



**MYBEE:
PIQUERA PARA COLMENAS LANGSTROTH
PARA LA MITIGACIÓN DE VARROA POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE HONGOS
ENTOMOPATÓGENOS**

CRISTIAN URRÁ

MEMORIA DE INVESTIGACIÓN APLICADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
DISEÑADOR INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA
Mauricio Tapia

SANTIAGO - CHILE
2022

Agradecimientos

A mi mejor amigo Diego, por acompañarme en este proceso con su contribución desde la empresa Beeing Company: Certificación Genética de abejas.

Al Movimiento Nacional Apicultores de Chile (Monachi), por el aporte de sus miembros en el desarrollo de encuestas.

Agradecer a la apicultora Adriana C., por su apoyo innato al momento de participar en esta investigación, por abrirme su espacio y poder conocer e insertarme en esta bella labor que es la apicultura.

A mis amigos diseñadores, con los que pude contar desde distintos ámbitos y los cuales me colaboraron en este proceso.

INDICE

Índice de figuras	7
Glosario	18
Resumen	24
1. Introducción	26
1.1. Problemática	28
1.2. Metodología	30
Capítulo I	
2. Marco Teórico	32
2.1. Desarrollo Sostenible	32
2.2. Sistemas alimentarios	33
2.3. Seguridad Alimentaria	34
2.4. Cambio Climático	35
2.5. Apicultura y seguridad alimentaria	41
2.5.3. Abejas Apis mellífera L.	49

2.6. Apicultura en Chile	52
2.6.1. Exportaciones chilenas	56
2.6.2. Mercado de la Miel	58
2.7. Trashumancia Apícola	61
3. Desarrollo de problemática	
3.1. Acaro Varroa en la apicultura	66
3.2. Origen de la varroasis	68
3.3. Signos de infestación	70
3.4. Diagnostico de Varroa destructor	72
3.5. Tratamientos para Varroa Destructor	76
Capitulo III	
4. Desarrollo del proyecto	82

4.1. Objetivo general	83
4.2. Objetivo específico	83
5. Justificación de la investigación	84
5.1. Actividades preliminares	85
5.2. Actividades de selección	85
5.3. Actividades de conceptualización	86
5.4. Actividades de prototipado	86
5.5. Actividades de evaluación del producto en contexto real	87
6 Resultados	88
6.1. Estudio del contexto	88
6.2. Usuario	89
6.3. Criterios de inclusión	90
6.4. Criterios de exclusión	90

6.5. Encuestas	91
6.6. Perfil de usuario	98
6.6.1. Mapa de actores	99
6.6.2. Contexto de aplicación colmena	101
6.6.3. Parte de una colmena Langstroth	102
6.6.4. Espátula	107
6.6.5. Alimentadores	108
6.6.7. Vestimenta	109
6.6.8. Herramientas	112
6.6.9. Descripción de la actividad	113
6.6.10. Trashumancia	121
6.6.11. Actividad actores secundarios	125
6.7. Síntesis de resultados	127

6.7.1. Árbol de problemas	129
6.8. Conclusiones etapa de análisis	130
7. Requerimientos y atributos de diseño	132
7.1. Requerimientos y atributos de diseño: piquera modular	133
7.2. Consideraciones	134
7.3. Abejas	140
7.4. Aplicación de hongos entomopatógenos	146
8. Síntesis y conceptualización	147
9. Desarrollo de la propuesta	155
9.1. Genesis formal: Sketching	160
9.2. Prototipado	162
9.3. Modelado 3D	164
9.4. Iteraciones en impresión 3D	171

9.5. Prototipado final renderizado	177
9.6. Prototipo final enfocado	180
9.7. Validación en contexto de uso	181
9.8. Evaluación	185
10. Conclusiones	188
11. Proyecciones	190
12. Bibliografía	191
13. Anexos	201

INDICE FIGURAS

Figura 1. Estructura de los sistemas alimentarios	19
Figura 2. Incremento de la temperatura global en grados Celsius	22
Figura 3. Crecimiento demográfico, consumo y demanda de alimentos	24
Figura 4. Como dependen los alimentos de los insectos polinizadores	31
Figura 5. Demanda potencial de servicios de polinización estimada para el año 2010.	33
Figura 6. Morfología abeja reina melífera.	35
Figura 7. Morfología abeja obrera melífera.	36
Figura 8. Morfología zángano	36
Figura 9. Metamorfosis de la abeja.	37
Figura 10. Apicultores/ras, apiarios y colmenas a nivel nacional por año.	38
Figura 11. Caracterización de apicultores/as a nivel nacional, 2016-2020.	40

Figura 12. Apicultores/ras, apiarios y colmenas a nivel nacional por año.	40
Figura 13. Actividades de producción apícola declaradas 2018-2020.	42
Figura 14. Gráfico Valor de las exportaciones de Miel Natural y Orgánica, 2020.	43
Figura 15. Producción en toneladas de los principales productores de miel natural y Chile, 2015-2019.	46
Figura 16. Montaje y desmontaje de colmenas por trashumacia.	48
Figura 17. Ubicación de colmenas en monocultivos por trashumacia.	49
Figura 18. Porcentaje de colmenas fijas y trashumantes por región, año 2022.	49
Figura 19. Ácaro Varroa.	52
Figura 20. Contagio de abeja con acaro Varroa D.	53

Figura 21. Ciclo simplificado de Varroa Destructor. Etapa forética y reproductiva, junto al desarrollo de Apis Melífera	55
Figura 22. Varroa D. sobre abdomen de abeja antes de terminar su ciclo.	57
Figura 23. Apis Melífera sobre colmena, infectada con Varroa Destructor	58
Figura 24. Toma de muestra del SAG para la diagnóstico de Varroa Destructor.	60
Figura 25. Diagnóstico de Varroa por medio de técnica azúcar flor.	61
Figura 26. Amitraz, Tiras plástica de liberación lenta	62
Figura 27. Acido oxálico	63
Figura 28. Metarizhium anisopliae proliferando sobre Ácaro Varroa.	65
Figura 29. Porcentaje de encuestados según género.	77
Figura 30. Porcentaje de encuestados según rango de edad.	78
Figura 31. Porcentaje de productos y servicios comercializados por apicultores.	79

Figura 32. Porcentaje de encuestados según rango de edad.	80
Figura 33. Porcentaje de afectados y no afectados por Varroa Destructor.	81
Figura 34. Tratamientos más usados contra Varroa.	82
Figura 35. Mapa de actores.	85
Figura 36. Colmena langstroth.	87
Figura 37. Partes Colmenas Langsoth	89
Figura 38. Base de Colmena Langstroth.	90
Figura 39. Cámara de cría	90
Figura 40. Cámara o alzas para miel	91
Figura 41. Entretapa de Colmena Langstroth.	91
Figura 42. Tapa de colmena Langstroth.	92
Figura 43. Cuadros o marcos de una colmena.	92
Figura 44. Espátula o Palanca para el apicultor.	93
Figura 45. Alimentador para abejas	94

Figura 46. Rejilla para evitar caída de abejas en recipiente alimentador.	94
Figura 47. Overol para apicultores.	95
Figura 48. Máscara o Velo.	96
Figura 49. Guantes para apicultura.	97
Figura 50. Zapatos para apicultura.	97
Figura 51. Ahumador	98
Figura 52. Proceso de encendido del ahumador	99
Figura 53. Retiro tapa.	100
Figura 54. Retiro de la entre tapa	100
Figura 55. Aplicación de humo sobre colmenas.	100
Figura 56. Retiro de los marcos con ayuda de las espátula.	101
Figura 57. Inspección de marcos de cría	102
Figura 58. Abeja con síndrome de Alas deformada producto de la Varroasis.	102
Figura 59. Aplicación de ácido oxálico en tiras.	103
Figura 60. Preparación de alimento artificial para las colmenas.	104

Figura 61. Aplicación de alimento artificial.	104
Figura 62. Preparación y aplicación de bolsas con alimento artificial sobre colmenas.	105
Figura 63. Alternativas para una alimentación artificial.	106
Figura 64. Detección de Varroa D. luego de primera aplicación de ácido oxálico	106
Figura 65. Tapado piquera.	108
Figura 66. Carga de transporte con colmenas.	108
Figura 67. Espacio entre piqueras al ser apiladas para trashumancia.	109
Figura 68. Descarga de colmenas, luego de trashumancia.	110
Figura 69. Montaje de colmenas a la esperar de ser destapadas	110
Figura 70. Vuelo y aterrizaje Abeja Apis Mellifera.	111
Figura 71. Liberación gradual de alimento artificial por medio de bolsas.	112
Figura 72. Tabla de actividades y puntos críticos a intervenir.	114
Figura 73. Diagrama para árbol de problemas.	115

Figura 74. Tabla de requerimientos y atributos de Diseño.	120
Figura 75. Dimensiones antropométricas población femenina.	121
Figura 76. Elevación Frontal.	122
Figura 77. Flexión de codo.	122
Figura 78. Flexión Palmar.	123
Figura 79. Agarre Palmar.	123
Figura 80. Extensión dorsal de muñeca.	123
Figura 81. Flexión de tronco.	124
Figura 82. Flexión de cuello.	124
Figura 83. Curvatura de la espalda.	124
Figura 84. Oposición por almohadilla.	125
Figura 85. Oposición de la palma	126
Figura 86. Oposición lateral.	126
Figura 87. Agarre de gancho	127
Figura 88. Morfología abeja melífera.	128

Figura 89. Patrón de vuelo en superficie inclinada.	130
Figura 90. Espectro visión de humanos / abejas.	131
Figura 91. Flores a través de la visión de la abeja.	132
Figura 92. Las flores vistas a través de los ojos de las abejas. La figura muestra visualizaciones (colores humanos) de flores (escala de 1 cm).	133
Figura 93. Ejes conceptuales de Piquera modular.	136
Figura 94. Beemushroomed feeder.	137
Figura 95. Bandeja dispensadora adjunta a la entrada de la colmena.	138
Figura 96. Hongo Metharizium sobre placa petri en solución de agar.	138
Figura 97. Hongo Metharizium dentro de colmena.	139
Figura 98. Pantalla Besmart e instalación en colmena.	139
Figura 99. Piquera de colmena HivelQ.	140
Figura 100. Beehospital por Shau Heng Li.	141
Figura 101. Primer acercamiento en prototipado	150

Figura 102. Segundo acercamiento en prototipado	151
Figura 103. Modelo 3D colmena Langstroth.	152
Figura 104. Primer acercamiento morfológico 3D.	152
Figura 105. Desarrollo final de la propuesta.	153
Figura 106. Propuesta final 3D con la integración de los módulos.	154
Figura 107. Modelo 3D del módulo inferior.	154
Figura 108. Modelo 3D del módulo superior.	155
Figura 109. Vista de mecanismo de bisagra para cubierta de acceso.	156
Figura 110. Sistema módulo de alimentación.	157
Figura 111. Inclinación de 60° para un aterrizaje óptimo.	157
Figura 112. Patrón de extrusión para depósito de esporas.	158
Figura 113. Propuesta final 3D con la integración de módulos de sujeción.	158
Figura 114. Primeras iteraciones en impresión 3D	159
Figura 115. Propuesta 3D para el depósito de hongos.	159
Figura 116. Interacción para la aplicación de hongos.	160

Figura 117. Aperturas para el depósito de esporas.	160
Figura 118. Sistema de apertura para el depósito de esporas.	161
Figura 119. Mecanismo de prueba para el depósito de alimento ficticio.	161
Figura 120. Mecanismos de prueba para la irrigación de alimento.	162
Figura 121. Iteración de mecanismo para irrigación de alimento.	162
Figura 122. Pruebas de encaje para aplicación de alimentación.	163
Figura 123. Pruebas de mecanismos de apertura.	163
Figura 124. Mecanismos para inclinación de 45°.	164
Figura 125. Propuesta de compuerta.	164
Figura 126. Prototipo final enfocado con módulos integrados.	167
Figura 127. Prototipo final módulo superior.	167
Figura 128. Prototipo final módulo inferior con hendidura para sujeción.	167
Figura 129. Prototipo final de módulo superior e inferior ensamblados.	167
Figura 130. Detalles de los sistema de aplicación de esporas y alimentación.	168

Figura 131. Proceso de Instalación de piquera y sistema para alimentación.	169
Figura 132. Interacción para aplicación de esporas e ingreso de abejas a la colmena	170
Figura 133. Interacción de abejas con sistema de alimentación. Adaptabilidad de piquera para agarre en proceso de trashumancia	171
Figura 134. Piquera funcional luego de 3 horas de instalación.	172
Figura 135. Tabla con Adjetivos Bipolares seleccionados para evaluación.	173
Figura 136. Tabla de evaluación con Adjetivos Bipolares seleccionados.	174

GLOSARIO

Las definiciones que se presentan a continuación fueron recabadas del manual “Especificaciones técnicas de buenas prácticas agrícolas para la apicultura” de la Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas, 2004.

Apiario o Colmenar: Lugar donde se encuentran las colmenas con abejas que se usa para la producción apícola. Pueden ser:
Fijos: cuyas colmenas permanecen todo el año en un mismo predio.
Trashumantes: cuyas colmenas son desplazadas a otro u otros predios o lugares a lo largo del año.

Alimentación Artificial: Complemento de la dieta de las abejas, que es elaborado por el apicultor con las siguientes finalidades:
Alimentación de estímulo: alimentación de tipo energético, administrada poco antes del inicio de la floración. Tienen el propósito de intensificar la postura para fortalecer la colmena.
Alimentación suplementaria: alimentación de tipo energético y proteico. Tiene por objeto estimular el desarrollo de la cría.
Alimentación de sostén: alimentación de tipo energético, cuyo objetivo es mantener la colmena en épocas de escasez de néctar.

Alza Melaria: Estructura compuesta de un cajón en cuyo interior se colocan los marcos que tendrán por finalidad contener los paneles donde se almacena la miel elaborada por las abejas.

Cámara de Cría: Estructura compuesta por piso, alza(s), marcos, entretecho y techo, destinada al desarrollo del nido de la colmena.

Capacidad Melífera: Disponibilidad de recursos florales y extraflorales de una zona determinada, factible de ser utilizada por las abejas para ser transformada en miel.

Carga Apícola: Cantidad de colmenas posibles de establecer en una zona determinada, que dependiendo de un adecuado manejo permita a las abejas lograr buena producción en condiciones de bienestar para las colmenas.

Colmena: Es el conjunto formado por un enjambre, la estructura que lo contiene y los elementos propios necesarios para su supervivencia. Puede ser de los siguientes tipos:
Tipo rústica: es aquella que tiene sus panales fijos e inseparables del recipiente.
Móvil o moderna: posee estructuras independientes que facilitan el manejo del apicultor al interior de la colmena.

Cosecha: Actividad que comprende el retiro de los marcos con miel madura desde las alzas melarias hasta la sala de extracción.

Desinfección: Métodos para destruir todas las formas vegetativas de microorganismos, excluyendo esporas.

Desoperculado: Proceso mediante el cuál se retira el opérculo de cera que cubre la miel madura en el panal.

Efecto Residual: Es el tiempo que un producto químico o fármaco permanece activo después de la aplicación.

Enfermedad Infecciosa: Enfermedad que resulta de la presencia y actividad de microorganismo.

Enjambre: Es la colonia de abejas *Apis mellifera*, compuesta por una reina, abejas nodrizas, abejas obreras, zánganos, que naturalmente abandonan la colmena para tratar de formar una nueva familia.

Explotación Apícola: Conjunto de apiarios, de un mismo dueño con independencia de su finalidad o emplazamiento.

Extracción: Proceso al que son sometidos los marcos con miel madura para la separación de la miel de los panales de cera.

Fármaco: Todos los medicamentos veterinarios, aprobados oficialmente, empleados en producción apícola con la finalidad del tratamiento de enfermedades.

Filtro: Tamiz, implemento de acero inoxidable, utilizado para separar fragmentos de cera u otras impurezas de la miel en el proceso de extracción.

Higienización: medidas necesarias para garantizar la inocuidad y salubridad de la miel y salas de proceso en toda sus fases, desde el ingreso de las alzas meleras, hasta el envasado final.

Ingrediente: Es un componente o parte constituyente de cualquier combinación o mezcla que conforma un alimento.

Monitoreo: Secuencia planificada de observaciones y mediciones relacionadas con el cumplimiento de actividad, y que se puede registrar.

MONACHI: Movimiento Nacional de Apicultores de Chile.

Núcleo: Forma de generar una nueva familia de abejas, compuesta por los habitantes de la colmena con una reina fecunda, acompañada por marcos con crías en distintos estadios y con alimento (polen y miel).

Opérculo de Cera: Sello de cera con que las abejas cierran las celdillas cuando la miel ha perdido humedad suficiente, minimizando los riesgos de fermentación.

Paquete de Abejas: Conjunto de abejas nodrizas, con una reina fecunda, que permite generar una nueva familia y que no incluye marcos con crías, (enjambre artificial).

Peligro: Un agente biológico, químico o físico que pueda comprometer la inocuidad alimentaria y/o la salud de las abejas y del personal que trabaja.

Período de Reingreso: Es el tiempo mínimo que se debe esperar, después de hacer una aplicación de fitosanitarios en una explotación silvoagropecuaria, para el ingreso de personas y /o animales al área tratada.

Período de Resguardo: Tiempo durante el cual un fármaco o producto químico tiene acción tóxica, posterior al cual el producto sobre el cual fue aplicado puede ser consumido.

Personal Capacitado: Persona que ha recibido instrucción o adiestramiento acreditado en materias referida a algún tema o ámbito.

Plan de Profilaxis: Conjunto de medidas de manejo preventivas, dirigidas a impedir la aparición de enfermedades o la alteración del buen estado de las abejas.

RAMEX: Registro de Apicultores de Miel para Exportación.

Registro: Documentación que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas.

Residuos: Es el remanente de una sustancia de acción farmacológica, de sus productos de transformación y de otras sustancias que se transmitan a productos apícolas y puedan resultar nocivos para la salud humana.

SAG: Servicio Agrícola y Ganadero.

Sanitización: Reducción de la carga microbiana que contiene un objeto o sustancia a niveles seguros para la población.

Trazabilidad: Mecanismo mediante el cual se obtiene información acerca de un producto, que puede ser individualizado desde su origen hasta su consumo.

Visitas: Todas aquellas personas que no efectúan labores en o para los apiarios en forma rutinaria y que ingresan en él.

RESUMEN

La apicultura desempeña un papel fundamental en la producción de alimentos y la polinización de cultivos a nivel mundial, la que asegura una diversidad de alimentos. Sin embargo, las extensas deforestaciones y sequías debido a los efectos del cambio climático, han generado que los apicultores deban mover sus colmenas a lugares con mayor floración, poniendo a las abejas en situación de estrés, lo que promueve la presencia del ácaro *Varroa Destructor*, una amenaza significativa para la salud de las colonia de abejas y, por ende, para la seguridad alimentaria y la biodiversidad.

Pese a que existen tratamientos químicos y orgánicos para este parásito, se observó una falta de conocimiento y aplicación de métodos menos tóxicos y de origen biológico, como el uso de hongos entomopatógenos. Este vacío de conocimiento y la necesidad de mejorar las prácticas apícolas, son los ejes que suscitan esta investigación.

Para el estudio se propuso desarrollar una piquera modular para colmenas Langstroth, enfocada en mejorar la manipulación de las colmenas durante la trashumancia y, en la aplicación de hongos entomopatógenos como tratamiento natural para el control de *Varroa Destructor*. La investigación abordó la necesidad de una solución sostenible y segura para la preservación de la salud de las colonias de abejas.

La metodología comprendió tres etapas, una fase investigativa divergente, el desarrollo práctico y formal del producto, finalizando con la implementación y análisis en un contexto real. Se utilizaron técnicas de análisis como etnografía, encuestas, análisis de estado

del arte y normativas apícolas para fundamentar la investigación. El enfoque incluyó requerimientos y problemas de los apicultores, el manejo de las colmenas y la aplicación de tratamientos naturales.

El producto final contribuyó en la salud de las colonias de abejas, optimizando las actividades de trashumancia realizadas por apicultores y reduciendo la dependencia de tratamientos químicos por medio de la integración de una solución natural. La evaluación se realizó en un apiario de la comuna de Buin, en Santiago de Chile, demostrando su funcionalidad y su potencial como herramienta eficaz para el control de *Varroa Destructor*.

La investigación destacó la importancia de mejorar las prácticas apícolas, especialmente en la aplicación de tratamientos no tóxicos para el control de enfermedades. La propuesta de diseño mediante su validación, demostró su potencial impacto y viabilidad para el cuidado de las abejas, contribuyendo a la sostenibilidad de la apicultura e implicaciones significativas para la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad.

1. INTRODUCCIÓN

La apicultura es uno de los métodos más antiguos de producción de alimentos (Gupta et al., 2014, Crane 1999), su importancia radica en los beneficios que genera y que la humanidad ha sabido aprovechar. Solo una especie de abejas, *Apis mellifera* L. es la responsable de toneladas de miel producida mundialmente al año y de ejecutar los servicios de polinización sobre numerosos cultivos, asegurando los alimentos para la población.

La domesticación de esta especie a través de estructuras artificiales llamadas colmenas, se logra mediante el rescate de su hábitat natural, que originalmente habitan dentro de las cavidades de los árboles (Crane 1999). El uso de colmenas logra los beneficios de la crianza y mantenimiento de abejas, así como el traslado de colmenas (trashumancia) con otras colmenas hacia sitios con floraciones de interés productivo.

Actualmente, la apicultura se practica en más de 100 países de todos los continentes, con más de 110 millones de colmenas productivas en todo el mundo (FAOSTAT, 2021). Solo en América Latina, se observan más de 8 millones de colmenas, con una producción regional que ronda las 250.000tn de miel, el 13% de la producción mundial actual, de las cuales se exportan aproximadamente 150.000 tn anuales que representan cerca del 20% del mercado internacional (FAOSTAT, 2021).

De manera general, la agricultura y la apicultura son dos actividades simbióticas ancestrales, es decir, tienen una interrelación de beneficio mutuo. Durante la actividad de pecoreo, la agricultura utiliza abejas

Apis mellifera L. por su elevada abundancia, preferencia floral generalista, amplia distribución geográfica y fácil manejo y transporte de colmenas (i.e. trashumancia) (Tautz 1989; Potts et al., 2010b) beneficiándose mediante el servicio ecosistémico de la polinización que desarrollan las abejas, donde realizan la transferencia de polen de los órganos masculinos de las flores a los femeninos. Por otro lado, el beneficio que tiene la apicultura es la recolección que llevan a cabo las abejas en los cultivos para obtener productos como el polen y el néctar, el cual posteriormente utilizan para la fabricación de la miel, la que después es cosechada por el apicultor.

Para que esta interrelación de complementariedad entre agricultura y apicultura sea exitosa, se deben desarrollar buenas prácticas agrícolas y apícolas las cuales deben de estar enfocadas en la salud de las abejas, la sustentabilidad de los cultivos y la preservación de la biodiversidad.

Desde los inicios de la apicultura, se desarrollo su practica y conocimiento hasta alcanzar la industrialización por la importancia que tiene para la agricultura. Su expansión a nuevos hábitats, con altas densidades de colmenas por superficie y el transporte masivo de colmenas a floraciones de interés, generó factores de estrés en las abejas con efectos negativos en su alimentación, estado sanitario y productividad. Entre los motivos más importantes para la perdida de colmenas y la declinación de polinizadores se encuentra el cambio de uso de suelo y la intensificación de la agricultura convencional (Potts et al., 2010a; Goulson et al., 2015).

1.1. PROBLEMÁTICA

Para los apicultores, cada vez es más desafiante asegurar una oferta floral adecuada de alimento para sus abejas y mejorar la nutrición de sus colmenas. La intensa deforestación, los devastadores incendios forestales y las prolongadas sequías debido al cambio climático, han dejado a las abejas en una situación de hambre y con sistemas inmunológicos debilitados con frecuencia.

Desde el punto de vista apícola, los servicios de polinización y la ventaja de transportar colmenas a cultivos en flor, es que éstos representan una fuente abundante y condensada de alimento para la colmena. Sin embargo, existen numerosos factores de estrés para las abejas en general y para *A. mellifera* en particular, que contribuyen a la disminución de sus poblaciones en todo el mundo (Potts, 2010). La pérdida de fuentes de alimento ocasionada por el cambio climático, los cambios en el uso del suelo, la presencia de contaminantes y pesticidas, y las enfermedades y patógenos son las causas más comúnmente señaladas (Goulson 2015).

El estrés también puede considerarse como un factor predisponente (Martínez, 2018), y se ha observado que las colonias de abejas que son sometidas a condiciones de estrés presentan una mayor susceptibilidad a los agentes infecciosos, como por ejemplo la infestación con varroasis, que en muchas ocasiones tiene que ver con el mal manejo de las colonias en el apiario y durante la trashumancia, causado por el propio apicultor.

Para combatir la enfermedad de la varroasis, causada por el ácaro *Varroa destructor*, que afecta a distintas especies del género *Apis*, se utilizan generalmente productos químicos, los cuales deben ser aplicados con mucha precaución, debido a que su composición es muy fuerte para la administración de crías de abejas de este género (Madonni, Noy y González, 2018).

Los principios activos utilizados en la actualidad para eliminar la presencia de este acaro son: Amitraz, Fluvalinato, Flumetrina, Cahumapos, Bromopropilato, entre otros, mientras que algunos tratamientos alternativos son los ácidos orgánicos como: el timol, ácido fórmico, ácido oxálico al igual que los aceites esenciales (Soledispa, 2018, págs. 16-17),

Por otro lado, existen antecedentes de estudios enfocados al uso de hongos entomopatógenos, que indican su viabilidad para controlar los ácaros en todas sus fases, por medio de la aplicación de hongos como *Metarhizium Anisopliae* (Chandler et al., 2000).

La presente investigación busca identificar una relación entre el mejoramiento del manejo de las colmenas en la actividad de traslado de abejas (trashumancia) y la mitigación de la *Varroa destructor* a través del uso de hongos acaricidas, aplicado mediante un producto de diseño para la colmena.

1.2. METODOLOGÍA

En este capítulo se presentan las etapas, actividades y tareas que permitieron desarrollar los objetivos mencionados y se compone de tres etapas aplicadas al proceso de diseño,

- La **primera** corresponde a una fase investigativa divergente, el cual incluye el levantamiento de información de los distintos temas y cómo estos pueden ser abordados desde el diseño de productos. Se realizó un análisis del estado del arte el cual permitió extraer datos necesarios para determinar las bases del proyecto, definición del usuario y sus necesidades. Se trabajó bajo las normas elaborada por el Instituto Nacional de Normalización de Chile, NCh 3255-2011, que definen lo que es una colmena apta y saludable para el servicio de polinización, de manera de tener una referencia de la calidad. Finalmente, se trabajó bajo los artículos de Ley 21489 de promoción, protección y fomento de la actividad apícola (Ministerio de Agricultura), la cual reconoce la importancia que tiene la apicultura como generadora de productos apícolas, como factor polinizador y su rol productivo estratégico para el desarrollo de las actividades silvoagropecuarias. Reconoce, además, su importancia para la conservación de la biodiversidad y mantenimiento del equilibrio ecosistémico. De esta forma se finaliza esta etapa con estrategias que aborden la problemática identificada.

- La **segunda** etapa corresponde al desarrollo práctico y formal del producto, por medio del levantamiento convergente de información realizada en la primera etapa.

En esta etapa se hace la bajada de información hacia los requerimientos necesarios para el desarrollo del proyecto. Desde el análisis bibliográfico de las técnicas usadas actualmente y la creación de lluvia de ideas para la definición de conceptos, hasta el desarrollo de los requerimientos del producto.

Mediante el asentamiento de la información recabada, se confecciona una encuesta para ser aplicada a los apicultores y se definen las directrices técnicas para la fabricación del producto, a través de bocetos, modelos 3D y prototipos rápidos, finalizando en el desarrollo de un producto mínimo viable que responde a las necesidades identificadas.

- La **tercera** y última etapa comprende la implementación, configuración y el análisis del producto en un contexto real, respondiendo la pregunta ¿Cómo responde a las necesidades para las que fue diseñado?. Esta etapa se desarrolla a través de la selección de la muestra de usuarios identificados y la validación por medio de las metodologías seleccionadas y descritas en el capítulo de desarrollo del proyecto..

CAPÍTULO I

2. MARCO TEÓRICO

2.1.. DESARROLLO SOSTENIBLE:

En 2015, todos los países miembros de las Naciones Unidas se unieron para adoptar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), una iniciativa destinada a transformar nuestro planeta. Estos objetivos representan un llamado a la acción con el propósito de erradicar la pobreza, reducir la desigualdad, proteger nuestro entorno y garantizar una vida más saludable, justa y próspera para todos. Los ODS se componen de 17 objetivos interconectados que abarcan un total de 169 metas, diseñados de manera que el progreso en uno de ellos contribuya al avance en otros. Estos objetivos se evalúan mediante indicadores específicos que miden su implementación.

Este proyecto se enmarcó bajo el análisis de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, correspondientes a, hambre cero (2), energía asequible (7), producción y consumo responsable, y acción por el clima (13) (ONU, 2022).

Se realizó un análisis enfocado en cómo la crisis climática ha generado daños a las cultivos y a las especies polinizadoras, lo que repercute negativamente en la cadena de producción de alimentos. Esta situación plantea una amenaza para la disponibilidad de alimentos, por lo que compromete la seguridad alimentaria.

2.2. SISTEMAS ALIMENTARIOS

Los sistemas alimentarios engloban a todos los actores, procesos y actividades relacionadas con la producción, transformación, transporte, comercialización y consumo de alimentos (Fig. 1). Estos sistemas influyen directamente en las dietas, determinando qué alimentos se producen y están disponibles tanto en términos físicos como económicos, así como en las preferencias alimenticias de las personas. Además, son cruciales para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional, el sustento de las comunidades y la sostenibilidad medioambiental (GAIN, 2023).

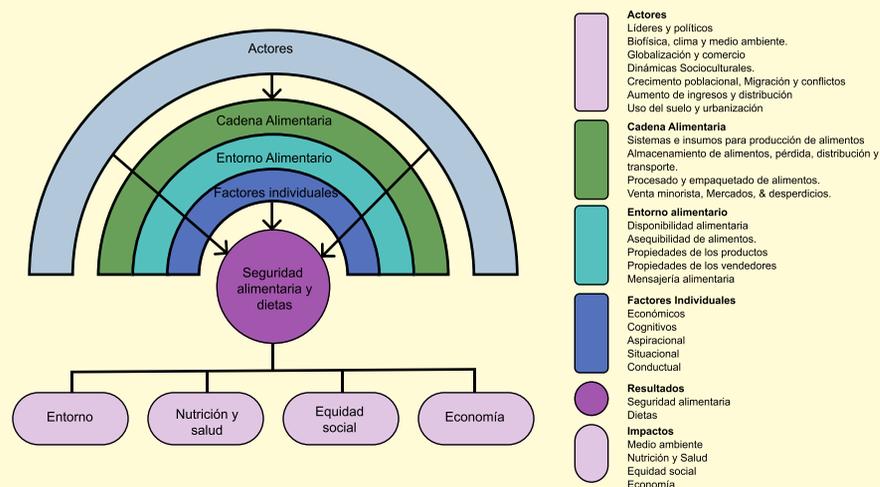


Figura 1: Estructura de los sistemas alimentarios. Fuente: "Food System Dashboard: About Food Systems", por The Global Alliance for Improved Nutrition, 2023. En: <https://www.foodsystemsdashboard.org/information/about-food-systems>

2.3. SEGURIDAD ALIMENTARIA

El concepto de seguridad alimentaria ha experimentado cambios significativos a lo largo de la historia desde su surgimiento. Este término se acuñó después de la Segunda Guerra Mundial, en un esfuerzo por dar sentido a la tarea de proporcionar alimentos a la población mundial, especialmente en un momento en que los países buscaban aumentar la producción interna de alimentos para reducir su dependencia (Trejos, 2008; Bianchi y Szpak, 2014). Además, el derecho a la alimentación se reconoció por primera vez en la Declaración Universal de Derechos Humanos en 1948, destacando su importancia (IICA, 2012; Pieters y otros, 2012).

Sin embargo, a partir de la década de 1970, se desencadenó una crisis alimentaria mundial, agravada por condiciones climáticas adversas que dificultaron la producción de alimentos. En respuesta a esto, en 1974 se llevó a cabo la Conferencia Mundial sobre la Alimentación, que formuló recomendaciones relacionadas con lo que se denominó seguridad alimentaria. Se definió la seguridad alimentaria como la "disponibilidad en todo momento de suficientes suministros mundiales de alimentos para sostener un crecimiento continuo del consumo y contrarrestar las fluctuaciones en la producción y los precios" (Bianchi y Szpak, 2014, p. 3).

Durante la Cumbre Mundial de la Alimentación en 1996, se acuñó una definición ampliamente aceptada en la actualidad. Según esta definición, la seguridad alimentaria se logra "cuando todas las personas tienen acceso en todo momento, ya sea física, social y económicamente, a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para cubrir sus necesidades nutricionales y las preferencias culturales para una vida saludable y activa" (Bianchi y Szpak, 2014, p. 5). Esta definición refleja un entendimiento más completo de la seguridad

alimentaria, la cual va más allá de la mera disponibilidad de los alimentos, abordando aspectos clave como el acceso estos y la nutrición.

Uno de los desafíos más característicos que debemos afrontar es la manera en la que abordamos el cambio climático y el impacto que tiene en la seguridad alimentaria. Este fenómeno está generando un graves daños en actividades productivas (CCAFS, 2014), agravando y perturbando la oferta mundial de alimentos (Trejos, 2008). Según el IICA (2012, p. 28): "El cambio climático y la variabilidad climática representan desafíos para la producción agrícola y las condiciones de vida de las poblaciones rurales, y para hacerles frente se requieren políticas de mitigación y esfuerzos de adaptación en los cultivos y las especies a las nuevas condiciones. De esta manera, la agricultura en las Américas podrá contribuir plenamente a la seguridad alimentaria mundial".

Esta descripción destaca la importancia de abordar el cambio climático y tomar medidas para adaptar la agricultura a las nuevas condiciones que enfrentamos, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria tanto en las Américas como en todo el mundo.

2.4. CAMBIO CLIMÁTICO

"La crisis climática es el producto de la intervención humana en los ciclos naturales del clima de la Tierra, causando alteraciones y generando impactos a diversas escalas y dimensiones. Esta crisis, que conlleva un sentido de urgencia y emergencia, forma parte de la narrativa global actual que destaca la necesidad de tomar medidas inmediatas frente al cambio climático y sus repercusiones" (Lucatello, 2020).

La crisis climática actual tiene una serie de impactos múltiples en diferentes aspectos de la vida en la Tierra, y estos impactos están empeorando con el tiempo. A pesar de los esfuerzos internacionales, los datos muestran que los indicadores climáticos continúan empeorando cada año. Como se puede observar en el gráfico adjunto (Fig. 2), el aumento de la temperatura global está aumentando casi de manera exponencial. Si no se implementan soluciones efectivas y rápidas, se proyecta que la temperatura de la Tierra podría aumentar en 3 grados centígrados para el año 2100, según las Naciones Unidas.

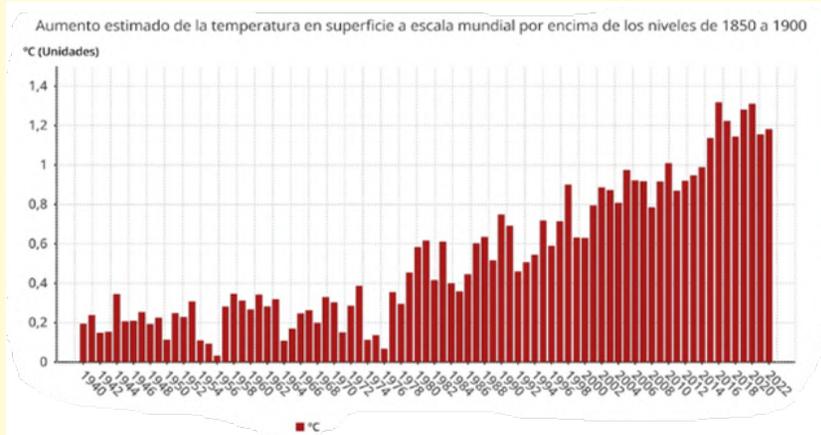


Figura 2: Incremento de la temperatura global en grados Celsius. Fuente: Copernicus, www.epdata.es

El cambio climático representa una amenaza importante para nuestra capacidad de asegurar la seguridad alimentaria a nivel mundial, suprimir la pobreza y alcanzar un desarrollo sostenible. En el año 2016, aproximadamente un 31% de las emisiones globales derivadas de la actividad humana se generaron en los sistemas agroalimentarios. Esto comprende diversas actividades, como la ganadería, la deforestación para la producción agrícola, la gestión de los suelos y nutrientes, así como también la pérdida y desperdicio de alimentos. El incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero contribuye al atrapar un mayor calor en la atmósfera, lo que se traduce en el calentamiento de la Tierra (FAO, 2023).

La crecida demográfica a nivel mundial plantea la importancia de optimizar la generación y producción de alimentos para satisfacer las crecientes demandas de la población actual (Fig. 3). Se estima que para el año 2030, la demanda de alimentos aumentará en un 50% a nivel global (FAO, 2022). Se prevén situaciones similares de aumento para los requerimientos de energía y agua, los cuales se proyectan a un crecimiento de un 30% y 45%, respectivamente.

Estas problemáticas subrayan la importancia de implementar políticas agrarias que garanticen la conservación, el cuidado de especies polinizadores para asegurar variedad de cultivos, el uso sostenible y la multiplicación de los recursos vegetales y animales, manteniendo un equilibrio entre los ecosistemas, considerando las características socioculturales de las comunidades en los que estamos insertos (Porto, 2011).

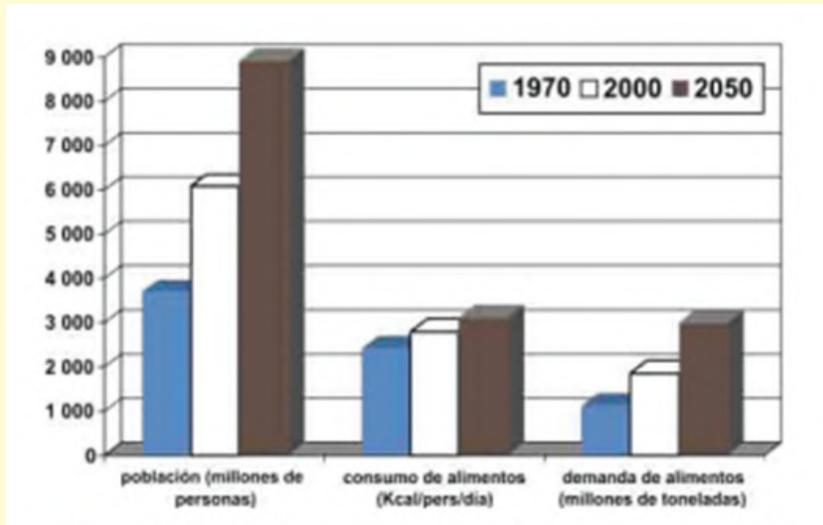


Figura 3: Crecimiento demográfico, consumo y demanda de alimentos (Porto, 2010).

En la actualidad, el planeta alberga aproximadamente a 7.000 millones de personas. De este total, el 18% sufre de hambre y el 50% reside en zonas urbanas. Se estima que para el año 2050, la población mundial alcanzará los 9.700 millones de habitantes (Porto, 2011). Este aumento en la población humana tendrá consecuencias significativas, ya que aumenta la vulnerabilidad a enfermedades tanto en la población humana como en especies que contribuyen en el ciclo biológico, acelera la contaminación ambiental debido a las emisiones de gases de efecto invernadero y fomenta la urbanización.

Además, plantea amenazas a la biodiversidad y conlleva la reducción o fragmentación de tierras fértiles disponibles para la agricultura. La urbanización y cambios en el estilo de vida están resultando en la pérdida de grandes áreas de manglares, los cuales se destinan a la construcción de infraestructuras turísticas, industriales, residenciales y otros fines sociales. Esta pérdida amenaza los ecosistemas costeros, que son sumideros de dióxido de carbono (CO₂) importantes, reguladores del calentamiento global y barreras naturales contra la intrusión del agua salada en la tierra. Además, estos ecosistemas son vitales para la biodiversidad, albergando diversas especies que forman parte de la cadena alimentaria humana y proporcionando recursos que generan ingresos.

Según el informe de la OCDE-FAO sobre perspectivas agrícolas (Gurría y da Silva, 2012), el 25% de las tierras agrícolas en todo el mundo están gravemente degradadas. Este contexto se asocia con un aumento en la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos y cambios significativos en los comportamientos climáticos en muchas partes del mundo, lo que trae consecuencias negativas para la calidad de vida humana, **la biodiversidad y la sostenibilidad de la producción de alimentos.**

Dadas estas condiciones, los expertos anticipan que el crecimiento de la producción agrícola disminuirá en un promedio anual del 1.7% en la próxima década. Por lo tanto, se destaca la necesidad de que los gobiernos abandonen prácticas comerciales distorsionadas y creen un entorno propicio para fomentar una agricultura próspera y sostenible, respaldada por el aumento de la productividad (Gurría y da Silva, 2012). sostenible, respaldada por el aumento de la productividad (Gurría y da Silva, 2012).

El cambio climático surge como un problema de proporciones urgentes y globales, presenta el impacto a través de las variaciones significativas en los ciclos climáticos del planeta. Esta problemática no solo requiere de medidas inmediatas, sino que también se debe evaluar de manera profunda nuestras prácticas y enfoques en diversos sectores, especialmente en la agricultura.

Según los datos evidenciados, los que muestran un aumento de las temperaturas globales, pueden traer consecuencias desastrosas si no se implementan soluciones efectivas de manera rápida. La relación entre el cambio climático y la seguridad alimentaria es indiscutible, con el 31% de las emisiones humanas vinculadas a los sistemas agroalimentarios. Este contexto plantea una amenaza para la disponibilidad de alimentos a nivel mundial, haciendo urgente la necesidad de abordar el cambio climático desde la perspectiva del diseño para promover la seguridad alimentaria.

El aumento de la demanda de alimentos, como el agua y la tierra, junto al aumento de la población proyectada para el 2030, recalca la necesidad de políticas agrarias que fomenten la conservación de las zonas destinadas para cultivo como el cuidado de las especies polinizadoras. La preservación de la biodiversidad junto con el uso sostenible de recursos y la consideración de factores socioculturales de las comunidades, son parte fundamental para lograr un equilibrio en los ecosistemas.

El cambio climático no solo amenaza la seguridad alimentaria, sino también repercuten la urbanización, la pérdida de tierras para uso agrícola, la degradación ambiental y la disminución de la biodiversidad.

La importancia de renunciar prácticas comerciales distorsionadas, avanzando hacia una agricultura local y próspera, con el cuidado de las especies de manera sostenible se vuelve evidente.

Es fundamental adoptar soluciones desde el diseño para afrontar estas problemáticas, promoviendo la innovación y la implementación de técnicas sustentables que mitiguen los impactos del cambio climático y contribuyan a la seguridad alimentaria.

2.5. APICULTURA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Las comunidades ecológicas se organizan en redes complejas de interacción, en donde las especies interactúan entre sí por medio de variados tipos de relaciones. Entre estas, encontramos las interacciones mutualistas, especialmente relevantes, debido a los beneficios mutuos para ambas especies involucradas.

Un ejemplo relevante de este tipo de interacción, es la relación entre plantas y polinizadores. En este caso, las interacciones de plantas depende de los polinizadores, como los insectos, aves y murciélagos, para conseguir energía y nutrientes necesarios para su crecimiento y reproducción (Verde, 2014).

2.5.1. Asociaciones polinizador-planta

En la relación de las interacciones planta-polinizador, las plantas se benefician al ser visitadas por estos organismos, los cuales actúan como agentes polinizadores al transportar el polen de una flor a otra, facilitando así la fertilización y reproducción de las plantas. Al mismo tiempo, los polinizadores obtienen su alimento, como polen y néctar de las flores que visitan (von Braun & Diaz-Bonilla, 2008).

Estas colaboraciones mutuamente beneficiosas han desempeñado un rol fundamental en el desarrollo y conservación de la biodiversidad en el planeta, como también la estabilidad de los ecosistemas.

La polinización está vinculada de manera estrecha con la diversidad funcional de los polinizadores, la que, a su vez, está basada en las características específicas de la especie, las cuales dirigen el uso complementario de los recursos florales (Hoehn et al., 2008). Es decir, los polinizadores responden a un conjunto de estímulos y recompensas que determinan a las flores, y su forrajeo está definido por rasgos como la morfología de la flor y su color, los que se ven atraídos desde distancias considerables, o por su olor, siendo este último el predominante en cuanto a estímulos para distancias corta (Ricou et al., 2014).

Estudios proponen que los polinizadores tienen preferencias por el color de las flores, sobre las que forrajean, de manera que las abejas y los abejorros se ven más atraídos por el color azul y el morado, mientras que las familias que succionan néctar de las flores (sífidos), prefieren el blanco o el amarillo. Se cree que algunas especies de plantas parecen ser más atractivas para los insectos que otras, como las amapolas, debido a los patrones de rayos UV que se generan en su superficie, atrayéndolos y que puedan ser usados por los insectos para distinguir entre especies de plantas (Ricou et al., 2014).

La actividad de forrajeo, como también la búsqueda de polen y néctar, se relacionan con el tamaño floral, disminuyendo de manera considerable a medida que el tamaño aumenta. El polen es un importante recurso para los polinizadores, debido a que proporcionan cerca del 20% de los carbohidratos que necesitan y el total de proteínas. Por este motivo, la abundancia contribuye a las decisiones de forrajeo del polinizador y su déficit puede afectar a sus actividades

diarias, tal como sucede con las abejas nodrizas y el cuidado de las larvas.

En cuanto al néctar, este proporciona el 80% de los requerimientos de azúcar de los polinizadores, siendo su principal fuente de energía. Un ejemplo de las preferencias florales según el néctar, sería el caso de las abejas de la miel, las que suelen forrajear sobre plantas con un contenido balanceado en azúcares (Ricou et al., 2014).

Por otra parte, en cuanto a los efectos que desencadenan los polinizadores sobre las plantas, varios estudios señalan que la producción de semillas y frutos se ve incrementada con la presencia de estos organismos, esto ocurre debido a la presencia de correlación positiva entre su diversidad y la deposición de polen, como también por una serie de factores como la dinámica poblacional de las especies, la distancia entre parches florales, su eficiencia polinizadora, la disponibilidad de recursos o las técnicas de manejo utilizadas (Hoehn et al., 2008; Mensah y Kudom, 2011; Greenleaf y Kremen, 2006; Chautá-Mellizo et al., 2012; Colteaux et al., 2013; De Melo e Silva Neto et al., 2013; Mallinger y Gratton, 2015; Russo et al., 2015; Vergara y Badano, 2009).

2.5.2. La importancia de las abejas

La apicultura es una actividad silvoagropecuaria con impacto positivo al ambiente y a la cadena alimentaria gracias a la polinización que realizan las abejas cuando recolectan su alimento desde las flores. ¿Cómo garantizarle a la población la disponibilidad de alimentos en el mediano y largo plazo?

Dentro de los agro ecosistemas, los insectos juegan un papel crucial como polinizadores, en este contexto, las abejas se destacan como los principales contribuyentes en esta función (FIA, 2016). Su importancia tanto económica como ecológica en estos ecosistemas es importante, especialmente en el escenario de una agricultura cada vez más moderna e intensiva. Una gran proporción de los alimentos que consumimos en la actualidad y que se comercializan a gran escala dependen, de manera directa o indirecta, de la polinización llevada a cabo por las abejas. Por ejemplo, se estima que la contribución de los insectos polinizadores a la producción agrícola equivale a aproximadamente 190.000 millones de dólares anuales en todo el mundo. Las abejas, que representan alrededor del 20% de las 100,000 especies de insectos incluidas en la clase Insecta y el orden Hymenoptera, desempeñan un papel vital en la reproducción de las plantas y en la cadena alimentaria, donde tres cuartas partes de los cultivos lo hacen parcialmente y un tercio de la producción agrícola tiene una relación directa (Figura 4) Dependiendo de las flores para su subsistencia, estas especies son esenciales para muchas plantas que, a su vez, son fundamentales en la alimentación humana (Carpana 2004).

<p>Sin dependencia. El rendimiento no se ve afectado por los polinizadores</p>	<ul style="list-style-type: none">  Cereales: harina, maíz, arroz, sorgo, cebada, centeno, mijo, avena.  Raíces y Tubérculos: yuca, papas, camote, zanahorias.  Legumbres, incluidas las lentejas, arvejas, garbanzos.  Frutas y Verduras, incluidos los plátanos, piñas, uvas, lechuga, pimientos.  Cultivos de azúcar: caña de azúcar y remolacha azucarera.
<p>Poca dependencia. reducción del rendimiento del 0% al 10% sin polinizadores</p>	<ul style="list-style-type: none">  Frutas y Verduras, incluidas naranjas, tomates, limones, limas, papayas.  Oleaginosas, incluido la palma, semillas de amapola, linaza y cártamo.  Legumbres, incluidas los porotos, guisantes, guandúes.  Cacahuates
<p>Dependencia moderada reducción del rendimiento del 10% al 40% sin polinizadores</p>	<ul style="list-style-type: none">  Oleaginosas, incluido las semillas de maravilla, colza, sésamo y mostaza. Soya Frutas incluidas frutillas, pasas, higos, bayas, berenjena.  Cocos y okra  Granos de café
<p>Dependencia Alta reducción del rendimiento del 40% al 90% sin polinizadores</p>	<ul style="list-style-type: none">  Frutas, incluida las manzanas, arándanos, cerezas, mangos, duraznos, ciruelas, peras, frambuesas  Frutos secos, incluidas las almendras, anacardos, nueces.  Paltas.
<p>Esenciales reducción del rendimiento mayor al 90% sin polinizadores</p>	<ul style="list-style-type: none">  Frutas, incluido los kiwis, melones, zapallos, sandías.  Cacao en granos  Nueces

Figura 4: Como dependen los alimentos de los insectos polinizadores. Fuente: Elaboración propia, recuperado de Marcelo Aizen et al. (2019)

De las 100 especies de plantas que constituyen el 90% de los suministros alimentarios en 146 países, 71 dependen de la polinización realizada por las abejas. Además, el 80% de las especies de plantas silvestres son fecundadas por insectos. La polinización es un eslabón clave en la cadena alimentaria, ya que sin abejas no hay polinización, sin polinización no hay semillas, y sin semillas no hay frutos ni rendimientos de los cultivos que dependen de la polinización por insectos para su producción. Esta cadena trófica interconectada es vital para la supervivencia de muchas especies de plantas y animales, y su interrupción tendría graves consecuencias en la seguridad alimentaria, incluyendo la afectación del ciclo del agua, el aumento del hambre y la desertificación en las zonas agrícolas (Yangari 2008).

Las abejas desempeñan un papel crucial en la polinización de una variedad de especies vegetales, incluyendo almendros, cerezos, ciruelos europeos y japoneses, kiwis, manzanos, paltos, peras asiáticas y europeas, así como una serie de cultivos como arándanos, frambuesas, melones, sandías, zapallos, flores y hortalizas de semillero (De la Cuadra, 2010).

Según este autor, la demanda de servicios de polinización abarca un total de 125,605 hectáreas, que incluyen cultivos de frutas, hortalizas y semilleros. Se estima que se requieren aproximadamente 1,007,280 colmenas para satisfacer esta demanda, como se muestra en la Tabla (Fig.5). La contribución de las abejas en estos procesos agrícolas es fundamental para garantizar la producción exitosa de estos cultivos.

Especie	Superficie Total (ha)	Colmenas / ha	Total colmenas
Almendro	6.200	10	62.000
Arándano	1.360	6	8.160
Cerezo	7.200	8	57.600
Ciruelo europeo	5.975	8	47.800
Ciruelo japonés	8.485	10	84.850
Frambuesa	4.530	6	27.180
Kiwi	6.640	10	66.400
Manzano	36.095	6	216.570
Melón	3.600	6	21.600
Palto	24.000	10	240.000
Peral	7.920	6	47.520
Sandía	4.600	6	27.600
Semilleros	10.000	10	100.000
Total	126.605		1.007.280

Figura 5: Demanda potencial de servicios de polinización estimada para el año 2010. Fuente: Elaboración propia en base De la Cuadra (2010)

Como se mencionó anteriormente, la apicultura tiene una estrecha relación con la seguridad alimentaria desde distintas perspectivas. En primer lugar, las abejas ejercen un papel biológico importante al garantizar la polinización de cultivo entomófilos, contribuyendo a la calidad y rendimiento de los cultivos (Inia, 2019).

Además, su existencia en los ecosistemas impacta de manera positiva en la biodiversidad y el equilibrio hídrico, factores que favorecen a los cultivos alimentarios, los cuales forman parte de la cadena trófica del ser humano, trayendo variedad en alimentos. Otro aspecto relevante de la apicultura en relación con la seguridad alimentaria, radica en la elaboración de alimentos directos que se producen gracias a las abejas, como son la miel y la jalea real, los cuales podrían revertir problemas de hambruna, sin embargo, estos deben cumplir con estándares de inocuidad necesarios para el consumo humano. Por tal razón, la apicultura ejerce un papel fundamental en la garantía de alimentos saludables para la preservación de la cadena alimentaria.

En conclusión, es necesario suscitar una conciencia global sobre la importante labor de las abejas en la preservación ecológica del planeta. A pesar de ser insertos ampliamente conocidos, se suele subestimar el valor crítico de su existencia y la amenaza que enfrentan. Es primordial reconocer la importancia vital de las abejas y su irremplazable contribución a la supervivencia humana. La protección de las abejas y otros polinizadores surge como un pilar fundamental para un cambio necesario en los sistemas agroecológicos y el impulso de la agricultura sostenible. La salud de nuestros ecosistemas y la seguridad alimentaria de nuestra especie están vinculadas de manera intrínseca en cuanto a la conservación de estos valiosos insectos. Desde el diseño, adoptar estrategias que fomenten la conciencia y la acción colectiva, son importantes para garantizar un futuro sostenible para las abejas, y de manera transversal, para garantizar la vida en nuestro planeta.

2.5.3. Abejas *Apis mellifera* L

Las abejas (*Apis Mellífera*) son insectos sociales los cuales forman comunidades organizadas, conocidas como colmenas. El tamaño de una colmena puede variar, llegando incluso hasta 40,000 abejas, dependiendo de la temporada del año y las condiciones del apiario (Miranda y Miranda, 2015).

Dentro de una colmena conviven tres tipos de abejas, cada una con labores fundamentales para el correcto funcionamiento del enjambre:

Abejas Reina: Cada colmena cuenta con una abeja de este tipo, que se distingue por su tamaño en comparación con las demás abejas de la colonia. Se caracteriza por tener un abdomen alargado y con alas cortas, su morfología está adaptada para ser la única hembra fértil que coloca huevos fecundados (Fig. 6), que dan origen a obreras infértiles y pone huevos no fecundados que dan origen a zánganos fértiles, este mecanismo se conoce como Partenogénesis (Miranda y Miranda, 2015).



Figura 6: Morfología abeja reina mellifera.
Fuente: <https://coronaapicultura.blogspot.com/2016/12/vida-de-apis-mellifera.html>

Abejas obreras: Estas constituyen el grupo más numeroso de la colonia, las que van entre 20,000 y 60,000 de estos insectos en una colmena (Miranda y Miranda, 2015). Estas abejas ejercen variadas funciones, como son la recolección de alimentos, producción de jalea real, construcción de panales, cuidado de las larvas y la abeja reina,

así como también la limpieza general de la colmena (Duttman et al., 2013). Las obreras visitan un considerable número de flores, moviéndose en un radio de 3 kilómetros alrededor de sus colmenas. Su velocidad media durante el vuelo de 30-40 km/hr., realizando hasta 40 vuelos diarios y visitando un aproximado de 400 flores de la misma especie en cada uno de ellos (Ros, 2009)(Fig. 7).



Figura 7: Morfología abeja obrera mellifera. Fuente: <https://coronaapicultura.blogspot.com/2016/12/vida-de-apis-mellifera.html>

Zánganos: presentes en cada colmena, representan una cantidad aproximada de 1000 individuos, los cuales desempeñan un papel distintivo en el ecosistema de la colmena (Fig. 8). Estos insectos nacen a partir de los huevos no fecundados de la reina y tienen una vida acotada, limitada a la primavera y el verano. Su labor principal consiste en la fecundación de la abeja reina y proveer calor al núcleo de la colmena donde residen los huevos (Miranda y Miranda, 2015).



Figura 8: Morfología zángano. Fuente: <https://coronaapicultura.blogspot.com/2016/12/vida-de-apis-mellifera.html>

2.5.4. Ciclo de vida - Metamorfosis

La abeja es un insecto de metamorfosis completa, con un ciclo de vida que se compone de cuatro etapas: huevo (3 días), larva (variación entre las castas, pupa (o ninfa) en condición operculada y edad adulta (INIA, 2017) (Fig. 9):

Fases sucesivas de la evolución	Reina	Zángano	Obrera
	Tiempo de días		
Huevo	3	3	3
Nutrición de la larva	5	6.5	6
Hilado del capullo	1	1.5	2
Período de reposo	2	3	2
Período de pupa	4	10	8
Total	15	24	21
Operculado de la celda	8	9.5	9
Nacimiento del insecto perfecto	15 a 16	24 a 25	21 a 22

Figura 9: Metamorfosis de la abeja. Fuente: Elaboración propia, en base a INIA, 2017

2.6. APICULTURA EN CHILE

La apicultura en Chile desempeña una función de gran relevancia en el país, no solo en cuanto a la producción de miel y otros productos derivados de las colmenas, sino también por su contribución significativa a través de los servicios de polinización proporcionados por las abejas *Apis Mellífera* (SIPEC, 2019). Estos servicios tienen un impacto positivo en múltiples aspectos, incluyendo el desarrollo de la agricultura, la preservación de la biodiversidad y el sustento de las comunidades rurales involucradas en esta actividad. En Chile, hasta marzo de 2022, se registraron 10.504 apicultores que manejaban un total de 1.404.214 colmenas, lo que equivale a un promedio de 157,4 colmenas por apicultor (Fig. 10). La región del Maule destacó como la región del país con la mayor cantidad de apiarios y colmenas por apicultor, con 2,3 apiarios y 116,3 colmenas respectivamente, según el 4.º Boletín apícola del SAG (SIPEC, 2022).



Figura 10: Apicultores/ras, apiarios y colmenas a nivel nacional por año. Fuente: Servicio Agrícola y Ganadero, Sistema de información pecuaria (SIPEC APÍCOLA, 2022)

La actividad apícola se extiende a lo largo de todo el territorio nacional, destacando la concentración del 99% de los colmenares en las regiones que abarcan desde Coquimbo hasta Los Lagos. Esta actividad apícola abarca la producción de miel, material vivo, servicios de polinización y otros productos de la colmena, tanto para el mercado nacional como el internacional (Odepa, 2022).

De acuerdo con datos del Sistema de Información Pecuaria (SIPEC Apícola) del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), hasta septiembre de 2020 se registraron 8.777 apicultores y apicultoras, lo que representó un aumento del 12,4% en comparación con el año 2019. Este sector se caracteriza por la presencia de pequeños productores que forman parte de la agricultura familiar campesina. Dentro de este grupo, el 21% de los apicultores/as registrados se identifica como exportador, el 4,3% tiene personalidad jurídica, y un 31% corresponde a mujeres apicultoras (ODEPA, 2021).

En ese mismo año, se contabilizó un total de 1.241.504 colmenas distribuidas en 16.973 apiarios en todo el país, con un promedio de 141 colmenas por apicultor/a. Esta cifra aumentó en 23 unidades con respecto al año anterior. Además, se observó un incremento del 37,8% en el número de colmenas trashumantes en comparación con el 2019. En el año 2020, un 62% del total de colmenas declaradas se trasladaron dentro de Chile en busca de zonas con mejores condiciones productivas, debido a los problemas que afecta a la industria (Fig. 11). Para el año 2022, como se mencionó anteriormente, la cifra de apicultores incrementó, llegando a 1.404.214 colmenas distribuidas en 20.150 apiarios (Fig. 12). Esto indica el aumento exponencial del rubro apícola, y la necesidad de adoptar medidas para seguir en crecimiento.

	2016	2017	2018	2019	2020
APICULTORES/AS	3.223	4.657	6.260	7.812	8.777
Exportador (Ramex)	-	-	1.606	1.721	1.809
Mujeres	833	1.333	1.849	2.434	2.737
Hombres	2.390	3.133	4.146	5.045	5.661
Con Personalidad Jurídica	-	191	265	333	379
COLMENAS	664.555	778.914	985.466	920.142	1.241.504
Trashumantes	395.175	162.967	587.996	587.996	763.562
Fijas	269.380	615.947	397.470	332.146	477.942
APIARIOS	6.853	8.851	12.013	12.521	16.973

Fuente: Odepa con Datos Sipec Apícola, SAG.

Figura 11: Caracterización de apicultores/as a nivel nacional, 2016-2020. Fuente: Odepa con datos sipec apícola, SAG, 2020.



Figura 12: Apicultores/ras, apiarios y colmenas a nivel nacional por año. Fuente: Servicio Agrícola y Ganadero, Sistema de información pecuaria (SIPEC APÍCOLA)

En los últimos cinco años, desde el inicio del registro del Sistema de información Pecuaria (SIPEC) Apícola en 2016, se ha observado un incremento en el número de apicultores y apicultoras registrados, con un aumento promedio anual del 29% (ODEPA, 2021). Además, el número de colmenas registradas ha experimentado un aumento promedio anual del 18% durante este período. Este aumento se produjo después de que en 2018 se estableciera como requisito para los apicultores y apicultoras la presentación de una copia del registro SIPEC Apícola para acceder a los programas disponibles en el Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y Agroseguros. Este incentivo ha facilitado la supervisión sanitaria de las abejas y ha asegurado la trazabilidad de los productos apícolas destinados a la exportación, llevada a cabo por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

La gran mayoría de los apicultores y apicultoras registrados en el SIPEC Apícola en 2020 indican que su actividad principal es la producción de miel, con un 97,9% de los registros declarados. Le siguen en importancia la prestación de servicios de polinización (25,7%) y la producción de material vivo (16,2%). Estas tres actividades han destacado como las principales en el sector durante los últimos tres años (FIG. 13).

	2018		2019		2020	
# APICULTORES/RAS	6.260		7.812		8.777	
PRINCIPAL ACTIVIDAD PRODUCTIVA	Registros	%	Registros	%	Registros	%
Miel	6.140	98,1%	7.661	98,1%	8.593	97,9%
Servicios de polinización	1.669	26,7%	2.115	27,1%	2.253	25,7%
Material vivo	1.002	16,0%	1.269	16,2%	1.423	16,2%
Propóleo	388	6,2%	511	6,5%	579	6,6%
Polen	344	5,5%	453	5,8%	511	5,8%
Cera	337	5,4%	423	5,4%	485	5,5%
Jalea real	155	2,5%	211	2,7%	245	2,8%
Apiterapia	96	1,5%	136	1,7%	160	1,8%

Fuente: Odepa con datos Sipec Apícola, SAG.

Figura 13: Actividades de producción apícola declaradas 2018-2020. Fuente: Odepa con datos sipec apícola, Sag, 2020.

2.6.1. EXPORTACIONES CHILENAS

En el año 2020, el valor total de los productos de exportación de la colmena ascendió a USD 6,53 millones, lo que representó una disminución del 50,2% en comparación con el año anterior (INIA, 2020). La mayoría de estas exportaciones, con un 94,4%, correspondieron a mieles naturales y orgánicas, mientras que el 5,6% restante se destinó a la venta de Cera de Abejas, utilizada principalmente en la industria cosmética, y Material Vivo, que incluye abejas reinas y paquetes de abejas para la producción de miel y otros productos en países del hemisferio norte después del invierno.

Las exportaciones totales de miel natural y orgánica realizadas por Chile en 2020 alcanzaron un total de 2 mil toneladas, con un valor de USD 6,17 millones (Fig. 14), lo que representó reducciones significativas del 53% en valor y del 51% en volumen en comparación con el año anterior. Dentro de este volumen, aproximadamente el 11% correspondió a mieles certificadas como orgánicas, las cuales tuvieron un valor exportado de USD 800 mil, experimentando un aumento del 32% en su valor en comparación con el año 2019 (ODEPA, 2021).

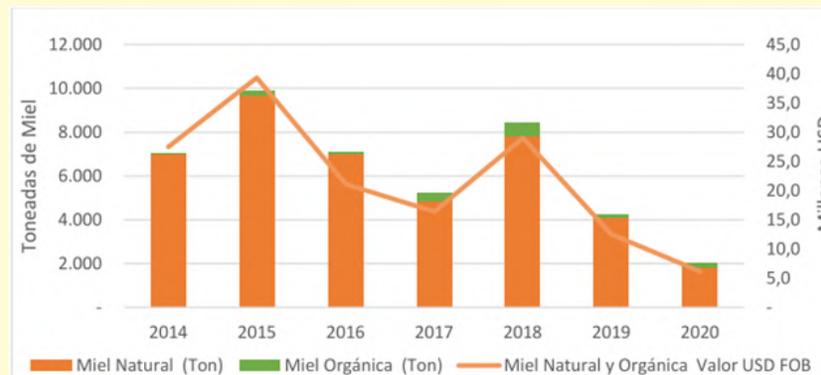


Figura 14: Gráfico Valor de las exportaciones de Miel Natural y Orgánica, 2020. Fuente: Odepa con datos del servicio nacional de aduanas, 2020.

En los últimos dos años, se ha observado una disminución constante en las exportaciones de miel, con una tasa de reducción del 50% anual. Esta tendencia se ha atribuido, en parte, a los bajos precios internacionales de la miel que se mantienen desde 2019 (Red Apícola Nacional y Chile Miel, 2021). Esta situación ha llevado a que se

priorice el mercado interno, ya que los consumidores nacionales han aumentado su consumo y reconocimiento de las propiedades medicinales y nutricionales de la miel.

Además de los factores relacionados con los precios y la demanda, otros elementos han contribuido a esta disminución en las exportaciones. Las restricciones provocadas por la pandemia de Covid-19 han tenido un impacto significativo, al igual que la disminución en la floración de los recursos melíferos debido a los efectos del cambio climático y la sequía. Estos factores han resultado en una reducción notable en la productividad promedio por colmena, disminuyendo de aproximadamente 50 kilos a 30-25 kilos a nivel nacional al comparar los años 2010 y 2020 (Federación Red Apícola Nacional, 2021).

2.6.2. MERCADO DE LA MIEL

De acuerdo con la Norma para la Miel del CODEX Alimentario (1994), se entiende por miel la sustancia dulce natural producida por abejas obreras a partir del néctar de las flores o de secreciones de partes vivas de plantas o de excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de plantas, que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, y almacenan y dejan en el panal para que madure y añeje.

La miel natural es el producto principal de las colmenas que se comercializa ampliamente. Sus cualidades, como su alto valor nutricional, capacidad antioxidante, propiedades microbiológicas y efectos cicatrizantes, la convierten en un atractivo especial para la industria alimentaria y farmacéutica.

En términos de producción, Chile produce un promedio de 7 a 10 mil toneladas de miel por temporada, de las cuales aproximadamente el 70% se destina a la exportación, mientras que el resto abastece el mercado local, según datos de ODEPA en 2015. Además, la producción promedio de miel por colmena se sitúa en 23,4 kilos, de acuerdo con la Red Apícola Nacional F.G. en 2018.

En el año 2019, la producción global de miel totalizó 1,85 millones de toneladas, lo que representó una ligera disminución del 1,6% en comparación con el año anterior (FAOSTAT, 2021). Asia lidera la producción de miel, contribuyendo con el 44,6% de las toneladas producidas en 2019, destacándose China como el principal productor con una cuarta parte de la producción mundial (25,8%). Le siguen en la lista Turquía con un 6,4%, Canadá (4,7%), Argentina (4,6%), Irán (4,4%) y Estados Unidos (4,1%). Chile se ubica en el puesto 29 entre los productores globales de miel, con una producción anual de 11,6 mil toneladas en 2019, lo que equivale al 0,68% del total mundial, según datos publicados en la base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT, 2021) (Fig. 15).

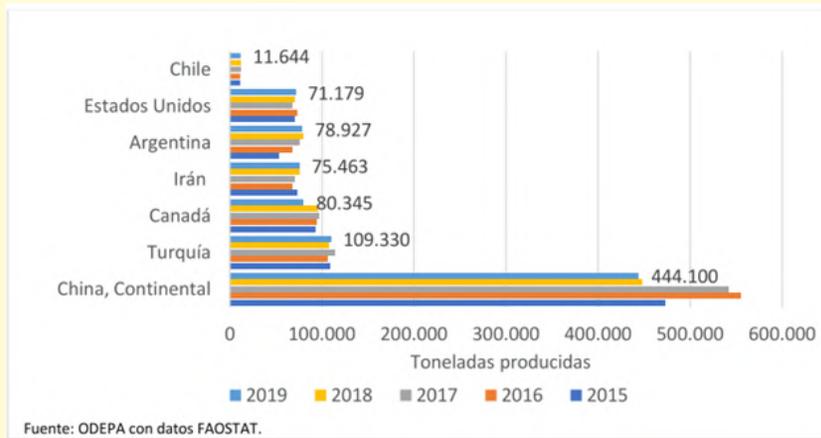


Figura 15: Producción en toneladas de los principales productores de miel natural y Chile, 2015-2019.

En conclusión, esta tendencia en crecimiento del rubro apícola, hace importante la necesidad de enfocarse en la apicultura local y sostenible, como una medida crucial para conservar la biodiversidad y garantizar la seguridad alimentaria. La apicultura desempeña un papel importante en este equilibrio, debido a su función medioambiental. Las abejas son agentes importantes en la agricultura, para preservar los cultivos y la variabilidad de las cosechas, contribuyendo significativamente a la producción de alimentos a nivel global. La cadena trófica interconectada que involucra a las abejas, las plantas y los seres humanos es vital para la seguridad alimentaria y la biodiversidad. Sin abejas, este ciclo se ve afectado, lo que tiene graves consecuencias, como la afectación del ciclo del agua, el aumento del hambre y la desertificación en las zonas agrícolas.

La salud de nuestros ecosistemas y la seguridad alimentaria de nuestra especie están intrínsecamente vinculadas a la preservación de estos valiosos insectos, por lo que es tarea de todos tomar acciones en pro de ayudarlos.

2.7. TRASHUMANCIA APÍCOLA

La trashumancia apícola es una práctica común en la apicultura, el cual consiste en el desplazamiento planificado de colmenas de abejas de un lugar a otro a lo largo del año, con el objetivo de aprovechar diferentes fuentes de néctar y polen disponibles en distintas ubicaciones geográficas y épocas del año. Esta práctica se lleva a cabo para maximizar la producción de miel y otros productos de la colmena, así como para beneficiar la salud y la nutrición de las abejas (Cortés Conde, 2015).

Cada vez resulta más desafiante para los apicultores asegurar una oferta floral adecuada y mejorar la nutrición de sus colmenas. La intensa deforestación, los devastadores incendios forestales y las prolongadas sequías debido al cambio climático, han dejado a las abejas en una situación de hambre y con sistemas inmunológicos debilitados con frecuencia.

Las abejas dependen en su totalidad de una floración constante y diversa para su alimentación, desde la primavera hasta el otoño. Sin embargo, la escasez de polen, néctar y propóleos se convierte en una realidad cuando la cantidad de colmenas es excesiva y las condiciones ambientales no son las más favorables (INIA, 2020). Por lo general, los apicultores trasladan sus colmenas a extensas plantaciones de monocultivo. En estos lugares, las abejas pasan un tiempo polinizando, disfrutando de néctar y polen en abundancia. Sin embargo, la floración es efímera y, una vez que se agota, las

colmenas deben ser trasladadas nuevamente.

El proceso de mover colmenas de un lugar a otro implica una logística considerable y la utilización de transporte eficiente, lo que a su vez se traduce en un mayor consumo de recursos energéticos para proteger a las colmenas. Esta operación requiere la coordinación de numerosos factores, como son el uso de transportes de carga, dado que se está moviendo un gran volumen de toneladas de peso y seres vivos (Fig. 16-17).

Cabe señalar que la apicultura trashumante no es una práctica que nace de forma natural, más bien, es una técnica que se aplica cuando la gestión de las abejas se vuelve intensiva, y se descubre una falta de continuidad en la disponibilidad de buena floración apícola.



Figura 16: Montaje y desmontaje de colmenas por trashumacia. Fuente Gallego, 2017



Figura 17: Ubicación de colmenas en monocultivos por trashumacia. Fuente Gallego, 2017

Según el registro apícola (2022), cerca de un 78% de las colmenas totales realizan trashumancia a nivel nacional, de acuerdo a lo declarado por apicultores, donde se registró un aumento en el total de colmenas que realizan trashumancia por sobre las colmenas que permanecen en un mismo predio durante el año, las que se extienden desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos (Fig. 18).

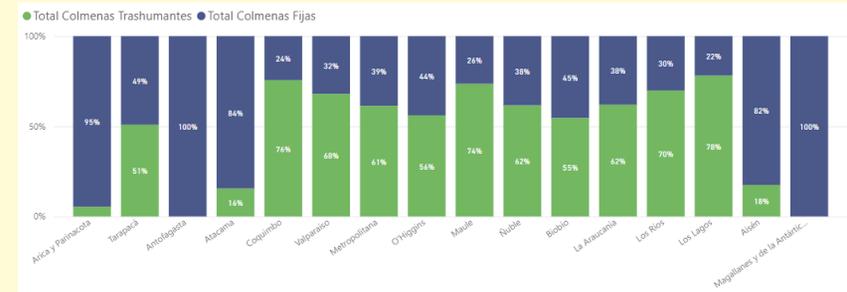


Figura 18: Porcentaje de colmenas fijas y trashumantes por región, año 2022. Fuente: Servicio Agrícola y ganadero, Sistema de información pecuaria (SIPEC APÍCOLA)

Estos movimientos de colmenas deben regirse bajo la normativa apícola 21.489 de promoción, protección y fomento de la actividad apícola (SAG 2023), en el artículo 14 se establece: “Con el objeto de proteger y promover el desarrollo sustentable de la actividad apícola, así como de resguardar la sanidad y el bienestar de las abejas, toda persona que movilice colmenas o efectúe trashumancia en el territorio nacional, deberá contar con un sistema actualizado y permanente de control interno, en el cual deberá dejar constancia de todo movimiento o trashumancia que realice”.

Este sistema deberá estar disponible cuando la autoridad competente lo requiera. Por resolución del SAG, se estableció los requisitos que debe contener el sistema de control interno.

Asimismo, considerando los objetivos señalados en el inciso precedente, el Ministerio de Agricultura estableció las condiciones necesarias para regular la trashumancia.

Dichas condiciones se determinan en función de las siguientes materias:

- 1) Distanciamiento entre apiarios, en función de la categoría de la actividad apícola que se desarrolle;
- 2) Medidas sanitarias dispuestas por la autoridad en conformidad con el artículo 10 de la presente ley;
- 3) Protección de la producción apícola orgánica;
- 4) Resguardo de zonas de desarrollo y selección genética apícola, y
- 5) Carga apícola en aquellas localidades o zonas determinadas para las que hubiere estudios técnicos sustentados con evidencia científica.

Según Martínez, (2006), en el libro “Principales enfermedades de las abejas”, se subraya que “mejorar los métodos de cría y la explotación industrial de las abejas no resulta en una mayor efectividad para su salud, por el contrario, se observa un aumento en la frecuencia y gravedad de las enfermedades”.

Se sabe que una especie enferma no es productiva para su dueño, lo que implica mayor esfuerzo, mayores gastos y, si no es abordada a tiempo, puede traducirse en más especies enfermas debido al contagio. Si se trata de especies trashumantes, como las abejas en este caso, la situación se vuelve más seria, ya que este insecto se convierte en un portador ambulante de enfermedades, lo cual es inaceptable para su propia especie, como también para otros apicultores que mantienen una correcta salud de sus colmenas.

El hecho de compartir ubicaciones, el intercambio de abejas, zánganos e incluso enjambres completos, como sucede en actividades como la trashumancia año tras año, aumenta significativamente los riesgos de contagios y contracción de enfermedades (Gallego, 2008).

El estrés causado por la masificación y la intensificación de los métodos de explotación son factores adicionales, que, aunque en paralelo con la actividad de trashumancia, también contribuyen a la problemática de la generación de enfermedades.

3. DESARROLLO DE PROBLEMÁTICA

3.1. ÁCARO VARROA EN LA APICULTURA

La varroosis es una afección parasitaria externa que afecta a las abejas melíferas y es causada por el ácaro *V. destructor* (OIE, 2015). Este parásito ataca principalmente a larvas de abeja, pero eventualmente puede parasitar a las abejas adultas, utilizando a estas últimas como medio de transporte dentro y fuera de la colmena para propagarse a otras colmenas (Tapia, 2010)(Fig. 19).



Figura 19: Acaro Varroa. Fuente: Instituto de investigaciones agropecuarias, 2019

Son varios los factores que aumentan el riesgo de propagación de este parásito, algunos de los cuales se incluye la manipulación inapropiada por parte del apicultor, **una salud debilitada de las abejas, la trashumancia no controlada de las colmenas**, la transferencia de productos y materiales apícolas contaminados, y el retraso en la detección de la enfermedad (Cánovas, 2006; OIE, 2015). Además, también es común que ocurran contagios durante la enjambrazón, es decir, cuando las abejas deciden fundar otro hogar y en el forraje o pecoreo (Rosenkranz et al., 2010)(Fig.20). Este ácaro es la principal causa de pérdidas económicas y de producción en la apicultura, no solo debido a los bajos rendimientos de miel, sino también a las altas tasas de mortalidad que provoca en las colmenas si no se controla adecuadamente (Buzzato et al., 2009).

Según Rosenkranz et al. (2010), en **ausencia de tratamientos periódicos**, la mayoría de las colonias de abejas melíferas en climas templados colapsarían en un período de 2-3 años. Sin embargo, el uso regular de tratamientos químicos sintéticos conlleva costos adicionales para los apicultores y aumenta el riesgo de residuos químicos en los productos apícolas.



Figura 20: Contagio de abeja con acaro Varroa D. Fuente: Instituto de investigaciones agropecuarias, 2019

El ectoparásito *V. destructor* puede tener un impacto negativo en la polinización, ya que su presencia reduce la vitalidad y el tamaño de las poblaciones de colmenas, lo que a su vez disminuye la eficacia de las abejas en la polinización de cultivos (Fraunhofer Chile Research, 2016). Actualmente, las abejas melíferas son los polinizadores más utilizados a nivel mundial debido a su capacidad para polinizar una amplia gama de cultivos con alta eficiencia (Isaacs et al., 2017; Garibaldi et al., 2013). Además, la superficie de cultivo que depende completamente de la polinización ha aumentado más rápidamente que la población de abejas *A. mellifera* en todo el mundo, lo que plantea la preocupación de una posible escasez de abejas disponibles para la polinización, lo que podría afectar la producción de frutas, verduras y semillas necesarias para la población global (Aizen et al., 2009).

3.2. ORIGEN DE LA VARROASIS

Varroa Destructor es un ácaro que se convirtió en parásito de las abejas melífera cuando esta especie fue introducida en Asia con el objetivo de mejorar los rendimientos apícolas (Cánovas, 2006). Hasta el año 2000, se asumió que Varroa jacobsoni era el ácaro responsable de los síntomas clínicos de la "Varroasis" en la abeja Apis melífera, pero estudios moleculares indicaron que la especie causante era V. destructor (OIE, 2008; Gebauer, 2009). Varroa se registró en Argentina en 1976 (Montiel & Piola, 1976), luego en 1978 en Uruguay (Invernizzi et al., 2011). Tres años más tarde ocurrió la introducción del ácaro desde Paraguay a Brasil (De Jong et al., 1982) y, recién luego de la década de 1990, se registró en Chile y Venezuela (Principal et al., 1991; Casanova & Perruolo, 1992). En América del Sur, la presencia de Varroa está directamente vinculada a la pérdida de colonias de abejas, donde los países más afectados son Argentina, Chile y Uruguay (Maggi et al., 2013; 2016; Antúnez et al., 2015). En estos países, las grandes pérdidas se registraron en áreas con climas fríos y templados, especialmente entre las abejas Apis Melífera. Los estudios sobre la prevalencia de Varroa en Chile, Uruguay y Argentina señalan que, en 2013, más del 70 % de las colmenas estaban afectadas (Maggi et al., 2016). El ácaro V. destructor afecta a las tres generaciones de abejas melíferas, parasitando tanto a las crías como a las especies adultas, mostrando una especial preferencia por las larvas de zánganos (OIE, 2008). Se sabe que el ciclo del mismo puede dividirse en dos fases, una forética en la que el ácaro solo usa a una abeja adulta como huésped de transporte y otra reproductiva que ocurre cuando la Varroa entra a una celda con larvas de abeja y pone sus huevos (Fig. 21).

Las larvas y pupas en desarrollo son las etapas más sensibles del hospedero. La pérdida de hemolinfa durante su desarrollo dentro de la celdilla disminuye significativamente el peso de la abeja parasitada (Rosenkranz et al., 2010). En el caso de las abejas adultas, la hembra del parásito penetra la membrana de las placas abdominales (OIE, 2008), succionando la hemolinfa, lo que debilita a las abejas y las hace más susceptibles a plaguicidas y enfermedades, ya que actúa como vector de microorganismos (Salamanca et al., 2012).

Las abejas obreras que fueron parasitadas durante su desarrollo comienzan antes con la búsqueda de alimento y tienen una vida reducida. Además, muestran una capacidad disminuida de aprendizaje no asociado, ausencias prolongadas de la colonia y una menor tasa de retorno a la colonia (Rosenkranz et al., 2010).

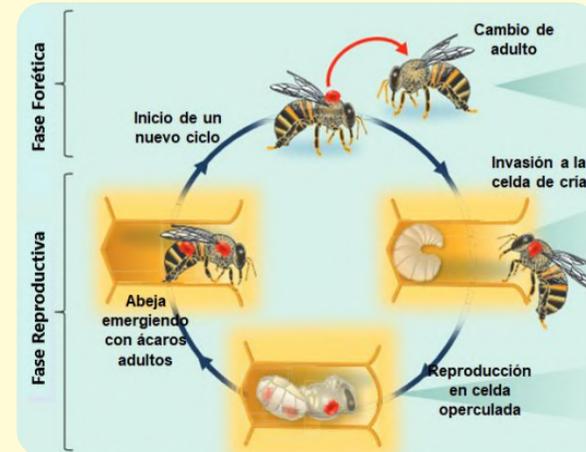


Figura 21: Ciclo simplificado de Varroa Destructor. Etapa forética y reproductiva, junto al desarrollo de Apis Mellífera Fuente: Modificado de Nazzi & Le conte (2016).

Un descubrimiento significativo realizado por Häußermann, et. al, (2019), reveló que las hembras de *V. destructor* no necesitan abandonar la celda para aparearse y completar su ciclo de reproducción (Fig. 22). En cambio, un huevo sin fertilizar que es depositado en la celda puede aparearse con su descendencia masculina. Este hallazgo confirma que las hembras de *V. destructor* son capaces de reproducirse de manera partenogénica (Salamanca et al., 2012).

Este análisis subraya aún más la necesidad de encontrar tratamientos que controlen eficazmente a este parásito en todas sus etapas de desarrollo.

3.3. SIGNOS DE INFESTACIÓN

Los signos clínicos de la infestación por este parásito pueden observarse de manera directa en las larvas y en el abdomen de las abejas adultas (Tapia, 2010). Cuando las tasas de infestación son bajas, no se presentan síntomas clínicos visibles, lo que a menudo hace que la infestación pase desapercibida. Con tasas bajas o moderadas de infestación, es posible que no se encuentren síntomas clínicos, aunque esto puede reducir el crecimiento de la población de abejas melíferas y, en consecuencia, disminuir el rendimiento de la producción de miel. No obstante, es importante destacar que hay una delgada línea para que el daño producido sea irreversible, especialmente si la población de ácaros continúa aumentando durante el otoño mientras la población de hospedadores disminuye (Rosenkranz et al., 2010).



Figura 22: Varroa D. sobre abdomen de abeja antes de terminar su ciclo. Fuente: Rosenkranz et al., 2010.

El número de ácaros en una colmena tiende a aumentar gradualmente a medida que las temperaturas se elevan y coincide con un aumento en la actividad reproductiva y el crecimiento de la población de abejas. En las colonias de abejas fuertemente infestadas, los primeros signos clínicos de la varroosis generalmente se hacen evidentes cuando las temperaturas comienzan a descender, coincidiendo con la disminución de las crías (OIE, 2008). En niveles más altos de infestación, las abejas pueden presentar alas deformes o incluso pueden estar completamente desprovistas de alas (Tapia, 2010).

El contexto de la parasitosis se complica aún más debido al cambio climático y sus efectos secundarios en las colmenas. Este proceso se desencadena con estaciones cálidas más prolongadas, seguidas por períodos más extensos para el desarrollo de las larvas en las celdas y un mayor tiempo dedicado por las abejas a la búsqueda de alimento. Estos factores propician el cierre de más ciclos de reproducción de *V. destructor* y, como consecuencia, el aumento en la población de este ácaro (Le Conte, Ellis y Ritter, 2010).

3.4. DIAGNOSTICO DE VARROA DESTRUCTOR

Los síntomas que revelan la presencia de estos parásitos en las crías son: celdillas vacías, falta de vitalidad y muerte en las crías. En el caso de las abejas adultas, existe una alteración en el desarrollo y malformación de las alas (Fig. 23) (Andrade, 2019).

Según Vallejos (2021), señala que es recomendable que los apicultores comprueben si existe presencia de *Varroa Destructor* en las colonias antes de realizar cualquier tratamiento, de lo contrario, los compuestos aplicados pueden generar resistencia a futuro.

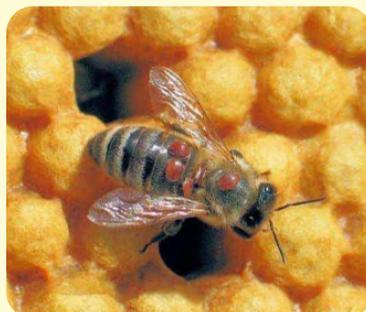


Figura 23: *Apis Mellifera* sobre colmena infectada con *Varroa D.* Fuente: Rosenkranz et al., 2010.

Para detectar la presencia de *Varroa* en las colmenas, es importante realizar inspecciones periódicas y preventivas tanto en las abejas adultas como en las celdas de crías, al menos 3 veces por año, previo a la invernada, al terminar el invierno o comienzo de la primavera y posterior a la cosecha de miel (Vallejos, 2021). Para las abejas adultas, esta inspección debe centrarse en la parte superior del tórax y del abdomen. Para las crías, se recomienda agitar el marco sobre una superficie de papel blanco para identificar cuántos ácaros caen por un número específico de celdas. Como medida preventiva, es fundamental mantener las colmenas fuertes tanto desde el punto de vista sanitario como alimenticio. Es recomendable evitar unir colmenas nuevas con antiguas, a menos que exista una certeza de la salud de estas. El apicultor puede corroborar la presencia de *Varroa* para saber el nivel de infestación a través de métodos simples que permitan reconocer si la tasa de infestación es mayor al 3%, ya que por sobre este valor, se deben tomar medidas (SAG, 2018).

TIPOS DE DIAGNÓSTICOS

A continuación se describen los métodos utilizados para la detección de *Varroa*, según el boletín Apícola Nacional (SAG, 2018): El primer método descrito es el llamado “doble tamiz”, en este se realiza un lavado de abejas para evaluar la presencia de *Varroa*. Se selecciona una muestra del 10% del apiario, con un mínimo de 5 colmenas, logrando una eficacia del 99%. Se procede a etiquetar los recipientes plásticos según el número de colmenas muestreadas (Fig. 24). Luego, se añade alcohol de 95% a los recipientes para sacrificar las abejas y facilitar el conteo de *Varroa*. Posteriormente, se depositan las abejas recolectadas en los recipientes con alcohol,

agitándolos para impregnar a las abejas. Este recipiente se vacía en el doble tamiz, seguido se realiza el lavado de las abejas con agua a presión, para finalmente realizar el conteo de varroa que quedaron después del lavado.



Figura 24: Toma de muestra del SAG para la diagnóstico de Varroa D. Fuente: elaboración propia.

El **segundo método** de diagnóstico para determinar el porcentaje de Varroa es el de azúcar flor, usado generalmente en épocas de invernada (Fig. 25). Una de las ventajas de este diagnóstico es impedir la matanza de las abejas durante el análisis, en comparación como el método anterior, sin embargo, no determina el número exacto de abejas que se recolectan, por lo que se realiza una estimación del número.

Para el procedimiento, se usa un frasco graduado, de preferencia de la cámara de crías o donde las abejas están naciendo. Las abejas se introducen suavemente en el frasco, por medio de un movimiento vertical descendente, alcanzando unos 100 ml del frasco. Luego, se transfieren a un frasco con una malla en la tapa y así mezclarlas con azúcar flor. Se aplican dos cucharadas de azúcar y se agita suavemente, para asegurar que se impregnen en las abejas. Después se voltea el frasco sobre una superficie blanca para que caigan tanto el azúcar como la Varroa.

Al realizar el monitoreo, se observa la Varroa en la muestra, sin embargo, las que caen representan solo el 70% del total. Finalmente, las abejas se devuelven a sus colmenas sin sufrir ningún daño, y entre ellas mismas se limpian.



Figura 25: Diagnóstico de Varroa por medio de técnica azúcar flor. Fuente: elaboración propia.

3.5. TRATAMIENTOS

En la actualidad, no se dispone de productos biológicos ni vacunas para el control de *V. destructor*, el ácaro parásito de las abejas melíferas (OIE, 2008). Por lo tanto, el enfoque principal para combatir esta plaga se basa en el uso de productos químicos sintéticos, en su mayoría acaricidas e insecticidas. A pesar de que estos productos han demostrado ser efectivos, su uso inadecuado y repetitivo ha llevado al desarrollo de poblaciones resistentes del ácaro (FIA, 2009).



Figura 26: Amitraz, Tiras plástica de liberación lenta.
Fuente: Mundo apícola,

A nivel global, se requieren tratamientos anuales para prevenir el colapso de las colonias, pero la cantidad de acaricidas efectivos es limitada, y no se han introducido nuevos compuestos activos en los últimos 25 años (Ziegelmann et al., 2018). En el año 2018, se registró Apitraz, un producto que contiene como principio activo el Amitraz (Fig. 26). Por otra parte, la flumetrina, otro compuesto usado para mitigar la infestación por *V. destructor*, es un acaricida sintético que actúa generando una sobreexcitación en el sistema nervioso del ácaro. Específicamente, se une al canal de sodio dependiente de voltaje que se encuentra en la membrana de las neuronas. La incapacidad de este canal para cerrarse y devolver la neurona a su estado de reposo conduce a la parálisis y posterior muerte del ácaro (German, 2017).

La aplicación sistemática de productos químicos sintéticos, especialmente cuando no se siguen las dosis recomendadas o se

utilizan métodos de tratamiento no profesionales, conlleva el riesgo de **acumular residuos en productos** como la miel, la cera o el polen (FIA, 2009). Por esta razón, se han desarrollado diversas estrategias biotécnicas de control, que incluyen el uso de humos botánicos, tratamientos térmicos, la utilización de panales de cría de zángano y dispositivos de captura de ácaros, con resultados variados (FIA, 2009).



Figura 27: Acido oxálico. Fuente: <https://www.apicola.cl/producto/acido-oxalico-frasco-1-kg/>

Además, se han empleado ácidos orgánicos presentes de forma natural en las colmenas en cantidades

reducidas, como el ácido láctico, el ácido fórmico y el ácido oxálico, para combatir al ácaro (Ibacache, 2004; Maggi et al., 2015). En cuanto a la aplicación del ácido fórmico, este se realiza con temperaturas inferiores a 27° y una humedad menor al 50%. Sin embargo, si esta supera los 23°, se debe diluir a concentraciones menores al 85%, que corresponde a su concentración original (Aldea, 2019).

Cabe destacar que el ácido fórmico en su estado natural es peligroso, por lo que los apicultores deben manipularlo con precaución, utilizando medidas de protección como guantes y máscaras para ácidos y protectores oculares.

Otra alternativa es el ácido oxálico (Fig. 27), este puede aplicarse mediante goteo, tiras, toallas o incluso mediante sublimación. Los especialistas destacan la importancia de medir con precisión la dosis

al aplicar ácido oxálico, ya que la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. establece que la ingesta diaria aceptable de ácido oxálico en humanos es de 0,14 mg/kg. Una posible sobredosis en la colmena podría aumentar las concentraciones de este elemento en la miel, afectando su comercialización (Ibacache, 2004).

Otro tratamiento a considerar es el uso de timol, un aceite esencial con efectos acaricidas e insecticidas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que presenta un fuerte aroma, el cual puede alterar la conducta social de las abejas, induciendo la enjambrazón (escape de abejas con la reina desde la colmena hacia el entorno, lo que implica una pérdida para los apicultores) y/o la eliminación de la reina (donde las nodrizas matan a la reina debido a la pérdida de olor social, eliminando al único individuo reproductivo de la colmena)(Pavez, 2019).

3.6. HONGOS ENTOMOPATOGENOS PARA CONTROL DE VARROA

Un método de control alternativo es el uso de agentes biológicos, una práctica que ha despertado un creciente interés, debido a la preocupación por contar con nuevas formas no contaminantes de control de plagas y, porque se conoce más de biología y la producción controlada de estos organismos entomopatógenos (Tanada y Kaya, 1993; Dorta y Arcas, 1996). Los antecedentes enfocados al uso de hongos entomopatógenos, indican su viabilidad para controlar los ácaros en todas sus fases, incluyendo los huevos, por medio de la aplicación de hongos como *Metarhizium Anisopliae* y *Beauveria Bassiana* (Balsamo) (Chandler et al., 2000).

Pruebas preliminares realizadas por el Centro Tecnológico de Control Biológico del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, han logrado la aislación de *M. Anisopliae* (QUM845), seleccionado por su resistencia térmica y alta capacidad patogénica frente al ácaro *V. destructor* (Rodríguez et al., 2009).

Según Alice Sinia & Ernesto Guzman-Novoa (2018), en su investigación señalan que el hongo *M. anisopliae* puede reducir de manera significativa la infestación por ácaro varroa en colmenas con una tasa de mortalidad por sobre el 70% (Fig. 28).

Para evaluar su eficacia acaricida, se estimó la tasa de mortalidad de ácaros como una fracción del total presunto de ácaros en una colonia, proporcionando una medida precisa que permite comparaciones con otros estudios de varroácidos naturales y sintéticos (Calder-one, Wilson y Spivak, 1997; Emsen, Guzman-Novoa y Kelly, 2007; Imdorf, Bogdanov, Ochoa y Calderone, 1999).

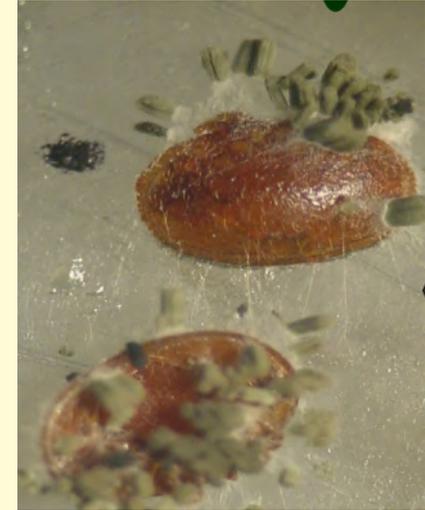


Figura 28: *M. anisopliae* proliferando sobre acaro varroa. Fuente: Alice Sinia & Ernesto Guzman-Novoa (2018)

Entre este y otros estudios de campo está la demostración de que los aislados de hongos sí causaron mortalidad de los ácaros varroa en diversos grados. Por ejemplo, Kanga et al. (2003, 2006) mostró que los tratamientos con *M. anisopliae* redujeron el número de ácaros varroa en abejas adultas en comparación con tratamientos de control y, Rodríguez et al. (2009) encontró que los conidios de *M. anisopliae* esparcidos sobre la cámara de cría de las colmenas provocaron una caída significativa de ácaros. En un estudio más reciente, Pirali-kheirabadi et al. (2013) también encontró que dos de los aislamientos de *M. anisopliae* aumentaron significativamente la caída de ácaros de colonias tratadas en comparación con sus controles. Similarmente, Meikle et al. (2008) encontraron que la caída de ácaros fue significativamente mayor en colonias tratadas con formulaciones de *M. Anisopiliae* a que en las colonias de control.

La conclusión común entre estos y otros estudios de campo es que los aislamientos de hongos causaron mortalidad en los ácaros varroa en diversos grados. La formulación de los hongos como polvo listo para usar con un portador inerte seco, se considera razonablemente más eficaz que las formulaciones líquidas, ya que el polvo se ha demostrado como una de las opciones más efectivas en el manejo de plagas, permitiendo que los insectos **recojan el polvo tratado cuando se aplica en una superficie.**

Por lo tanto, es posible que aumentar el número de esporas disponibles en la colonia asegurando un suministro continuo de formulación mediante modificaciones en la bandeja y/o aumentando la concentración de esporas en la formulación, probablemente resulte en un control más eficaz de los ácaros varroa en las colmenas. .

CAPÍTULO II

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una piquera para colmenas Langstroth, basado en la aplicación de hongos entomopatógenos para el control de *Varroa destructor*, incorporando variables de interacción entre apicultores y colmenas para mejorar la salud de las colonias de abejas melíferas.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **Objetivo Específico 1:** Desarrollar una interacción eficiente entre apicultores y la piquera, mediante la incorporación de atributos ergonómicos, mejorando la usabilidad para la aplicación de hongos.
- **Objetivo Específico 2:** Optimizar la movilidad de las colmenas durante la trashumancia mediante un análisis morfológico, permitiendo una transición eficiente y segura.
- **Objetivo Específico 3:** Integrar un espacio de entrada en la piquera que facilite la impregnación natural de abejas con hongos entomopatógenos, promoviendo una aplicación efectiva.

5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La apicultura en Chile desempeña un papel fundamental tanto en la producción de miel y productos relacionados como en la prestación de servicios esenciales de polinización a nivel nacional. Esta actividad no solo sostiene a numerosas comunidades rurales, sino que también contribuye al desarrollo de la agricultura y a la preservación de la biodiversidad. Sin embargo, esta actividad enfrenta desafíos significativos, de los cuales uno de los más importantes es la enfermedad de varroasis, producida por la infestación por *Varroa destructor*, un ácaro que amenaza la salud de las colonias de abejas en Chile y el resto del mundo.

Este parásito, ha provocado pérdidas económicas considerables en la apicultura, debido al aumento en la mortalidad de las colonias de abejas, a la disminución de la producción de miel, el debilitamiento de colmenas en actividades de trashumancia y la necesidad de tratamientos químicos costosos y potencialmente tóxicos para el control de la enfermedad de varroasis

Desde el diseño industrial, se puede lograr desarrollar una solución novedosa para mitigar la infestación por *Varroa destructor*, mejorando la calidad y el manejo de las colmenas a los apicultores chilenos. Con una solución sostenible y eficaz para controlar la infestación de *Varroa*, se puede reducir el uso de productos químicos y proteger la salud de las abejas. Además, al promover prácticas apícolas más sostenibles y alentar la investigación y la innovación en la apicultura, este proyecto contribuiría al crecimiento continuo de la apicultura en Chile y a la preservación de los valiosos servicios de polinización que las abejas realizan y que comprometen la seguridad alimentaria.

Primera etapa

5.1. Actividades preliminares

Tareas

- Analizar la relación existente entre polinizadores y seguridad alimentaria.
- Identificación de expertos en entomología y apicultura en la red Monachi para la aplicación de encuestas.
- Análisis e identificación de las características del usuario apicultor.
- Identificar los principales puntos críticos para el control de Varroa destructor en la apicultura.
- Caracterizar los actuales sistemas de control de Varroa utilizados en la apicultura por medio del análisis del estado del arte.
- Desarrollo de estrategias de control de Varroa basadas en los resultados de la investigación.
- Experimentación y aplicación de los hallazgos encontrados para evaluación de su viabilidad.

5.2. Actividades de selección

Tareas

- Seleccionar las estrategias de control de Varroa desarrolladas para determinar su efectividad.
- Identificar los impactos ambientales de los diferentes métodos de control seleccionados por medio de lista de verificación de ecodiseño.

Segunda etapa

5.3. Actividades de conceptualización

Tareas

- Revisión bibliográfica sobre referentes formales para el análisis de productos aplicados actualmente en el mercado.
- Elaboración de propuesta conceptual a través lluvia de ideas para selección de conceptos prometedores.
- Análisis y consideración de las necesidades del usuario para ser aplicadas al producto.
- Creación de árbol de requerimientos para la identificación e implementación de características para la propuesta.

5.4. Actividades de prototipado

Tareas

- Proyección de la propuesta morfológica a través de técnicas de bocetaje (sketching)
- Iteración y viabilidad de propuestas morfológicas.
- Análisis y establecimiento de técnicas de prototipado y fabricación, como también la selección de materiales y procesos constructivos.
- Representación tridimensional del producto por medio de software de modelado 3D.
- Realización de pruebas de prototipado rápidas para análisis de forma.

Tercera etapa

5.5. Actividades de evaluación del producto en contexto real

Tareas

- Revisión y análisis de bibliografía para selección de metodologías y herramientas de validación.
- Diseño de la metodología de estudio y análisis.
- Selección de las variables a medir.
- Selección de la muestra que participará en la evaluación.
- Distribución, configuración e implementación del producto en un entorno real para su funcionamiento.
- Evaluación de la efectividad del producto aplicado a colmenas.
- Elaboración de proyecciones para la mejora del producto.
- Desarrollo de conclusiones y proyecciones.

6 RESULTADOS

El levantamiento de información para este proyecto en una primera instancia corresponde a un análisis bibliográfico, el cual se explicó ampliamente en capítulos anteriores. Posteriormente, para resolver dudas y entender de mejor forma el marco teórico, se realizaron entrevistas a expertos en apicultura (anexo 1). Finalmente, para profundizar en el contexto del ácaro Varroa Destructor, se recabó información a través de encuestas a apicultores sobre las técnicas de manejo de esta plaga. Esto permitió delimitar y describir el contexto en el cual se inserta este proyecto, además, permitió hacer una caracterización del usuario para el cual está enfocada la propuesta de diseño planteada.

6.1. Estudio del contexto

La apicultura es una actividad milenaria que implica la cría de abejas, en particular, la especie *Apis mellifera*, para la producción de miel, cera de abejas, propóleo, polen y otros subproductos. Sin embargo, su importancia va más allá de la producción de estos valiosos productos. Las abejas desempeñan un papel crítico en la polinización de plantas, lo que las convierte en agentes esenciales para la

reproducción de cultivos agrícolas y la preservación de la biodiversidad.

En este contexto, la salud de las colonias de abejas es de suma importancia. Uno de los mayores desafíos a los que se enfrentan los apicultores en todo el mundo es el control de *Varroa destructor*, como se mencionó anteriormente, es un ácaro parásito que se alimenta de las abejas y sus larvas, debilitando las colonias y afectando su supervivencia.

Para efectos del proyecto se establecen los participantes usuarios, los que corresponden a los apicultores ubicados en los alrededores de la región Metropolitana y estableciendo a las abejas como actores secundarios. La actividad es desarrollada en un espacio físico abierto, correspondiente al patio trasero de casas las cuales han sido arrendadas para mantener las colmenas del usuario analizado.

6.2. Usuario

Para tener un mejor entendimiento de los actores participantes del proyecto, se realizó y aplicó el método de encuestas, con la finalidad de recabar información relevante y de esta forma levantar un arquetipo de usuario. La encuesta se realizó en línea, por medio del instrumento formulario de Google Forms.

En los resultados de la encuesta, el rango de edad con mayor prevalencia se encuentra entre 40 y 50 años, correspondiente a un 60%, seguido por los sobre 50 años con un 20%. Por otra parte, se logra evidenciar que el género con mayor participación corresponde al masculino con un 60%, seguido por el femenino con 40%.

En lo que respecta al nivel educacional de los encuestados, el total indica que tiene una educación universitaria, como también formación formal en apicultura.

Posteriormente se les consultó por los años de experiencia en el rubro de la apicultura, donde se recabó que un 60% tiene más de 10 años en el área, seguido por un 40% correspondiente a un rango entre 5 y 10 años. De estos, el total de los encuestados indicó que se dedica a tiempo completo al rubro de la apicultora y que es su principal fuente de ingresos.

6.3. Criterios de inclusión

Para efectos de este estudio, se estableció que, del universo de participantes encuestados, la muestra corresponderá a personas ubicadas en la Región Metropolitana, específicamente en las comunas de Buin y San José de Maipo.

Usuarios que tengan sobre los 5 años de experiencia en el rubro de la apicultura, con un tamaño de colmena sobre las 100 unidades y que se han visto afectados por el ácaro *Varroa Destructor*.

6.4. Criterios de exclusión

No se considerarán en esta investigación aquellos apicultores con colmenas fuera de la región metropolitana y con menos de 5 años de experiencia en el rubro de apicultura.

Quedan excluidos aquellos apicultores que no han sido afectados por *Varroa destructor*.

Se excluye cualquier otra especie invasora que afecte a la colmena, restringiéndose únicamente a mitigar el ácaro *Varroa D.* y al cuidado de colmenas.

6.5. ENCUESTAS

Entre los días 30 de septiembre y 7 de octubre se encuestó un total de 29 apicultores de las comunas de Buin, Paine y Rancagua y a 18 apicultores pertenecientes al Movimiento Nacional de Apicultores de Chile (Monachi).

Resultados:

- De los 47 encuestados, la mayor participación la tuvo el género masculino, con un 59,6%. Por otro lado, un 38,3% pertenece al género femenino (Fig.29).

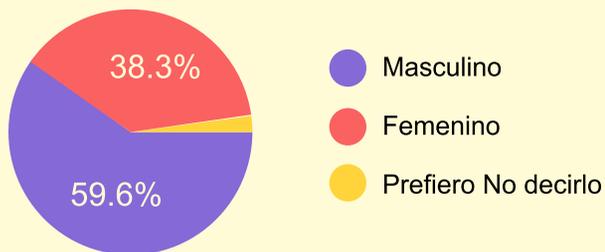


Figura 29: Porcentaje de encuestados según género. Fuente: Elaboración propia.

Este resultado se condice con lo informado por el boletín apícola del año 2021, en el cual se muestra un 63.26% de apicultores del género masculino y un 32.04% del género femenino.

- El 46,8% de los encuestados se encuentra en el rango de "40 - 50 años", mientras que solo un 10,6% de representación de apicultores se encontraría en el rango de "20 - 30 años" (Fig.30).

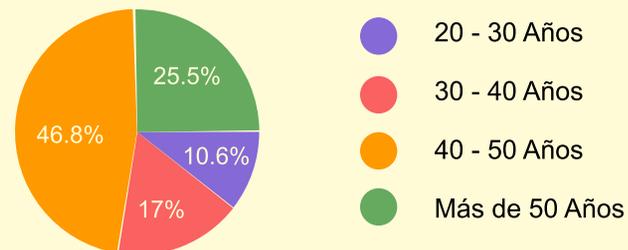


Figura 30: Porcentaje de encuestados según rango de edad. Fuente: Elaboración propia.

El rango de edad de "30 - 40 años" representa un 17% de la encuesta y el rango "Más de 50 años" un 25%.

10.- De las actividades apícolas, 46 de los apicultores encuestados indicaron que la producción de miel es su actividad principal, con un 97,9% de respuestas. Los servicios de polinización correspondería a una actividad que realiza el 76,6 % de los encuestados, mientras que 34 de los apicultores también realiza la crianza de abejas reinas, dentro del 72,3% (Fig.31).

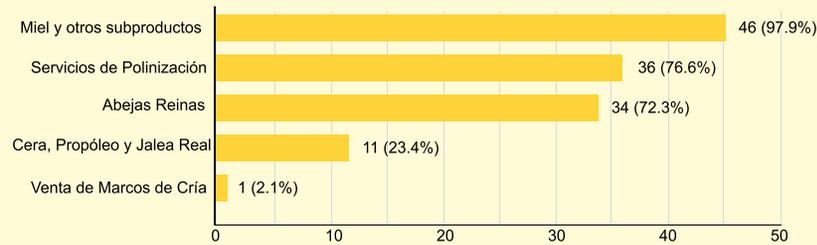


Figura 31: Porcentaje de productos y servicios comercializados por apicultores.
Fuente: Elaboración propia.

La producción de miel a granel y fraccionada es la actividad apícola que genera los mayores beneficios económicos a la industria, mientras que los servicios de polinización y la crianza de abejas reinas son actividades que, aunque no sean el principal ingreso del apicultor, son indispensables para la seguridad alimentaria.

11.- De los apicultores contactados, un 40,4% tiene en su apiario un número de colmenas superior a 200. Por otro lado, el 55,3% de los apicultores tendría entre 50 y 200 colmenas. Finalmente, solo un 4,3% tendría menos de 50 colmenas (Fig.32).



Figura 32: Porcentaje de encuestados según rango de edad.
Fuente: Elaboración propia.

Según esta información, el tamaño de los apiarios es variable, lo cual se explicaría porque las entrevistas fueron aplicadas a apicultores de Monachi, la RM y O'Higgins, con características geográficas y niveles productivos distintos.

15.- Según las respuestas de los apicultores, se puede inferir que el costo de la trashumancia por cada vez que se realiza un traslado de colmenas tiene un valor entre \$2.500 y 20.000 pesos por colmena transportada. Este rango se explica debido a que los apicultores encuestados se encuentran en sectores distintos, por lo que sus costos, principalmente de transporte, también varían. Por otro lado, aunque esta información no permite diferenciar cual es el valor por sector geográfico, podemos inferir que el costo más importante en la trashumancia es el de transportar las colmenas.

16. El 93,6% de los apicultores encuestados indicó que si ha sido afectado con el problema de Varroa, lo cual indicaría que estos mismos apicultores actualmente utilizan algún método o tipo de control (Fig.33).

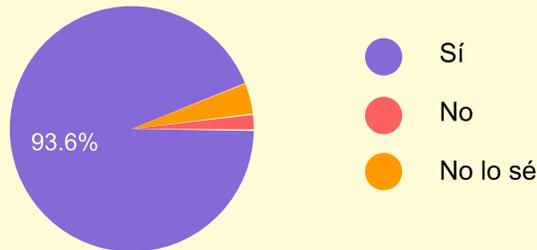


Figura 33: Porcentaje de afectados y no afectados por Varroa Destructor. Fuente: Elaboración propia.

17.- El siguiente gráfico muestra los tratamientos mas utilizados para el control de la Varroa, entre los cuales destaca el 91,5% de uso de tratamientos químicos. También ,se logra identificar que el 68,2%, o sea, 32 de 47 apicultores utilizan tratamientos de origen natural, siendo el más conocido el acido oxálico (Fig.34).

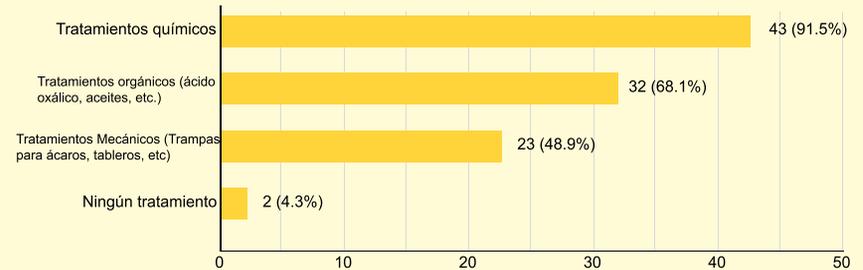


Figura 34: Tratamientos más usados contra Varroa. Fuente: Elaboración propia.

22.- Se le pide a los encuestados que describan en detalle las acciones que realizan para mantener sus colmenas saludables. Dentro de las respuestas, gran parte hizo referencia a que la salud se basa en una buena alimentación y el cuidado de las enfermedades. También, el seguimiento de la colmena es fundamental para poder identificar preventivamente amenazas a la salud, como contaminantes, presencia de avispas, falta de agua y aplicación de tratamientos para control de Varroa.

6.6. PERFIL DE USUARIO



Adriana C.

Apicultora de origen Ecuatoriano, posee una vasta experiencia de más de veinte años en la apicultura Chilena. Con una formación en veterinaria respaldada por un postgrado, actualmente reside en la comuna de Buin, Santiago de Chile, donde gestiona con destreza tres apiarios estratégicamente ubicados en Buin, Cajón del Maipo y La Florida. Adriana se dedica a la venta de abejas reinas y complementa su labor con tres días de trabajo en una veterinaria local. Se desplaza de manera estratega entre apiarios, debido a la contaminación agrícola que afecta a la zona en que reside, producto de fumigaciones.

Trimestralmente realiza análisis y tratamientos para el control de Varroa. Durante este estudio se realizó una técnica de diagnóstico para comprobar los niveles de infestación de esta plaga, con la finalidad de analizar e implementar los mejores cuidados para controlar Varroa D,

		Metas	Frustraciones
Edad	63 años		
Educación	Veterinaria con Magister en Apicultura	Sus metas están enfocadas en el trabajo apícola, ya que busca financiar los estudios universitarios de su hija. Desea que en el país se le de mayor reconocimiento a esta labor, la cual contribuye transversalmente a la seguridad alimentaria del planeta.	Se enfrenta a desafíos significativos, ya que algunas de sus colmenas presentan problemas de Varroa, lo que genera preocupaciones, y se encuentra atrasada en la realización del análisis porcentual de infestación, una tarea crítica para el bienestar de sus abejas. Adriana es una apicultora apasionada y dedicada con un fuerte compromiso personal y desafíos específicos que enfrenta en su jornada apícola.
Ocupación	Apicultora	Por otra parte, busca tratamientos orgánicos y efectivos para el control del ácaro Varroa D. Con el fin de minimizar los tratamientos químicos y los gastos que conlleva el cuidado de las colmenas.	
Ubicación	Buin, Región Metropolitana		

6.6.1. MAPA DE ACTORES

Se hace un levantamiento de los actores involucrados en el proceso de la apicultura, enfocado principalmente en el cuidado de la salud de las colmenas (Figuroa, B. et. al, 2017).

Apicultores:

En el centro, como actores principales se encuentran los apicultores, los cuales son esenciales para el cuidado y bienestar de sus colmenas (Fig. 35).

Desempeñan un rol multifacético, que abarca desde la observación y manejo directo, hasta la toma de decisiones estratégicas que benefician a sus colmenas.

Como agentes principales, su importancia radica en las diversas facetas de sus labores, como son la observación y monitoreo, el cual permite identificar el estado de sus colmenas, identificación temprana de problemas y aplicación de medidas preventivas.

La importancia de los apicultores consiste en la habilidad para comprender y responder de manera óptima a las complejas dinámicas de sus colmenas, implementando estrategias que fomenten su salud y sostenibilidad.

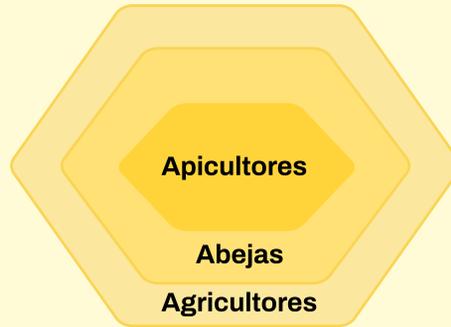


Figura 35: Mapa de actores. Fuente: Elaboración propia.

Su trabajo no solo tiene un impacto directo en los productos obtenidos de sus colmenas, sino que también juegan un papel crucial en la preservación de estos insectos para el equilibrio de los ecosistemas y la seguridad alimentaria.

Abejas:

Como segundos actores involucrados encontramos a las abejas, fundamentales en la actividad apícola, ya que establecen una relación simbiótica con el apicultor. Su papel es de vital importancia para la polinización de cultivos y la producción de subproductos como la miel, lo que se traduce en que salud y bienestar sean de suma importancia para el apicultor.

Podemos concluir que existe una relación de interdependencia entre las abejas y los apicultores, donde la salud y el bienestar impacta directamente en la productividad y éxito del apicultor. Este, asume un rol de protector y cuidador, lo que garantiza que las abejas tengan un entorno propicio para prosperar, contribuyendo de esta manera no solo a la salud de las colonias, sino también a la vital función de polinización que realizan en la naturaleza y la agricultura.

Agricultores:

como actores terciarios en la actividad apícola, los agricultores desempeñan un papel importante al solicitar servicios de polinización a los apicultores, lo que a menudo se traduce en la práctica de la trashumancia apícola.

Los agricultores dependen de la polinización efectiva para mejorar la producción de sus cultivos, donde buscan activamente servicios de polinización que las abejas realizan de manera natural.

La actividad de trashumancia, como se indicó en el capítulo anterior, se traduce como la estrategia para trasladar las colmenas a áreas específicas de floración de los cultivos, las que se han visto afectadas por diferentes razones, una de las cuales es el cambio climático, satisfaciendo de esta manera la demanda de polinización de los agricultores.

La identificación de estos actores permitió entender quienes participan en el caso de estudio, ya sea directa o indirectamente, con la finalidad de realizar una bajada en detalles de sus características y comportamiento durante el trabajo apícola. En el siguiente punto se abordará en profundidad la actividad estudiada.

6.6.2. CONTEXTO DE APLICACIÓN: COLMENA

Se entiende por colmena al habitáculo de las abejas y, por extensión, el enjambre o colonia que vive en ellas. Estas colonias pueden ser de hasta 80.000 individuos, separados en tres castas: las obreras, los zánganos y la abeja reina (FAO, 2019). Existen diversos tipos de colmenas en el mundo, una de las más que tiene mayor relevancia en Chile y se utilizará en este estudio es la del tipo Langstroth (Fig. 36). Desde su primera construcción en 1852 y patentada por su inventor



Figura 36: Colmena langstroth. Fuente: Elaboración propia.

Estadounidense Lorenzo Langstroth, conocido como el padre de la apicultura, donde reconoció el concepto de espacio de abejas. La principal ventaja de este sistema es la capacidad de ser adaptado a las necesidades productivas del apicultor, mediante la incorporación de alzas, para un crecimiento vertical de las colmenas (Ocampo, 2019). Besora (2015), señala que la colmena Langstroth fue relevante con sus partes desmontables y las medidas óptimas para el correcto trabajo de las abejas. Por una parte, permite la inspección y manipulación de los panales, integrando el transporte de estos hacia otras colmenas para reforzarlas y, por otra parte, permite una mayor producción de miel, evitando que las abejas tengan que construir nuevamente sus panales, si estos estuvieran pegados a la colmena. Otro de los aspectos que es necesario mencionar, es que la colmena Langstroth es del tipo móvil, la cual dio paso a la apicultura de trashumancia, lo que trajo también consigo enfermedades debido al movimiento de las colmenas (Fig. 37).

Este tipo de colmenas está constituido por cajas iguales, generalmente de madera, las que son colocadas de forma vertical, para permitiendo así su crecimiento.

6.6.3. PARTES DE UNA COLMENA LANGSTROTH

1.- La **base**, también llamada puente o piso, descansa el cuerpo de las colmenas. Esta debe estar a una distancia adecuada sobre el suelo (35-40 cm), con el fin de mejorar la comodidad de trabajo, evitar la humedad y posibles invasores. Debe ser fabricada en una madera resistente, ya que debe soportar todo el peso de la colmena (Figura 38).

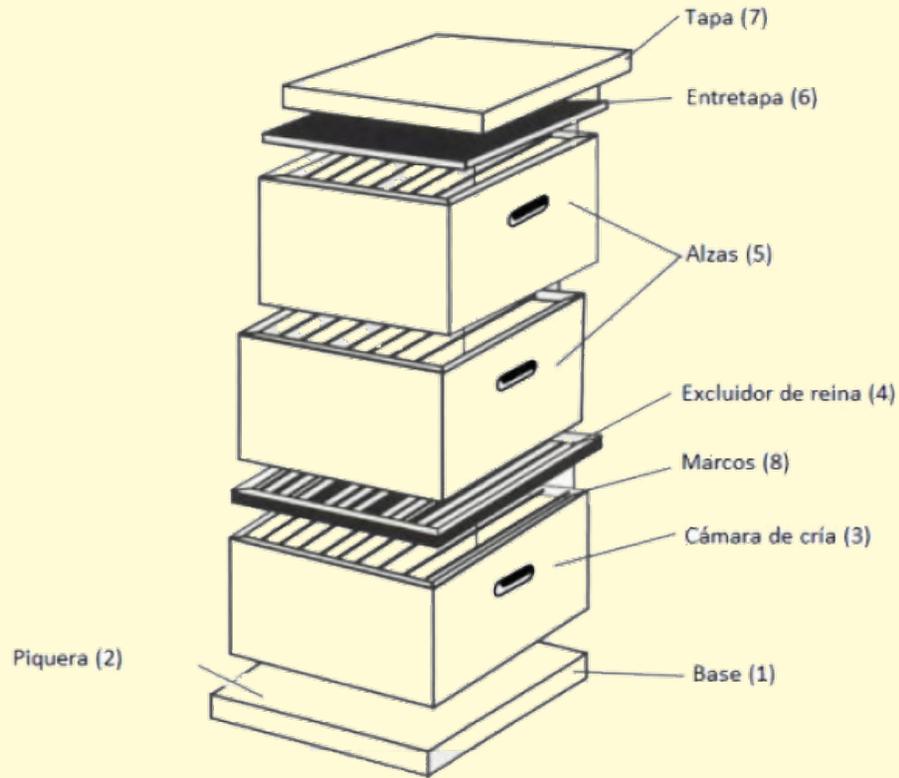


Figura 37: Partes Colmenas Langsoth. Fuente: Elaboración propia.

2.- La entrada y salida de las abejas a la colmena se realiza por medio de la **piquera**, correspondiente al espacio que se forma entre la base y la caja superior. Este espacio se puede cerrar con productos como guarda piqueras, aunque se utilizan productos menos convencionales como esponjas o diarios, con la finalidad de abaratar costos y proteger a las colmenas del frío, del pillaje y de enemigos para esta especie.



Figura 38: Base de Colmena Langstroth. Fuente: Elaboración propia.



Figura 39: Cámara de cría. Fuente: Elaboración propia.

3. **La cámara de cría:** es la primera caja y va por encima de la base. En esta se mantiene la cría y la reina. Se usa para la reproducción, es donde la reina deposita sus huevos y se desarrollan las nuevas abejas. Por lo general, contiene 10 bastidores, de los cuales, los centrales contienen crías y los laterales, miel y polen (Fig. 39).

4. **Excluidor de reina:** para que solo las obreras puedan subir al alza y la reina no ponga sus huevos en esta, se instala un tamiz con agujeros de unos 4 mm. de diámetro entre la cámara de cría y el alza, el cual está constituido por un marco y una malla.

5. **Cámaras o alzas para miel:** en estas, las abejas almacenan la miel producida. Estas cajas están colocadas sobre la cámara de cría, tienen el mismo tamaño y son del mismo material. Están fabricadas para poder poner contener 10 marcos, pero es habitual poner solo 9, así aumenta la producción de miel (Fig. 40).



Figura 41: Entretapa de Colmena Langstroth. Fuente: Elaboración propia.



Figura 40: Cámara o alzas para miel. Fuente: Elaboración propia.

6. La **entretapa:** es una cubierta que va colocada por encima de la última alza de la colmena, permite mantener una cámara de aire aislante y como elemento separador para la manipulación. Consta de una tabla de madera enmarcada, que también puede ser de plástico (Fig. 41).

7. **La tapa:** corresponde al techo de la colmena, la cual evita la entrada de agua, aire y otros animales. Para esto es importante que lleve una lámina metálica, normalmente de zinc u otro metal como cubierta (figura 42).



Figura 42: Tapa de colmena Langstroth. Fuente: Elaboración propia.

8. **Los cuadros o marcos:** corresponden al espacio donde las abejas construyen sus panales. Estos tienen que ser móviles e independientes. Se fabrican con tablas rectangulares como marco, pero cada lado con dimensiones distintas. Es importante que lleven alambre para poder fijar la cera estampada (Figura 43).



Figura 43: Cuadros o marcos de una colmena. Fuente: Elaboración propia.

6.6.4. Espátula o Palanca:

Esta herramienta es esencial para el manejo de los cuadros con los panales, ya que con un extremo es posible separar dos alzas, que las abejas pegan con propóleo, y con su otro extremo es capaz de despegar y levantar los cuadros con los panales de cera que también se adhieren por el propóleo que las abejas colectan (Figura 44).

Al tener uso de guantes, esta herramienta permite realizar gran parte de las acciones dentro de la piquera debido a su versatilidad, ya que es difícil sacar un cuadro del interior de un alza si no se dispone de este elemento.

Al igual que los guantes, se debe considerar que la espátula también es una vía de contagio de enfermedades entre colmenas, por lo que se recomienda limpiarla al revisar una colmena.



Figura 44: Espátula o Palanca para el apicultor. Fuente: INIA, 2018.

6.6.5. Alimentadores:

Estos accesorios generalmente son contenedores de diferentes materiales (madera, plástico, metal, u otros), los cuales son utilizados por los apicultores para suministrar alimentos en la colmena con la finalidad de estimular o alimentar a las abejas y mejorar sus condiciones de salud. Es importante destacar que estos alimentadores sean de fácil acceso para las abejas, especialmente

en invierno.

La primera imagen muestra el recipiente donde se deposita el tipo de alimentación, la que generalmente suele ser líquidos dulces con algún suplemento (Fig.45).

En la siguiente imagen (Fig.46), se muestra el interior del alimentador, donde se logra apreciar una rejilla en su interior, con la finalidad de que las abejas puedan posarse en ellas sin correr el riesgo de caer en el fondo líquido y morir.

El alimentador, al igual que los otros elementos, también puede ser una vía de transmisión de enfermedades entre colonias. Por esta razón, es fundamental una limpieza y desinfección de los alimentadores, previo y durante su uso.



Figura 45: Alimentador para abejas. Fuente: INIA, 2018.



Figura 46: Rejilla para evitar caída de abejas en recipiente alimentador. Fuente: INIA, 2018.

Finalmente, los suplementos alimenticios que se utilizan en apicultura deben cumplir con las condiciones de calidad e inocuidad necesarias como cualquier otro alimento destinado para alimentación animal o humana (SAG, 2020).

6.6.7.VESTIMENTA

En apicultura es muy importante el uso de un equipamiento adecuado, esto se debe a que las abejas tienden a proteger y defender sus colonias, tornándose más agresivas y en respuesta hacen uso de sus aguijones. Esta respuesta se debe al complejo de inmunocompetencia de una colonia de abejas en respuesta a patologías, enemigos y depredadores en su entorno (INIA, 2020). Frente a ello, se deben tomar medidas de resguardo necesarias y considerar el equipo de protección más adecuado. A continuación, se presenta la implementación básica que un apicultor debe tener, para evitar accidentes.

- **Overol:**

Este traje debe ser de un color claro y de una tela completamente lisa, los materiales varían entre algodón, nylon, políester, o de rejillas (ultra ventilados). Los colores oscuros y telas rugosas irritan a las abejas. Es importante destacar que en zonas de cuello, puños y tobillos deban estar ajustadas con elástico para evitar posibles ingresos de abejas al interior del traje (Figura 40).



Figura 47: Overol para apicultores. Fuente: INIA, 2018

- **Máscara o velo:**

La máscara o velo es una herramienta de la indumentaria apícola, la cual permite proteger la cara y el cuello del apicultor ante posibles picaduras de las abejas. Al momento de examinar las colmenas, las abejas logran distinguir los contrastes de la cara como ojos, nariz, boca y pelo para focalizar y atacar en caso de cualquier alerta.



Figura 48: Máscara o Velo. Fuente: INIA, 2018

Existen diversos tipos de velos, sin embargo, es necesario seleccionar aquellos que se mantengan fuera del contacto de la cara. El velo va adherido a un sombrero duro, el cual evita que las abejas se introduzcan por el cabello. Lo esencial es considerar en todo momento que el objetivo es una clara visibilidad, ventilación y la seguridad de esta (Figura 48).

- **Guantes:**

El uso de guantes es recomendable para evitar picaduras innecesarias, como también debe permitir trabajar de manera cómoda y rápida, esto debido a que el trabajo con las manos desnudas tiende a ser más lento debido a la presencia de abejas y el tiempo es fundamental cuando se trabaja con colmenas. Los materiales empleados pueden ser de lona o cuero, los primeros entregan frescura, son livianos y de fácil lavado; los segundos son los

más utilizados y, a diferencia de los de lonas, los de cuero son pesados y difíciles de lavar. Es importante destacar con el uso de guante de cuero, que estos sean de tipo Cabritilla (piel curtida de algún animal pequeño), del tipo liso suave y no de cuero rugoso, ya que este último incita a la abeja a picar sobre este tipo de superficie (Fig. 49).



Figura 49: Guantes para apicultura. Fuente: INIA, 2018

Debe considerar que tanto los guantes como la palanca de trabajo son una vía de contagio de enfermedades de colmena a colmena, por tanto, al terminar de revisar una colmena y antes de atender la siguiente es necesario limpiar los guantes con agua jabonosa (SAG, 2020).

- **Calzado:**

El calzado debe ser fuerte para evitar riesgos en las apícolas, especialmente cuando se trabaja con colmenas. Estos deben proteger e impedir la entrada de abejas por la zona de los tobillos. Se recomienda un calzado alto para introducir la parte inferior del overol (Figura 50).



Figura 50: Zapatos para apicultura. Fuente: INIA, 2018.

6.6.8. HERRAMIENTAS

Ahumador:

La función del ahumador consiste en lograr controlar a las abejas, que ante la presencia de humo reaccionan retirándose, suponiendo que están en presencia de un incendio, como una respuesta natural de su conducta.

Los ahumadores constan de un fuelle que permite recoger el aire dentro de la cámara de combustión, donde el apicultor quema aserrín de madera, pasto seco, hojas secas u otra sustancia inocua (Figura 51).

La aplicación de humo en las colmenas es una herramienta fundamental para contener y apaciguar comportamientos defensivos de las abejas durante la revisión y manejo de sus colmenas. Es importante considerar que el uso excesivo y/o abusivo de humo afecta negativamente el bienestar de la colonia y altera las características organolépticas, inclusive la inocuidad de los productos alimenticios a cosechar de una colmena (ODEPA, 2016). De igual manera puede afectar la salud del apicultor en la medida que inhale de manera constante el humo y gases derivados de la combustión lenta que ocurre dentro de la cámara del ahumador.



Figura 51: Ahumador. Fuente: INIA

6.6.9. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

De las principales actividades que se realizan en el rubro apícola, de acuerdo con lo declarado anualmente por los apicultores, sigue siendo la producción de miel la más importante, alcanzando un 97,90%, luego le siguen los servicios de polinización y venta de material vivo con un 25,67% y 16,21% respectivamente (SAG,2021).

Para el desarrollo de esta investigación se realizará un análisis detallado de la actividad apícola mediante un estudio etnográfico y el método de observación (Donoso, S. 2019), principalmente enfocado en las labores de cuidado de colmenas y el tratamiento de Varroa, para la venta de material vivo y trashumancia apícola. De esta forma se analizará cada una de estas tareas, para posteriormente realizar una síntesis de resultados y establecer los puntos que se abordarán desde el diseño.

1.- Como primera tarea previo al trabajo con las colmenas, se prende el ahumador con la finalidad de iniciar el fuego, combustionar aserrín y hojas secas. Esto se realiza mediante movimientos de tipo pinza en el fuelle, lo que permite la entrada y salida del aire (Fig. 52).



Figura 52: Proceso de encendido del ahumador. Fuente: elaboración propia.

2.- Una vez colocado el overol de apicultura, junto con las herramientas necesarias, se procede a dirigirse a la ubicación de las colmenas.

Para la inspección de cada una, se comienza retirando la tapa de estas, acción realizada con ambas manos por el tamaño de la colmena (Figura 53).



Figura 53: Retiro tapa. Fuente: elaboración propia



Figura 54: Retiro de la entre tapa
Fuente: elaboración propia

3.- Acción seguida, se retira la entre tapa, la que generalmente se despega con espátula y un esfuerzo vertical de la muñeca, debido a su adherencia a la colmena producto de la cera. (Figura 54)

4.- Una vez retiradas ambas cubiertas, es necesaria la aplicación de humo, para contener y apaciguar a las abejas durante la revisión y manejo de sus colmenas (Figura 55).



Figura 55: Aplicación de humo sobre colmenas. Fuente: elaboración propia

5.- Para el retiro e inspección de los marcos, al igual que con la entre tapa, esta se realiza con la ayuda de la espátula debido a la adherencia producto de la cera, sumado al esfuerzo mecánico vertical de la muñeca mencionado, el cual permite extraer los marcos de las colmenas para su inspección (Figura 56).



Figura 56: Retiro de los marcos con ayuda de las espátula.
Fuente: Elaboración propia.

6.- Durante el retiro de cada marco de colmena, se realiza una inspección detallada de esta, con la finalidad de detectar posibles signos de infestación de Varroa Destructor (Figura 57).



Figura 57: inspección de marcos de cría. Fuente: elaboración propia

7.- La inspección de cada marco permite identificar signos clínicos en las colmenas, las que son causadas por el ácaro Varroa. Una de ellas y la que ha sido identificada en las colmenas de este estudio es el síndrome del ala deformada (OIE, 2021) (Figura 58).



Figura 58: Abeja con síndrome de Alas deformada producto de la Varroasis. Fuente: Elaboración propia

8.- El tratamiento para el control de varroa en este estudio consistió en el uso de tiras con ácido oxálico, cuyo funcionamiento fue detallado en el capítulo anterior.

Esta técnica se implementa mediante la deposición de tiras impregnadas con este químico, con un agarre físico de la mano del tipo pinzas, estas son ubicadas en marcos cercanos al centro de la cámara de cría para no dañarlas y lograr una liberación homogénea durante una semana, hasta la siguiente aplicación. (Figura 59).



Figura 59: Aplicación de ácido oxálico en tiras. Fuente: Elaboración propia

9.- Otro parámetro que se define para mejorar la salud de las colmenas es su alimentación, la cual es vital para potenciar su sistema inmune. Esta actividad se realiza mediante la implementación de técnicas artesanales, con la finalidad de otorgar alimento a las colmenas de los apicultores. Consiste en proporcionar un líquido dulce, mediante la mezcla de agua con azúcar y un fortificante para abejas (Figura 60).



Figura 60: Preparación de alimento artificial para las colmenas. Fuente: Elaboración propia



Figura 61: Aplicación de alimento artificial. Fuente: Elaboración propia

10.- La mezcla es aplicada de diferentes formas en la colmena. Una de las utilizadas consiste en la aplicación directa en los marcos, la que sucede cuando estos se encuentran sin provisiones alimenticias propias de las abejas (nectar, polen o propóleo) (Figura 61).

11.- Otra técnica de aplicación consiste en el depósito de líquido alimenticio en bolsas plásticas, utilizadas como contenedores para ser depositadas sobre las colmenas. Esta actividad requiere de una postura física encorvada e inclinada, junto con el movimiento del músculo pronador cuadrado para anudar las bolsas y evitar filtraciones (figura 62).



Figura 62: Preparación y aplicación de bolsas con alimento artificial sobre colmenas. Fuente: Elaboración propia

12.- Como otra alternativa improvisada para aplicar una alimentación adecuada a las colmenas, se hace uso de elementos como tubos de pvc y botellas plásticas desechables. El objetivo consiste en liberar la mezcla alimenticia por método de goteo, la cual va desde la botella hasta el plástico PVC (Figura 63).

13.- Transcurrido una semana de la aplicación del tratamiento con ácido oxálico, se analizan nuevamente las colmenas para verificar si este método ha dado efectos con el ácaro Varroa (Figura 64). De esta forma se continúa con la siguiente dosis por una semana, hasta finalizar con tres aplicaciones.



Figura 63: Alternativas para una alimentación artificial. Fuente: Elaboración propia



Figura 64: Detección de Varroa D. luego de primera aplicación de ácido oxálico. Fuente: Elaboración propia.

6.6.10. TRASHUMANCIA

La actividad de trashumancia tiene como finalidad mover las colmenas a zonas con abundante vegetación y flora, para una correcta polinización y alimentación de las abejas.

La siguiente actividad es rescatada de la investigación de Marlene Aguilera, donde se especifican las actividades realizadas para el manejo y transporte de las colmenas (Aguilera, 2013).

Existen dos horarios en los que se suele realizar la actividad de trashumancia, la primera a las 5:30 AM o a las 19:00 PM. Estos horarios disponen de una luz tenue natural, lo que permite que una pequeña cantidad de abejas se encuentren en labores de pecoreo, con lo que se pretende disminuir al máximo la pérdida de abejas por colonia. La elección de uno de estos horarios dependerá de la lejanía del predio al cual se dirigen las colmenas y el clima de la zona.

Dependiendo de la cantidad de colmenas que tenga el apicultor, son los costos asociados a esta actividad. En este caso, el ejercicio es realizado por tres personas, correspondiente a la capacidad del camión de tipo 3/4, formado por el chofer y dos pionetas. El estudio de caso corresponde al movimiento de 44 colmenas, las cuales tienen un peso entre 35 - 45 kg cada una. La jornada para las personas que realizan esta actividad llega a tener una duración de doce horas, la cual puede ser mayor en caso que el número de colmenas aumente, traduciéndose en una mayor contratación de personal para el proceso de carga, como también transporte extra en caso que sea necesario.

1.- La primera actividad que realizan los apicultores consiste en el tapado de la piquera, la cual dependerá de las técnicas que adopte cada uno. Generalmente, suelen implementarse el uso de esponjas, papel periódico u la compra de elementos especializados para tapar las piqueras, cubriendo la totalidad de la entrada a la colmena (Figura 65). En algunos casos, el apicultor fija las tapas de las colmenas para evitar la salida de las abejas durante la manipulación.

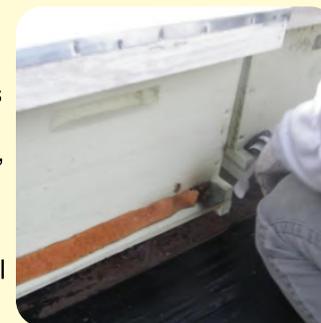


Figura 65: Tapado piquera. Fuente: Colmena para polinización y traslado. Aguilera, 2013

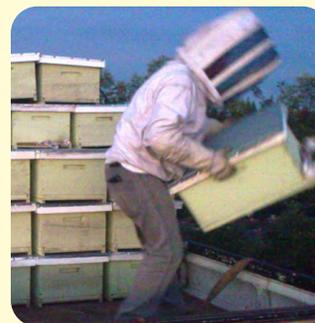


Figura 66: Carga de transporte con colmenas. Fuente: Colmena para polinización y traslado. Aguilera, 2013

2.- Una vez cubiertas las piqueras de las colmenas, se procede a la carga del camión, esta acción consiste en apilar las colmenas unas sobre otras, para luego ser aseguradas por medio de correas de carga e iniciar el viaje al lugar indicado. (Figura 66). La distancia de separación entre cada piquera una vez apilada en el camión es de aproximadamente 10 cm (Figura 67).

3.- Cabe destacar que la eficacia de esta labor está restringida a las maniobras de los trabajadores, como también a la morfología de las azas de agarre de las colmenas, las cuales deben permitir una correcta sujeción para ser levantadas y apiladas.

4.-Al momento de llegar a la zona donde se solicitó el servicio de trashumancia, se procede a la descarga de las colmenas y distribución en cada una de las estaciones que se definieron previamente para la ubicación de las colmenas (Fig. 68).

Una vez ubicadas las colmenas en su sitio, los trabajadores del servicio deben esperar que la actividad al interior de las colmenas se calme, debido a que las abejas se encuentran en alerta de ataque producto del estrés ocasionado por el viaje, para luego destapar las piqueras y que las abejas puedan comenzar a inspeccionar su nuevo apiario (Fig. 69).



Figura 67: Espacio entre piqueras al ser apiladas para trashumancia. Fuente: Colmena para polinización y traslado. Aguilera, 2013



Figura 68: Descarga de colmenas, luego de trashumancia. Fuente: Colmena para polinización y traslado. Aguilera, 2013



Figura 69: Montaje de colmenas a la espera de ser destapadas. Fuente: Colmena para polinización y traslado. Aguilera, 2013

6.6.11. ACTIVIDAD ACTORES SECUNDARIOS Abejas

1.- Se realizó un análisis a los actores secundarios de esta investigación, los cuales corresponden a las abejas. Se examinó el comportamiento de estas durante el ingreso y salida de las colmenas, logrando identificar aspectos técnicos que se requieren para la realización de esta actividad. Según el Instituto Tecnológico de California (2016), señala, “el ala se mueve hacia atrás en un arco de 90° y mientras vuelve hacia delante, este va girando. Dicho proceso se repite doscientas treinta veces por segundo. Se parece a una hélice en la que, además, la paleta rotará”. Este patrón de aleteo permite que el vuelo de la abeja sea más eficiente, logrando permitir que gran parte del tiempo permanezcan suspendidas mientras recolectan alimento o previo a ingresar de vuelta en sus colmenas, mediante maniobras de aterrizaje (Fig. 70)



Figura 70: Vuelo y aterrizaje Abeja Apis Mellifera. Fuente: Elaboración Propia.

2.- La alimentación de las abejas dependerá de la técnica que cada apicultor implemente. Para este estudio se analizó el comportamiento de las abejas frente al depósito de alimento artificial en el formato de bolsa plástica, técnica que permite que las abejas se posen sobre ella y beban a medida que la mezcla cae por una pequeña apertura. Esta acción permite una liberación regulada del alimento, evitando que la abeja caiga y muera ahogada dentro de la solución, como sucede en los alimentadores estándares, previamente vistos (Fig. 71).



Figura 71: Liberación gradual de alimento artificial por medio de bolsas. Fuente: Elaboración propia

6.7. SINTESIS DE RESULTADOS

El cuidado de la salud de las colmenas es una parte fundamental para el apicultor, ya que el bienestar de estas influye directamente en los productos obtenidos de sus colmenas, como también en los ingresos que generan las actividades realizadas.

El caso de Adriana como apicultura, es el reflejo de la situación actual del país, donde cada persona debe adquirir y aplicar las mejores prácticas en pro del cuidado del apiario y sus colmenas. Los efectos del cambio climático han repercutido transversalmente sus actividades, incidiendo en sequías constantes y pérdidas de flora, como la aparición de enfermedades producto de estos sucesos.

Las actividades que se realizan actualmente para el cuidado de las colmenas conllevan grandes costos, generando que los apicultores deban tomar alternativas improvisadas que ayuden a mejorar su situación laboral.

Se identificaron tareas clave, como el manejo de colmenas en la trashumancia, tratamiento de Varroa con ácido oxálico y métodos de alimentación, los cuales presentan una serie de puntos que se abordarán desde distintas aristas, con la finalidad de converger en soluciones de diseño.

Para diferenciar los distintos tipos de actividades analizadas y los puntos a intervenir, se realizó la siguiente tabla (Fig. 72):

ACTIVIDAD	PUNTOS CRÍTICOS
Cuidado de colmenas	Proceso de alimentación Esfuerzos físico-mecánico Ingreso y Salida de la colmena Contexto de aplicación
Tratamiento de Varroa	Técnicas de control Efectividad del tratamiento Toxicidad de los productos Esfuerzos físico-mecánico
Trashumancia	Ergonomía de la actividad Adaptabilidad de la colmena Eficiencia de espacios físicos Esfuerzos físico-mecánico

Figura 72: Tabla de actividades y puntos críticos a intervenir. Fuente: elaboración propia

6.7.1 Árbol de Problemas

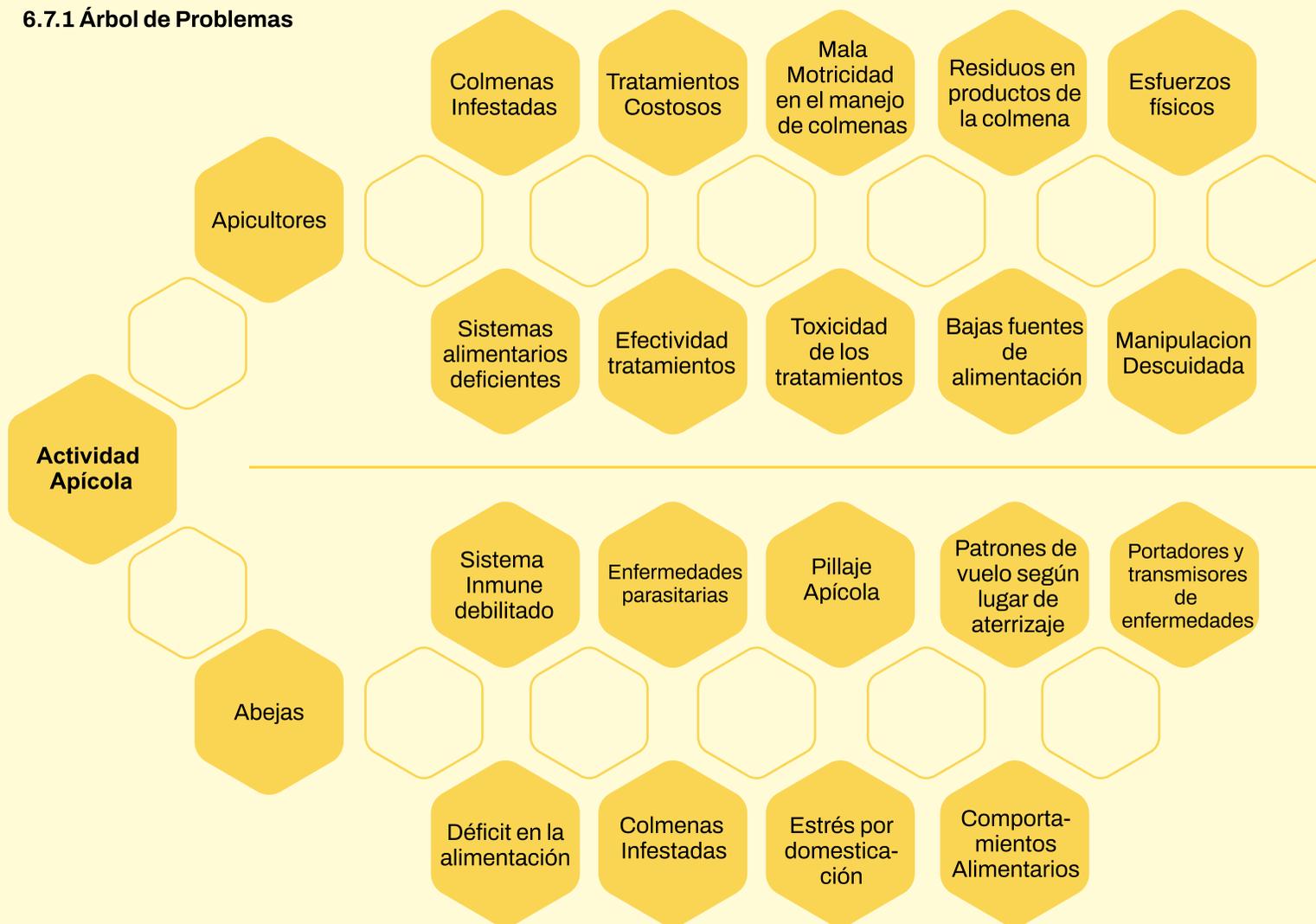


Figura 73: Diagrama para árbol de problemas.
Fuente: elaboración propia.

6.8. CONCLUSIONES ETAPA DE ANÁLISIS

El análisis realizado a las actividades ejecutadas por los apicultores para mantener el cuidado y la salud de sus colmenas, arrojó importantes descubrimientos, los cuales guiarán los requerimientos y propuestas de diseño, actuando como objetivos guías y lineamientos para aplicar soluciones que permitan al apicultor mantener la salud de sus colmenas, como también mitigar enfermedades producto de las problemáticas identificadas anteriormente.

Si bien los apicultores han desarrollado una serie de estrategias para ser aplicadas en pro de una mejoría de sus colmenas, como también diferentes tratamientos para abordar enfermedades como la varroa destructor, estas soluciones representan una serie de esfuerzos, gastos, insumos y tiempo, los que no solucionan en plenitud los problemas identificados.

Por otro lado, la aplicación de estas estrategias conlleva a problemas a niveles práctico y sistémico, donde los apicultores deben realizar una serie de actividades que requieren esfuerzos físicos, por fuera de las normativas nacionales sobre seguridad laboral (Ministerio del Trabajo, 2008).

En relación al estudio etnográfico con la apicultora, se logró identificar una serie de aspectos relevantes de las tareas apícolas mencionadas, las cuales son fundamentales para el desarrollo del proyecto de diseño.

En cuanto a la interacción del apicultor y la piquera, las tareas de cuidado de colmenas y tratamiento de Varroa requieren de un alto grado de esfuerzos físicos por parte de los apicultores.

Específicamente, el retiro e inspección de los marcos de cría, así como la aplicación de tratamiento contra la Varroa, requieren de esfuerzos repetitivos y de fuerza en las muñecas.

Por otra parte, la alimentación de las colmenas, tal como se representa en el análisis, demanda esfuerzos físicos al momento del llenado de bolsas y amarre de estas, como también de posturas incorrectas.

En relación a la actividad de trashumancia apícola, la carga y descarga de las colmenas requieren de tareas laboriosas y complejas, donde se necesita la participación de al menos tres personas para su traslado. Haciéndose fundamental optimizar los esfuerzos que conlleva esta tarea, por medio de soluciones ergonómicas para la comodidad de los apicultores.

Finalmente, el comportamiento de las abejas durante el ingreso y salida de las colmenas, requiere de una comprensión adecuada para la aplicación de hongos plaguicidas en el tránsito hacia el interior de las colmenas.

Otro punto identificado, es que las abejas son sensibles al formato en que se entrega su alimentación, por lo que es fundamental el diseño de una piquera con una configuración de liberación controlada para el alimento.

7. REQUERIMIENTOS Y ATRIBUTOS DE DISEÑO

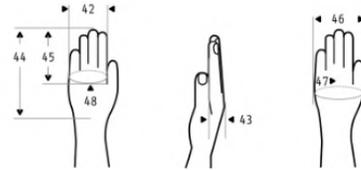
7.1. Requerimientos y atributos de diseño: Piquera Modular

FUNCIONES	REQUERIMIENTOS	ATRIBUTOS
PRÁCTICO	<ul style="list-style-type: none"> • Contener • Modular • Facilitar • Delimitar • Armable 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistematizar • Alimentar • Mantener • Adaptable • Liviana <ul style="list-style-type: none"> • La piquera tiene que sistematizar las labores del cuidado de la colmena. • Tiene que ser capaz de diferenciarse por módulos según actividad. • Debe permitir contener y mantener los hongos entomopatógenos dentro de la piquera, por medio de mecanismos de apertura y cierre. • La piquera debe facilitar las labores apícolas. • Incluir un sistema de alimentación para las abejas. • Permitir su adaptabilidad según la actividad que se requiera. • Conjunto de piezas separadas para una fácil instalación. • La piquera tiene que ser construida en materiales que ayuden a reducir su peso, para mejorar el manejo y transporte.
INDICATIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Entendimiento modo de uso • Comunicar su funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Hay una clara diferenciación entre los módulos de la piquera, según su función y por medio de la diferenciación de sus formas y materialidades. • Es presentado como un conjunto de piezas armables, con tres secciones que diferencian su función. • Las partes de la piquera son de fácil manipulación para el usuario.
SENSORIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Forma y materialidad según contexto 	<ul style="list-style-type: none"> • El producto desarrollado se presenta como diseño por contraste, para responder al contexto de aplicación .
SOCIOCULTURAL	<ul style="list-style-type: none"> • Propiciar el cuidado de las colmenas 	<ul style="list-style-type: none"> • La piquera potencia las labores de cuidado para las colmenas, como proceso vincutivo.
ECONÓMICA	<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidad a través de los usos. • Capacidad de reciclado. • Bajo costo de fabricación. 	<ul style="list-style-type: none"> • La materialidad del producto debe permitir un uso intenso y continuado, el cual será desarrollado en plástico. • En caso de fallas o rupturas, el producto debe tener la capacidad de reciclarse. • Debe ser de bajo costo productivo, considerando la situación económica de los apicultores.

7.2. CONSIDERACIONES

Para esta investigación es importante tomar en cuenta las medidas antropométricas que representan al usuario, con la finalidad de ser aplicadas en el producto de diseño.

Para esto se recogen los datos de la población femenina correspondientes a la anchura palmar y longitud de los dedos (Figura 75).



Dimensiones	D.E.	Percentiles		
		5	50	95
42 Anchura palmar	0.42	7.40	8.10	8.90
43 Espesor palmar	0.23	2.59	2.80	3.20
44 Longitud de la mano	0.80	15.20	16.60	18.00
45 Longitud de los dedos	0.71	9.70	10.90	12.11
46 Anchura de la mano	0.44	8.50	9.30	10.10
47 Circunferencia de la mano	0.96	21.00	22.70	24.20
48 Circunferencia palmar	0.92	18.30	20.00	21.50

Figura 75: Dimensiones antropométricas población femenina. Fuente: Avila, et. al, 2007, p.225.

También se establecen las posturas recomendadas según la norma ISO 11226 (ISO,2000). Estas corresponden a los movimientos articulares de los miembros superiores, y para la mano con sus diferentes tipos de prensión.

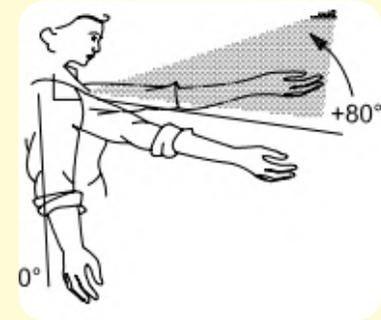


Figura 76: Elevación Frontal. Fuente: ISO, 2000.

Para la elevación frontal del brazo, la Flexión al 100 % de amplitud articular es 180°; una postura incómoda es menor a 80° (Figura 76.)

El movimiento correspondiente a la flexión de codo, la extensión al 100 % de amplitud articular es + 150°; una postura incómoda es menor a 60° (Figura 77).

Para el movimiento de muñeca, la flexión palmar al 100 % del rango articular es 90°; una postura incómoda es menor a 45° (Figura 78).

Se hace un análisis del agarre palmar en relación con su movimiento flexionar (Figura 79). En cuanto a la extensión dorsal de la muñeca, el 100 % del rango articular es 90°; una postura incómoda es menor a 45° (Figura 80).

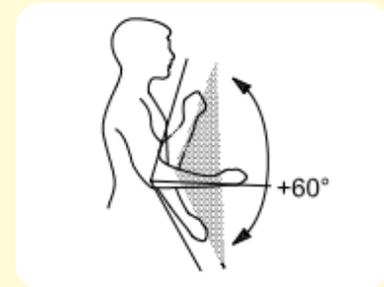


Figura 77: Flexión de codo. Fuente: ISO, 2000.



Figura 78: Flexión Palmar. Fuente: ISO, 2000.

Figura 79: Agarre Palmar. Fuente: ISO, 2000.

Figura 80: Extensión dorsal de muñeca. Fuente: ISO, 2000.

En cuanto al desarrollo de las actividades laborales, los componentes del sistema musculoesquelético no se encuentran sujetos a cargas excesivas, por lo que se pretende que la postura del cuerpo, los esfuerzos musculares y los movimientos sean armónicos entre sí. Para lograr este vínculo, los segmentos deben hacer movimientos dentro de los rangos articulares protectores, llamados “ángulos de comodidad” o “postura de confort”, por tiempos acortados, esto debido a que mantener una buena postura durante períodos prolongados puede transformarse, de igual manera, en un riesgo (Ibacache, 2020).

Para el mundo laboral, se han definido criterios para los rangos límites entre los cuales se puede desplazar los segmentos corporales, para que no sea considerada una situación de riesgo. Como se mencionó, se analizan las referencias entregadas por la norma ISO 11226. Ergonomía - Evaluación de las posturas para puestos de trabajo. En este caso, también se consideran las posturas

del tronco superior.

Para cabeza y tronco:

- Flexión de tronco (inclinación hacia adelante), debe ser menor a 10° Figura 81.
- Si la flexión del tronco es mayor a 10°, este debe estar totalmente apoyado y no superar los 60°.
- La extensión del cuello (inclinación hacia atrás) debe estar ausente. De no ser posible, se permite la extensión leve si es que el tronco está totalmente apoyado.
- La flexión del cuello no debe superar los 25° (Fig. 82).
- Si está sentado, la curvatura de la espalda debe mantenerse natural, no forzada y siempre con apoyo (Figura 83).

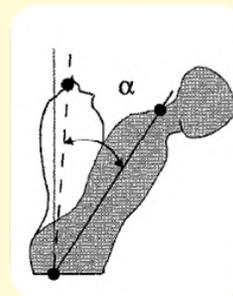


Figura 81: Flexión de tronco. Fuente: ISO, 2000.

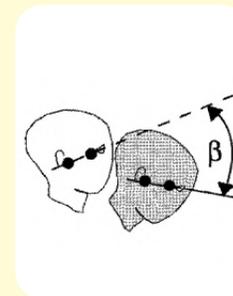


Figura 82: Flexión de cuello. Fuente: ISO, 2000.

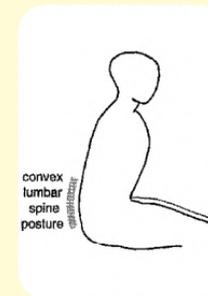


Figura 83: Curvatura de la espalda. Fuente: ISO, 2000.

Se realiza un análisis y taxonomía de los distintos tipos de agarres de la mano, a través de las definiciones obtenidas por Cutkosky (1989) y Feix et. al. (2015), con la finalidad de hacer una clasificación de los agarres que se han descrito a través de la literatura. Las clases de función relevantes para este estudio son las referidas a las del tipo prensil y no prensil, las cuales incorporan tareas de manipulación donde el objeto está en interacción con la mano.

Cutkosky (1989), señala "Un agarre es toda postura estática de la mano con la que se puede sujetar un objeto de forma segura con una mano, independientemente de la orientación de la mano".

1.- Agarres de potencia, intermedios y de precisión: Cada agarre puede catalogarse según su función o necesidad de precisión o según potencia ejercida (Napier, 1956). En el agarre de potencia, hay una relación rígida entre el objeto y la mano, traduciéndose en que los movimientos de este, serán invocados por el brazo.

En la manipulación de precisión, la mano realiza movimientos intrínsecos en el objeto, sin la necesidad de mover el brazo (Lansmeer, 1962). Finalmente, los agarres intermedios, corresponden cuando existe una misma proporción entre los agarres de potencia y precisión.

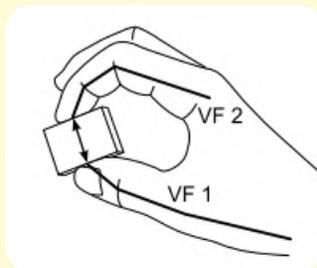


Figura 84: Oposición por almohadilla. Fuente: Feix et. al, 2015.

2.- Tipos de oposición: La mano puede aplicar fuerzas sobre un objeto con la finalidad de sujetarlo en tres direcciones básicas (Iberall, 1997). Estas se diferencian según la dirección de la fuerza aplicada entre la mano y el objeto. Oposición por almohadillas, producida entre la superficie de la mano a lo largo de una dirección paralela a la palma (Fig. 84).

La oposición de la palma se genera entre las superficies de la mano a lo largo de una dirección perpendicular a la palma (Fig. 85). En este caso, para el apicultor aplica en la manipulación de bolsas y botellas para la alimentación de las colmenas, como también el agarre de otras herramientas que considere necesarias.

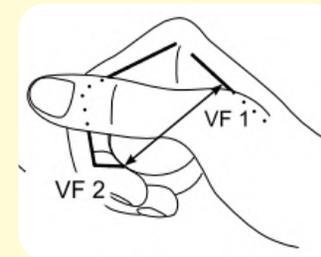


Figura 85: Oposición de la palma. Fuente: Feix et. al, 2015.

La oposición lateral se genera entre las superficies de la mano a lo largo de una dirección transversal a la palma (Fig. 86)

Los agarres de oposición de la palma y lateral, corresponden a las formas de sujeción que tiene el apicultor con la espátula, al momento de abrir las colmenas y retirar los marcos.

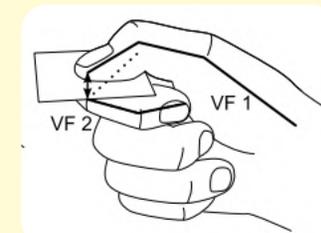


Figura 86: Oposición lateral. Fuente: Feix et. al, 2015.

En el agarre de gancho, el objeto a levantar se sujeta firmemente entre la palma de la mano y los dedos flexionados, en este caso, el pulgar no desempeña ningún papel, por lo que el agarre es relativamente seguro. Este tipo de agarre es el implementado durante la actividad de trashumancia, el cual está condicionado a la morfología de del aza de la colmena Langstroth (Fig. 87).

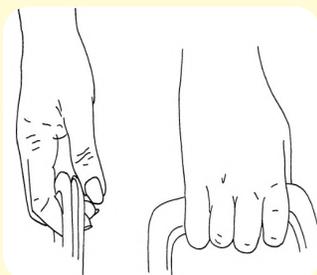


Figura 87: Agarre de gancho. Fuente: Feix et. al. 2015.

7.3. ABEJAS

Anatomía

La anatomía de la abeja melífera es compleja y adaptada a su estilo de vida social. El cuerpo de la abeja se divide en tres partes principales: cabeza, tórax y abdomen (Fig. 88).

- **Cabeza:** La cabeza de la abeja contiene los ojos, las antenas y las piezas bucales. Los ojos de la abeja son compuestos y están formados por miles de facetas individuales. Las antenas de la abeja se utilizan para el olfato, el tacto y el equilibrio. Las piezas bucales de la abeja están adaptadas para la recolección de néctar y polen (INIA, 2014).
- **Tórax:** El tórax de la abeja se compone de las alas, sus patas y los músculos que permiten mover las alas. Estas últimas están formadas por dos capas de membranas superpuestas. Las patas de la abeja se utilizan para caminar, transportar polen y limpiarse. Su cuerpo generalmente mide entre 1,5 y 3 cm para una abeja adulta, con un diámetro aproximado de 1 cm (SAG, 2012).

- **Abdomen:** Su abdomen contiene los órganos internos, como son el estómago, el corazón, los intestinos y los órganos sexuales. También contiene el aguijón, que es una estructura puntiaguda que utilizan las abejas para defenderse en caso de ser atacadas o como respuesta al estrés.

Vuelo: Las abejas melíferas voladoras discriminan el color y la alteración del patrón al momento de salir en busca de alimentos, como también diferenciar su colmena de origen para su regreso. Son capaces de distinguir entre un patrón radial simétrico y uno de círculos concéntricos (Horridge et. al., 1995). Estos comportamientos se ven reflejados en sus técnicas de vuelo y cómo logran discriminar los patrones en las floraciones de las cuales obtienen su alimentación. Ong et. al. (2017), en su investigación, señalan que las abejas pueden diferenciar el **ancho de los espacios** que se aproximan a ellas, eligiendo el paso que es presumiblemente más seguro y rápido para transitar. Estas conclusiones se lograron al ubicar una barrera en su trayecto de vuelta a las colmenas, con dos aberturas de diferentes anchos, colocadas una al lado de la otra, donde las abejas mostraron preferencia por la apertura más amplia.

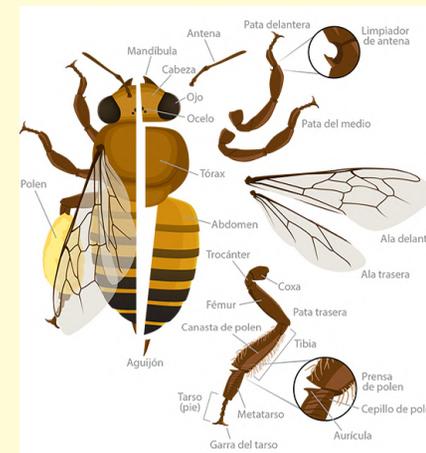


Figura 88: Morfología abeja melífera. Fuente: Rodríguez et. al. 2015.

Otras consideraciones que se analizaron para adoptar en la propuesta corresponden a los resultados obtenidos de la investigación de Mandyam S. (2011), en este, las abejas cambiaban su táctica de vuelo en función del tipo de superficie sobre la que se van a posar. Se descubrió que prefieren superficies con una **inclinación máxima de 60°**, cifra que utilizan muchas flores para permitir el aterrizaje de estos polinizadores, facilitando su llegada. Cabe señalar que las abejas llegan volando a altas velocidades, sin embargo, frenan cuando se acercan a su destino hasta realizar un vuelo estático o muy lento.

Para la investigación se diseñaron superficies abatibles para variar la inclinación desde el plano horizontal hasta el vertical. Los resultados variaron en función de cómo se situaba la plataforma. De este modo, cuando se les ubica una pista de aterrizaje completamente plana o muy poco inclinada, las abejas se ubican suavemente sobre sus patas traseras, seguidamente dejan caer con suavidad el resto del abdomen.

Por otro lado, si la superficie se encuentra demasiado inclinada o vertical, en este caso las abejas utilizan sus antenas, las cuales toman el primer contacto con la pista de aterrizaje. Una vez que sus antenas evalúan el lugar, la abeja procede a posarse, haciéndolo con sus patas delanteras para agarrarse a la superficie y, lentamente posar el resto del abdomen (Fig. 89).

Se concluye que cuando vuelan rápido, las abejas permanecen horizontales, pero al frenar realizan vuelos estacionarios, donde su abdomen se inclina hacia abajo, sus patas y antenas cuelgan en un ángulo de 60°, de esta manera tocan a la vez la superficie si tiene la misma inclinación, haciendo un aterrizaje más cómodo y fácil.

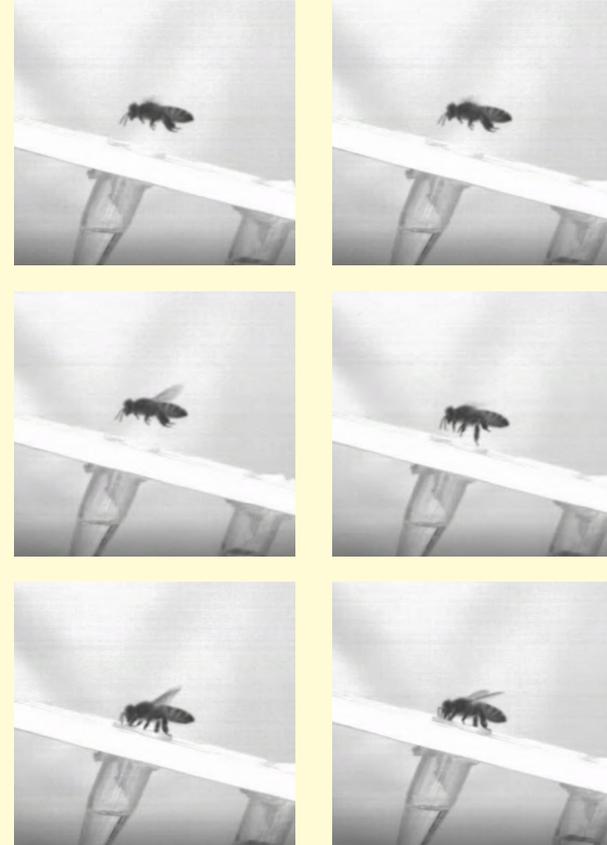


Figura 89: Patrón de vuelo en superficie inclinada. Fuente: Honey Bees as a Model for Vision, Perception, and Cognition - Mandyam S., 2011.

Colores: Las abejas tienen dos tipos de ojos, un par de ojos situados a los lados de la cabeza y tres ocelos correspondientes a pequeños ojos en la parte superior de la misma, los cuales son encargados de medir la luz que perciben en el tiempo (Kelber, 2006). Los ojos compuestos de las abejas están formados por unos 4.500 omatidios, unidades sensoriales capaces de distinguir la presencia y falta de luz. Cada uno de estos consiste en una lente en forma hexagonal con nueve fotorreceptores, los cuales pueden agruparse en tres categorías según su sensibilidad espectral del pigmento sensible a la luz: ultravioleta con un pico de sensibilidad a 340 nm, azul con un pico de sensibilidad a 463 nm y sensibles al verde con un pico a 530 nm (Menzel, R. y Blakers, M, 1991, p. 262-293) (Fig. 90).

Estas clases de espectros señalan que la abeja tiene una dotación de visión tricromática de los colores, que a diferencia de los humanos, los cuales podemos percibir rojo, azul y verde, estas tienen uno verde, otro azul y el restante es el ultravioleta. Es decir, pueden ver la radiación ultravioleta, la cual es invisible para las personas y son ciegas (o no ven) el color rojo.

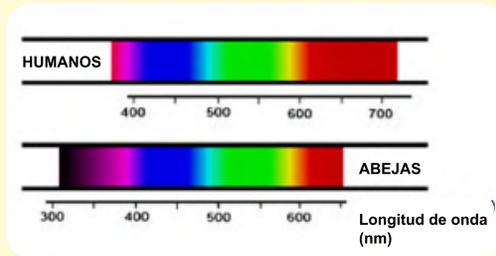


Figura 90: Espectro visión de humanos / abejas. Fuente: elaboración propia, rescatada de Inia, 2015.

La sensibilidad de las abejas a la luz ultravioleta UV es muy útil, pues les ayuda a localizar y diferenciar entre las flores que reflejan los rayos UV, de esta manera, identifican los patrones que algunas flores poseen, ayudándoles a guiarse hacia donde se encuentra el néctar, estas son las llamadas guías de néctar (Fig. 91).



Figura 91: Flores a través de la visión de la abeja. Fuente: Natgeo, 2016.

La figura 92 refleja las flores vistas por medio de la visión de las abejas. La fila superior muestra las flores a través de la visión humana, mientras que la fila inferior muestra a las mismas flores a través de la visión de las abejas. Las flores, de izquierda a derecha, corresponden a *Helianthemum nummularia*, *Aquilegia vulgaris*, *Mespilus germanica*, *Linum austriacum*, *Vella spinosa*, *Nonea lutea*, *Taraxacum officinale*, *Stellaria holostea* (Hempel de Ibarra, et al., 2006).

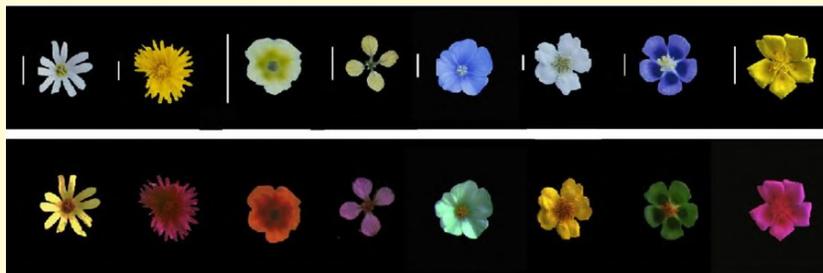


Figura 92: Las flores vistas a través de los ojos de las abejas. La figura muestra visualizaciones (colores humanos) de flores (escala de 1 cm). Fuente: Mechanisms, functions and ecology of colour vision in the honeybee (Hempel de Ibarra et al., 2014).

7.4. Aplicación de Hongos Entomopatógenos

Como se mencionó anteriormente la aplicación de hongos entomopatógenos, específicamente *Metarhizium anisopliae* funcionan como acaricidas naturales para contrarlar la Varroa Destructor en las colonias de abejas *Apis Meliferas*.

Para el tratamiento se considera la aplicación de esporas mediante la técnica de espolvoreado manual sobre alguna superficie dispensadora, la cual se considerará en la formulación de la propuesta. Estos, deben mezclarse con harina de maíz esterilizada, la cual arrojó excelentes resultados como portador de hongos entomopatógenos según la investigación de Marta Rodríguez, Marcos Gerding y Andrés France (2009) para el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), en la cuál se sustenta la efectividad del tratamiento de este estudio, junto con el análisis bibliográfico en el capítulo de análisis.

8. SÍNTESIS Y CONCEPTUALIZACIÓN

Los ejes conceptuales de la propuesta de piquera modular (Fig. 93) se describen a continuación:

Mejorar la salud de las colmenas: este pilar está orientado a la relación entre el apicultor y las colmenas, con la intención de generar un vínculo y potenciar la necesidad de proteger a las abejas de los problemas que la afectan.

Optimizar Actividad Apícola: nace de la necesidad de mejorar las labores apícolas con la finalidad de unificar tareas diarias que se realizan a las colmenas.

Mitigar Enfermedades: pilar enfocado a la aplicación de tratamientos efectivos contra enfermedades, las cuales atacan actualmente a las colmenas, con la finalidad de erradicarlas.

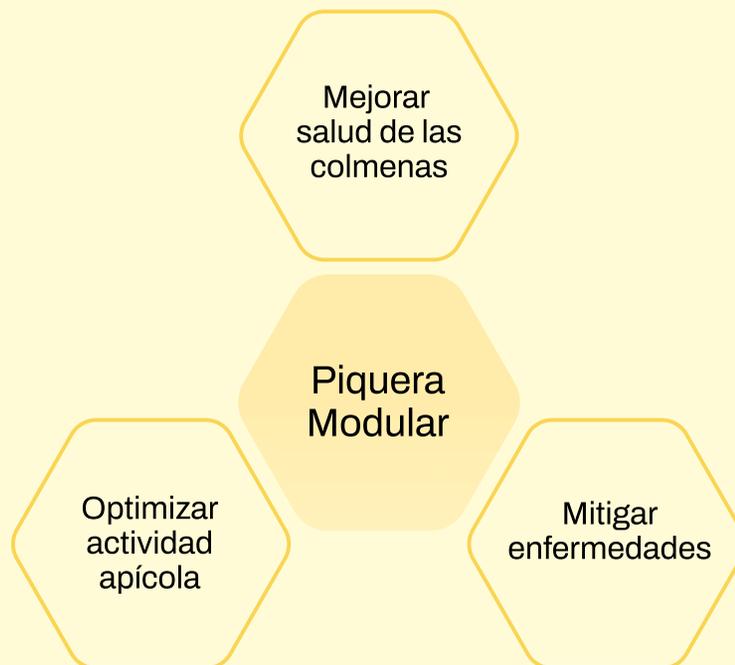


Figura 93: Ejes conceptuales de Piquera modular. imagen de elaboración propia

Para tener un mayor entendimiento respecto de las técnicas apícolas y sus tratamientos, se realizó una búsqueda de referentes, los cuales servirán de punto de partida para la realización de la propuesta de diseño.

Si bien en el mercado no existe una gran variedad de productos enfocados en el tratamiento de Varroa por medio de hongos entomopatógenos, se presentaron las técnicas utilizadas en las investigaciones previamente mencionadas. También se presentaron referentes de productos implementados en la piquera, como trampas de polen y alimentadores, los cuales amplían la visión de los productos diseñados para colmenas.

BeeMushroomed Feeder, diseñado por el micólogo Paul Statement, es un sistema que permite otorgar extracto de micelio de hongos, entregando fácilmente un alimento nutritivo para que las abejas mantengan su salud en esta época de crisis ambientales. El proyecto aún se encuentra en fases de desarrollo a través de donaciones para ser producido a gran escala (Fig. 94).



Figura 94: Beemushroomed feeder. Fuente: Fungi Perfecti, Statement, P. 2018

Bandeja dispensadora para la aplicación de hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae*. El producto se instala en la entrada de las colmenas y está compuesto por dos secciones que permiten diferenciar la entrada y la salida. En la primera sección de la entrada, se espolvorean las esporas del tratamiento con la finalidad de adherirse al cuerpo de las abejas al entrar en contacto con ellas, para luego proliferar dentro de la colmena y atacar el ácaro Varroa (Fig. 95).



Figura 95: Bandeja dispensadora adjunta a la entrada de la colmena. Fuente: Evaluation of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* for the control of *Varroa destructor* in honey bee - Sinia A. & Guzmán E., 2018.

Aplicación de esporas de hongo *Metarhizium anisopliae* en placa petri sobre una solución de agar agar (Fig. 96), la cual es depositada directamente dentro de las colmenas de abejas. Esta investigación permitió recabar información sobre los formatos de aplicación de estos acaricidas y la resistencia de las esporas dentro de las colmenas, las que pueden llegar sobre los 30° (Fig. 97).



Figura 96: Hongo *Metarhizium* sobre placa petri en solución de agar. Fuente: Application of *Metarhizium anisopliae* as a potential biological control of *Varroa destructor* in Italy. Celeste, M. et al. 2020

Besmart es una pantalla que se ubica en la entrada de las colmenas, funcionando como piquera.

Contiene dos entradas independientes con portones separados, lo cual permite un acceso controlado para las abejas. En su base actúa como ventilación interior para las colmenas.

Es de fácil instalación a través de pasadores, por lo que no necesita herramientas adicionales.

Está fabricado en un tecnopolímero para una larga vida útil y durabilidad (Figura 98).



Figura 97: Hongo *Metharizium* dentro de colmena. Fuente: Application of *Metharizium anisopliae* as a potential biological control of *Varroa destructor* in Italy. Celeste, M. et al. 2020



Figura 98: Pantalla Besmart e instalación en colmena. Fuente: Besmart designs. <https://www.beesmartdesigns.com/product-list/robbing-screen>

HiveIQ es un proyecto diseñado por Victor Croker, ganador del premio Good Design Award en la categoría de diseño de producto.

El producto consiste en una colmena diseñada por secciones hechas de poliestireno expandido de ultra densidad (HD EPS) en lugar de madera tradicional, generando mayor producción de miel y un ambiente saludable a las colmenas (Fig. 99).

El análisis de este producto se enfocó en la sección de la piquera, el cual permite una diferenciación entre la entrada y salida, así como también su modificación en caso de trashumancia.



Figura 99: Piquera de colmena HiveIQ. Fuente: Business small, retribuido de <https://insidesmallbusiness.com.au/latest-news/hiveiqs-innovative-beehive-design-wins-good-design-award>

BeeHospital es un proyecto en desarrollo por el diseñador Neoyorquino Shau Heng Li, este concepto consta de varias secciones, como son los centros de suplementos, en los cuales las abejas pueden recoger probióticos y nutrientes esenciales para su alimentación.

Además, el producto cuenta con dispensadores de protección contra ácaros, los cuales se adhieren a los árboles cercanos del apiario, de esta manera, se atraen a las abejas y son impregnadas con una solución orgánica para atacar el ácaro Varroa (Fig. 100).



Figura 100: Beehospital por Shau Heng Li. Fuente: <https://www.azuremagazine.com/article/hive-minded-bee-design/>

**9. DESARROLLO
DE LA
PROPUESTA**



9. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

¿Qué es?

La propuesta de diseño se centra en la creación de una " Piquera modular para colmenas Langstroth para el cuidado de la salud de las abejas".

Este concepto nace de la necesidad de combatir uno de los problemas más graves que enfrenta la apicultura, Varroa destructor, un ácaro parásito que debilita y daña las colonias de abejas, producto de actividades como la trashumancia, lo que pone en riesgo tanto la producción de miel como la polinización de cultivos esenciales para la agricultura. La innovación del proyecto radica en la utilización de hongos entomopatógenos, específicamente la especie *Metarhizium Anisopliae*, en formato de esporas como agentes biológicos para controlar esta plaga de manera efectiva y sostenible, junto con técnicas de cuidado para colmenas.

¿Para quién está pensado?

Esta propuesta de diseño está destinada a los apicultores, tanto a nivel comercial como a pequeña escala, quienes enfrentan la amenaza directa de Varroa destructor, que buscan soluciones efectivas para preservar la salud de sus colonias y mantener la producción de sus productos. Por otro lado, y de manera transversal, involucra a la comunidad científica y a los investigadores que buscan alternativas sostenibles para el control de plagas en la apicultura. También es relevante para apicultores que promueven la biodiversidad y la sostenibilidad de sus colmenas, ya que la salud de las abejas y la polinización de cultivos son componentes esenciales para un ecosistema saludable, como también para la seguridad alimentaria.

¿Qué debe hacer?

La piquera para colmenas Langstroth tiene como función fundamental, permitir la administración controlada y eficaz de esporas de hongos entomopatógenos en las colmenas. Estos hongos funcionan como plaguicidas naturales de Varroa Destructor. El contenedor debe permitir la deposición gradual y estratégica de hongos, logrando que las abejas caminen a través de este polvo de biocontrol (esporas), para luego ser depositadas dentro de las colmenas, proliferando dentro y atacando a los ácaros Varroa, sin causar daños a las abejas o al medio circundante.

Debe considerar una sección específica que permita una alimentación adecuada para las abejas, ayudando también a mejorar las actuales técnicas que utilizan los apicultores para esta actividad. Finalmente, debe lograr optimizar los esfuerzos físicos de los apicultores durante esta labor.

¿Cómo debe ser?

El diseño de la piquera debe ser práctico y fácil de usar para los apicultores. Debe ser compatible con las colmenas Langstroth, garantizando una integración sencilla en las prácticas existentes. Es crucial que el diseño no cause daño a las abejas ni afecte negativamente la calidad de los productos generados por estas. Además, debe ser una herramienta confiable y segura tanto para los apicultores como para las colonias de abejas. Deben diferenciarse los módulos para la aplicación de hongos entomopatógenos, la alimentación para las abejas y los puntos de mejorar para la trashumancia.

¿Por qué o para qué se desarrolla?

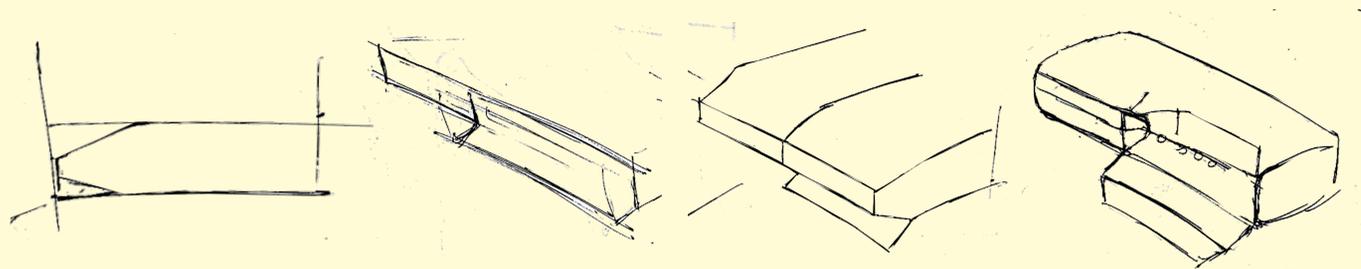
La propuesta de diseño de producto se desarrolla para abordar un problema crítico que afecta no solo a la apicultura, sino a la seguridad alimentaria y la biodiversidad en general. Un sistema inmune debilitado en las colonias de abejas propicia la aparición del ácaro Varroa destructor, representando una amenaza para las colonias de abejas y, por ende, para la producción de alimentos, ya que las abejas desempeñan un papel vital en la polinización de cultivos. La pérdida de colonias de abejas también tiene un impacto económico directo en la industria apícola.

El desarrollo de esta piqueta busca ofrecer una solución efectiva y sostenible al control de Varroa destructor. Al utilizar hongos entomopatógenos como plaguicidas naturales, reduciendo la dependencia de productos químicos que pueden tener efectos adversos en la salud de las abejas y en la calidad de los productos obtenidos. Además, la propuesta de diseño promueve prácticas apícolas sostenibles, lo que es esencial para la conservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria a nivel global. La salud de las abejas y la protección de la apicultura son importantes para mantener ecosistemas equilibrados y garantizar el suministro de alimentos. En resumen, se desarrolla para proteger a las abejas y promover la sostenibilidad en la apicultura, lo que tiene un impacto significativo en la salud del planeta y de la humanidad.

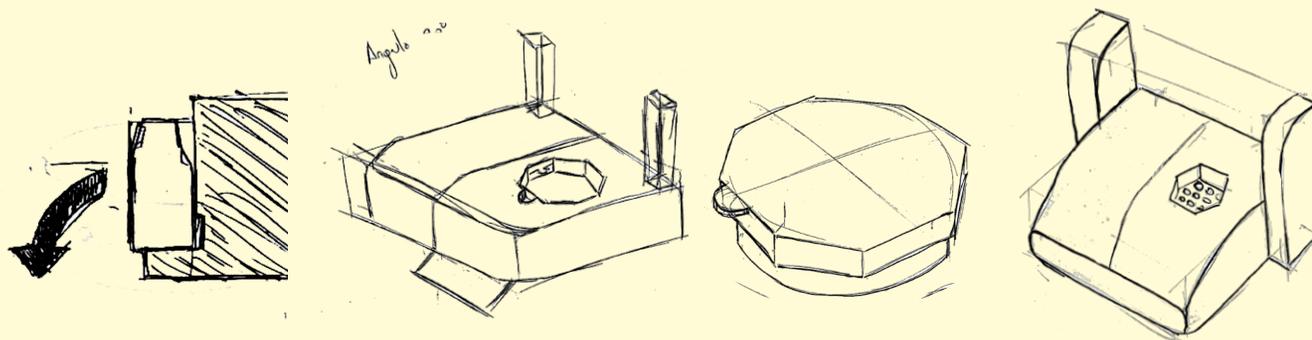
9.1. GÉNESIS FORMAL

Sketching

Se realizó una lluvia de ideas con las primeras intenciones morfológicas, las cuales mantenían las proporciones de la actual colmena Langstroth

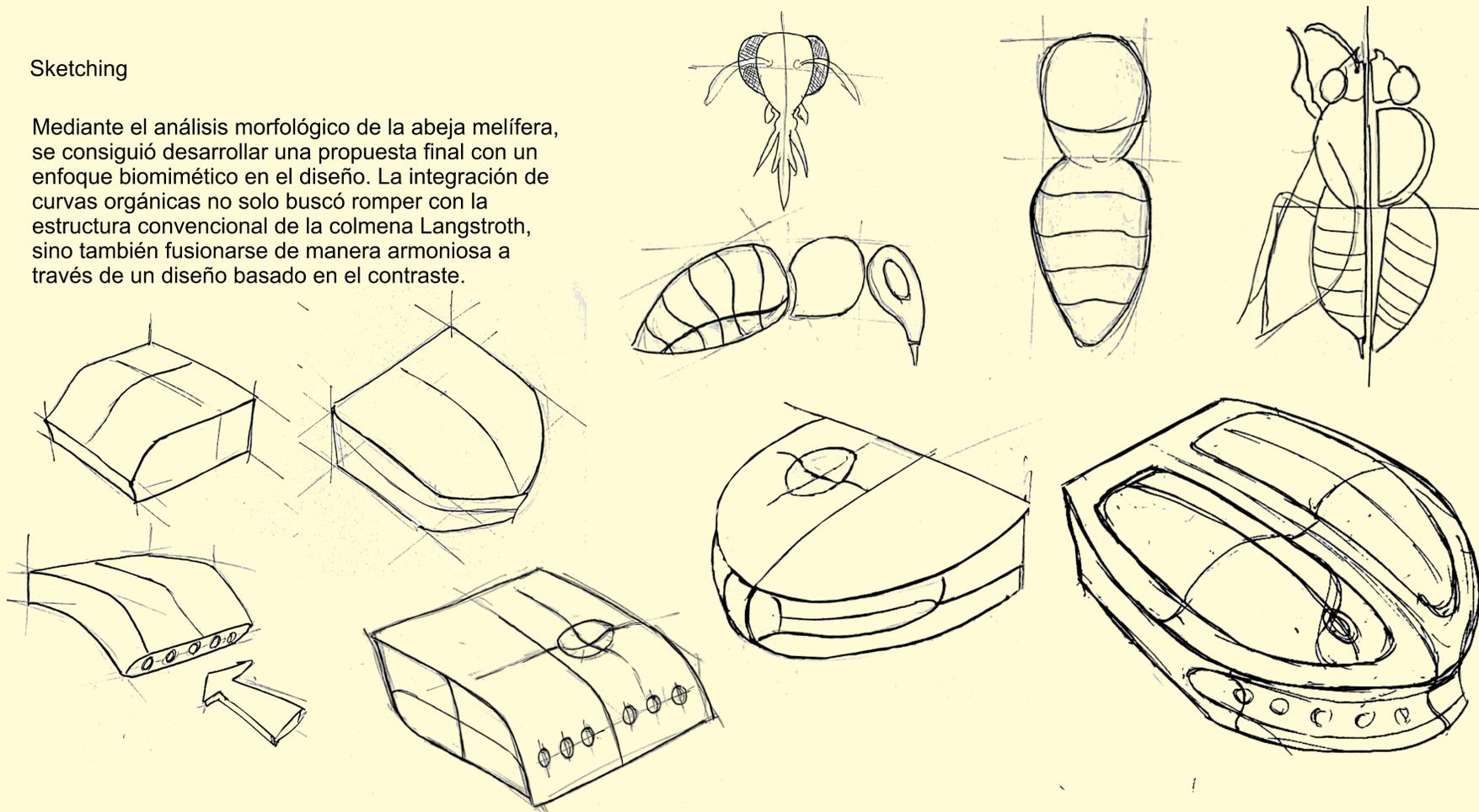


Seguidamente se realizó propuestas de mecanismos, enfocado en la integración con las colmenas, como también propuestas de interacción del apicultor con la piquera y la aplicación de esporas.



Sketching

Mediante el análisis morfológico de la abeja melífera, se consiguió desarrollar una propuesta final con un enfoque biomimético en el diseño. La integración de curvas orgánicas no solo buscó romper con la estructura convencional de la colmena Langstroth, sino también fusionarse de manera armoniosa a través de un diseño basado en el contraste.



9.2. PROTOTIPADO

Para la propuesta de diseño se implementaron técnicas de prototipado con la finalidad de hacer una bajada de las primeras morfologías e interacciones.

La exploración de esta etapa permitió un acercamiento tangible para el análisis de la interacción, como también la definición de los distintos módulos que debe comprender la propuesta.

El primer acercamiento exploró los módulos para el depósito de hongos por medio de esporas, como también formas de entradas y salida para las abejas, sin embargo, aún no se definió una separación de estos espacios en la piquera (Fig. 101).

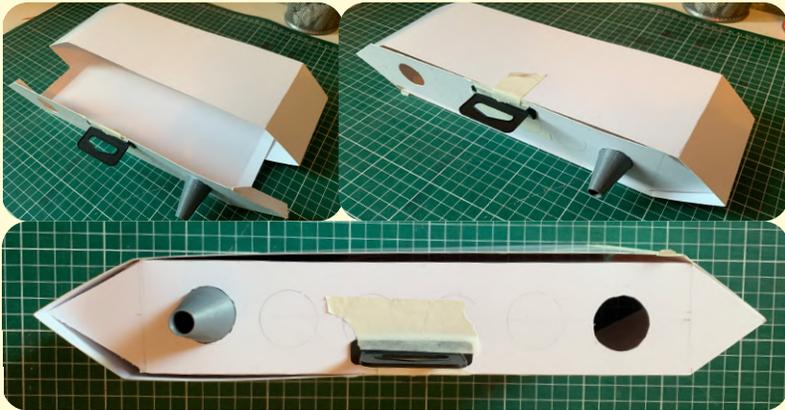


Figura 101: Primer acercamiento en prototipado Fuente: Elaboración propia

La siguiente propuesta propone la subdivisión de los espacios dentro de la piquera, donde se asignó el piso inferior como la entrada destinada a la abejas, junto a la incorporación de una superficie diseñada para facilitar el aterrizaje de estas.

La sección superior, por su parte, se destinó como salida para las abejas, con el propósito de establecer una clara separación de espacios al interior y evitar la mezcla del tratamiento para varroa, el cual se administra en el interior de la entrada de la piquera (Fig. 102).



Figura 102: Segundo acercamiento en prototipado Fuente: Elaboración propia

Si bien las propuestas descritas no se consolidaron como la versión final del proyecto, cabe señalar que las exploraciones morfológicas y de interactividad de esta etapa cumplieron un papel importante en la evaluación y mejora de la propuesta. Estas exploraciones entregaron conocimientos detallados sobre posibilidades y limitaciones para la toma de decisiones estratégicas en la propuesta final.

9.3. MODELADO 3D

Las exploraciones anteriores dieron paso a los lineamientos necesarios para el proceso de modelamiento 3D de la propuesta. La ejecución se llevó a cabo mediante el software CAD CAM Fusion 360 y se estructuró a base de dos enfoques morfológicos, los cuales comprenden la evolución del producto final.

El punto de partida se basó en el diseño de la colmena Langstroth, la cual fue definida previamente, respetando sus dimensiones estándar (Fig. 103). El enfoque se basó en establecer las bases necesarias para una implementación armónica y funcional de la piquera, asegurando una adaptación coherente con la estructura existente.



Figura 103: Modelo 3D colmena Langstroth. Fuente: elaboración propia



Figura 104: Primer acercamiento morfológico 3D. Fuente: elaboración propia

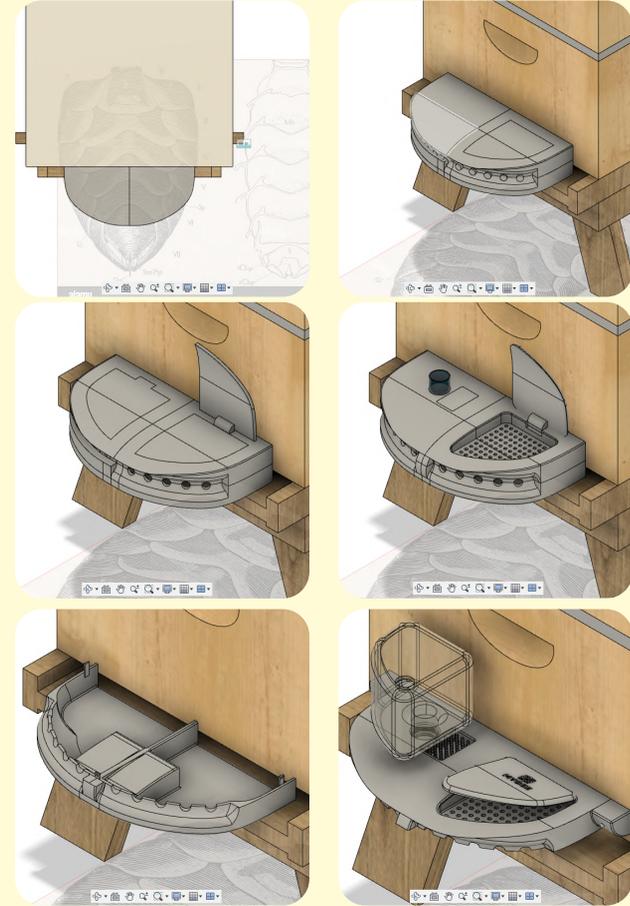


Figura 105: Desarrollo final de la propuesta. Fuente: elaboración propia

Las dimensiones del producto final se basan en los requerimientos y consideraciones antes mencionados, los que permiten un correcto funcionamiento en lo que respecta a la interacción y al contexto aplicado (Fig. 106). Para esto se definió una altura total de 60 mm y un largo de 400mm entre ambas carcasas, para que al ser adaptada no intervenga con la actividad de trashumancia.

Uno de los componentes del producto es el módulo correspondiente a la tapa inferior, la cual alberga una división interna que, en conjunto con el módulo superior, crea las separaciones entre la entrada y salida de la colmena.

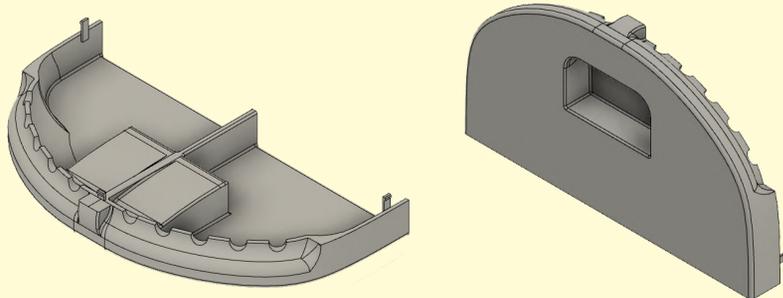


Figura 107: Modelo 3D del módulo inferior. Fuente: elaboración propia

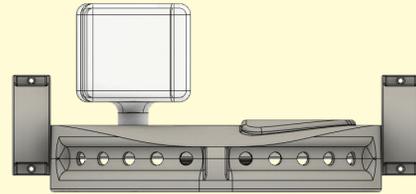


Figura 106: Propuesta final 3D con la integración de los módulos. Fuente: elaboración propia

Además de esta función, actúa como bandeja dispensadora para la aplicación de hongos entomopatógenos. En su base, se incorporó una hendidura diseñada según las condiciones antropométricas de la mano previamente mencionadas, lo que permitió una sujeción precisa durante las labores de trashumancia.

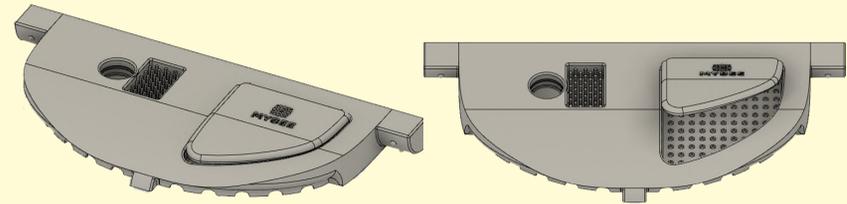


Figura 108: Modelo 3D del módulo superior. Fuente: elaboración propia

El segundo módulo se corresponde con la tapa superior de la piquera. Esta incluye la sección destinada a la introducción de hongos entomopatógenos a través de las aberturas situadas bajo la cubierta en el costado derecho.

En el lado izquierdo, se encuentra la sección de alimentación, equipada con un orificio para insertar el recipiente del alimento junto a un área elevada que facilita la irrigación del líquido. Esto permite que las abejas se posen a beber sin riesgo de ahogarse.

El desarrollo de estos dos módulos que, en su conjunto, entregan los atributos antes mencionados, permite al apicultor un fácil de desarmado para una limpieza adecuada en caso que se requiera.

La cubierta, diseñada para facilitar el acceso y depósito de los hongos, se desarrolló mediante un mecanismo de bisagra. Este sistema permite una apertura de 90° mediante el uso de la espátula del apicultor, llevado a cabo a través de un movimiento de elevación del brazo y una flexión de muñeca para garantizar una interacción eficiente y ergonómica (Figura 109).

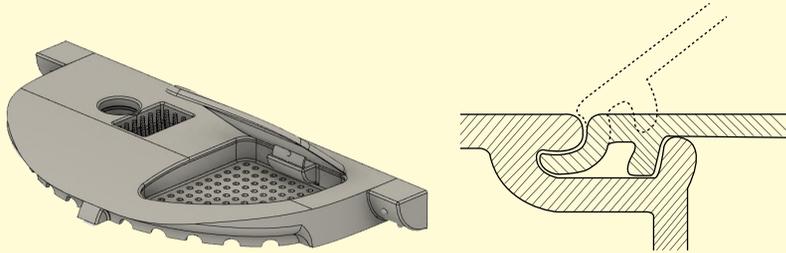


Figura 109: Vista de mecanismo de bisagra para cubierta de acceso. Fuente: elaboración propia

Se desarrolló un contenedor de alimentos que proporciona una alimentación adecuada para las abejas. Este diseño incorpora una sección para insertar el recipiente con las tolerancias precisas para asegurar una sujeción e irrigación del líquido, evitando así las fugas. También permitió un agarre palmar para una correcta instalación. Además, se creó una superficie para permitir que las abejas se posen a beber su alimento, previniendo el riesgo de ahogarse con la mezcla líquida. Esta solución no solo eliminó la necesidad de utilizar recursos externos implementados por los apicultores, como bolsas y botellas plásticas desechables, sino también redujo la carga postural del tronco superior al preparar y administrar la alimentación de las abejas (Figura 110).

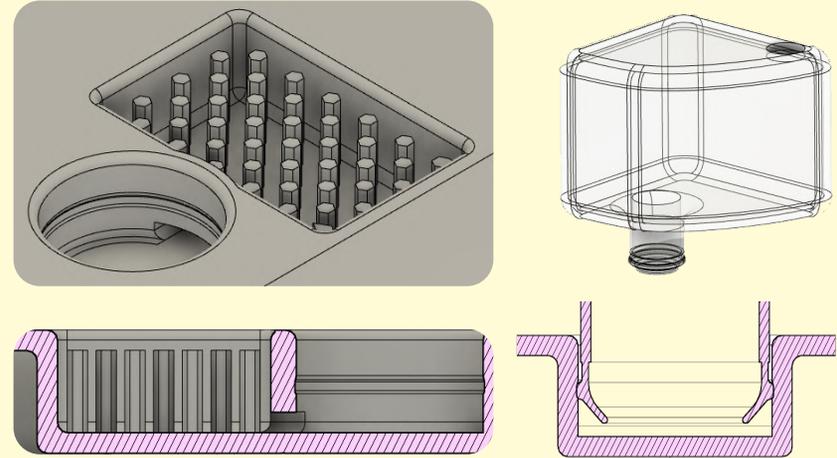


Figura 110: Sistema módulo de alimentación. Fuente: elaboración propia

Respeto al análisis sobre el vuelo de las abejas anteriormente mencionadas, se concluyó que estas, al volar rápido, permanecen horizontales, pero al frenar para hacer un aterrizaje, adoptan un ángulo de 60°. Por lo que se incorporó una inclinación con esta angulación en el módulo inferior, con la finalidad de facilitar un aterrizaje seguro para las abejas, haciéndolo más cómodo y efectivo para ingresar a la piqueta (Figura 111).

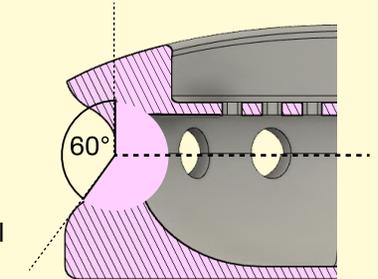


Figura 111: Inclinación de 60° para un aterrizaje óptimo. Fuente: elaboración propia

Bajo la cubierta que se diseñó para la apertura de la sección de tratamiento acaricida, se realizó una extrusión acompañada de un patrón de aberturas ubicadas estratégicamente de un tamaño de 0.5 mm, para evitar la salida de las abejas (Figura 112). Esto permitió el depósito de las esporas de hongos, las cuales se aplicaron mediante un formato de polvo, lo que permitió que, una vez dentro de la entrada de la piquera, se adhirieran al cuerpo de la abeja.

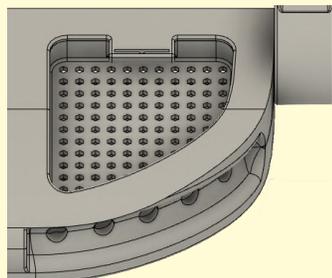


Figura 112: Patrón de extrusión para depósito de esporas. Fuente: elaboración propia

Finalmente, se diseñaron los módulos de sujeción que permiten la fijación de la piquera a la colmena. Estos permitieron, además, la función de adaptar la piquera para labores de trashumancia mediante un ajuste vertical de 45°, simplificando su agarre y transporte por medio de la hendidura ubicada de manera estratégica sobre la base de la piquera (Figura 113).

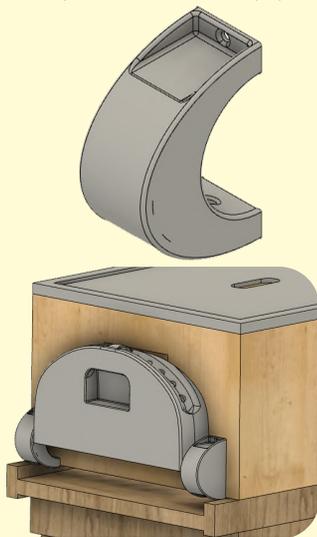


Figura 113: Propuesta final 3D con la integración de módulos de sujeción. Fuente: elaboración propia

9.4. ITERACIONES EN IMPRESIÓN 3D

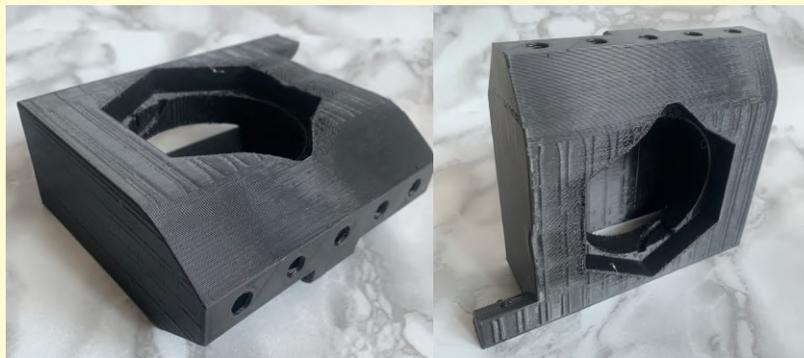


Figura 114: Primeras iteraciones en impresión 3D. Fuente: elaboración propia



Figura 115: Propuesta 3D para el depósito de hongos. Fuente: elaboración propia



Figura 116: Interacción para la aplicación de hongos. Fuente: elaboración propia

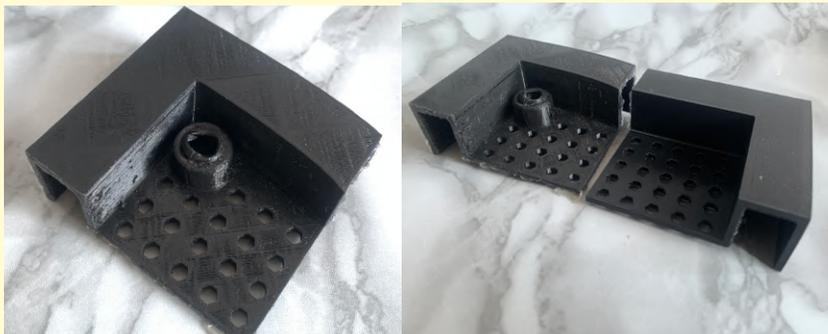


Figura 117: Aperturas para el depósito de esporas. Fuente: elaboración propia



Figura 118: Sistema de apertura para el depósito de esporas. Fuente: elaboración propia

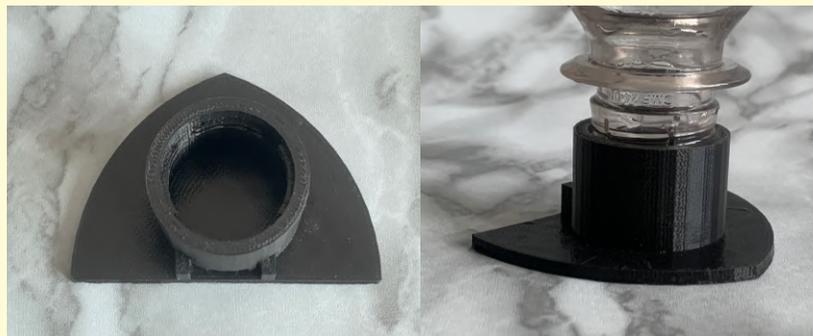


Figura 119: Mecanismo de prueba para el depósito de alimento ficticio. Fuente: elaboración propia



Figura 120: Mecanismos de prueba para la irrigación de alimento. Fuente: elaboración propia



Figura 121: Iteración de mecanismo para irrigación de alimento. Fuente: elaboración propia



Figura 122: Pruebas de encaje para aplicación de alimentación. Fuente: elaboración propia

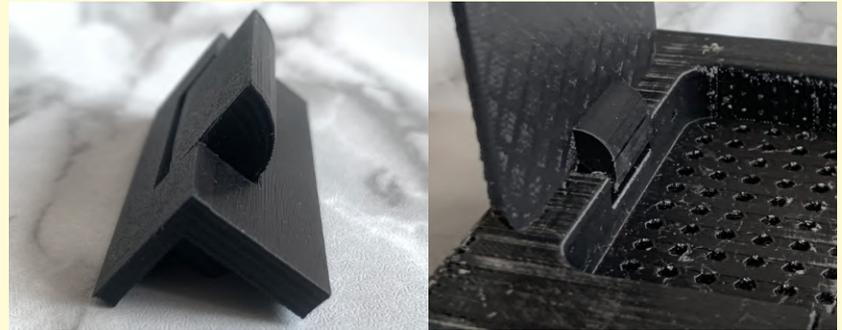


Figura 123: Pruebas de mecanismos de apertura. Fuente: elaboración propia



Figura 124: Mecanismos para inclinación de 45°. Fuente: elaboración propia



Figura 125: Propuesta de compuerta. Fuente: elaboración propia

9.5. PROTOTIPO FINAL RENDERIZADO







9.6. PROTOTIPO FINAL ENFOCADO



Figura 126: Prototipo final enfocado con módulos integrados. Fuente: elaboración propia



Figura 127: Prototipo final módulo superior. Fuente: elaboración propia

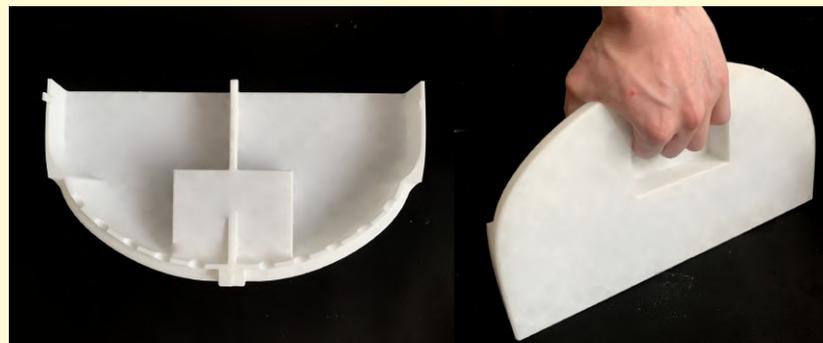


Figura 128: Prototipo final módulo inferior con hendidura para sujeción. Fuente: elaboración propia



Figura 129: Prototipo final de módulo superior e inferior ensamblados. Fuente: elaboración propia



Figura 130: Detalles de los sistema de aplicación de esporas y alimentación. Fuente: elaboración propia

9.7. VALIDACIÓN EN CONTEXTO DE USO

Se llevó a cabo un análisis del producto y su funcionamiento, por medio de su implementación en un entorno real de apicultura. Se instaló la piquera en una colmena saludable y funcional, lo que permitió el estudio detallado de la interacción entre el apicultor y la piquera, así como la observación y análisis de las dinámicas de las abejas con el producto. Este proceso incorporó la evaluación de las formas de instalación de la piquera, la interacción del apicultor ante una posible aplicación de tratamiento contra la Varroa, administración de alimentación para las colmenas, análisis de los agarres de la colmena para la actividad de trashumancia y los comportamientos específicos de las abejas como respuesta a esta nueva implementación.



Figura 131: Proceso de Instalación de piquera y sistema para alimentación. Fuente: elaboración propia



Figura 132: Interacción para aplicación de esporas e ingreso de abejas a la colmena. Fuente: elaboración propia



Figura 133: Interacción de abejas con sistema de alimentación. Adaptabilidad de piquera para agarre en proceso de trashumancia. Fuente: elaboración propia



Figura 134: Piquera funcional luego de 3 horas de instalación. Fuente: elaboración propia

9.8. EVALUACIÓN

Se considera que un producto de diseño cumple las expectativas del consumidor cuando se cumplen tres requisitos, el primero corresponde a la funcionalidad, es decir, es útil en la ejecución de la actividad, por ende es adquirido; el segundo corresponde a la usabilidad, este debe ser fácil de comprender y seguro de utilizar durante la realización de la tarea (Jordan, 2000, p.5). El tercero es la estética, es decir, el afecto agradable cuando se aprecia la geometría, color, textura, etc., de un producto.

Estos requisitos se deben cumplir en conjunto, para que un producto sea considerado como un significado de pertenencia al estilo de vida de la persona, la cual estará dispuesta a pagar por el producto (Ashby & Johnson, 2003, pp. 23-26).

Para la evaluación del producto se utilizó el método de diferencial semántico (Alcántara, 2005), técnica que permite percibir el grado significativo afectivo, subjetivo o connotativo de objetos por medio de adjetivos. El usuario evaluó su percepción con respecto a la piquera por medio de un formato que consistió en una lista de adjetivos bipolares previamente seleccionados (Fig. 135).

Cada adjetivo cuenta con una escala, en este caso 3,2,1,0,-1,-2,-3, para que el usuario designe el grado que tiene del producto con respecto a los adjetivos mostrados. Esta evaluación no incluyó la percepción de colores, ya que estos van enfocados en el comportamiento de las abejas.

Seguro – Peligroso	Resistente – Frágil
Inestable – Estable	Estable – Inestable
Existente – Nuevo	Tradicional – Moderno
Pesado – Ligero	Eficiente – Ineficiente
Compacto – Inconsistente	Flexible – Rígido
Sencillo – Complejo	Fácil de manipular – Difícil de manipular
No original – Creativo	Alta tecnología – Baja Tecnología
Fácil de limpiar – Difícil de limpiar	

Figura 135: Tabla con Adjetivos Bipolares seleccionados para evaluación. Fuente: Elaboración propia, tomado de Alcántara, 2005

	Muy	Bastante	Poco	Nada	Poco	Bastante	Muy	
	3	2	1	0	1	2	3	
Seguro								Peligroso
Inestable								Estable
Existente								Nuevo
Pesado								Ligero
Compacto								Inconsistente
Sencillo								Complejo
No original								Creativo
Fácil de limpiar								Difícil de limpiar
Resistente								Frágil
Estable								Inestable
Tradicional								Moderno
Eficiente								Ineficiente
Flexible								Rígido
Fácil de manipular								Difícil de manipular
Alta tecnología								Baja Tecnología

Figura 136: Tabla de evaluación con Adjetivos Bipolares seleccionados. Fuente: elaboración propia

10. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este proyecto, la investigación se centró en el estudio y análisis de la actividad apícola nacional, la caracterización de la especie *Apis mellifera* L. su hábitat, amenazas, salud y la responsabilidad de la apicultura para la seguridad alimentaria. Mediante información secundaria, se relacionó el diseño de productos con mejorar el manejo de las colmenas durante el ciclo de vida de las abejas, durante la actividad de trashumancia y cómo incide en la salud de las colmenas durante el proceso de aplicación de tratamientos entomopatógenos para el control de enfermedades.

Realizar un levantamiento de información en la primera etapa permitió acotar la responsabilidad de la especie *Apis mellifera* L. en la seguridad alimentaria, identificar las principales variables asociadas a la disminución de la calidad y salud de las colmenas, y buscar maneras de mejorar la interacción del apicultor con las colmenas. También, permitió identificar que el problema del acaro de *Varroa destructor* es transversal a toda la industria, lo que hace clave el desarrollo de un producto dirigido a resolver este desafío.

La aplicación de la encuesta a apicultores proporcionó información relevante sobre la importancia de la trashumancia en la apicultura, donde apicultores nacionales no solo indicaron que realizan esta actividad para proporcionar alimentos para las abejas en periodos de escasez de floración, sino también, es una actividad que se realiza como buena fuente de ingresos al considerar el negocio detrás de los servicios de polinización.

Por otro lado, en la encuesta se identifica la importancia para los apicultores de los tratamientos químicos y orgánicos en el control de *Varroa destructor* y el poco conocimiento de la aplicación de tratamientos menos tóxicos y dañinos para las colmenas, como es la aplicación de hongos entomopatógenos.

El diseño de una piquera para colmenas, concebido como una solución integral, no solo se basó en optimizar la aplicación de hongos entomopatógenos, sino también en mejorar la experiencia del apicultor durante el cuidado de las colmenas y la actividad de trashumancia, garantizando la salud de las abejas. Desde una perspectiva de diseño, el análisis del usuario y sus requerimientos, permitió la funcionalidad y la integración armoniosa con las colmenas Langstroth, donde el producto resultante no solo cumplió con criterios técnicos, sino que también prácticos, enfocados en la eficacia y seguridad tanto para los apicultores como para sus colmenas. El desarrollo de la propuesta de diseño implicó una comprensión en detalle de las necesidades de los apicultores, los desafíos del entorno apícola y la aplicación de principios de diseño sostenible, mediante la incorporación de soluciones amigables con el medio ambiente, reduciendo la dependencia de productos químicos para el control de *Varroa Destructor*.

11. PROYECCIONES

En el futuro, se vislumbra la continuidad de pruebas del producto junto a más apicultores de Chile, lo que permitirá perfeccionar el diseño, asegurando su adaptabilidad no solo a las colmenas Langstroth, sino también, a las variedades existentes en el mercado.

Por otra parte, evaluar su eficacia en diversos contextos, como condiciones atmosféricas, debido a su integración en el exterior, como también mantener una trazabilidad del tratamiento por temporadas largas, para llegar a una eficacia del 100% en el control de Varroa.

De igual manera, esta solución puede ser aplicada en otras áreas de la industria alimentaria, la cual sufre de amenazas similares, las que pueden ser erradicadas mediante la misma técnica. Erigiendo este proyecto como ejemplo tangible para contribuir en soluciones que promueven la sostenibilidad e incentiven el uso de métodos de control naturales y no tóxicos.

12. BIBLIOGRAFÍA

Alcántara, E., Artacho, M. A., González J. C., y García A. C. (2005). Aplicación de la semántica de producto al diseño de calzado. Identificación del espacio semántico del calzado aplicando la semántica diferencial.. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 35, pp. 713-725.

Abdullah, Qingshi, W., Awan, M. A., & Ashraf, J. (2020). The Impact of Political Risk and Institutions on Food Security. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(3), 924–941.

Aguirre P. (2004). Ricos flacos y gordos pobres: la alimentación en crisis. Chile: Capital Intelectual.

Alaniz-Salinas, Natalia, & Castillo-Montes, Mauricio. (2020).

Alvarado, R. (2022, July 26). El modelo de desplanificación urbana que amenaza la sustentabilidad agroproductiva y ecológica del país. Universidad de Chile. <https://uchile.cl/noticias/188525/desplanificacion-urbana-amenaza-sustentabilidad-agricola-y-ecologica>

Anderson, M., & Leach, M. (2019). Transforming Food Systems: The Potential of Engaged Political Economy. *IDS Bulletin*, 50(2), Article 2. <https://doi.org/10.19088/1968-2019.123>

Annemiek van Boeijen, J. D. a. J. Z. (2020). *Delft Design Guide Perspectives - Models - Approaches - Methods*.

Araya B., Marcela, & Atalah S., Eduardo. (2002). FACTORS WHICH DETERMINE FOOD CHOICE IN POOR FAMILIES. *Revista chilena de nutrición*, 29(3), 308-315.

Araya, S., Elberg, A., Noton, C., & Schwartz, D. (2019). Identifying Food Labeling Effects on Consumer Behavior (SSRN Scholarly Paper 3195500). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3195500>

Argenti, O. M., Cecilia. (2007). Abastecimiento y distribución de alimentos en las ciudades de los países en desarrollo y de los países en transición Retrieved from <https://www.fao.org/3/y5401s/y5401s.pdf>

Biénabe, E., Rival, A. & Loeillet D., eds. 2017. Sustainable development y tropical agri-chains. Dordrecht, Springer, 354 p. ISBN 978-94-024-1015-0. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-024-1016-7>.

Bowersox, D. J. C., David J.; Cooper, M. Bixby. (2010). *Administración y logística en la cadena de suministro*.

Briones Alonso, E., Cockx, L., & Swinnen, J. (2018). Culture and food security. *Global Food Security*, 17, 113–127. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.02.002>

Calderone, N.W., Wilson, W.T., & Spivak, M. (1997). Extractos vegetales utilizados para el control de los ácaros parásitos *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) y *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae) en colonias de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Revista de Entomología Económica*, 90, 1080–1086.

Cameron, L.5 formas en que diseñadores e ingenieros pueden afrontar el cambio climático, 2017. Web General Electric.

Caspi CE, Sorensen G, Subramanian SV, Kawachi I. The local food environment and diet: a systematic review. *Health Place*. 2012 Sep;18(5):1172-87. doi: 10.1016/j.healthplace.2012.05.006.

Chandler, D., G. Dadidson, J. Pell, B. Vall, K. Shaw, and K. Sunderland. 2000. Fungal biocontrol of acari. *Biocontrol Sci. Technol.* 10:357-384.

Chautá-Mellizo, A.; Campbel, S.A.; Bonilla, M.A.; Thaler, J.S.; Poveda, K. 2012. Efectos de la polinización natural y artificial en la calidad de los frutos y la descendencia.. *Basic and Applied Ecology*, 13: 524-532.

Cortés Conde, W. H. (2015). *Manual de apicultura trashumante*.

Casanova, O., & Perruolo, G. (1992). Parasitic diseases of the honey bee *Apis mellifera* in Tachira, Venezuela. *Vida Apícola*, 54, 20–24. ISSN 0213-1015.

Cutkosky, M. R. (1989). Sobre la elección del agarre, los modelos de agarre y el diseño de manos para tareas de fabricación. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*. 269–279. doi:10.1109/70.34763

Cerda R., Ricardo, Egaña R., Daniel, Galvez E. Patricia y Masferrer R., Dominique. (2016). Marco conceptual sobre los factores condicionantes de los ambientes alimentarios en Chile. Facultad de Medicina Universidad de Chile y Ministerio de Salud.

Clemente-Suárez, V. J., Beltrán-Velasco, A. I., Redondo-Flórez, L., Martín-Rodríguez, A., & Tornero-Aguilera, J. F. (2023). Global Impacts of Western Diet and Its Effects on Metabolism and Health: A Narrative Review. *Nutrients*, 15(12), 2749. <https://doi.org/10.3390/nu15122749>

Cross, N. (2002). *Métodos de Diseño - Estrategias para el Diseño de Productos* (Vol. 2). Mexico.

Darbro, J.M., & Thomas, M.B. (2009). Spore persistence and likelihood of aeroallergenicity of entomopathogenic fungi used for mosquito control. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 80, 992–997. doi:10.4269/ajtmh.2009.80.992

De Jong, D., ROMA, D., & Gonçalves, L. (1982). A comparative analysis of shaking solutions for the detection of *Varroa jacobsoni* on adult honeybees. *Apidologie*, 13, 297-306. <https://doi:10.1051/apido:19820308>.

De Melo e Silva Neto, C.; Gomes Lima, F.; Gonçalves Bastos, B.; Lima Bergamini, L.; Araújo Ribeiro Bergamini, B.; Da Silva Elias, M.A.; Villaron Franceschinelli, E. 2013. Las abejas autóctonas polinizan las flores del tomate y aumentan la producción de frutos. *Journal of Pollination Ecology*, 11 (6): 41-45

Division, R. I. a. A.-I. (2003) El sector informal alimentario. Políticas municipales de apoyo a los operadores - Guía para los alcaldes, los concejales municipales y los planificadores de las ciudades de los países en desarrollo y países en transición. In.

Dorta, B., y A. Arcas. 1996. Producción de hongos entomopatógenos. p. 195-206. In Lecuona, R. (ed.) *Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plagas*. Talleres Gráficos Mariano Mas, Buenos Aires, Argentina.

Donoso, Sergio (2019). *Investigación cualitativa en Diseño y Artes*

Duttmann, C., Demedio, J., y Verde, M. (2013). La apicultura y factores que influyen en producción, calidad, inocuidad y comercio de la miel. Disponible en <http://bcn.cl/20b4p> (abril, 2017).

Elzen, P.J., Baxter, J.R., Spivak, M., & Wilson, W.T. (2000). Control of *Varroa jacobsoni* Oud resistant to fluvalinate and amitraz using coumaphos. *Apidologie*, 31, 437–441

Emsen, B., Hamiduzzaman, M.M., Goodwin, P.H., & GuzmanNovoa, E. (2015). Menores infecciones víricas en abejas melíferas (*Apis mellifera*) adultas y crías infestadas y no infestadas por *Varroa destructor* de una colonia con bajo crecimiento de población de ácaros en comparación con una colonia con alto crecimiento de población de ácaros. *PLoS One*, 10, e0118885. doi:10.1371/journal.pone.0118885

FAO-RUAF. (2020). City Region Food Systems to cope with COVID-19 and other pandemic emergencies. <https://ruaf.org/news/city-region-food-systems-to-cope-with-covid-19-and-other-pandemic-emergencies/>

FAO and WHO. (2018) El desafío de la nutrición. Soluciones desde los sistemas alimentarios, Roma.

FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2021). Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. <https://doi.org/10.4060/cc6550es>

FAO-RUAF. (2020). City Region Food Systems to cope with COVID-19 and other pandemic emergencies. <https://ruaf.org/news/city-region-food-systems-to-cope-with-covid-19-and-other-pandemic-emergencies/>

FAO and WHO. (2018) El desafío de la nutrición. Soluciones desde los sistemas alimentarios, Roma.

FAO. (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. Roma.

FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina.

FAO. 2019. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma.

FIA. (2016). Agenda de innovación agraria

Food and Agriculture Organisation of the United Nations – FAO. 2004. Globalization of food systems in developing countries: impact on food security and nutrition. FAO food and nutrition paper 83. www.fao.org/3/a-y5736e.pdf

Food and Agriculture Organisation of the United Nations – FAO (2016) Influencing food environments for healthy diets, Rome, Available at: <http://www.fao.org/3/a-i6484e.pdf>

Fundación Española de la Nutrición. (1 Octubre 2014). Hábitos Alimentarios. [fen.org.es](http://www.fen.org.es) <https://www.fen.org.es/blog/habitos-alimentarios/>

Global Alliance for Improved Nutrition. (2023). The Food Systems Dashboard. <https://doi.org/10.36072/db>

Goettel, M.S., & Inglis, G.D. (1997). Fungi: Hyphomycetes. In L.A. Lacey (Ed.), *Manual of techniques in insect pathology* (pp. 213–249). San Diego, CA: Academic Press.

Greenleaf, S.S.; Kremen, C. 2006. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation*, 133: 81-87.

HLPE. 2017. La nutrición y los sistemas alimentarios. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma.

Herrero, M. & Thornton, P. (2013). Ganadería y cambio global: Cuestiones emergentes para los sistemas alimentarios sostenibles. <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1321844111>

Hernández-Hernández, I.I. Nancy; Garnica-González, Dr. Jaime . (2015). Árbol de Problemas del Análisis al Diseño y Desarrollo de Productos. *Conciencia tecnológica*, 50, 38-46.

Hajek, A.E., & Delalibera, I. (2010). Fungal pathogens as classical biological control agents against arthropods. *BioControl*, 55, 147–158. doi:10.1007/s10526-009-9253-6

Hoehn, P.; Tschardtke, T.; Tylianakis, J.M.; Steffan-Dewenter, I. 2008. La diversidad de grupos funcionales de las abejas polinizadoras aumenta el rendimiento de los cultivos. *Proceedings of The Royal Society B*, 275: 2283-2291.

HLPE. 2017. La nutrición y los sistemas alimentarios. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma.

Invernizzi, C., Antúnez, K., Campa, J., Harriet, J., Mendoza, Y.E., Santos, E., & Zunino, P. (2011). Situación sanitaria de las abejas melíferas en Uruguay. *Veterinaria*, 47, 15–27.

Jensen, M. (2021). Transformación de los sistemas alimentarios en Chile: Cambio de uso de suelo y comercio internacional. *Estudios Internacionales*, 53(199), Article 199. <https://doi.org/10.5354/0719-3769.2021.59273>

Jordan, P. W. (2000). *Designing Pleasurable Products*. Taylor & Francis: New York, USA.

Kanga, L.H.B., Adamczyk, J., Patt, J., Gracia, C., & Cascino, J. (2010). Development of a user-friendly delivery method for the fungus *Metarhizium anisopliae* to control the ectoparasitic mite *Varroa destructor* in honey bee, *Apis mellifera*, colonies. *Experimental and Applied Acarology*, 52, 327– 342. doi:10.1007/s10493-010-9369-5

Kelber A. Invertebrate colour vision. In: *Invertebrate Vision*, ed-ited by Warrant E, Nilsson D. Cambridge, UK: Cambridge Univ.Press, 2006, p. 250–290

Maggi, M., Antúnez, K., Invernizzi, K., Aldea, P., Vargas, M., Negri, P., Brasesco, C., De Jong, D., Message, D., Weinstein Texeira, E., Principal, J., Barrios, C., Ruffinengo, S., Rodriguez Da Silva, R., & Eguaras, M. (2016). Honeybee health in South America. *Apidologie*.

Maturana Romesín, & Varela G., F. (2004). *De máquinas y seres vivos : autopoiesis: la organización de lo vivo* (6a. ed.)Universitaria.

Mallinger, R.E.; Gratton, C. 2015. La riqueza en especies de abejas silvestres, pero no el uso de abejas melíferas manejadas, aumenta el cuajado de frutos de un cultivo dependiente de polinizadores. *Journal of Applied Ecology*, 52 (2): 323-330.

Ministerio de Agricultura y INTA Universidad de Chile (2018) Manual de pérdidas y desperdicios de alimentos [en línea]. Santiago: Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/33584>

Ministerio de Salud. (2018). Informe Encuesta Nacional de Salud 2016-2017: Estado Nutricional. 42p. Disponible en: <https://goo.gl/oe2iVt>

Mensah, B.A.; Kudom, A.A. 2011. Foraging dynamics and pollination efficiency of *Apis mellifera* and *Xylocopa olivacea* on *Luffa aegyptiaca* Mill (Cucurbitaceae) in Southern Ghana. *Journal of Pollination Ecology*, 4 (5): 34-38.

Menzel R, Backhaus W. La visión del color en los insectos. En: *Vision and Visual Dysfunction: The Perception of Colour*, editado por Gouras P. Londres: Macmillan, 1991, p. 262–293.162.

Menzel R, Blakers M. Receptores del color en el ojo de las abejas: morfología y sensibilidad espectral. *J Comp Physiol*108: 11–33, 1976

Miranda, R. y Miranda, P. (2015). Prácticas de Apicultura. Colección de Prácticas en el Sector Agropecuario. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola, Valladolid. Junta de Castilla y León, España. Disponible en <http://bcn.cl/20b4o> (abril, 2017).

Montiel, E & Piola, G. (1976). A new enemy of bees. In: Varroasis a honey bee disease. Bucharest, Romania: Apimondia Publishing House. p 36-37.

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

Romero, A., & Vera Colina, M. A. (2009). El proceso de globalización y los retos del desarrollo humano. *Revista de Ciencias Sociales*, 15(3), 432–445.

Ricou, C.; Schneller, C.; Amiaud, B.; Plantureux, S.; Bockstaller, C. 2014. Un indicador basado en la vegetación para evaluar el valor de polinización de la flora de los márgenes del campo. *Ecological Indicators*, 45: 320-331

Russo, L.; Park, M.; Gibbs, J.; Danforth, B. 2015. El reto de documentar con precisión la riqueza de especies de abejas en los agroecosistemas: diversidad de abejas en los manzanos orientales. *Ecology and Evolution*, 5 (17): 3531-3540.

Ros, J. (2009). Iniciación a la apicultura. Técnico en Formación y Transferencia Tecnológica de Lorca. Disponible en <http://bcn.cl/20b4r>. (abril, 2017)

Rodríguez, M., M. Gerding, y A. France. 2006. Selección de aislamientos de hongos entomopatógenos para el control de huevos de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agric. Téc. (Chile)* 66:151-158

Tanada, Y., and H. Kaya. 1993. Fungal infections. p. 318- 366. In Tanada, Y., and H. Kaya (eds.) *Insect pathology*. Academic Press, San Diego, California, USA.

van Eijk, D., & van Kuijk, J. (2012). The Design for Usability project. *Design for Usability Methods & Tools*, 9

Anexos

1. Encuesta

Tu experiencia es valiosa! Colabora con nosotros en nuestra investigación para un Futuro Sostenible en la Industria Apícola.

La apicultura es esencial para el ecosistema y la seguridad alimentaria, siendo un desafío crucial que enfrentamos un enemigo silencioso de nuestras colmenas, la Varroa destructora.

Actualmente estamos desarrollando un proyecto de Tesis para la Universidad de Chile, a través de la investigación del uso de hongos entomopatógenos como tratamiento natural para crear una solución innovadora en la lucha contra Varroa desde el diseño de productos.

¡Tus aportes nos ayudan a marcar la diferencia en la protección de nuestras abejas y en la sostenibilidad de la apicultura. Por esta razón, queremos conocer tu experiencia y necesidades reales como apicultor/a.

¡Dedícarnos unos minutos de tu tiempo para completar nuestra encuesta. Tus respuestas nos proporcionarán información valiosa que guiará el desarrollo de este nuevo producto. Estos datos son de carácter anónimo y quedarán registrados únicamente para fines académicos.

2.- ¿Realiza trashumancia de colmenas (mover las colmenas a diferentes ubicaciones en busca de floraciones específicas)?

Si

No

3.- Si realiza trashumancia, puede indicar cuales son los principales motivos de estos traslados.

mi respuesta

4.- Si realiza trashumancia, ¿con qué frecuencia?

mi respuesta

5.- Especifique los costos asociados que implica mover sus colmenas a otras zonas (ej. transporte, mano de obra, productos, etc)