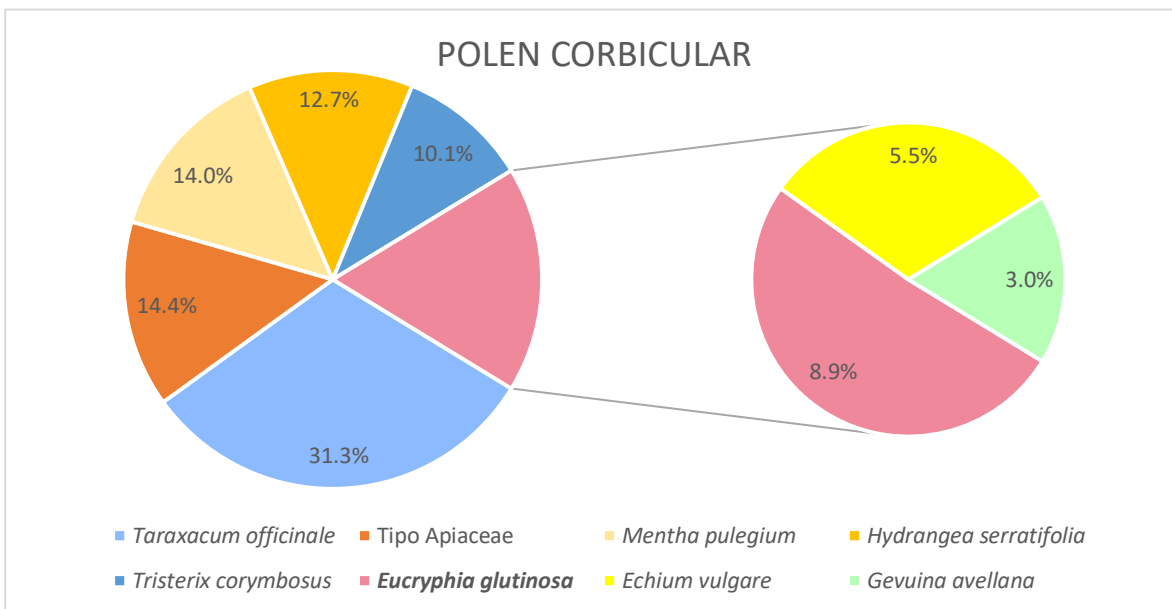
**Figura 16.** Imágenes de los granos de polen obtenidas del microscopio óptico: **a.** Tipo Apiaceae, **b.** *Taraxacum officinale*, **c.** *Echium vulgare*, **d.** *Eucryphia glutinosa*, **e.** *Hydrangea serratifolia* **f.** *Mentha pulegium*, **g.** *Tristerix corymbosus* y **h.** *Gevuina avellana*.

#### **6.4 Análisis melisopalínológico y palínológico:**

El análisis melisopalínológico y palínológico realizados en la miel y en polen corbicular respectivamente durante la floración de *E. glutinosa* en 2023 en el sector Pitril, caracterizan una miel monofloral de *Eucryphia glutinosa* (49,0%) y un polen corbicular multifloral (Figuras 17 y 18). Donde para el polen corbicular se recalcularon los conteos de los granos de polen corbicular realizados para las dos fechas de recolección, obteniendo la suma total de los granos contados y el porcentaje, indicándolo como fecha de floración de *E. glutinosa*.



**Figura 17.** Gráfico de la composición taxonómica de polen en la muestra de miel obtenida del sector Pitiril durante la floración de *E. glutinosa*, cosecha 2023.



**Figura 18.** Gráfico de la composición taxonómica de polen en la muestra de polen corbicular obtenida del predio Corderito durante la floración de *E. glutinosa*, cosecha 2023.

Se identificó un total de 14 tipos de polen en la muestra de miel analizada. Por su parte, el análisis del espectro polínico corbicular reveló la presencia de ocho tipos polínicos.

También se observó que tanto en el polen corbicular como en la miel existen taxones de importancia para *Apis mellifera* cuya presencia fue superior a lo establecido, superando de esta manera el umbral del 10%. Estas especies fueron para la miel; *Eucryphia glutinosa* (49.0%) y *Hydrangea serratifolia* (13.9%). Para polen corbicular fueron; *Taraxacum officinale* (31.3%) y Tipo Apiaceae (14.4%), *Mentha pulegium* (14.0%), *Hydrangea serratifolia* (12.7%) y *Tristerix corymbosus* (10.1%) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Porcentaje de taxones registrados en la miel (M), y en cargas de polen corbicular (P) de *Apis mellifera* en el sector Pitiril, Alto Biobío, Cosecha 2023. Indicando con negrita los taxones de importancia para *Apis mellifera* ( $\geq 10\%$ ).

	M	P
APIACEAE		
Tipo Apiaceae	0,0	<b>14,4</b>
ASTERACEAE		
<i>Taraxacum officinale</i>	1,2	<b>31,3</b>
BORAGINACEAE		
<i>Echium Vulgare</i>	1,7	5,5
CUNONIACEAE		
<i>Eucryphia glutinosa</i>	<b>49,0</b>	8,9
FABACEAE		
<i>Castanea sativa</i>	<b>10,1</b>	0,0
<i>Galega officinalis</i>	2,6	0,0
<i>Medicago sativa</i>	0,9	0,0
HYDRANGACEAE		
<i>Hydrangea serratifolia</i>	<b>13,9</b>	<b>12,7</b>
LAMIACEAE		
Lamiaceae	0,1	0,0
<i>Mentha pulegium</i>	0,1	<b>14,0</b>
LORANTHACEAE		
<i>Tristerix corymbosus</i>	0,0	<b>10,1</b>
MYRTACEAE		
<i>Luma apiculata</i>	7,3	

POACEAE		
Poaceae	0.8	0.0
PROTEACEAE		
<i>Gevuina avellana</i>	3.8	3.0
QUILLAJACEAE		
<i>Quillaja saponaria</i>	5.9	0.0
RHAMNACEAE		
<i>Colletia hystrix</i>	0.1	0.0
ROSACEAE		
<i>Rubus ulmifolius</i>	1.8	0.0

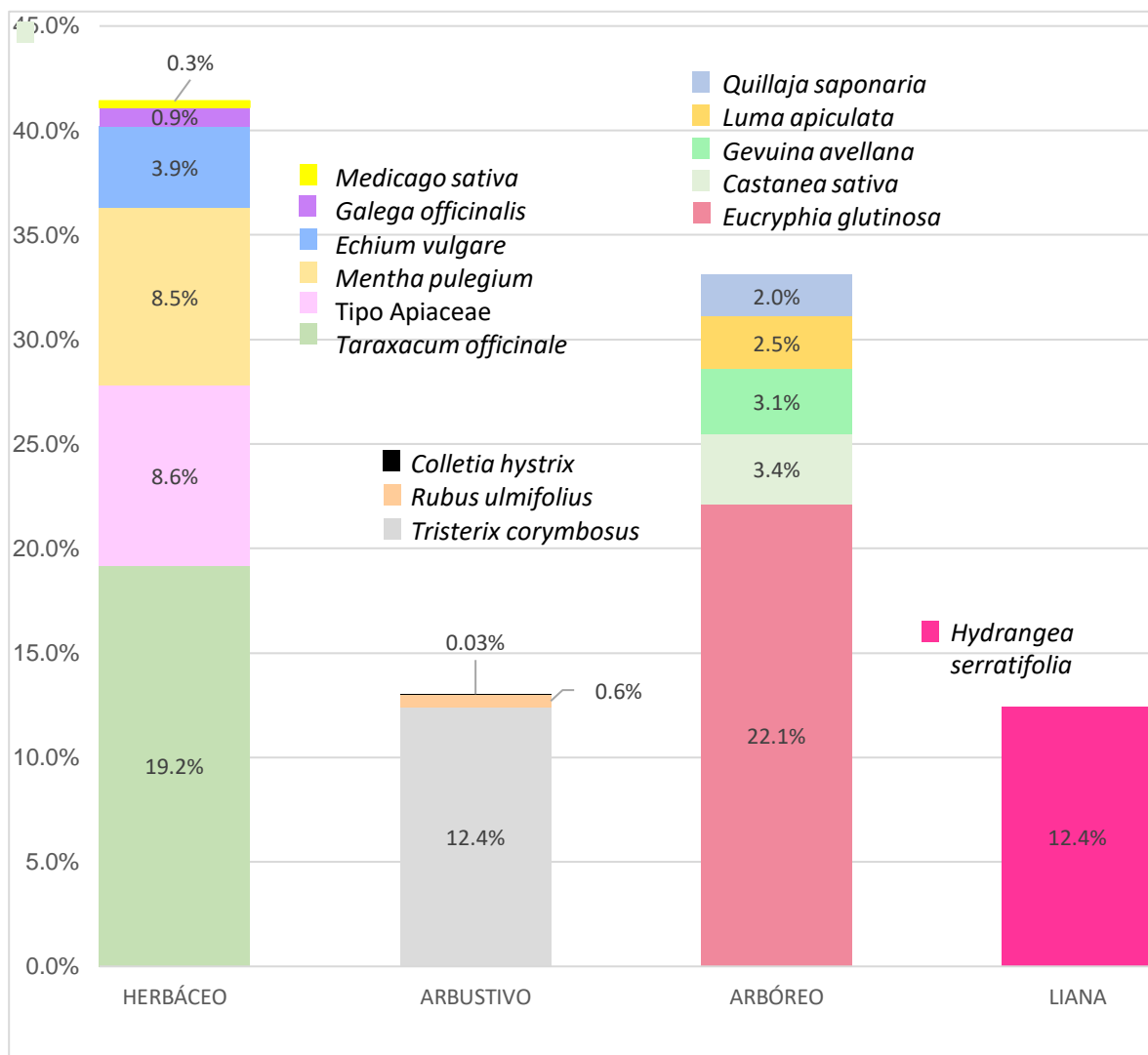
Con el propósito de evaluar la diversidad floral a partir de la cual las abejas han recogido néctar para producir la miel y polen corbicular para la elaboración de pan de abeja, se aplicó el índice de diversidad de Shannon (H') cuyo resultado para la muestra de miel fue de 1,8 y para el polen corbicular fue de 1,9 (Tabla 4).

**Tabla 4.** Valores de diversidad de Shannon (H') de las muestras de miel y polen corbicular de *Apis mellifera* en el sector Pitiril.

Índice de Diversidad H'	
MIEL	POLEN
1,8	1,9

Para identificar en qué proporción visitó *A. mellifera* los estratos vegetacionales del ecosistema sector Pitiril, en base al conteo de polen en la miel y en el polen corbicular durante la floración de guindo santo, en 2023, se realizó un gráfico combinado, representando las especies de ambas fuentes. Los resultados indican que la abeja melífera se desplazó preferentemente sobre el estrato herbáceo, seguido del estrato arbóreo, el arbustivo y liana. En el estrato herbáceo las especies fueron *Taraxacum officinale*, Tipo Apiaceae, *Mentha pulegium*, *Echium vulgare*, *Galega officinalis* y *Medicago sativa*. En el estrato arbóreo esta visitó a *Eucryphia glutinosa*, *Castanea sativa*, *Gevuina avellana*, *Luma apiculata* y *Quillaja saponaria*,

en el estrato arbustivo visito a *Colletia hystrix*, *Rubus ulmifolius* y *Tristerix corymbosus*. Por último, en el hábito de liana visito a *Hydrangea serratifolia* (Figura 19).



**Figura 19.** Estratos visitados por *Apis mellifera* en base al conteo de los granos de polen en miel y en polen corbicular. Sector Pitril, Alto Biobío. Floración de guindo santo, 2023.

La subdivisión de los datos para miel y polen corbicular por casa estrato visitado por la abeja melífera permite un análisis más detallado de cada componente, facilitando la identificación de tendencias específicas y variaciones particulares en ambos conjuntos de datos. Los resultados indican que *A. mellifera* en el estrato herbáceo, tiene una preferencia dietaria por *Taraxacum officinale* tanto para la elaboración de miel (12%), como para realizar pan de abeja (31,3%), en el polen corbicular.

La presencia de *Echium vulgare* en ambas muestras, con un 1,7% en la miel y un 5,5% en el polen corbicular, destaca la versatilidad de esta especie floral como recurso para las abejas.

Además, se identificaron especies florales exclusivamente utilizadas para la recolección de néctar, como *Galega officinalis* (2,6%) y *Medicago sativa* (0,1%). Por otro lado, especies como Tipo Apiaceae y *Mentha pulegium* fueron exclusivamente utilizadas en la producción de pan de abeja.

En el estrato arbóreo *A. mellifera* utiliza para la elaboración de miel el néctar de *Castanea sativa* (10,1%), *Luma apiculata* (7,3%) y *Quillaja saponaria* (5,8%). Las especies *Eucryphia glutinosa* y *Gevuina avellana* participan tanto en la elaboración de miel (49,0%) como en el transporte del polen corbicular al apiario (3,8%). La abeja en el estrato arbustivo visita a *Rubus ulmifolius* (1,8%) y a *Colletia hystrix* (0,1%) para elaborar miel; para elaborar pan de abejas prefiere a *Tristerix corymbosus* (10,1%). Para el estrato denominado como de Lianas, *A. mellifera* prefiere a *Hydrangea serratifolia*, tanto para la elaboración de miel (13,9%) como para el transporte de polen corbicular (12,7%) (Figura 20).

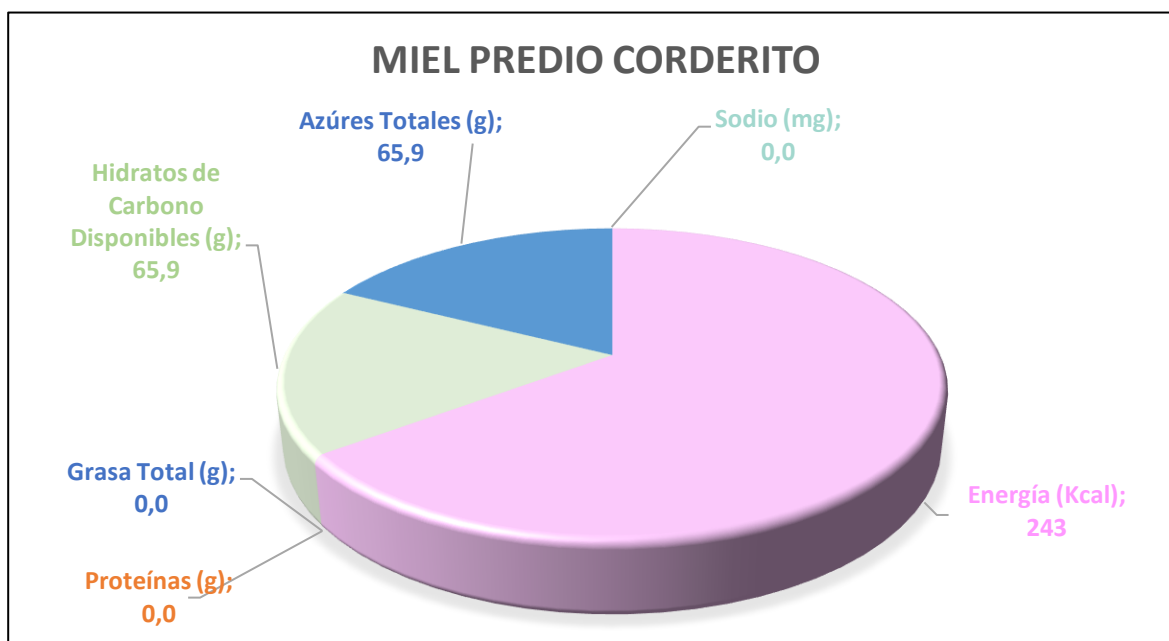


**Figura 20.** Representación segmentada de datos de miel y polen corbicular por estrato vegetal visitado, La subdivisión gráfica muestra las tendencias y variaciones por cada componente en el sector Pitiril.

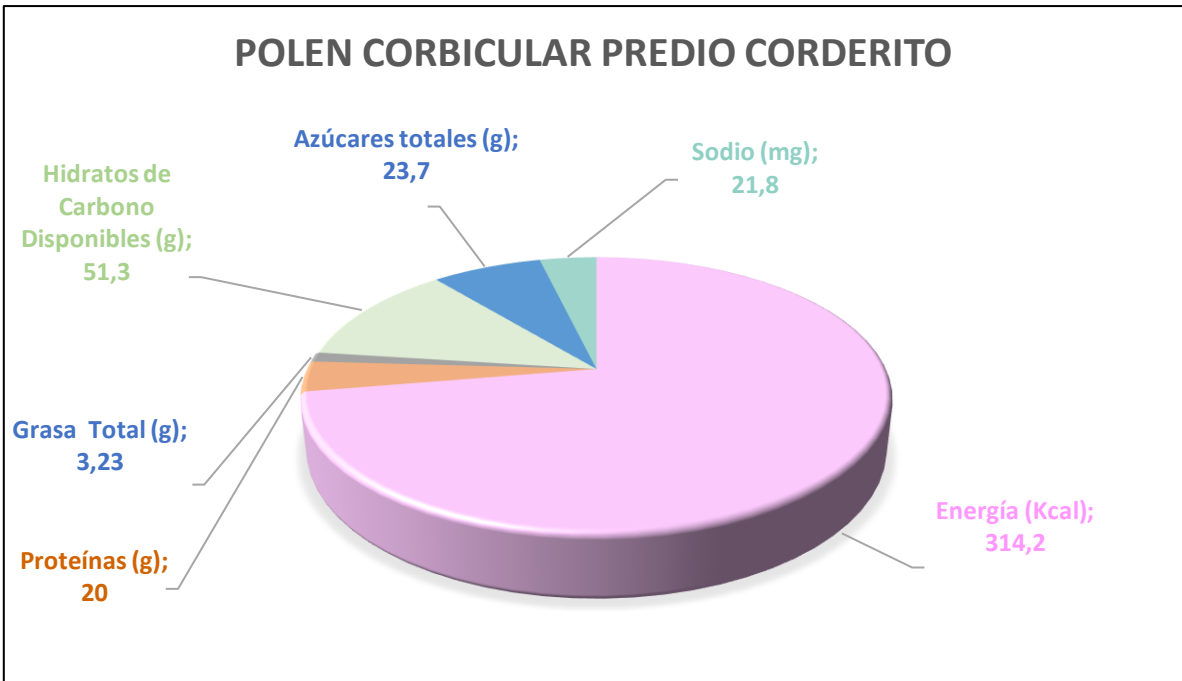
## 6.5 Análisis nutricionales predio Corderito y sector Pitril

Los análisis nutricionales de las muestras de miel y polen corbicular tanto del predio Corderito, en Yumbel (Figuras 21 y 22), como en el sector Pitril, en Alto Biobío (Figuras 23 y 24), informados por el Centro de Desarrollo Tecnológico Agroindustrial (CDTA), de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la U. de Concepción, indican lo siguiente: se observa que, por cada 100 gramos, la miel exhibe un contenido calórico inferior en comparación con el polen corbicular. Además, el polen corbicular destaca como una fuente considerablemente rica en proteínas, mientras que la miel carece de contenido proteico. Ambos productos muestran, sin embargo, un bajo contenido de grasa total.

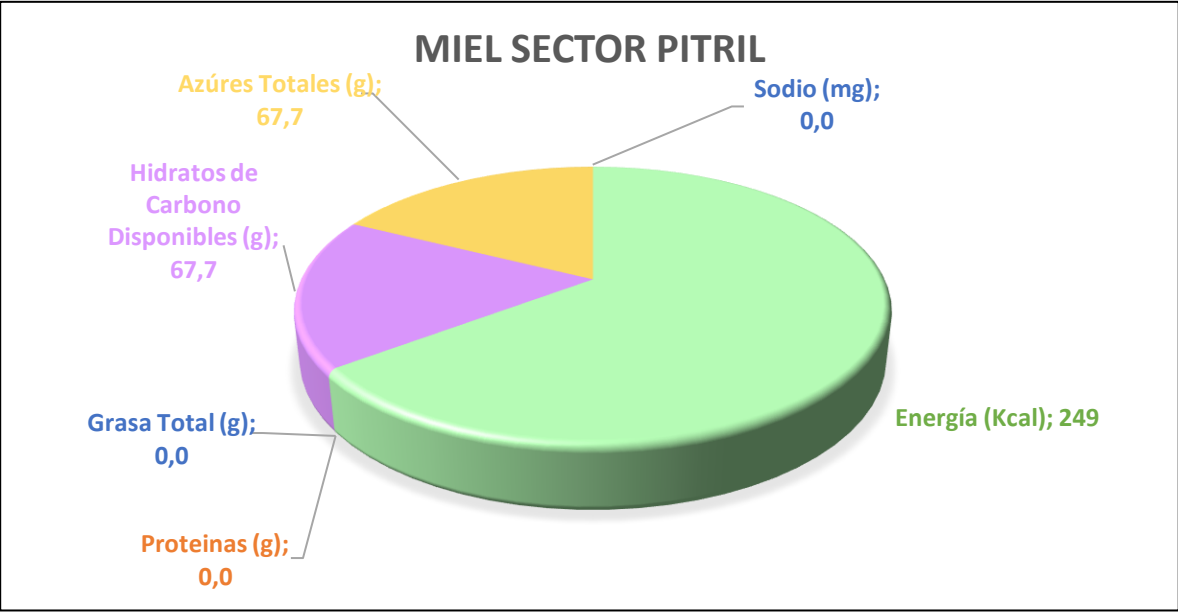
En términos de composición, la miel se distingue por ser extraordinariamente rica en carbohidratos y azúcares en comparación con el polen corbicular. Este hallazgo resalta las diferencias fundamentales en la composición nutricional de ambos productos apícolas.



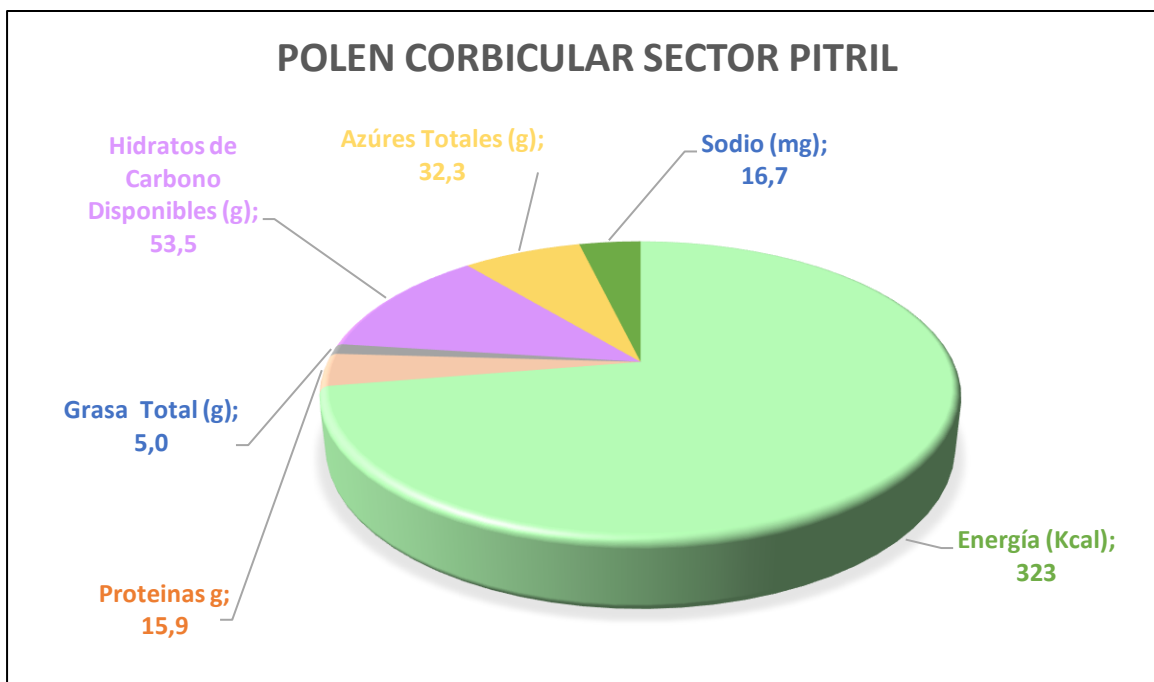
**Figura 21.** Análisis nutricional para miel del predio Corderito, cosecha 2023, realizado por el CDTA., U. de Concepción.



**Figura 22.** Análisis nutricional para polen corbicular del predio Corderito, recolectado en temporada de floración del quillay en 2023, realizado por el CDTA., U. de Concepción.



**Figura 23.** Análisis nutricional para miel de Pitril, comuna de Alto Biobío, cosecha 2023, realizado por el CDTA., U. de Concepción.



**Figura 24.** Análisis nutricional para polen corbicular de Pitril, comuna de Alto Biobío, recolectado en temporada de floración de guindo santo en 2023, realizado por el CDTA., U. de Concepción.

En el **Anexo 3**, 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, de ambos ecosistemas en estudio.

## VII DISCUSIÓN

### Separación por color de los cúmulos corbiculares

En referencia a los resultados del color del polen corbicular obtenido del predio Corderito en Yumbel, la gama de colores amarillos y marrón se corresponde principalmente con la presencia de *Galega officinalis*. En el caso de cúmulos corbiculares que presentaron una variación en la gama de estos colores, con mayor y menor intensidad en el tono, se debió a la presencia de *Luma chequen* y *Artemisia* sp., respectivamente; las tonalidades de grises verdosos aparecen asociadas a la presencia de *Rubus ulmifolius*.

La determinación de colores en el sector de Pitril, en Alto Biobío, asocia los cúmulos corbiculares de color amarillo y amarillo claro a una alta presencia de las especies de polen tipo Apiaceae e *Hydrangea serratifolia* y *Tristerix corymbosus* y *Gevuina avellana*, respectivamente; en el caso de las tonalidades anaranjadas y marrón, éstas se deben a la presencia conjunta de *Taraxacum officinale*, *Eucryphia glutinosa* y *Mentha pulegium*. Por otro lado, la tonalidad más oscura de marrón se debe exclusivamente a la presencia de la especie *Echium vulgare*.

El color del polen corbicular está determinado por la presencia de pigmentos como flavonoides y/o carotenoides; los flavonoides determinan la gama de color rojo, rosado, púrpura y azul y los carotenoides desde las tonalidades de amarillo pálido hasta el rojo oscuro (Contreras Villar 2004; Saavedra et al. 2013).

La separación de los cúmulos corbiculares y la gran variedad de tonalidades para una misma especie se debe a que una misma especie puede presentar más de dos colores diferentes (Vit & Santiago 2008), o que diferentes especies puedan presentar el mismo color de polen (Kirk 1994).

En los Anexos 1 y 2, se pueden apreciar las variaciones en la composición de colores del polen corbicular y de las especies botánicas que predominan en estos cúmulos recolectados por *Apis mellifera* en el predio Corderito y del sector de Pitril separados en el laboratorio, utilizando para ello el criterio de la paleta PANTONE.

Se llevaron a cabo dos recolecciones en el predio Corderito, programadas para los días el 13 y 24 de enero de 2023 (primera y segunda cosecha respectivamente).

Durante la primera y segunda cosecha de polen corbicular en el predio Corderito, *G. officinalis* fue la especie con mayor representatividad, lo cual coincide con su calendario de floración para la región del Biobío, el cual inicia en noviembre de manera paulatina y de manera continuada hasta febrero o marzo (Rodríguez et al. 2018). También, durante ambas cosechas se pudo encontrar *L. chequen*, lo que se condice con la literatura para su rango de floración en Biobío, el cual ocurre desde la primavera hasta fines del verano (Riedemann et al. 2014). Lo mismo ocurre con *R. ulmifolius* que florece durante el rango primavera-verano (Mondragón et al. 2019). Por otro lado, solo durante la primera cosecha se encontró polen de *Artemisia*, teniendo ésta una floración que abarca todo el verano (Mondragón et al. 2019). Esto se debería a que las abejas melíferas tienden a ser flexibles en su comportamiento de pecoreo y pueden cambiar de una especie a otra dependiendo de la abundancia de éstas en cuanto a polen y néctar, o si hay una mayor concentración de flores de una especie en particular, de mayor preferencia por parte de *A. mellifera*, en un área determinada (Lorente-Adame 1992), como podría haber sido el aumento floral de *L. chequen* y *R. ulmifolius* en la temporada de colecta, especies que como señala la literatura, son de alta preferencia por la abeja melífera (Montenegro et al. 2008), al igual que con respecto a *G. officinalis* (Böke-Soza 2013; Navarrete et al. 2016).

En el sector de Pitril, se llevó a cabo un análisis detallado durante cinco cosechas de polen corbicular, programadas para los días 6, 16, 29 de enero, 18 de febrero y 24 de marzo de 2023 (primera, segunda, tercera, cuarta y quinta cosecha respectivamente), revelando patrones significativos en la composición floral. En cada una de estas cosechas, la especie predominante, identificada como polen tipo Apiaceae, fue consistentemente la más representativa. Este hallazgo concuerda con el calendario de floración de las umbelíferas para la región del Biobío, que se inicia en la temporada de calor, a fines de primavera y durante el verano, según lo documentado por Quintano-Sánchez en 2010.

A lo largo de las cinco cosechas, se observó también la presencia constante de *T. officinale*, coincidiendo con su patrón de floración para el período primavera-otoño, según información de CHILEFLORA en 2013 y Manzur-Rojas en 2014. La persistencia de esta especie prácticamente a lo largo del año sugiere su importancia continua en la dieta de las abejas en el sector.

En las primeras cuatro fechas de recolección, se detectó la presencia de *E. vulgare*, cuya floración ocurre durante la época estival (WFO 2024). Además, la especie *H. serratifolia* se encontró en los cúmulos corbiculares durante la segunda y tercera cosecha, iniciando esta especie su floración a principios del verano y concluyéndola junto con éste (Molina-Brand et al. 2016).

Un aspecto interesante a la composición floral del sector se evidenció con el polen de *E. glutinosa* presente durante la tercera, cuarta y quinta cosecha de polen corbicular. Esta especie, conocida por florecer desde principios de enero hasta marzo (Molina-Brand et al- 2016), aportó polen corbicular, para la época de este estudio, que indica una floración tardía, lo que condice con lo observado por los apicultores del sector para la temporada 2023. La presencia de *M. pulegium* solo se registra durante la tercera cosecha, con una floración tardía y para el verano de 2023 (MINSAL 2018).

Se identificó *G. avellana* solo en la cuarta cosecha, siendo que esta especie tiende a florecer desde enero hasta marzo (Molina-Brand et al. 2016). En la quinta cosecha, se identificó polen de *T. corymbosus*, cuya floración se extiende de marzo hasta abril (Díaz et al. 2020). Estos hallazgos respaldan la capacidad de las abejas para adaptarse a la disponibilidad de recursos florales a lo largo del tiempo (Rodríguez-Sandoval et al. 2022).

La adaptabilidad de las abejas a la disponibilidad estacional de flores es esencial para su supervivencia (Rodríguez-Sandoval et al. 2022). Estos insectos demuestran flexibilidad en la elección de alimentos, ajustando sus preferencias florales según la disponibilidad de los recursos (Navarrete et al. 2016). Su capacidad de aprender y recordar características específicas de las flores, así como la comunicación eficiente dentro de la colmena, facilita la optimización en la recolección de néctar y polen

(Ramírez-Arriaga et al. 2016). Esta adaptación contribuye a la diversificación de recursos florales a lo largo del año, enriqueciendo la dieta de las abejas y afectando la composición de la miel y polen corbicular (Ramírez-Arriaga et al. 2011). En entornos cambiantes, como aquellos afectados por cambios climáticos (ODEPA 2015), esta capacidad de adaptación se vuelve aún más crucial para garantizar la continuidad del ciclo de recolección y producción de los productos de la colmena (Garry et al. 2017). Los resultados de la determinación floral en el componente polínico de los cúmulos corbiculares analizados en esta investigación, para ambos ecosistemas, así lo demuestran.

### **Análisis melisopalinológico y palinológico:**

Los análisis melisopalinológico y palinológico (Tabla 1, página 39) para el predio Corderito indican la producción de una miel monofloral de *Q. saponaria* y un polen corbicular monofloral no nativo de *G. officinalis*. El Quillay resulta ser el componente principal de la miel, con un porcentaje de presencia polínica, para la temporada, del 47,7% lo que indica que en la miel este taxón es el dominante de acuerdo con la Norma Chilena Oficial Nch2981. *Q. saponaria* es conocida por su aptitud melífera y por su alto valor botánico al ser una especie endémica de Chile (Molina et al. 2016). A su vez, y a pesar de que la presencia de *G. officinalis* se encuentra tanto en la miel, en un 17,8%, como en el polen corbicular, en un 80,2%, la presencia de este grano como componente del polen corbicular es mayoritaria, lo que sugiere que las abejas han estado recolectando el polen de esta especie, en específico, de manera preferente para alimentar a las crías, lo que se condice con lo citado por Duttman et al. (2018).

La presencia de *Q. saponaria* se registra en la elaboración de miel, pero en el análisis palinológico para el polen corbicular existe ausencia de esta especie, no obstante se describe en la literatura, tanto para la composición de la miel como en el registro de polen corbicular (Montenegro et al. 2013; Navarrete et al. 2016). La ausencia de quillay en el polen corbicular podría deberse a la disponibilidad de otras fuentes de polen más atractivas nutricionalmente para las abejas, como alimento

para la colonia (Ellis et al. 2023) como, por ejemplo, *G. officinalis*, la cual es una especie introducida que presenta un alto contenido de proteína en el polen corbicular (Varela et al. 1991). El polen corbicular, en comparación a la miel, que es una fuente rica en carbohidratos y azúcares (Insuasty-Santacruz et al. 2016), es una fuente esencial de proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, los cuales son necesarios para el desarrollo y la salud del estado larvario en la colmena (ODEPA 2014).

*Galega officinalis* pertenece a la familia Fabaceae, esta familia está compuesta por especies florales atractivas para las abejas (Hidalgo et al. 1990). Las flores de la familia Fabaceae, también conocidas como leguminosas, tienen un alto contenido de proteínas en su polen (Saavedra et al. 2013), por lo que es probable que para el ecosistema del predio Corderito, *G. officinalis* sea la fuente de proteínas más importante para las abejas melíferas, seguida bastante más de lejos por *L. chequen*, *Rubus ulmifolius* y *Artemisia* sp.

El análisis melisopalínológico y palínológico (Tabla 3, página 48) realizado en el sector de Pitiril revela que la miel estudiada es de carácter monofloral, con predominancia de la especie *Eucryphia glutinosa* (guindo santo), y el polen corbicular presenta una diversidad floral, lo que indica una contribución multifloral a la composición general del polen apícola.

Guindo santo se destaca como el componente principal de la miel, representado por un 49,0% de presencia, de esta manera este taxón es el dominante, según los parámetros establecidos por la Norma Chilena Oficial Nch2981. En consecuencia, la miel puede ser clasificada como monofloral.

Los análisis del presente estudio también revelan, para el sector de Pitiril, la presencia de *E. glutinosa*, tanto en la elaboración de la miel como en el polen corbicular, en este último componente con poco menos del 10% de presencia. Este hallazgo es particularmente interesante, ya que, según la literatura consultada (Montenegro, 2022), se había documentado la participación de *E. glutinosa* en la composición de la miel, pero no se había registrado previamente en el polen corbicular.

Es importante destacar aquellas especies florales presentes en las muestras con registros por sobre el 10%, ya que estas son consideradas como recursos visitados con mayor intensidad por *A. mellifera* (Ramírez-Arriaga et al. 2016). Para el predio Corderito, en la miel resultan destacables entonces, *Q. saponaria* (47,7%) y *G. officinalis* (17,8%) y en el polen corbicular *G. officinalis* (80,2%) y *L. chequen* (15,4%). Para el sector de Pitril los recursos visitados intensamente corresponden en miel a *E. glutinosa* (49,0%), *H. serratifolia* (13,9%) y *Castanea sativa* (10,1%). En polen corbicular, a *T. officinale* (31,3%), polen tipo Apiaceae (14,4), *M. pulegium* (14,0%), *H. serratifolia* (12,7%) y *T. corymbosus* (10,1%). Por su parte, las muestras con registros polínicos inferiores al 10% de presencia son considerados recursos florales alternativos por donde se desplazó *A. mellifera* producto de su comportamiento poliléctico, y que se utilizan tanto para la recolección de néctar para elaboración de miel como para la recolección de polen para nutrición de la colmena (Ramalho et al. 1985; Ramírez-Arriaga et al. 2011, 2016).

### **Índice de Diversidad de Shannon (H´):**

Respecto a la uniformidad de pecoreo o de recolección de los recursos florales utilizados por *A. mellifera* destinados a distintas funciones en la colmena, el índice de Shannon H´ utilizado (Tablas 2 y 4, páginas 40 y 49 respectivamente) indica la diversidad floral tanto en miel como en polen apícola para ambos sectores.

Para las mieles del predio Corderito y del sector de Pitril el valor de H´ es de 1,8, siendo este valor, de acuerdo con lo mencionado por Pérez-Sato et al. 2018, un valor aceptable para mieles que no son de zonas tropicales. Esto indica una diversidad baja en las fuentes de néctar utilizadas por las abejas como lo indica Reyes y colaboradores en 2022. En donde el valor de H´ de 2 a 3 es un valor normal, un valor inferior a 2 es una diversidad baja y superior a 3 una diversidad alta. Este valor de diversidad, a pesar de ser considerado no tan diverso como otras mieles, sigue siendo beneficioso, no solo para la nutrición de las abejas, sino también para la calidad de la miel producida (Ramírez-Arriaga et al. 2016). En cambio, el índice de Shannon del polen corbicular para el predio Corderito es de 0,7, lo que indica

una diversidad menor en comparación con la miel producida en este sector. Este valor indica que ciertas especies florales son más dominantes en la composición del polen corbicular (Mendoza 2012). Esta selectividad estaría relacionada con las preferencias específicas de las abejas al recolectar polen de especies particulares durante su floración y para un distinto destino de funcionalidad (Navarrete et al. 2016). La diferencia en los valores de  $H'$  entre la miel y el polen corbicular del predio Corderito estaría apoyando lo de las diferentes estrategias de forrajeo utilizadas por las abejas (Bettler et al. 2020) en función de los aportes nutricionales necesarios para salud y alimentación (Juantok & Suárez 2020).

Por su parte, el índice de diversidad para el polen corbicular del sector Pitril fue de 1,9 en comparación con la miel del sector, cuyo índice de diversidad fue de 1,8. La cercanía en los valores de diversidad de Shannon entre la miel y el polen corbicular sugiere que ambos componentes, aunque distintos en su naturaleza y cantidad de taxones florales, exhiben niveles similares de complejidad y diversidad en cuanto a las fuentes florales que las componen, lo que se condice con lo citado por Mendoza (2012).

### **Comparación de metodologías para identificación de taxones de polen corbicular:**

Los resultados obtenidos de la separación por color de los cúmulos corbiculares revelaron la identificación de cuatro especies florales principales: *G. officinalis*, *L. chequen*, *R. ulmifolius* y *Artemisia sp.* Sin embargo, el análisis palinológico complementario de la composición polínica de este polen corbicular, durante la floración de *Q. saponaria* en el predio Corderito, reveló un hallazgo significativo. En contraste con las cuatro especies previamente identificadas, se observó la presencia de una quinta especie floral, *Mentha pulegium*. Esta nueva especie identificada en el análisis polínico y ausente en la separación de cúmulos, por color, se puede deber a que la técnica utilizada al momento de separar por color los cúmulos corbiculares de manera visual no resulta ser la más adecuada para identificar todas las especies florales que *A. mellifera* recolectó en sus corbículas y transportó al apiario. En cambio, el tomar una muestra representativa de estos

cúmulos corbiculares para un posterior proceso de acetólisis, determinación específica y conteo en el microscopio, como se propone en la presente investigación, resulta ser más precisa al momento de identificar los granos de polen presentes en los cúmulos corbiculares.

## **Análisis Nutricionales:**

### **1. Kilocalorías/Kcal**

Los resultados nutricionales de la miel y polen corbicular en estudio (Figuras 21 y 22, páginas 53 y 54 respectivamente). Señalan una energía en kilocalorías de 243 para miel y de 314,2 para polen corbicular en el predio Corderito. Para el sector de Pitiril la energía en kilocalorías para miel fue de 249 y de 323 para polen corbicular.

Según lo indicado por García-Chaviano et al. (2022), el contenido de Kcal determinado en las mieles estudiadas se encuentra por debajo del rango que es de 294 a 320 Kcal/100 g de miel. En cambio, para las muestras de polen corbicular el valor se encuentra por sobre el valor establecido por cada 100 g, siendo esta por sobre las 300 Kcal (Fuenmayor 2009).

Las kilocalorías presentes en la miel y en el polen corbicular desempeñan roles fundamentales en el funcionamiento de la colmena (Aylanc et al. 2023). Especialmente durante los periodos en los que la disponibilidad de alimentos es escasa, como en el invierno (Calovi et al. 2021). El valor energético de la muestra de miel se ha atribuido principalmente a su mayor contenido de azúcar que es fácilmente digerible (James et al. 2009). Las enzimas de la miel convierten los polisacáridos en monosacáridos y disacáridos, que sirven como fuentes de energía esenciales para las abejas (Sommano et al. 2020). El polen apícola es una fuente de energía, pero para el estado larvario de la colmena. La calidad de la dieta de polen es la responsable del funcionamiento del metabolismo fisiológico de estas (Sommano et al. 2020).

## **2. Hidratos de Carbono**

Los niveles de hidratos de carbono en la miel del predio Corderito alcanzaron el 65,9 g por cada 100 g, mientras que en el polen corbicular se situaron en 51,3 g por cada 100 g. Por otro lado, en el sector de Pitril, la miel exhibió un contenido de hidratos de carbono del 67,7 g por cada 100 g, mientras que el polen corbicular mostró un valor similar de 53,5 g por cada 100 g.

En relación con la composición de los hidratos de carbono en la miel, es fundamental destacar que estos están principalmente compuestos por fructosa, glucosa, sacarosa y maltosa, según lo señalado por Hernández-Medina en 2018. Estos azúcares desempeñan un papel crucial al conferirle a la miel su característico poder endulzante, como lo destaca la investigación de García-Chaviano y colaboradores en 2022.

En cuanto a los hidratos de carbono presentes en el polen corbicular, constituyen la fracción mayoritaria en este componente. Dicha fracción agrupa almidones, celulosa, pectina, entre otros componentes, según lo indicado por Muniategui-Lorenzo en 1989. Es importante señalar que los niveles de estos hidratos de carbono pueden variar dependiendo de las especies recolectadas y las condiciones de almacenamiento, como se evidencia en la investigación de Stanley y Linskens en 1974.

## **3. Grasa total**

En el predio Corderito, la miel presenta un contenido de grasa total de 0,0 g por cada 100 g, lo que es consistente con la composición típica de la miel, caracterizada por su predominancia de azúcares, según lo indicado por la Fundación Española de la Nutrición FEN (Corral 2021). Por otro lado, el polen corbicular del mismo predio muestra un contenido de grasa de 3,23 g por cada 100 g.

Esta discrepancia sugiere una variabilidad significativa en la composición nutricional entre la miel y el polen corbicular en el predio Corderito. Al igual que en el caso del sector de Pitril, la ausencia de grasa en la miel resalta su función principal como fuente de energía, mientras que la presencia de grasa en el polen corbicular señala

una contribución nutricional adicional, vinculada a las necesidades de las larvas y la colonia (Lobos et al. 2021).

#### **4. Proteínas**

En el análisis comparativo entre las muestras de polen corbicular y miel para los sectores en estudio, de Pitril y Corderito, se destaca una marcada disparidad en el contenido de proteínas. Mientras que el polen corbicular revela consistentemente un contenido de proteínas superior a la cantidad total de proteínas encontradas en la miel, alcanzando un promedio de 20 g/100 g en el predio Corderito y 15,9 g/100 g en el sector Pitril, mientras que las mieles de ambos sectores presentan un contenido nulo, registrando 0,0 g/100 g.

Esta diferencia en los niveles de proteínas entre el polen y la miel puede atribuirse a la dinámica inherente de la recolección y procesamiento por parte de las abejas. La miel actúa como un reflejo directo del contenido polínico, evidenciando la riqueza y diversidad de tipos polínicos presentes en la zona de recolección. Estudios previos (Crane 1975; García-Chaviano et al. 2022) indican que la miel puede contener proteínas en un rango que va desde 0,0 hasta 0,85 g/100 g, lo cual es aceptable para las mieles de los sectores en estudio. En cambio, el contenido de proteína total que debe presentar el polen corbicular, no debe ser menor a 15 g/100 g (Vit & Santiago 2008). Siendo estos 20 g y 15,9 g/100 g en el polen corbicular de ambos sectores aceptable y por sobre el rango establecido. El polen apícola es más rico en proteínas que la mayoría de los alimentos de origen vegetal usados comúnmente como fuente de estas, entre estos la miel (Fuenmayor 2009).

En contraste, el contenido de proteínas en el polen corbicular se revela más directamente vinculado a las especies florales presentes en ambos sectores. La dependencia de las plantas en su producción de polen crea una relación estrecha con las abejas, incentivando la generación de polen de mayor calidad, con un contenido proteico sustancial. La variabilidad en la cantidad relativa de proteínas en el polen corbicular puede atribuirse no solo a la naturaleza del polen dominante, sino también a la presencia de especies en proporciones menores (Rodríguez-

Castiñeira et al. 2015) y a la dependencia específica de las especies melíferas productoras de néctar.

Dado que el apiario situado en el predio Corderito, en la Comuna de Yumbel dentro del Secano Interior, se encuentra inmerso en una plantación artificial de *Q. saponaria*, enfrenta severos desafíos relacionados con la limitada disponibilidad de recursos melíferos para las abejas, además de la disponibilidad de agua. El secano interior se caracteriza por exhibir un clima mediterráneo seco, destacándose por veranos secos y cálidos, así como inviernos frescos y relativamente más húmedos en comparación con los meses estivales.

En este contexto, la plantación de *Q. saponaria* en Corderito puede tener implicaciones específicas para la actividad apícola. La baja disponibilidad de recursos melíferos y disponibilidad hídrica pueden afectar la producción de miel y otros productos apícolas. Dado que el quillay es conocido por su resistencia a condiciones climáticas adversas, incluida la sequedad del secano interior, su predominancia en la plantación podría contribuir a la escasez de néctar y un aumento en el contenido polen (Sodenski & Domínguez et al. 2018). La estacionalidad del clima mediterráneo seco, con veranos particularmente áridos, puede acentuar aún más los desafíos para el apiario en este ecosistema. Durante los veranos secos y cálidos, la escasez de lluvias puede disminuir la floración de otras especies vegetales, limitando así las fuentes naturales de alimento para las abejas.

En el caso de Pitril, se observa una situación similar a la descrita en Corderito. El polen corbicular exhibe un contenido de proteínas más elevado, mientras que las mieles muestran un contenido prácticamente nulo. Esta discrepancia refleja la dinámica intrínseca de recolección y procesamiento de las abejas, donde la miel actúa como un reflejo directo de la diversidad polínica presente en la región.

Aunque Pitril, al estar ubicado en la precordillera andina y presentar una variabilidad de especies florales mayor en comparación con Corderito, el cambio climático, la disminución en las lluvias y el verano caluroso siguen influyendo en la disponibilidad de los recursos melíferos nativos, en algunos casos endémicos como *E. glutinosa*,

*L. apiculata* y *G. avellana*, agregando un elemento particular a la dinámica apícola del sector.

### **5. Azúcares totales**

Los resultados de azúcares totales para el predio Corderito revelaron un contenido del 65,9 g por cada 100 g en la miel y un 23,7 g por cada 100 g en el polen corbicular. En cuanto al sector de Pitril, la miel presentó un porcentaje de azúcar total de 67,7 g/100 g, mientras que el polen corbicular mostró un 32,3 g/100 g.

Los resultados revelan que los niveles de azúcar totales en las mieles analizadas se encuentran en un rango equilibrado, fluctuando entre 60 y 77 g/100 g. Estos valores están dentro de los límites aceptables en términos de la cantidad de azúcares consumibles, según los estándares señalados por Lobos et al. en 2021. En contraste, las muestras de polen presentan niveles de azúcares totales que deben oscilar entre 14,5 a 55 g de azúcares por cada 100 g de polen, con un rango medio aceptable alrededor de 23,7 g/100 g y 32,3 g/100 g en el polen de ambos sectores, según las observaciones de Vit et al. en 2008.

Los niveles de azúcares en el polen son significativamente más bajos en comparación con la miel (Zandamela 2008). Debido a que la miel está compuesta por azúcares como glucosa y fructosa (Castillo-Martínez et al. en 2023), en cambio el polen contiene una proporción menor de estos carbohidratos (Munitaegui-Lorenzo et al. 1993).

### **6. Sodio**

Los niveles de sodio detectados en las mieles de ambos sectores fueron registrados como 0,0 mg/100 g. Este hallazgo se explica por el hecho de que, aunque la miel contiene trazas de sodio, estas cantidades son mínimas, generalmente en el rango de 16 a 170 ppm, según la descripción de la FAO. La ausencia de sodio en las mieles de ambos sectores puede atribuirse a la baja concentración de este mineral en las fuentes de néctar.

Este fenómeno puede atribuirse a diversos factores, entre ellos la densidad floral, la composición del néctar y polen, así como la flora circundante al apiario. Como señala Gamboa (2014), la ausencia de sodio en las mieles indica que la flora local no está transportando cantidades significativas de este mineral durante el proceso de elaboración del néctar. Por ende, se infiere que el sodio no está siendo transferido a las colmenas durante la producción de miel.

Contrastantemente, se observa que el sodio está presente en las cargas de polen corbicular, registrando un valor de 21,8 g/100g y 16,7 mg/100 g para ambos sectores. Este hallazgo sugiere que, aunque las mieles se producen sin la significativa presencia de sodio, las abejas están introduciendo activamente este mineral en las colmenas a través de las cargas de polen corbicular. Esta divergencia en la presencia de sodio entre la miel y el polen corbicular resalta la complejidad de las interacciones entre las abejas y su entorno floral, y cómo estas influencias se reflejan en los productos apícolas recolectados.

## VIII. CONCLUSIONES

- En el Predio Corderito, la diversidad de colores en los cúmulos corbiculares reflejan una predominancia de polen de las especies *Galega officinalis*, *Luma chequen*, *Rubus ulmifolius* y *Artemisia* sp.
- En el Sector de Pitril, la diversidad de colores en los cúmulos corbiculares refleja una predominancia del polen de las especies tipo Apiaceae y de *Taraxacum officinale*.
- La variabilidad polínica específica presente en las cosechas de ambos sectores en estudio demuestra la capacidad de las abejas melíferas para adaptarse a los cambios estacionales y optimizar así, la recolección de recursos florales.
- En el Predio Corderito, la miel es monofloral de *Quillaja saponaria*, mientras que el polen corbicular es monofloral no nativo de *Galega officinalis*.
- En el Sector de Pitril, la miel es monofloral de *Eucryphia glutinosa*, y el polen corbicular es multifloral mixto.
- El índice de diversidad de Shannon indica, tanto para la producción de miel como para la carga de polen corbicular del Predio Corderito, una diversidad baja para ambos productos de la colmena.
- El índice de diversidad de Shannon indica, tanto para la producción de miel como para la carga de polen corbicular del ecosistema de Pitril, niveles similares de diversidad.
- La separación por color de los cúmulos corbiculares resulta no ser precisa para identificar todas las especies florales que componen los cúmulos. El análisis palinológico, con utilización de mezcla acetolítica, es más preciso y permite la determinación más precisa de taxones.
- Los análisis nutricionales revelan que tanto la miel como el polen corbicular de los sectores de Corderito y Pitril proporcionan una amplia gama de nutrientes esenciales para la salud y nutrición de las colmenas. La miel se presenta como fuente principal de energía, mientras que el polen corbicular es rico en proteínas y grasas.

- Finalmente, se acepta la hipótesis de trabajo puesto que las mieles producidas en los ecosistemas de Corderito (comuna de Yumbel) y de Pitril (comuna de Alto Biobío), para la temporada estival de 2023, resultaron ser monoflorales de *Quillaja saponaria* y *Eucryphia glutinosa*, respectivamente; mientras que el contenido polínico de los cúmulos corbiculares, recolectados en ambos ecosistemas y para la misma temporada estival de 2023, revelaron una composición floral diferente a la contenida en la producción de miel.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Aloisi PV, Ruppel S (2014) Propiedades bioactiva y nutricionales del polen apícola de la provincia del Chubut, Argentina. Revista de investigaciones agropecuarias, 40(3), 296-302.
- APIMONDIA (2023) Apicultura en Chile. 48° Congreso Internacional de Apicultura.
- Araujo-Mondragón F, & Redonda-Martínez R (2019) Flora melífera de la región centro-este del municipio de Pátzcuaro, Michoacán, México. Acta botánica mexicana, (126), e1444. Epub 17 de febrero de 2020. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1444>
- Aylanc V, Falcão & Vilas-Boas M (2023) Bee pollen and bee bread nutritional potencial: Chemical composition and macronutrient digestibility under *in vitro* gastrointestinal system. Food Chemistry. Vol 413. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135597>
- Baena-Díaz F, Chévez E, Ruiz de la Merced F, Porter-Bolland L (2020) *Apis mellifera* en México: producción de miel, flora melífera y aspectos de polinización. Revisión. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 13(2), 525-548. Epub 20 de junio de 2022. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5960>
- Bardales JL, Bardales JE (2021) Análisis palinológico a nivel de polen corbicular y superficie pilosa de *Melipone ebúrnea* y *Melipone Illota* (Apidae: Meliponini). 47 (2): 198-208.
- Belmonte J, Roure JM (2002) Introducción. Palinosis. Polen y Alergias. Universidad Autónoma de Barcelona. 1. Ed. Barcelona (Es). Pp. 7-16.
- Blettler D.C, Chémez D.M, Soñez PL, Gallo MA, Fagúndez GA (2020) Forrajeo de abejas sobre cultivos de soja, una aproximación mediante análisis de cargas corbiculares en *Apis mellifera*. Idesia (Arica), 38(4), 89-97. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000400089>
- Cabello-Cívico J R (2022) Factores de influencia en la calidad microbiológica del polen apícola. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba. Disponible en: <https://helvia.uco.es/handle/10396/23696>

- Calovi M, Grozinger CM, Miller DA & Goslee SC (2021) Summer weather conditions influence winter survival of honey bees (*Apis mellifera*) in the northeastern United States. DOI: 10.1038/s41598-021-81051-8
- Campos M, Anjos, O, Chica M, Campoy P, Nozkova J, Almaraz-Abarca N, Barreto L. M. R. C, Nordi J, Estevinho L, Pascoal A, Branco V, Chopina A, Días L, Tešić Ž, Mosić M, Kostić A, Pešić M, Milojković-Opsenica D, Sickel W, Ankenbrand M, Grimmer G, Steffan-Dewenter I, Keller A, Förster F, Tananaki C, Liolios V, Kanelis D, Rodopoulou M. A, Thrasyvoulou A, Paulo L, Kast C, Lucchetti M, Glauser G, Lokutova O, Almeida-Muradian L, Szczęśna T, Carreck N (2021) Standard methods for pollen research. *Journal of Apicultural Research*. 60 (4): 1-109. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1948240>
- Castillo Martínez T, García-Osorio C, García-Muñiz JG, Aguilar-Ávila J & Ramírez-Valverde R (2022) Azúcares y °Brix en miel de *Apis mellifera*, *Melipona beecheii* y miel comercial del mercado local en México. *Veterinaria México OA*, 9, e950. Epub 16 de mayo de 2023. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2022.950>
- CHILEFLORA (2006) Descripción e imágenes de *Taraxacum officinale* (Diente de león, Lechuguilla), una planta chilena nativa, suministrado por el proveedor de las semillas chilenas nativas, Chileflora.com
- Cobo O (2019) Alimentación de las abejas. Ministerio de Agricultura, España. Disponible en: ALIMENTACIONDE-LAS-ABEJAS.pdf (miabeja.com)
- Contreras Villar O (2004) Relación entre el Contenido de Caroteno, Color y Características Botánicas del Polen Corbicular. Tesis de Pregrado, Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fac764r/sources/fac764r.pdf>
- Corral M (2021) Miel: las propiedades (y los mitos) de la reina de los superalimentos. Disponible en: Miel: las propiedades (y los mitos) de "la reina de los superalimentos" (elespanol.com).

- Crane E (1975) Honey: a comprehensive survey. Russak & Co. Inc, New York.
- Cué-Hernández K, Gil-Muñoz A, Aguirre-Jaimes A, López P, Taboada-Gaytán O (2022) Visitantes florales en el cultivo *Phaseolus coccineus* (Fabaceae) en el altiplano de Puebla, México: importancia del manejo agrícola y color de las flores. Acta botánica mexicana, (129), e2054. Epub 31 de octubre de 2022. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.2054>
- Díaz V, Callejas R & Kania E (2020) Evaluación a nivel de campo de la presencia de quintral (*Tristerix corymbosus* (L.) Kuijt) en olivo.
- Duttmann C, Demedio-Lorenzo J & Verde-Jiménez M (2018) La Apicultura y Factores que Influyen en Producción, Calidad, Inocuidad y Comercio de la Miel. Disponible en: [guía de apicultura.pdf](#) | Carlos Amilcar Bermeo Davila - Academia.edu
- Ellis A, Ellis JD, O'Malley MK & Zettel-Nalen CM (2023) The benefits of pollen to honey bees. IFAS Extension University of Florida.
- Erdtman, G (1969) Handbook of Palynology: An introduction to the study of pollen grains and spores, Muskgard, Copenhagen.
- Estrada H, Gamboa M, Chaves C & Arias ML (2005) Evaluación de la actividad antimicrobiana de la miel de abeja contra *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes* y *Aspergillus niger*. Evaluación de su carga microbiológica. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 55(2), 167-171. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222005000200010&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000200010&lng=es&tlng=es).
- FAOSTAT (2018) Production. Live Animals.
- Fernández P (2003) La recolección de néctar en la abeja *Apis mellífera*: actividad recolectora y mecanismos de reclutamiento. Tesis de Pregrado, Universidad de Buenos Aires. Disponible en: [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n3585\\_Fernandez.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3585_Fernandez.pdf)

- Flores-Prado L (2012) Evolución de la sociabilidad en Hymenoptera: Rasgos conductuales vinculados a niveles sociales y precursores de sociabilidad en especies solitarias. *Revista chilena de historia natural*, 85(3), 245-266. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2012000300001>
- Fuenmayor CA (2009) Aplicación de bioprocesos en polen de abejas para el desarrollo de un suplemento nutricional proteico. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11128>
- Gamboa MV (2014) Estudio e identificación de características de composición y bioactividad propias de miel de mielato de *Apis mellifera*. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54730>
- García-Chaviano ME, Armentero-Rodríguez E, Escobar-Álvarez M, García-Chaviano JA, Méndez-Martínez J & Ramos- Castro G (2022) Composición química de la miel de abeja y su relación con los beneficios a la salud. *Revista Médica Electrónica*, 44(1), 155-167. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S16841824202200010155&lng=es&tlng=](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S16841824202200010155&lng=es&tlng=)
- García MS (2021) Caracterización y clasificación de polen apícola argentino según el origen botánico y composición química. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur. Disponible en: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5665>
- Garry S, Parada-Gómez AM & Salido-Marcos J (2017) Incorporación de mayor valor en la cadena de la miel y productos derivados de la colmena en el Pacífico Central, Costa Rica.
- Granados-Argüello RI, Villanueva-Gutiérrez R, Martínez-Hernández E, García-Mayoral LE, González de la Torre J.E (2020) Análisis melisopalínológico de mieles de *Apis mellifera* L. En la zona centro Veracruz México. *Polibotánica*, (50), 147-163. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.11>

- Gómez I, Rubio M (2016) El polen apícola como herramienta en el declive de las abejas. Tesis de Pregrado, Universidad Complutense. Disponible en: <https://docta.ucm.es/entities/publication/37b28801-377b-4548-ad5f-746f512e5a78>
- Guzmán-Novoa E, Correa A, Espinosa L, Guzmán G (2011) Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Veterinaria México*, 42(2), 149-178.
- Hammer Ø, Harper DAT y Ryan PD (2001) "PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis." *Palaeontologia Electronica* 4, no. 1: 9. Disponible en: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).
- Hernández-Medina ME (2018) Reservas energéticas (carbohidratos, lípidos y proteínas) de abejas (*Apis mellifera* L.) a lo largo de un gradiente de urbanización en Pachuca, Hidalgo. Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Maria-Eyenith-Hernandez-Medina/publication/362338351\\_Reservas\\_energeticas\\_carbohidratos\\_lipidos\\_y\\_proteinas\\_de\\_abejas\\_Apis\\_Mellifera\\_L\\_a\\_lo\\_largo\\_de\\_un\\_gradiente\\_de\\_urbanizacion\\_en\\_Pachuca\\_Hidalgo/links/6417b299315dfb4cce935ba9/Reservas-energeticas-carbohidratos-lipidos-y-proteinas-de-abejas-Apis-Mellifera-L-a-lo-largo-de-un-gradiente-de-urbanizacion-en-Pachuca-Hidalgo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria-Eyenith-Hernandez-Medina/publication/362338351_Reservas_energeticas_carbohidratos_lipidos_y_proteinas_de_abejas_Apis_Mellifera_L_a_lo_largo_de_un_gradiente_de_urbanizacion_en_Pachuca_Hidalgo/links/6417b299315dfb4cce935ba9/Reservas-energeticas-carbohidratos-lipidos-y-proteinas-de-abejas-Apis-Mellifera-L-a-lo-largo-de-un-gradiente-de-urbanizacion-en-Pachuca-Hidalgo.pdf)
- Hidalgo MI, Bootello ML & Pacheco J (1990) Origen Floral de Las CARGAS DE Polen Recogidas por *Apis mellifera* L. en Alora (Malaga, España). *Acta Botánica Malacitana*, 15: 33-44.
- Human H, Nicolson SW (2006) Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloea greatheadii* var. *favyana* (Asphodelaceae), *Phytochemistry*, 67: 1486-1492.
- INN (Instituto Nacional De Normalización) (2011) Norma Chilena Oficial. Polen apícola - Calidad de la colmena para polinización y diferenciación del

polen según origen botánico. NCh3255-2011. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile.

- INN (Instituto Nacional De Normalización) (2005) Norma Chilena Oficial. Miel de abejas-Denominación de origen botánico mediante ensayo melisopalínológico. NCh2981-2005. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile.
- Insuasty-Santacruz E, Martínez-Benavides J, Jurado-Gómez (2016) Identificación de flora y análisis nutricional de miel de abeja para la producción apícola. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol 14 No. 1 (37-44).
- Iturra C (2021) Apicultura Chilena: principales cifras y desafíos futuros. Disponible en: [https://opia.fia.cl/601/w3-article-118948.html?\\_external\\_redirect=articles-118948\\_archivo\\_01.pdf](https://opia.fia.cl/601/w3-article-118948.html?_external_redirect=articles-118948_archivo_01.pdf)
- Iturra C (2022) Temporada apícola 2022-23. Disponible en: [https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/72984/Art\\_TemporadaApicola2022\\_23.pdf](https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/72984/Art_TemporadaApicola2022_23.pdf)
- Ivars J (2021) Polen de abeja: Producción, manejo y comercialización. Disponible en: <https://www.latiendadelapicultor.com/blog/polen-produccion-manejo-y-comercializacion/>
- James OO, Mesubi MA, Usman LA, Yeye SO, Ajanaku KO (2009) Physical characterisation of some honey samples from North-Central Nigeria. International Journal of Physical Sciences 4: 464-470.
- Juantok-Varela C & Suárez-Bastías N (2020) Apicultura básica para el desierto. Disponible en: <https://bibliotecadigital.fia.cl/items/363c056a-e69b-403a-8b45-28a4d10bec31>
- Karam V, Sarmiento-Silva T, Ribeiro dos Santos F (2022) Pollen profile of bee pollen from semiarid Northeastern Brazil. Acta Botanica Brasilica, vol. 37, 36: e20220205. <https://doi.org/10.1590/1677-941X-ABB-2022-0205>

- Kieliszek M, Piwowarek K, Kot AM, Błażej S, Chlebowska-Śmigiel A, Wolska I (2018) Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. 71: 170-180.
- Kirk W (1994) A colour guide to pollen loads of the honey bee. Cardiff: International Bee Research Association.
- Leiva L, Díaz A, Hurtado C, Rodríguez R, Contreras M, Rodríguez J (2021) Activación de trampas Sundance y la producción de polen en *Apis mellifera* L. *Arnaldoa* 28(3): 625-632.
- Lobos I, Pávez P (2021) Apicultura en el Territorio Patagonia Verde, región de Los Lagos. Boletín INIA N° 442, 146 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigaciones. Remehue, Chile.
- Lorente-Adame MP (1992) Plantas de importancia apícola en tres localidades de la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México. 70 pp.
- Manzur-Rojas MH (2014) Zonificación agroecológica y productiva para el establecimiento de áreas potenciales de cultivos bioenergéticos de diente de león (*Taraxacum*) en Chile. Tesis de Pregrado, Universidad de Chile. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/147485>
- Mendoza-Contreras JN (2012) Entomofauna asociada a flores de notro (*Embothrium coccineum* J.R. et G. Forster) y maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) en la zona de Valdivia. Tesis de Pregrado, Universidad Austral de Chile. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fam539e/doc/fam539e.pdf>
- Mena Roa M (2023) China, el principal productor de miel del mundo. Disponible en: <https://es.statista.com/grafico/30038/paises-con-el-mayor-volumen-de-produccion-de-miel-natural/>
- Ministerio de Salud, Chile (2018) Medicamentos Herbarios Tradicionales, 103 especies vegetales.
- MINAGRI (2018) Comisión Nacional de Apicultura.

- Molina MP, Soto H, Gutiérrez B, González JM, Koch ZL, Ipinza R, Rojas P, & Chung P (2016) Huertos melíferos con especies forestales nativas una alternativa para apoyar a la agricultura familiar campesina y mejorar el negocio apícola. *Ciencia & Investigación Forestal*, 22(3), 53–72. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2016.460>
- Molina MP, Soto H, Gutiérrez B, González J, Koch L, Ipinza R, Rojas P & Chung P (2016) Especies Forestales Nativas. Una Alternativa para Apoyar a la Agricultura Familiar Campesina y Mejorar el Negocio Apícola. En: Barros, S. (Ed.) *Ciencia e Investigación Forestal Vol 22 N° 3 Diciembre 2016* Instituto Forestal, Chile. Disponible en: <https://revista.infor.cl/index.php/infor/article/view/460>
- Montenegro G, Gómez M, Ávila G (1992) Importancia relativa de especies cuyo polen es utilizado por *Apis mellifera* en el área de la reserva nacional Los Ruiles VII región de Chile. DOI: <https://doi.org/10.24310/abm.v17i.9028>
- Montenegro G, Gómez M, Díaz-Forestier J, 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(2), 181-190. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202008000200007>
- Montenegro G, Pizarro R, Mejías E, & Rodríguez S (2013) Evaluación biológica de polen apícola de plantas nativas de Chile. *Phyton (Buenos Aires)*, 82(1), 7-14. Recuperado en 15 de enero de 2024, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-56572013000100002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572013000100002&lng=es&tlng=es).
- Montenegro G (2022) “Un país, un producto prioritario”: la miel chilena. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Muniategui-Lorenzo S (1989) Color, origen botánico y composición del polen apícola. Tesis de Postgrado, Universidad de Santiago de Compostela. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10347/15573>
- Muniategui-Lorenzo, Sancho MT, Luciano A & Huidobro-Canales JF (1993) Composición Del Polen Apícola. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/235423754\\_Composicion\\_Del\\_Polen\\_Apicola](https://www.researchgate.net/publication/235423754_Composicion_Del_Polen_Apicola)

- Mungsan N (2018) Origen y diversidad de polen apícola. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14352/15358>
- Navarrete C, Muñoz-Olivera G, Wells G, Beverra J, Alarcón J & Finot VL (2016) Espectro polínico y análisis fisicoquímico de mieles de la Región del Biobío, Chile. *Gayana Bot.* 73(2): 268-282.
- Navarrete M (2022) La relación entre las plantas y las abejas. Universidad del Medio Ambiente. Ciudad de México, México. Disponible en: <https://umamexico.com/la-relacion-entre-las-plantas-y-las-abejas/>
- ODEPA (2014) Polen apícola: una alternativa de negocio. Agrimundo Inteligencia Competitiva para el sector Agroalimentario. Disponible en: [Polen-apicola-alternativa-negocio.pdf \(odepa.gob.cl\)](#)
- ODEPA (2015) Informe Final Estudio Estratégico de la Cadena Apícola de Chile. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/04/estudioCadenaApicola.pdf>
- Orús A (2023) Principales países productores de miel a nivel mundial en 2021. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/612365/principales-paises-productores-de-miel-a-nivel-mundial/>
- Pérez-Sato M, Flores-Garrido AF, Castro-González NP & Escobar-Hernández R (2018) Análisis palinológico de la miel de *Apis mellifera* L., producida en el altiplano del estado de Puebla, México.
- Poblete F, Carrasco N, Arias B (2011) Efecto antiinflamatorio de apitoxina de *Apis mellifera* sobre prostaglandina E<sub>2</sub> del fluido crevicular gingival de pacientes con y sin enfermedad periodontal, sometidos a apiterapia: ensayo preliminar.
- Puerto N, Prieto G & Castro R (2015) Composición química y capacidad antioxidante del polen. *Revisión. Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* 31 (2): 115-126.

- Quintano-Sánchez (2010) Las umbelíferas, un oasis de vida. Fertilidad e la tierra: revista de agricultura ecológica, JSSN 1576-625X, N°. 40. Pág. 66-69.
- Quintero R, Cruz-Larios L, González D, Solís JA, Santana JF, Reyes JL (2021) Espectro de polen corbicular de *Apis mellifera* en muestras de Huejotitán, Jalisco, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(2), 621-632. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i2.4398>
- Ramírez-Arriaga E, Navarro-Calvo LA & Díaz-Carbajal E (2011) Botanical characterization of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. *Grana* 50:40-45.
- Ramírez-Arriagada E, Martínez-Bernal A, Ramírez N, Martínez-Hernández E (2016) Análisis palinológico de mieles y cargas de polen de *Apis mellifera* (Apidae) de la región Centro y Norte del estado de Guerrero, México. *Botanical Sciences* 94 (1): 141-156. doi: 10.17129/botsci.217
- Reyes-Carrillo JL, Galarza-Mendoza JL, Muñoz-Soto R, Moreno-Roséndes A (2014) Diagnostico territorial y espacial de la apicultura en los sistemas agroecológicos de la Comarca Lagunera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 215-228.
- Reyes-Donis AO, Solórzano-Castillo R, Castillo-Ruíz SP (2022) Caracterización Botánica de plantas de importancia melífera del Sur Oriente de Guatemala. Disponible en: <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puicb/INF-2022-23.pdf>
- Riedemann P, Aldunate G & Teillier S (2014) Arbustos nativos de la zona centro-sur de Chile. Guía de Campo. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile, 308 p.
- Rodríguez-Castiñeira J, Armesto-Bztám S & Sá-Ortero MP (2015) Origen botánico y contenido en proteína de mieles artesanales procedentes de colmenares de Galicia (NO de España). *Botánica Complutensis* 39. 106-114. DOI: [https://doi.org/10.5209/rev\\_BOCM.2015.v39.49139](https://doi.org/10.5209/rev_BOCM.2015.v39.49139)
- Rodríguez R, Marticorena C, Alarcón D, Baeza C, Cavieres L, Finot VL, Fuentes N, Kiessling A, Mihoc M, Pauchard A, Ruiz E, Sanchez P &

Martcorena A (2018) Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Gayana Botánica 75(1): 1-430.

- Rodríguez-Sandoval, Acuña-Yáñez & Escanilla-Jaramillo (2022) Polinización Sostenible: Adaptación al cambio climático para la producción de fruta en Chile. Proyecto Corfo 19 BP 117423.
- SAG (2023) Boletín Apícola. División de Protección Pecuaria SAG.
- Saavedra KI, Rojas C, Delgado GE (2013) Características polínicas y composición química del polen apícola colectado en Cayaltí (Lambayeque-Perú). Revista chilena de nutrición, 40(1), 71-78. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000100011>
- Schencke, Carolina, Vásquez, Bélgica, Sandoval, Cristian, & del Sol, Mariano. (2016). El Rol de la Miel en los Procesos Morfofisiológicos de Reparación de Heridas. International Journal of Morphology, 34(1), 385-395. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022016000100056>
- Schencke C, Vásquez B, Sandoval C & del Sol M (2016) El Rol de la Miel en los Procesos Morfofisiológicos de Reparación de Heridas. International Journal of Morphology, 34(1), 385-395. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022016000100056>
- Sepúlveda T (2015) Botanical characterization and use of a color chart of corbicular pollen loads from eleven fruit tree species as a pollination indicator. Tesis de Pregrado. Universidad de Chile, Santiago, Chile. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148923/Sepu%CC%81lveda-%20Tipificacio%CC%81n%20bota%CC%81nica%20%282015%29%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Stanley RG, & Linskens HF, (1974) Pollen: Biology Biochemistry Managemen. Springer; Verlag. Berlín Heidelberg. New York.
- Sommano SR, Bhat FM, Wongkeaw M, Sriwichai T, Sunanta P, Chuttong B & Burgett M (2020) Amino Acid Profilinf and Chemometric Relations of Black

Dwarf Honey and Bee Pollen. Sec. Food Chemistry. Vol. 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.558579>

- Sosenski P & Domínguez CA (2018) El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. Rev. Mex. Biodiv., México, v. 89 (3): 961-970. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2168>.
- Thakur M, Nanda V (2020) Composition and functionality of bee pollen: A review. Trends in Food Science & Technology 98: 82-106.
- Tegucigalpa MDC (2005) Manual técnico de apicultura. Honduras.
- Váldez P (2013) Mieles fraccionadas, diferenciación y valor agregado. Apicultura. Reporte N° 4. Disponible en: <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/handle/20.500.12650/70078>
- Váldez P (2014) Polen apícola: una alternativa de negocio. Apicultura. Reporte N° 4. Disponible en: <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/handle/20.500.12650/70079>
- Vásquez J, Araya C (2020) Caracterización palinológica de las mieles de abejas melíferas (*Apis mellifera*) de doce municipios del departamento de La Libertad. Tesis de Pregrado, Universidad de El Salvador, Argentina. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10659440>
- Vásquez-García A, Sangerman-Jarquín D. Ma, Schwentesius-Rindermann R (2021) Caracterización de especies de abejas nativas y su relación biocultural en la Mixteca oaxaqueña. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 12(1): 101-113. Doi: 10.29312/remexca.v12i1.2788
- Vit P (2004) Productos de la colmena recolectados y procesados por las abejas: Miel, polen y propóleos. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, 35(2). 32-39.
- Vit P, Herrera P, Rodríguez D, Carmona J (2008) Caracterización de polen apícola fresco recolectado en Cacute, en los Andes Venezolanos. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, 39(2), 7-11.
- Vit P, Santiago B (2008) Composición química de polen apícola fresco recolectado en el páramo de Misintá de los andes venezolanos. ALAN, Caracas, v. 58 (4): 411-415. Disponible en:

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222008000400014&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000400014&lng=es&nrm=iso)

- World Flora Online (WFO) (2024) *Echium vulgare* L. Disponible en: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000663145>.
- Yang, K., D. Wu, X. Ye, D. Liu, J. Chen, and P. Sun (2013) Characterization of chemical composition of bee pollen in China. J. Agric. Food Chem. 61(3):708-718. DOI: 10.1021/jf304056
- Zamora S, Juan Diego. (2007). Antioxidantes: micronutrientes en la lucha por la salud. Revista chilena de nutrición, 34(1), 17-26. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000100002>

## XI. ANEXOS

### ANEXO 1

Resultados de la composición polínica de los cúmulos corbiculares procedentes del predio Corderito, Comuna de Yumbel, Región del Biobío, separados según la NCh3255 y analizadas según la NCh2981. Se indican fechas de recolección, procedencia, código PANTONE, color PANTONE, familia, especie polínica y nombre común.

FECHA RECOLECCIÓN	CÓDIGO PANTONE (PMS)	COLOR PANTONE	FAMILIA	ESPECIE POLÍNICA	NOMBRE COMÚN
13-01-2023	PMS 116		Myrtaceae	<i>Luma chequen</i>	Arrayán
13-01-2023	PMS 116 2X		Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega, Ruda Cabruna
13-01-2023	PMS 135		Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega, Ruda Cabruna
13-01-2023	PMS 141		Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega, Ruda Cabruna
13-01-2023	PMS 153		Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega, Ruda Cabruna
13-01-2023	PMS 728		Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega, Ruda Cabruna
13-01-2023	PMS 1215		Asteraceae	<i>Artemisia</i> sp.	Artemisia
13-01-2023	PMS 1235		Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega, Ruda Cabruna
13-01-2023	PMS 4515		Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora
24-01-2023	PMS 109		Myrtaceae	<i>Luma chequen</i>	Arrayán
24-01-2023	PMS 115		Myrtaceae	<i>Luma chequen</i>	Arrayán
24-01-2023	PMS 121		Myrtaceae	<i>Luma chequen</i>	Arrayán
24-01-2023	PMS 135		Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega, Ruda Cabruna
24-01-2023	PMS 141		Myrtaceae	<i>Luma chequen</i>	Arrayán
24-01-2023	PMS 145		Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega, Ruda Cabruna
24-01-2023	PMS 610		Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora
24-01-2023	PMS 614		Myrtaceae	<i>Luma chequen</i>	Arrayán
24-01-2023	PMS 1235		Fabaceae	<i>Galega officinalis</i>	Galega, Ruda Cabruna
24-01-2023	PMS 4515		Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora

### ANEXO 2

Resultados de la composición polínica de los cúmulos corbiculares procedentes del sector Pitril, Comuna de Alto Biobío Región del Biobío, separados según la NCh3255 y analizadas según la NCh2981. Se indican fechas de recolección, procedencia, código PANTONE, color PANTONE, familia, especie polínica y nombre común.

FECHA RECOLECCIÓN	CÓDIGO PANTONE (PMS)	COLOR PANTONE	FAMILIA	ESPECIE POLÍNICA	NOMBRE COMÚN
06-01-2023	PMS 134		Hydrangeaceae	<i>Hydrangea serratifolia</i>	Voqui Canelilla
06-01-2023	PMS 151		Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de León
06-01-2023	PMS 1545		Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i>	Lengua de gato
16-01-2023	PMS 123		Apiaceae	Tipo Apiaceae	
16-01-2023	PMS 141		Hydrangeaceae	<i>Hydrangea serratifolia</i>	Voqui Canelilla
16-01-2023	PMS 276		Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i>	Lengua de gato
16-01-2023	PMS 1255		Apiaceae	Tipo Apiaceae	
16-01-2023	PMS 1505		Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de León
29-01-2023	PMS 134		Apiaceae	Tipo Apiaceae	
29-01-2023	PMS 412		Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i>	Lengua de gato
29-01-2023	PMS 716		Cunoniaceae	<i>Eucryphia glutinosa</i>	Guindo Santo
29-01-2023	PMS 1395		Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de León
29-01-2023	PMS 1505		Lamiaceae	<i>Mentha pulegium</i>	Poleo
18-02-2023	PMS 116		Apiaceae	Tipo Apiaceae	
18-02-2023	PMS 121		Proteaceae	<i>Gevuina avellana</i>	Avellano
18-02-2023	PMS 158		Cunoniaceae	<i>Eucryphia glutinosa</i>	Guindo Santo
18-02-2023	PMS 412		Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i>	Lengua de gato
18-02-2023	PMS 1395		Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de León
24-03-2023	PMS 116		Apiaceae	Tipo Apiaceae	
24-03-2023	PMS 121		Loranthaceae	<i>Tristerix corymbosus</i>	Quintral
24-03-2023	PMS 158		Cunoniaceae	<i>Eucryphia glutinosa</i>	Guindo Santo
24-03-2023	PMS 1395		Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de León

### ANEXO 3

- a. Resultados del contenido nutricional en miel y polen corbicular del predio Corderito, Yumbel, proporcionado por el CDTA.

Miel, Corderito Yumbel.

**Código de laboratorio :1054**

**Contenido Neto 1 kg**

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

Polen, Polen, Yumbel Biobío.

**Código de laboratorio :1052**

**Contenido Neto 250 gramos**

<b>INFORMACIÓN NUTRICIONAL</b>		
Porción: 30 g (3 cucharadas) Porciones por envase:8 Aprox.		
	100 g	Porción
<b>Energía (Kcal)</b>	314,2	94,3
<b>Proteínas (g)</b>	20,0	6,0
<b>Grasa Total (g)</b>	3,23	1,0
<b>Hidratos de Carbono Disponibles (g)</b>	51,3	15,4
<b>Azúcares Totales (g)</b>	23,7	7,1
<b>Sodio (mg)</b>	21,8	6,6

- b. Resultados del contenido nutricional en miel y polen corbicular del sector Pitril, Alto Biobío, proporcionado por el CDTA.

Miel, Pitril Alto Biobío.

**Código de laboratorio :1053**

**Contenido Neto 1 kg**

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

Polen, Pitril Alto Biobío.

**Código de laboratorio :1051**

**Contenido Neto 250 gramos**

<b>INFORMACIÓN NUTRICIONAL</b>		
Porción: 30 g (3 cucharadas) Porciones por envase:8 Aprox.		
	100 g	Porción
<b>Energía (Kcal)</b>	323	96,8
<b>Proteínas (g)</b>	15,9	4,8
<b>Grasa Total (g)</b>	5,0	1,5
<b>Hidratos de Carbono Disponibles (g)</b>	53,5	16,1
<b>Azúcares Totales (g)</b>	32,3	9,7
<b>Sodio (mg)</b>	16,7	5,0

## **ANEXO 4**

La elaboración de estos dos protocolos representa una contribución importante al progreso de actividades en el laboratorio de Palinología y Ecología Vegetal de la Universidad de Concepción ubicado en el Campus Los Ángeles, Chile.

### **a. PROTOCOLO PARA LA SEPARACIÓN POR COLOR Y VISUALIZACIÓN MICROSCÓPICA DE CÚMULOS CORBICULARES**

#### **MATERIALES:**

- Guantes y mascarilla.
- Muestra de polen corbicular.
- Balanza analítica.
- Frascos de vidrio.
- Pinzas.
- Placas Petri de vidrio.
- Lupa con fondo negro.
- Tubos Falcon de 15 mL.
- Extractor de gases.
- Vasos precipitados 100 y 200 mL.
- Anhidro acético/Ácido sulfúrico en proporción 9:1.
- Ácido acético glacial.
- Vortex.
- Centrifuga.
- Baño termo regulado.
- Portaobjetos.
- Glicerina
- Cubreobjetos.
- Esmalte transparente.
- Microscopio óptico.

**Nota:** La cantidad total de vasos precipitados que se utilizaran siguiendo este protocolo dependen exclusivamente del total de colores separados procedentes de los cúmulos corbiculares.

## **PROCEDIMIENTO:**

### **Separación por Color**

1. Extraer 10 g de muestra de polen corbicular.
2. Utilizando pinzas, separar los cúmulos corbiculares por grupo de acuerdo a su color visualizado bajo luz natural.
3. Depositar los grupos en placas Petri de vidrio para su observación bajo lupa y posible separación o reagrupación por color.
4. Asignar a cada grupo un color de acuerdo con la escala de colores Pantone® Matching System.
5. Depositar los distintos grupos de colores de cúmulos corbiculares en tubos Falcon de 15 mL, añadir 5 mL de ácido acético glacial y homogeneizar en un vortex.
6. Centrifugar durante 15 minutos a 4.400 rpm y descartar el sobrenadante.
7. Mezclar anhídrido acético y ácido sulfúrico en proporciones de 9:1 en un vaso precipitado de 100 mL para cada grupo de color.
8. Añadir la mezcla acetolítica al tubo Falcon que contiene los granos de polen corbicular previamente homogeneizados.
9. Agitar bajo campana de extracción de gases la muestra con mezcla acetolítica y polen corbicular, para luego depositarla en el mismo vaso precipitado de 100 mL.
10. Realizar un baño termo regulado entre 80-100°C durante 30 minutos.
11. Pasar la solución al Tubo Falcon y centrifugar por 15 minutos a 4.400 rpm y descartar sobrenadante.
12. Agregar 5 mL de ácido acético glacial para neutralizar los reactivos y centrifugar por 15 minutos a 4.400 rpm y descartar el sobrenadante.

13. Lavar la muestra con agua destilada y centrifugar durante 10 minutos a 4.400 rpm las veces necesarias hasta eliminar los olores de los reactivos.
14. Traspasar parte del pellet a un tubo eppendorf de 1.5 mL y agregarle agua destilada para luego agitar.
15. Montar la muestra en un portaobjeto añadir un alícuota de glicerina y una de polen corbicular acetolizado.
16. Cubrir con el cubreobjeto y sellar los bordes con esmalte transparente.
17. Visualizar en el microscopio óptico con aumento de 40x.

## **b. PROTOCOLO PARA EL ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN POLÍNICA DE POLEN CORBICULAR: EXTRACCIÓN, CONTEO Y CLASIFICACIÓN**

### **MATERIALES:**

- Mascarilla y guantes.
- Muestra de polen corbicular.
- Frasco de vidrio 200 mL.
- Espátula.
- Balanza analítica.
- Agua destilada tibia.
- Tubos Falcon de 15 mL.
- Extractor de gases.
- Vaso precipitado 100 mL.
- Anhidro acético/Ácido sulfúrico en proporción 9:1.
- Ácido acético glacial.
- Vortex.
- Centrifuga.
- Baño termo regulado.
- Portaobjetos.
- Glicerina
- Cubreobjetos.
- Esmalte transparente.
- Microscopio óptico.

### **PROCEDIMIENTO:**

1. Con una espátula extraer 20 g de polen corbicular y depositar en un frasco de vidrio de 200 mL.
2. Agregar 150 mL de agua destilada tibia y mezclar.
3. Transferir el contenido en un tubo Falcon de 15 mL y centrifugar a 4.400 rpm por 15 minutos y luego descartar el sobrenadante con cuidado de no botar el pellet (realizar este procedimiento las veces necesarias hasta que todo el

contenido de polen corbicular que se encuentra en el vaso precipitado sea depositado en el tubo Falcon).

4. Mezclar anhídrido acético y ácido sulfúrico en proporciones de 9:1 en un vaso precipitado de 100 mL.
5. Añadir la mezcla acetolítica al tubo Falcon que contiene los granos de polen corbicular previamente homogeneizados.
6. Agitar bajo campana de extracción de gases la muestra con mezcla acetolítica y polen corbicular, para luego depositarla en el mismo vaso precipitado de 100 mL.
7. Realizar un baño termo regulado entre 80-100°C durante 30 minutos.
8. Pasar la solución al Tubo Falcon y centrifugar por 15 minutos a 4.400 rpm y descartar sobrenadante.
9. Agregar 5 mL de ácido acético glacial para neutralizar los reactivos y centrifugar por 15 minutos a 4.400 rpm y descartar el sobrenadante.
10. Lavar la muestra con agua destilada y centrifugar durante 10 minutos a 4.400 rpm las veces necesarias hasta eliminar los olores de los reactivos.
11. Traspasar parte del pellet a un tubo eppendorf de 1.5 mL y agregarle agua destilada para luego agitar.
12. Montar la muestra en un portaobjeto añadir un alícuota de glicerina y una de polen corbicular acetolizado.
13. Cubrir con el cubreobjeto y sellar los bordes con esmalte transparente.
14. Visualizar en el microscopio óptico con aumento de 40x.
15. Contabilizar 500 granos de polen por triplicado y clasificar.

### **CLASIFICACIÓN:**

**Polen monofloral:** corresponde a aquel polen corbicular en el cual al menos 45% del total del polen corbicular pertenecen a una misma especie vegetal.

**Polen bofloral:** corresponde a aquel polen corbicular en el cual al menos el 50% del polen corbicular pertenecer a dos especies vegetales, con una diferencia no mayor al 5% entre ellos.

**Polen multifloral:** corresponde a aquel polen corbicular que proviene de tres o más especies vegetales, no alcanzando ninguna de ellas un porcentaje mayor o igual que 45% del total de las especies representadas en la muestra.

**El polen corbicular se debe diferenciar de acuerdo a su origen botánico:**

<b>Clase de polen</b>	<b>Monofloral</b>	<b>Bifloral</b>	<b>Multifloral</b>
Endémico	Monofloral Endémico	Bifloral Endémico	Multifloral Endémico
Nativo	Monofloral Nativo	Bifloral Nativo	Multifloral Nativo
No Nativo	Monofloral No Nativo	Bifloral No Nativo	Multifloral No Nativo
Mixto	-----	Bifloral Mixto	Multifloral Mixto