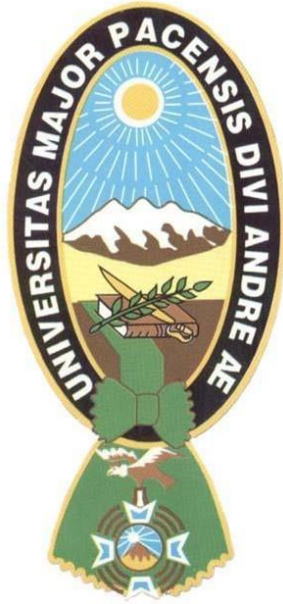


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DIRIGIDO

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE APICULTURA DE
PRECISIÓN EN EL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA”**

SOLANGE MODDY SANCHEZ VALLEJOS

LA PAZ – BOLIVIA

2024

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE APICULTURA DE
PRECISIÓN EN EL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA”**

Trabajo Dirigido presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

SOLANGE MODDY SÁNCHEZ VALLEJOS

Tutor:

Ing. CARLOS EDUARDO ZAMBRANA URQUIZO

Asesores:

Ing. Ph. D. CARMEN ROSA DEL CASTILLO GUTIÉRREZ

Ing. HUGO EDUARDO ILLANES NAVIA

Revisor(es):

Ing. M. Sc. Estanislao Poma Loza

Ing. Angel Fernando Jira Hernandez

Ing. Gregorio Zapata Limachi

La Paz – Bolivia

2024

DEDICATORIA

A mi amada y admirada mamita Edith Vallejos por su esfuerzo, paciencia, dedicación y apoyo incondicional, a mi querido hermano Paolo por su resiliencia y entendimiento en momentos de tristeza, y a Dios por darme la oportunidad de contar con el cariño de un papá, Guido. A veces las palabras son insuficientes para expresar lo que sentimos, aun así, hacemos lo imposible por ser escuchados, por esta razón se lo dedico a quienes me escucharon, creyeron en mí y me brindaron su complicidad en momentos de oscuridad.

Algunas puertas se cierran para siempre y otras se abren en los lugares menos esperados. (Varys)

AGRADECIMIENTOS

Cuando estuve en tu pancita creíste que sería varón, pero desde que me tuviste en tus brazos por primera vez, te asombré y a partir de ese momento cambie tu vida para siempre ofreciéndote arrebatos, alegrías, pero sobre todo temor de los pasos que diera en el camino, y por el amor inmenso que no cabe en tu ser, me alumbraste el camino y me convidaste tu luz para no perder el rumbo en un mundo lleno de tentaciones y oscuridad. Dime como se agradece tanto amor incondicional mamita Edith, aun así, estas palabras vanas no logran plasmar mi agradecimiento, admiración y amor hacia ti madre amada.

Paolo el hermano ausente pero presente, cuando el pronóstico del tiempo indicaba que se avecinaban tormentas y huracanes, él construía un fuerte de almohadas dentro de casa, que me protegía, te doy las gracias por darme esperanza, fortaleza y sacarme la tristeza en un mundo donde mi inocencia e ingenuidad no tenían cabida.

Papá Guido llegaste en un momento en el que recién salía del cascarón, donde me rompieron el corazón por primera vez, recogiste los pedazos, y los volviste a armar. Desde ese momento supe que todo estaría bien, todo lo perdido lo recupere con tus consejos y tu cariño, muchas gracias porque, aunque no tenga tu apellido te entregue ese título.

Gracias a esa persona que me enseñó y me compartió sus conocimientos, sin pedir nada a cambio, adentrándome en el fascinante mundo de la apicultura siendo mi mentor, una parte fundamental en mi camino, por su disciplina, rectitud, por siempre confiar y creer en mis capacidades, sé que pusiste las manos al fuego por mí y espero no fallarte nunca, más que un tutor mi mejor amigo hasta un hermano Ing. Carlos Zambrana que fue una guía en este proceso de aprendizaje, pasamos un sin fin de aventuras y experiencias hermosas que las llevo siempre en el corazón.

Agradezco a ese bicho que por un instante fue parte de mi camino, y en ese pequeño tramo apoyarme y amarme incondicionalmente, por eso siempre tendrás un lugar en mi corazón, gracias por enseñarme a caminar de la mano con mis demonios.

A mi asesor y amigo Ing. Eduardo Illanes que me dio su apoyo, su guía para la elaboración y la culminación de esta investigación.

A la Ing. Ph.D. Carmen Del Catillo por sus conocimientos en las correcciones, paciencia y motivación.

Al tribunal revisor porque sin sus atribuciones y observaciones necesarias no tendría la satisfacción de haber terminado el presente trabajo.

A todas esas personas que conocí y estuvieron en este proceso de aprendizaje.

CONTENIDO

INDICE GENERAL	i
INDICE DE TABLAS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	iv
INDICE GRÁFICAS.....	vi
INDICE DE ANEXOS.....	vii

INDICE GENERAL

I. MARCO GENERAL	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación del trabajo.....	3
II. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos Específicos.....	4
2.3. Metas	4
III. MARCO TEÓRICO	5
3.1. Agricultura de precisión.....	5
3.2. Apicultura de precisión.....	5
3.3. Tipos de sensores.....	6
3.3.1. Peso	6
3.3.2. Temperatura	6
3.4. Indicadores de la colmena	8
3.5. Población	10
3.6. La regla de Farrar	11
3.7. El lugar.....	11
3.8. Orientación.....	12
3.9. Tipos de colmenas.....	13
3.9.1. Colmenas Dadant.....	13
3.9.2. Colmenas Layens.....	14
3.9.3. Colmena Langstroth	15
3.9.3.1. Partes de una colmena Langstroth	15
3.10. Partes de una colmena Langstroth.....	17
3.11. Habitantes de la colmena	22
3.11.1. Clasificación taxonómica	22
3.12. Calendario floral del Centro Experimental Cota Cota	27
3.13. Enfermedades de las abejas	28
3.13.1. Factores de aparición de las enfermedades en las abejas.....	28

3.13.2. Principales enfermedades de las abejas	28
3.13.2.1. Enfermedades bacterianas de la cría.....	28
3.13.2.2. Enfermedades virales de la cría.....	30
3.13.2.3. Enfermedades parasitarias de las abejas adultas.....	31
3.13.2.4. Defectos de la postura	33
3.14. Arduino	34
3.14.1. IDE Arduino	35
3.15. Módulos y sensores	35
3.15.1. Características Módulo ESP 8266.....	35
3.15.2. Sensor de temperatura y humedad DHT22	36
3.15.3. Sensor de temperatura y humedad DHT11	36
3.15.4. Sensor de peso o carga.....	37
3.15.5. Módulo RTC DS3231	38
3.15.6. Display LCD 20x4.....	39
3.16. Plataformas IoT.....	39
3.16.1. UBIDOTS.....	39
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	40
4.1. Localización y ubicación	40
4.1.1. Características climatológicas	42
4.1.2. Vegetación.....	42
4.1.3. Temperatura	42
4.1.4. Humedad.....	42
4.2. Materiales.....	43
4.2.1. Material de la colmena.....	43
4.2.2. Equipo de protección y manipuleo del apiario	43
4.2.3. Material biológico.....	43
4.2.4. Material de escritorio y apoyo.....	43
4.2.5. Material colmenas inteligentes	43
4.3. Metodología	44
4.3.1. Categorización de colmenas	44
4.3.2. Instalación eléctrica	49
4.3.3. Ensamblaje del equipo de monitoreo	51

4.3.3.1.	<i>Hardware</i>	51
4.3.3.2.	<i>Software</i>	51
4.3.3.3.	<i>Integración de sensores y actuadores a la plataforma Arduino</i>	51
4.3.4.	<i>Instalación del equipo de monitoreo</i>	53
V.	<i>SECCIÓN PROPOSITIVA</i>	57
5.1.	<i>Aspectos propositivos del trabajo dirigido</i>	57
5.2.	<i>Orientación de las colmenas</i>	57
5.3.	<i>Recopilación de datos</i>	57
5.4.	<i>Análisis de datos</i>	58
5.4.1.	<i>Temperatura interna</i>	58
5.4.1.1.	<i>Mes de junio</i>	59
5.4.1.2.	<i>Mes de julio</i>	59
5.4.1.3.	<i>Mes de agosto</i>	65
5.4.2.	<i>Humedad interna</i>	66
5.4.2.1.	<i>Mes de junio</i>	67
5.4.2.2.	<i>Mes de julio</i>	67
5.4.2.3.	<i>Mes de agosto</i>	69
5.4.3.	<i>Peso</i>	71
5.4.3.1.	<i>Mes de junio</i>	71
5.4.3.2.	<i>Mes de julio</i>	72
5.4.3.3.	<i>Mes de agosto</i>	74
5.4.3.4.	<i>Datos por un día</i>	74
VI.	<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	83
6.1.	<i>Conclusiones</i>	83
6.2.	<i>Recomendaciones</i>	84
VII.	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	85
	<i>ANEXOS</i>	90

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Regla de Farrar</i>	11
<i>Tabla 2. Clasificación taxonómica de las abejas</i>	22
<i>Tabla 3. Responsabilidad de las abejas a lo largo de su vida</i>	24
<i>Tabla 4. Medidas de los cuerpos de los integrantes de la colmena</i>	26
<i>Tabla 5. Características del sensor DHT 11</i>	36
<i>Tabla 6. Características del sensor DHT 22</i>	37
<i>Tabla 7. Especificaciones técnicas del sensor de peso o celda de carga</i>	38
<i>Tabla 8. Especificaciones y características del módulo RTC</i>	38
<i>Tabla 9. Categorización de colmenas I, II y III</i>	45
<i>Tabla 10. Cronograma de actividades desarrolladas para la toma de datos de los parámetros climatológicos de la colmena 2 y 5</i>	56

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Colmena Dadant según (Magem, 2015, p.4)</i>	14
<i>Figura 2. Partes de una colmena Layens (mm) (Fundación Amigos de las abejas, 2023)</i>	14
<i>Figura 3. Esquema colmena tipo Langstroth (Magem, 2015)</i>	17
<i>Figura 4. Piso de la colmena Langstroth y sus medidas en mm</i>	18
<i>Figura 5. Guarda piquera con medidas en (mm)</i>	18
<i>Figura 6. Cámara de cría en mm</i>	19
<i>Figura 7. Entre tapa en mm, vista lateral</i>	20
<i>Figura 8. Entre tapa con medidas en mm, vista de arriba</i>	20
<i>Figura 9. Tapa con medidas en mm</i>	21
<i>Figura 10. Marco independiente y móvil en mm</i>	22
<i>Figura 11. Reina Italiana del MIIA ubicada en el CECC</i>	23
<i>Figura 12. Metamorfosis de la abeja obrera (Castillo Arias, 2022)</i>	25
<i>Figura 13. El zángano macho de la colmena (Rio, 2023)</i>	26
<i>Figura 14. Calendario florar o curva flora</i>	27
<i>Figura 15. Interfaz de la página web UBIDOTS</i>	39

<i>Figura 16. Ubicación geográfica del Municipio Nuestra Señora de La Paz (GAMLP, 2021)</i>	<i>40</i>
<i>Figura 17. Ubicación geográfica del Centro Experimental Cota Cota UMSA. (Imagen satelital). Google Earth.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 18. Ubicación geográfica del Módulo de Innovación e Investigación Apícola. Google Earth.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 19. Colmena # 2 donde se muestra la cámara de cría.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 20. Colmena # 5 presenta cámara de cría y media alza melaria</i>	<i>47</i>
<i>Figura 21. Armado con piedras del hormigón ciclópeo</i>	<i>47</i>
<i>Figura 22. Planchado del cemento.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 23. Pintado del pedestal para distinguir de las demás colmenas (anexo 1).....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 24. Instalación de cables de energía el 12 de abril dentro del MIIA.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 25. Térmico con caja de protección</i>	<i>49</i>
<i>Figura 26. Árbol de Eucalipto utilizado para el empalme de cables</i>	<i>50</i>
<i>Figura 27. Árbol de eucalipto utilizado como poste para la extensión de cables</i>	<i>50</i>
<i>Figura 28. Esquema general de conexiones del circuito de monitoreo de colmenas....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 29. Instalación de sensores de peso adheridos al piso.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 30. Arreglo de cables</i>	<i>53</i>
<i>Figura 31. Madera gruesa para dar soporte al piso con el sensor de peso.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 32. Sensor de temperatura y humedad en cuadro con cría operculada y abierta</i>	<i>54</i>
<i>Figura 33. Celular marca Samsung modelo 6s utilizado como router</i>	<i>55</i>
<i>Figura 34. Croquis del apiario y ubicación de las colmenas 2 y 5.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 35. Cuadro con cría ensacada colmena 5 (a)</i>	<i>60</i>
<i>Figura 36. Diferencia de larvas sanas y enfermas colmena 5.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 37. Retiro de larvas enfermas</i>	<i>62</i>
<i>Figura 38. Cuadro con cría salteada o en mosaico colmena 5 (a)</i>	<i>63</i>
<i>Figura 39. Aplicación de medicamento en colmena 5.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 40. Colocado de 700 ml de jarabe en el alimentador</i>	<i>64</i>
<i>Figura 41. Cuadro de colmena 5 después de aplicar Tetraciclina.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 42. Cuadro con cría operculada</i>	<i>66</i>

<i>Figura 43. Poncho (yute) protector.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 44. Reducción en la cámara de cría colmena 5.....</i>	<i>69</i>

INDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1. Temperatura interna de colmenas 2 y 5 en °C del mes de junio-julio-agosto</i>	<i>59</i>
<i>Gráfica 2. Humedad interna de ambas colmenas durante los meses de junio-julio-agosto.....</i>	<i>66</i>
<i>Gráfica 3. Temperatura externa del lugar del apiario en °C (máxima y mínima)</i>	<i>70</i>
<i>Gráfica 4. Peso de colmenas 2 y 5 en kg del mes de junio al mes de agosto.....</i>	<i>71</i>
<i>Gráfica 5. Temperatura externa del mes de julio en °C máxima y mínima del apiario... </i>	<i>73</i>
<i>Gráfica 6. Temperatura interna de la colmena 2 (a), cada 23 de los meses evaluados</i>	<i>75</i>
<i>Gráfica 7. Temperatura interna de la colmena 5 de cada 23 de junio-julio-agosto.....</i>	<i>75</i>
<i>Gráfica 8. Temperatura externa en °C de cada 23 de junio-julio-agosto.....</i>	<i>76</i>
<i>Gráfica 9. Humedad interna de la colmena 2 cada 23 de junio-julio-agosto.....</i>	<i>78</i>
<i>Gráfica 10. Humedad interna de la colmena 5 (b) cada 23 de junio-julio-agosto.....</i>	<i>79</i>
<i>Gráfica 11. Humedad externa del apiario de cada 23 de los meses evaluados.....</i>	<i>79</i>
<i>Gráfica 12. Peso de la colmena 2 cada 23 de los meses evaluados.....</i>	<i>81</i>
<i>Gráfica 13. Peso de la colmena 5 en fecha 23 de los meses evaluados</i>	<i>82</i>

INDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Código Arduino</i>	<i>90</i>
<i>Anexo 2. Archivo fotográfico</i>	<i>96</i>
<i>Anexo 3. Base de datos.....</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 4. Presupuesto del presente trabajo de investigación en bolivianos.....</i>	<i>114</i>
<i>Anexo 5. Calendario floral del Centro Experimental Cota Cota</i>	<i>116</i>



I. MARCO GENERAL

1.1. Introducción

Según Caron (2010), la apicultura es la ciencia aplicada a la crianza (producción) de abejas, así también una de las actividades más antiguas y nobles de la humanidad. Uno de los insectos polinizadores más importantes son las abejas y están sujetas a diferentes condiciones negativas de la sociedad moderna, ya sea en forma de contaminación, plagas, especies invasoras como lo son las hormigas, cambio climático, uso excesivo de químicos, deforestación y pérdida de cobertura vegetal.

La apicultura tradicional requiere de inspecciones frecuentes, esta actividad ocasiona mucho estrés en las colmenas que podrían verse afectadas por plagas o enfermedades, problemas sanitarios en larvas y crías, al ser estas muy sensibles a cambios bruscos en la temperatura y humedad, dentro y fuera de la colmena, causando un mal desarrollo morfológico en abejas adultas.

La Apicultura de Precisión es una rama de la agricultura de precisión definida como una estrategia de gestión basada en el seguimiento individual de las colmenas para reducir el consumo de recursos y maximizar la productividad de las abejas. (Estrada et, al).

Como lo menciona Valdés (2014), en menor escala, la "apicultura de precisión" surge de los cambios en la industria y la necesidad de responder con claridad lo que sucede al interior de la colmena.

La presente investigación implementa la apicultura de precisión en el Módulo de Innovación e Investigación Apícola (MIIA), que consta de "colmenas inteligentes", la investigación atraviesa por tres etapas importantes: a) la recopilación de datos, b) análisis de datos y c) aplicación. Con las nuevas tecnologías que aparecieron en los últimos años se inició una automatización y/o un monitoreo remoto en tiempo real, a través de sensores inalámbricos, usando internet para obtener datos del comportamiento, y de las circunstancias en las que se encuentran las colonias. Evaluando los siguientes parámetros: temperatura interna/externa, humedad externa e interna y el peso de la colmena.



Para dar un enfoque más detallado del trabajo, podemos decir que los datos captados por los sensores son enviados mediante internet (IoT), para ser recibidos, almacenados y procesados por una página web llamada UBIDOTS, obteniendo resultados de los parámetros climáticos internos en tiempo real de la colmena reflejados en la interfaz del usuario. Podemos evidenciar más de 2400 datos obtenidos por día, como también se observa las alteraciones que sufren los parámetros en las gráficas de la página.

Se concluye que esta investigación permitió detectar eventos críticos que ocurrieron en las colmenas, para tener una intervención oportuna y una planificación de actividades basadas en buenas prácticas, tanto en la parte de sanidad como en la parte de manejo, así obtener una disminución en los costos de producción.

Una tecnología muy utilizada en la agricultura de precisión es el sistema Arduino porque optimiza el uso de recursos, se adapta a las condiciones climáticas, automatiza tareas, reduce el error humano, está a la mano del bolsillo y comparte información en tiempo real sobre las condiciones del material biológico.

1.2. Planteamiento del problema

En los últimos años, hubo grandes avances en la introducción de tecnología de información y comunicación en la apicultura, comúnmente conocida como la apicultura de precisión, y la rama más divulgada son las colmenas inteligentes.

La termorregulación es un privilegio de muchas especies de animales, en especial en la colonia de abejas ya que son capaces de lograr algo muy parecido y no como individuos, si no a nivel de la colonia por eso es conocido que mantienen la temperatura constante.

En temporada de invierno las abejas entran en estado de hibernación, por lo tanto, estas bajan la producción, y se reduce la población de la colonia, aquí es donde se observa uno de los principales problemas, al realizar el correspondiente manejo y control, que se refiere a la inspección de las colmenas, donde existe un cambio brusco en la temperatura y humedad interna de las colmenas al ser abiertas, ocasionando el enfriamiento de la cría lo cual provoca enfermedades bacterianas y víricas sobre todo en larvas, como por ejemplo: cría sacciforme, Loque Europa, nosemosis, cría en



mosaico.

Otro de los problemas en invierno, es la falta de floración en la zona, ya que las abejas al salir de la colmena en busca de alimento a largas distancias y por las inclemencias del tiempo mueren, reduciendo la población de la colonia. Por tanto, se relaciona con la temperatura y humedad de la colmena, ya que sin población no hay termorregulación y en consecuencia ocasiona problemas sanitarios, es por eso que existe un aumento en los costos de producción, por tal razón se debe realizar la compra de medicamento para el tratamiento correspondiente, de vitaminas y alimento de mantenimiento.

En épocas de invierno al existir escasos de alimento, y conjuntamente con la constante manipulación genera un fenómeno llamado pillaje el cual consiste en el robo del alimento de una colmena a otra, y al defenderse muchas abejas terminan muertas.

1.3. Justificación del trabajo

El Módulo de Innovación e Investigación Apícola (MIIA), del Centro Experimental Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía, antes de la presente investigación en las veinte colmenas existentes no contaba con la implementación de una “Apicultura de precisión”, ya que esta se encarga de la incorporación de tecnología dentro y fuera de las colmenas más conocidas como “colmenas inteligentes”.

Como la apicultura tradicional necesita de inspecciones frecuentes puede ocasionar considerablemente el estrés en las colonias de abejas, y más aún en época de invierno, donde podrían verse afectadas por enfermedades y plagas. Al implementar este tipo de tecnologías en el MIIA, minimiza el estrés que sufren las colonias, viéndose reflejadas al momento de evaluar el rendimiento, las condiciones y el buen estado de las colmenas.

Por tal razón las “colmenas inteligentes” realizan el monitoreo remoto, a través de sensores que captan parámetros de temperatura, humedad y peso, dentro y fuera de la colmena, lanzando datos en tiempo real, donde se hace la lectura a través de una interfaz web, así actuar de manera inmediata ante cualquier problema o suceso. Los parámetros físicos internos de la colmena respecto al exterior son importantes y muy delicados en la vida interna de la colonia.



Según Flores et al. (2006), la temperatura dentro de la colmena oscila entre los 32 a 36 grados Celsius, una leve variación de este rango puede provocar el inicio o el fin de la postura afectando la producción, Braga (2022) reporta que la humedad interna oscila entre el 40 a 60 % que puede afectar en el desarrollo de larvas de 1 a 7 días de edad.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ✓ Implementar un sistema de apicultura de precisión en el Centro Experimental Cota Cota.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Evaluar parámetros climáticos en el sistema de apicultura de precisión en el Centro Experimental Cota Cota
- ✓ Generar un banco de datos digital recolectada por sensores instalados en dos colmenas del Centro Experimental Cota Cota.
- ✓ Evaluar el sistema de colmenas inteligentes implementados en el Centro Experimental Cota Cota en el periodo de tres meses.
- ✓ Aplicar la base de datos registrados en el sistema de colmenas inteligentes, (Arduino-módulo ESP8266) para anticipar momentos de enjambrazón, estrés y evaluación sanitaria.
- ✓ Evaluar la eficiencia y efectividad del equipo incorporado en las colmenas.

2.3. Metas

- ✓ Dotar de tecnología al Centro de Experimental Cota Cota en el área apícola que permitan desarrollar una apicultura de precisión eficiente sin interrumpir el desarrollo de las colmenas
- ✓ Elaborar un programa de gestión de datos de las colmenas del módulo de mejoramiento apícola almacenados en una interfaz.



III. MARCO TEÓRICO

3.1. Agricultura de precisión

Según Caron (2010, pp. 5-23) la apicultura es la ciencia aplicada a la abeja, un arte y también la técnica de cuidar a las abejas, con fines comerciales para la venta de los productos obtenidos de la colmena o servicios de polinización, pero también para aficionados con fines recreativos y/lucrativos. La apicultura es una de las actividades más nobles y antiguas de la humanidad, en la historia los pueblos antiguos se dedicaban a su explotación, cosechando su miel, que es considerada uno de los alimentos más nutritivos que se conoce por su contenido de vitaminas, sales minerales y azúcares de fácil digestión.

También menciona que durante los últimos años se han operado grandes progresos en la industria apícola. Se introdujo y se seleccionó razas de híbridos más dóciles y productivos, el desarrollo de una colmena muy práctica.

3.2. Apicultura de precisión

Valdes (2014), menciona que la agricultura de precisión (AP) es un sistema de apoyo a la producción del sector, que integra distintas disciplinas y consiste en un modelo enfocado en optimizar la calidad y cantidad de las producciones agrícolas, minimizando sus costos a través de la implementación de tecnologías más eficientes, para disminuir el uso de insumos agrícolas y reducir la variabilidad de un proceso en particular, de manera amigable con el medio ambiente.

A menor escala la “apicultura de precisión” surge ante los cambios que ha sufrido el sector y la necesidad de responder con exactitud a lo que sucede al interior de la colmena (Valdes, 2014).

Para Zogovic (2017, pp. 38-43) cómo se citó en Braga (2020) actualmente, con la modernización de la comunicación y sensores, con la tecnología de la información está cada vez más presente en todas las áreas de conocimiento, los apicultores e investigadores pueden monitorear de forma remota varios aspectos físicos de las colonias de abejas.



3.3. Tipos de sensores

3.3.1. Peso

El peso de una colmena indica el nivel de actividad de una colonia. Durante la temporada de alimentación, refleja la recolección de polen y néctar, así como la cantidad de abejas dentro de su colmena. Durante el invierno hay menos abejas y menos recursos que durante el verano, gracias a esta métrica se puede estimar el stock de miel, que es el alimento consumido por las abejas. Las variaciones anormales de peso también se pueden correlacionar con eventos de enjambre entrantes (Zacepins A. et al., 2015).

Para la mayoría de las investigaciones de PB, la medición del peso de una colmena se realiza de la siguiente manera: cuatro celdas de carga, que se basan en la mecánica y la teoría resistiva, ubicadas en cada esquina de la colmena, integradas con módulos amplificadores que están vinculados al microcontrolador (Anuar et al., 2019).

Por ejemplo, HaBEEtat presenta un original sistema de medición de peso, con un soporte de marco conectado insertado entre el techo y la base de una colmena, en la parte superior de los marcos. Este sistema incorporado permite que los sensores dentro de la colmena, sin ser intrusivos, midan el peso de cada cuadro (Sakanovic y Kevric, 2020).

3.3.2. Temperatura

Una colonia de abejas puede regular la temperatura dentro de su colmena. La temperatura interna de la colmena es un indicador de la salud de una colonia. Si no se regula la temperatura, la colonia corre peligro, especialmente durante el invierno, cuando las abejas forman un grupo de calentamiento para mantener las condiciones de temperatura de vida entre 32°C y 37°C. Para medir la temperatura, utiliza termómetros digitales que tienen la ventaja de comunicarse con un bus 1-Wire, lo que permite el uso de varios termómetros con un único microprocesador (Markovic et al., 2016).

La investigación presentada en Catania y Vallone (2019) mencionada por HAL open science describe termómetros colocados dentro de la colmena, en el centro, donde se encuentra la abeja reina.



Los sensores se colocan sobre el cuerpo de la colmena y fuera de la colmena, bajo una cubierta para evitar la exposición al sol, para recoger la temperatura tanto interna como externa (Kviesis et al., 2020).

Según Zacepins et al. (2015), la etapa de recolección de datos se puede clasificar en tres posibles niveles de información:

- a) **Parámetros a nivel del apiario:** incluyendo parámetros meteorológicos, dieta de la colonia y ubicación de la colonia o incluso a través de cámaras de videovigilancia; puede explicar algunas peculiaridades del comportamiento de la colonia, por ejemplo, el aumento en el número de llegadas y salidas de abejas puede deberse al ruido externo, que puede ser registrado por cámaras de video utilizadas para monitorear la colmena. Un aumento en el peso del nido puede ser causado por la lluvia, que puede detectarse por video o una estación meteorológica.
- b) **Parámetros a nivel de la colonia:** temperatura, humedad, concentración de gas, sonidos, videos, vibraciones y peso de la colmena, entre otros; Actualmente, este es el más popular método de recolección de datos relacionados con las colmenas. Cada parámetro físico de monitoreo dentro de la colonia o su composición puede explicar un fenómeno particular o conjunto de fenómenos de colonias. Así, los fenómenos que ocurren dentro de la colmena son muy complejos y el número de sensores instalados ayuda mucho a detectar y predecir estos fenómenos. Al igual que la temperatura, una de las magnitudes más importantes, está directamente asociado a la termorregulación o el peso, con la producción de miel.
- c) **Parámetros relacionados con las abejas individuales:** el número de abejas que entran y salen de la colmena, el número de abejas a la entrada de la colmena, el número aproximado de abejas en la colmena, incluyendo las diferentes "castas" del enjambre; El objetivo es observar si las abejas están solas alrededor de la entrada de abejas. Esto se puede implementar utilizando dos estrategias generales: videovigilancia y contadores de abejas. Esta información es importante porque asegura que la colonia de abejas se forme correctamente y que las abejas realicen correctamente las funciones normales de la colonia, como eliminar abejas



y proteger las colonias

3.4. Indicadores de la colmena

Desde el punto de vista de Valdés (2014), existen diversas investigaciones que han logrado determinar parámetros que aportan información útil sobre la producción apícola, que pueden ser monitoreados y registrados en un sistema automatizado que indica la ocurrencia de cambios significativos, tanto dentro como fuera de la colmena. El análisis de estos datos le permite al apicultor determinar con mayor precisión el momento adecuado para mantener su colmena: cuantificar la producción de miel, determinar el estado de salud, el nivel de actividad de las abejas, monitorear las fuentes de alimentos disponibles, la distancia entre las abejas y la propagación de enfermedades. Información que también puede ser utilizada como medio para conocer la condición ambiental de los sitios de producción apícola. El uso de sensores también puede ser una parte importante de la predicción de condiciones indeseables en la colonia. Junto con IoT, los sensores se están volviendo cada vez más comunes en la apicultura, creando la llamada apicultura de precisión, las métricas apícolas de precisión más utilizadas fueron la temperatura y la humedad (Braga, 2020).

A continuación, se explican las variables más utilizadas según Valdes (2014), para construir los indicadores:

a) Temperatura al interior de la colmena

Las abejas son capaces de regular la temperatura al interior de la colmena, por ese motivo, el registro de este parámetro es de larga data y utilizado principalmente para monitorear la colmena hacia el término del período de receso invernal. Inicialmente la temperatura era obtenida manualmente utilizando termómetros de termocuplas, hoy en día se utilizan sensores de temperatura o cámaras termales de imágenes infrarrojas para dicho propósito. Por medio del registro de la temperatura al interior de la colmena, el apicultor puede monitorear el comportamiento de la colonia, el consumo de alimento, el inicio de la cría, la posibilidad de enjambrazón, entre otros aspectos.

Regulación de la temperatura, las abejas están dotadas de sistemas reguladores para mantener la temperatura del nido alrededor de 35°C. Consiguen proporcionar calor de forma colectiva, con el movimiento de los músculos torácicos, los músculos que sirven



para mover las alas. Una abeja sola no es capaz de mantener la temperatura requerida. Cuando la temperatura está comprendida entre 15 y 30°C, la colonia empieza a moverse aumentando la disipación de calor, pero, en consecuencia, aumentando el consumo. También, cierran la entrada y las fisuras de la colmena para disminuir la pérdida de calor. En cambio, cuando la temperatura es menor a 14°C, dejan de tener crías y de ir a buscar alimento, subsistiendo con el alimento del interior, y se quedan agrupadas como racimo rotándose las del centro con las del borde. El apicultor puede ayudar en el proceso de calentamiento de la colmena con la colocación de la guarda piquera, una pieza de madera que se coloca en la piquera disminuyendo su tamaño; también, disminuyendo el volumen de la colmena, retirando las alzas superiores y concentrando a la colonia en menor espacio; o colocando una membrana sobre la cámara de cría. Cuando la temperatura es demasiado elevada, las abejas se desperdigán, recolectan agua y la dispersan por la colmena, y ventilan con las alas, las zonas húmedas. Cuando esto no es suficiente, parte de la colonia sale de la colmena y se coloca en racimos delante de ésta. A estos grupos se les llama barbas. Para ayudar en el proceso de enfriar la colmena se puede reemplazar la entre tapa por un bastidor de tela mosquitera, colocar cuñas entre alzas o desplazar las cajas para favorecer la ventilación del aire (Magem, 2015).

b) Peso al interior de la colmena

El seguimiento del peso de la colmena proporciona información sobre el contenido de miel y la actividad de las abejas. Los cambios en este valor indican fluctuaciones en la acumulación de miel, que pueden ser causadas por varios factores, por ejemplo: consumo de insumos durante la temporada de invierno, condiciones climáticas adversas (lluvia o viento), cambios en las fuentes de néctar, presencia de enjambres. La finalidad de su uso es también que, en función del peso, se pueda determinar el momento de recogida más adecuado sin tener que abrir el nidal previamente. El uso de esta información suele combinarse con otros parámetros para una mejor interpretación (Valdes, 2014).

c) Humedad al interior de la colmena

El nivel de humedad interior está fuertemente relacionado con la temperatura interior, aunque también está influenciado por varios factores meteorológicos de la población de



la colonia. Lo ideal es que el valor esté siempre por debajo del 90% para evitar la propagación de ciertos hongos, pero esto es inaudito en nuestro clima.

Si la humedad del aire es demasiado alta, se debe reducir el volumen interno del nido y buscar la razón (reducción de la entrada, agujero en el techo, pérdida del techo, etc.).

El exceso de humedad, las corrientes frías, las colonias débiles y la mala calidad/cantidad de los recursos (néctar y polen) son las principales razones por las que los nidos desaparecen en invierno (Rodríguez, s.f.).

La regulación de la humedad, es un punto importante, dado que la humedad interior es la suma de la humedad exterior y la propia de las abejas metabolizando el alimento, pudiendo dar humedades elevadas, y, por lo tanto, facilitando la aparición de hongos y bacterias, y dificultando la deshidratación del néctar recolectado. Las colmenas naturales tienen la piquera en la parte superior, y la humedad se disipa por este punto. En las racionales, el uso de la entre tapa ayuda a la eliminación de la humedad, y en sitios muy húmedos, su perforación (Magem, 2015).

3.5. Población

Un nido es un ecosistema equilibrado. En un espacio determinado se desarrolla una población de abejas, que aumenta en primavera, se estabiliza en verano y disminuye en otoño e invierno hasta la primavera siguiente. En primavera, la población crece hasta llenar todo el espacio disponible, y cuando se cubre, la población se dispersa por el fenómeno del enjambre. La sociedad no es sólo un grupo de abejas, sino una organización totalmente adaptada para cubrir todos los requisitos que permitan a esta colonia no sólo sobrevivir, sino también producir su propio alimento, reproducirse, conservar la especie y extenderse geográficamente. Cada miembro de una colonia (o familia) realiza una actividad muy específica. Una colonia es un sistema, es decir, un grupo de elementos que interactúan tan estrechamente que son interdependientes. En la sociedad, la tarea que realiza cada abeja es necesaria para todas las demás, porque cada una no puede sobrevivir sola, necesita del todo, y ella misma no está preparada para sobrevivir y realizar todas las demás funciones biológicas. Hay otros componentes bióticos en este ecosistema, hay, por ejemplo, microorganismos que se mantienen controlados gracias a la producción de propóleos. Este producto es producido por las



abejas a partir de resinas que cosechan de ciertos árboles, es el elemento antiséptico y desinfectante con que cuentan las abejas para mantener una población sana en tan reducido espacio (Coppa, 2006, pp. 25-26).

3.6. La regla de Farrar

La regla de Farrar (tabla 1), indica que es conocida por los apicultores hace muchos años, señala que cuanto más aumenta la población de una colmena mayor es la producción individual de cada abeja. Esto equivale a decir que aumenta la productividad y se conoce como un principio de sinergia. Esto se debe a que a medida que aumenta el número de abejas de una colmena, también aumenta la proporción de pecoreadoras (Beeman, s.f.).

Tabla 1.

Regla de Farrar

Número total de abejas obreras	10000	20000	30000	40000	50000	60000
Abejas pecoreadoras	2000	5000	10000	20000	30000	39000
% de abejas pecoreadoras	20%	25%	30%	50%	60%	65%
kg de peso del total de abejas	1 kg	2Kg	3 kg	4 kg	5Kg	6 kg
kg de miel total producida	1 kg	4 kg	3 kg	16 kg	25 kg	36 kg

Fuente: Farrar (1967)

3.7. El lugar

La localización según Caron (2010, p. 27) de la zona para instalar colmenas es uno de los aspectos más importantes que debe ser tomada en cuenta por el apicultor, porque los rendimientos en producción dependen de la zona donde se localicen los apiarios. Necesita sola una pequeña superficie para la instalación de las colmenas, algunos aspectos importantes son los siguientes:

- ~ La comodidad de acceso al lugar y próximos a la residencia o lugar de trabajo del apicultor
- ~ Un lugar donde la floración sea diversa y bien reconocida, Puede evaluar la



calidad de la flora existentes en un radio de 2 a 4 kilómetros.

- ~ Lugares donde haya una fuente de agua cerca al lugar, a veces puede ser necesario proveerse de agua durante periodos de sequia
- ~ Los apiarios deben ser instalados por lo menos entre 200 y 500 metros de distancia de vías públicas, casas de vecinos y animales (excepto de los dueños). La consideración más importante para apiarios localizados en ciudades y pueblos son los vecinos.
- ~ No buscar zonas cercanas a ingenios, fuentes de azúcar como trapiches, vendedores de dulces/jugos, etc, o cercanía a cultivos que se fumiguen mucho con insecticidas.

Se recomienda que el apiario sea no visible a la gente para evitar “problemas”.

Según Coopa (2006, p. 29), “Ante todo, hay que localizar correctamente el apiario en un lugar seco donde no haya acumulación de aire frio durante las noches ni tampoco en lugares húmedos como los mallines cordilleranos. Hay que proteger las colmenas de las corrientes ventosas”.

Las regiones ideales para ubicar un colmenar son aquellas con temperaturas algo elevadas, vientos regulares y lluvias moderadas, pero que mantengan una abundante flora apícola durante todo el año. Tiene que estar fuera del área urbana; debe haber flores, árboles, cultivos, vegetación natural, que provean néctar y polen a las abejas. Es ventajoso que haya agua en las cercanías de su emplazamiento. Los mejores terrenos son los altos, de fácil drenaje, apartados de los caminos muy transitados, es decir en lugares donde no se altere la tranquilidad, necesaria, para que las abejas trabajen en plenitud (INTA, 2017).

3.8. Orientación

En la cordillera patagónica es aconsejable que las piqueras estén orientadas al N.E. ya que los vientos en esta región provienen de cuadrante oeste y sudoeste. De esta forma se evita la entrada de aire frio y al mismo se facilita el calentamiento por el sol de frente de la colmena y de la pared lateral orientada hacia el oeste (Coppa, 2006, p.29).



Caron (2010, p. 27) menciona “Dependiendo del lugar, las colmenas se deben ubicar en la sombra no al sol, o sol solo por algunas horas durante el día, en lugares de mucho sol techar individualmente con algo que va dar sombra lo mismo con las lluvias”.

Hace mucho tiempo que los apicultores debaten cómo orientar correctamente las colmenas. Una orientación hacia el este, hacia la salida del sol, parece ofrecer ventajas en verano, cuando hace mucho calor y las abejas prefieren estar sombreadas. Y también en invierno, porque reciben luz y calor más temprano. Sin embargo, esta orientación hace que rápidamente se quede la piquera en el lado en sombra de la colmena. Los que prefieren la orientación sur dicen que es una posición intermedia y, por tanto, válida en todo momento. Por su parte, los que consideran que una colmena debe mirar al oeste aseguran que, de esa forma, las abejas aprovechan más el día y pecorean más horas. Sin embargo, las orientaciones sur y oeste presentan problemas con el calor: demasiadas horas de sol sobre la piquera (Apicultura y miel, 2023).

Así, en zonas muy cálidas, conviene orientar las colmenas más hacia el este. De esa forma, aprovecharán mejor las mañanas y no tendrán tanto calor en las tardes largas y calurosas del verano. En estos lugares, conviene incluso sombrear las colmenas con árboles o cobertizos. En cambio, en lugares más fríos, la orientación más aconsejable es al sur o hacia el oeste. Así, en invierno, las abejas podrán aprovechar mejor las horas más cálidas del día (Apicultura y miel, 2023).

3.9. Tipos de colmenas

3.9.1. Colmenas Dadant

Es una mejora de la colmena Langstroth desarrollada por Charles Dadant (figura 1) tiene una cámara de cría más grande, suficiente para albergar el nido de la colmena incluso en épocas de mucha cría. Las alzas son más pequeñas y a la reina no le gusta poner cría en ellas por su pequeño tamaño, de esta forma queda dividida la zona de cría y miel, simplificando mucho su manejo, la capacidad de la cámara de cría es de 54 lt, la capacidad del alza melaria es de 16 kg (José, 2014).



Figura 1. Colmena Dadant según (Magem, 2015, p.4)

3.9.2. Colmenas Layens

La colmena Layens (figura 2), es de crecimiento horizontal en una sola caja de grandes dimensiones. Inventada por un campesino francés, esta colmena no distingue zona de cría y zona de miel. Al ser una sola caja, es ideal para el transporte, y por lo tanto, para la apicultura trashumante (Magem, 2015, pp. 2-4)

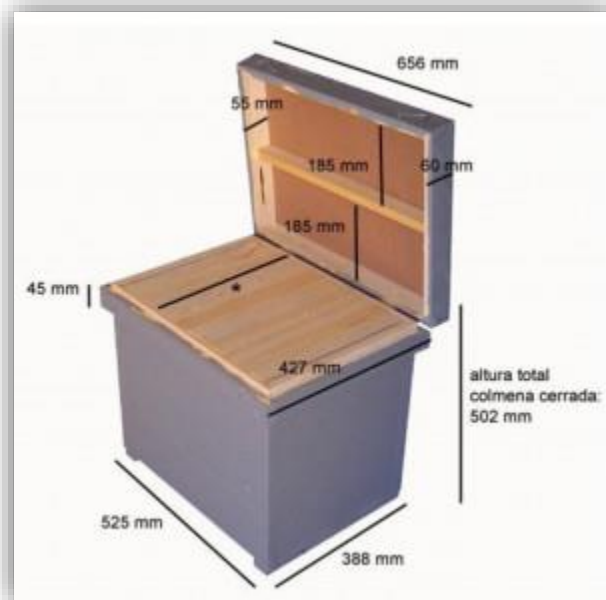


Figura 2. Partes de una colmena Layens (mm) (Fundación Amigos de las abejas, 2023)



3.9.3. Colmena Langstroth

Según (José, 2014) la colmena Langstroth es la más utilizada, fue un gran avance para la apicultura, simplificó el manejo de las abejas y permitió incrementar significativamente la recolección de miel. Emplea cuadros y alzas intercambiables. Existe una variante de esta colmena denominada, Colmena Oksman que emplea alzas más pequeñas (medias alzas). Capacidad cámara de cría: 42,4 lt, la capacidad del alza melaria 25 kilogramos.

Si hablamos de lo que menciona Magem (2015, p.7) este tipo de colmena movilista es la más utilizada en el mundo, por lo que sus partes están más estandarizadas. Fue patentada por Lawrence Langstroth en Estados Unidos el 1852. Aunque anteriormente otros inventores introdujeron los marcos de madera donde las abejas construyen su panal, evitado que lo construyan pegándolo en las paredes de la colmena, la colmena Langstroth fue más trascendente con sus partes desmontables y las medidas ideales para el correcto trabajo de las abejas. Esto permite, por un lado, la inspección y la manipulación de los panales, incluyendo el transporte de panales a otras colmenas para reforzarlas; y por otro, una producción mayor de miel, evitando que las abejas tengan que construir de nuevo sus panales, si éstos estuvieran pegados a la colmena y se tuvieran que cortar para el cosechado. Se puede decir que es el prototipo de colmena móvil, y constituye la base de la apicultura moderna.

3.9.3.1. Partes de una colmena Langstroth

Magem (2015, pp. 7-8) señala las partes básicas de una colmena Langstroth (figura 3), que han sido perfeccionadas a lo largo de los años son las siguientes:

- a) **En la base**, también llamada puente o piso, descansa el cuerpo de las colmenas. Debe estar a cierta distancia del suelo para mejor comodidad de trabajo y evitar humedad y enemigos (unos 35-40 cm), y ser de madera resistente ya que debe soportar todo el peso de la colmena. Debido a su construcción puede ser reversible y dejar una entrada mayor en las épocas calurosas y menor en épocas frías.
- b) La entrada y la salida de las abejas a la colmena se hace por la piquera, espacio entre la base y la caja superior. Este espacio se puede cerrar con la guardapiquera, para proteger la colmena del frío, del pillaje y de los enemigos de



las abejas.

- c) **La cámara de cría:** es la primera caja y va encima de la base. En ella se mantiene la cría y la reina. Tiene por lo general, 10 bastidores, de los cuales, los centrales contienen crías y los laterales, miel y polen.
- d) **Excluidor de reina:** para que solo las obreras puedan subir al alza y la reina no ponga sus huevos en ésta se coloca un tamiz con agujeros de unos 4 mm de diámetro entre la cámara de cría y el alza. Está constituido por un marco y una malla.
- e) **Cámaras o alzas para miel:** en ellas las abejas almacenan la miel. Están colocadas sobre la cámara de cría, siendo del mismo tamaño y material que ésta. Están construidas para poder poner 10 marcos, pero es habitual poner solo 9, así la producción de miel es mayor. Menos marcos podrías dañarlos con el peso de los panales.
- f) **La entre tapa** es una cubierta que va colocada encima de la última alza y sirve para mantener una cámara de aire aislante y como elemento separador para el manejo. Consta de una tabla de madera (puede ser de plástico) enmarcada.
- g) **La tapa** es el techo de la colmena y evita la entrada de agua, aire y otros animales, para esto es importante que lleve una lámina metálica, normalmente de zinc, como cubierta. Las abejas construyen los panales en los cuadros o marcos. Estos tienen que ser movibles e independientes. Se construyen con tablas rectangulares como marco, pero cada lado con dimensiones distintas. Es importante que lleven alambre para poder fijar la cera estampada.

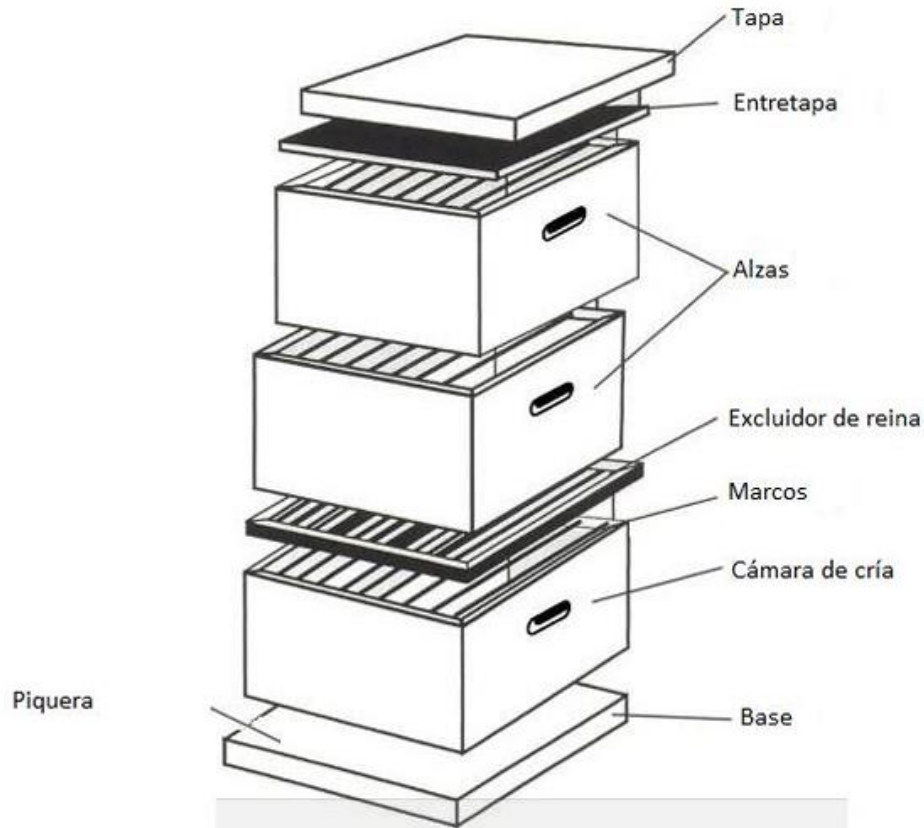


Figura 3. Esquema colmena tipo Langstroth (Magem, 2015)

3.10. Partes de una colmena Langstroth.

Las partes y medidas de una colmena Langstroth descrita por Magem (2015, pp. 10-20), se presenta a continuación:

- a) **Piso.** – Esta construido a partir de un tablero de madera rectangular de 550 mm x 395 mm, 10 mm de espesor, con tres listones de madera unidos con tacos y unidos con una junta de entramado de madera. La longitud de la lama de madera es de 405 mm en el lado corto y de 560 mm en ambos lados. No hay correa en la parte delantera. Todos ellos tienen 20 mm de espesor y 40 mm de ancho. El corte de las lamas unidas al tablero de madera es de 20 mm por encima y su diámetro es de 10 mm x 10 mm (figura 4).

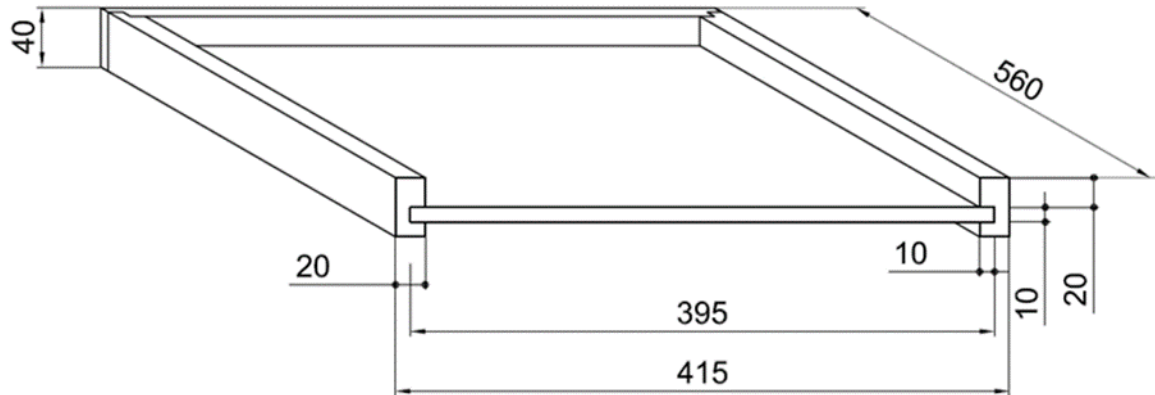


Figura 4. Piso de la colmena Langstroth y sus medidas en mm

- b) **Guarda piquera.** - Se puede colocar una cubierta de entrada dentro de la entrada, lo que hace que la entrada sea más pequeña para proteger mejor contra el frío. Se trata de un listón de madera de 20 mm x 20 mm de sección y 375 mm de largo, con dos agujeros, según la apertura deseada, practicados en diferentes caras del listón. Un agujero tiene 60 mm de ancho y el otro 30 mm (figura 5).

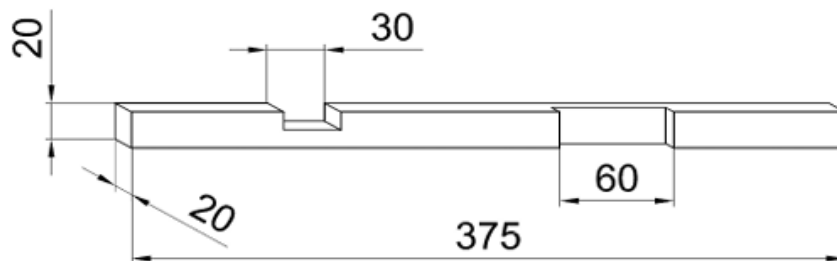


Figura 5. Guarda piquera con medidas en (mm)

- c) **Cámara de cría.** - Está formado por dos tableros rectangulares de madera blanda de 505 mm x 242 mm x 2 mm y dos tableros de 415 mm x 242 mm x 20 mm, unidos por una junta de pantalán. Es necesario cortar 16 mm x 10 mm a lo largo para cortar ranuras en las placas más largas. Se hacen agujeros en todas las mesas de los sofás, midiendo 110 mm x 30 mm desde el borde superior de 75 mm (figura 6).

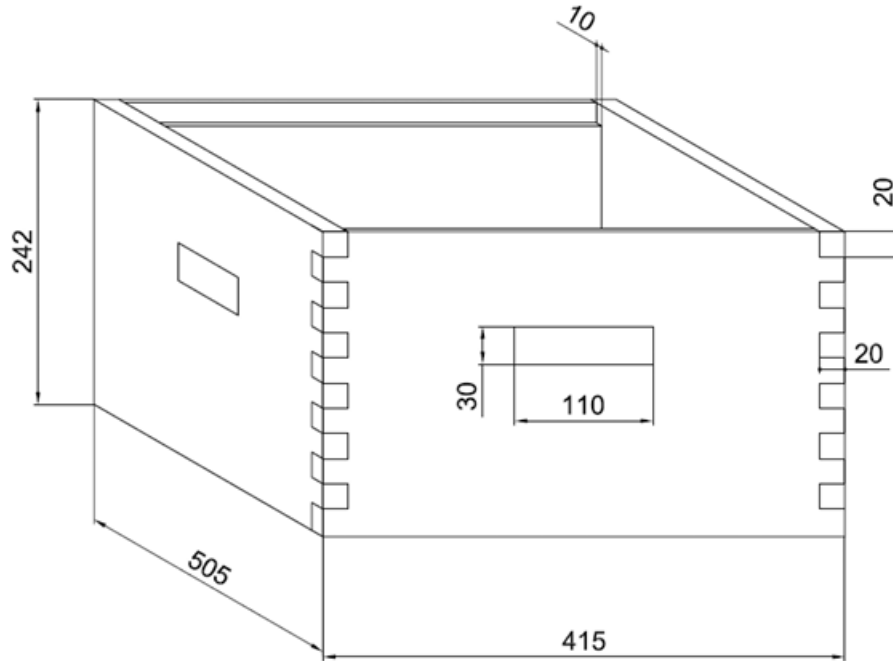


Figura 6. Cámara de cría en mm

- d) **Excluidor de reina.** - Consiste en un marco y una malla, y el borde exterior debe ser de 485 mm x 375 mm para que coincida con las dimensiones de la cámara del nido. Es más fácil comprar madera o metal.
- e) **Cámara o alzas de miel.** - Parecidas a las cámaras de crías
- f) **Entre tapa.** - Consiste en una tabla de madera enmarcada. El árbol central se presiona en el marco 10 mm y mide de la siguiente manera: 455 mm de largo, 365 mm de ancho y 12 mm de grosor. Los marcos están unidos por una junta de pontón y requieren: listones de 2505 mm de largo por 2415 mm, todos de 35 mm de ancho y 20 mm de espesor (figura 7 y 8).

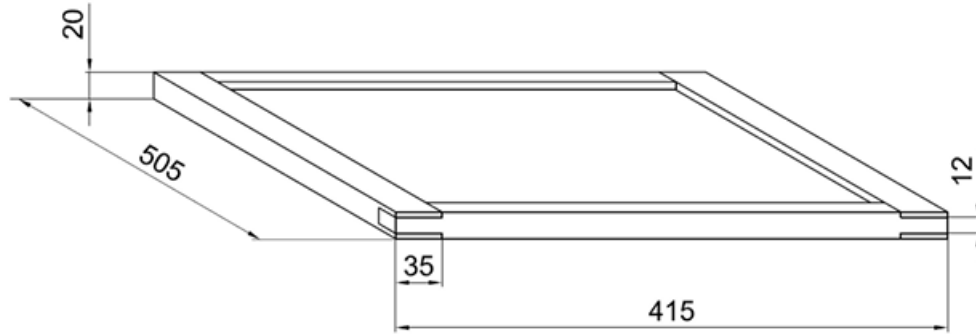


Figura 7. Entre tapa en mm, vista lateral

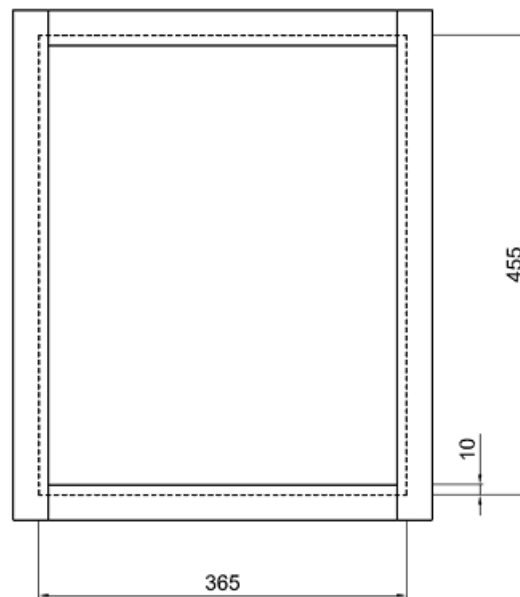


Figura 8. Entre tapa con medidas en mm, vista de arriba

g) Tapa. - Está fabricado con tablero de madera de 8 mm de espesor de 560 mm x 470 mm y se une mediante una junta plana con cuatro listones que forman un marco, dos lados largos y dos lados cortos como se muestra. Los listones del marco están conectados por machihembrado y tienen una sección transversal de 42 mm x 20 mm. Finalmente, se coloca encima chapa de aluminio o calamina galvanizada de 2 mm de espesor y se encola por el lado de 14 mm (figura 9).

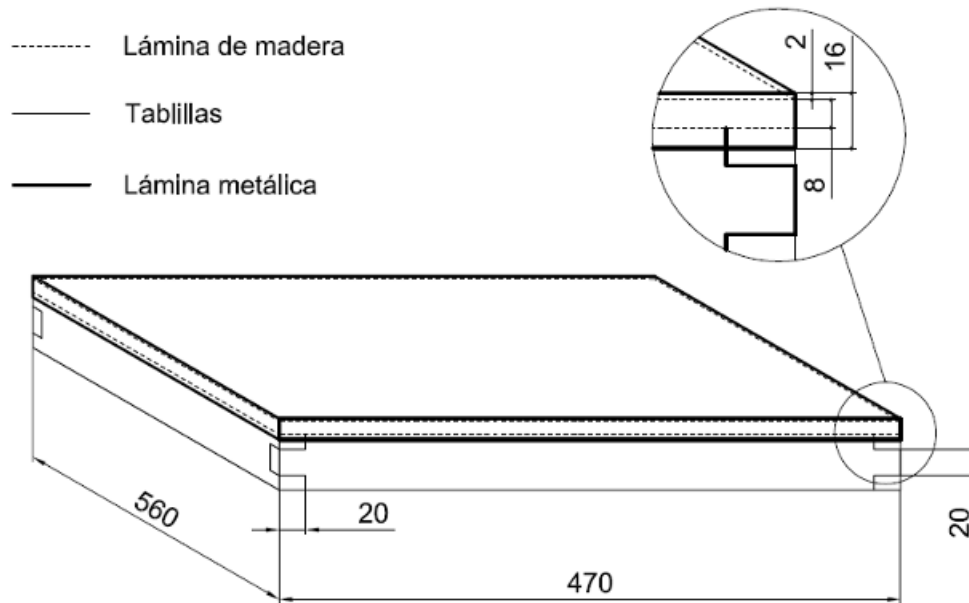


Figura 9. Tapa con medidas en mm

h) Marcos o cuadros. - Están contruidos como un marco con tablas rectangulares, pero cada lado tiene diferentes dimensiones. El lado más largo mide 482 mm x 27 mm x 20 mm, el lado opuesto mide 446 mm x 18 mm x 10 mm y finalmente los otros dos lados 231 mm de largo y 10 mm de espesor, pero su ancho es variable: va de los 35 mm en la parte superior por una longitud de 95 mm, y 28 mm hasta al final. En estos mismos lados se hacen 4 agujeros de 5 mm de diámetro para pasar alambre, separados 51 mm del borde superior, 45 mm entre sí y del borde inferior.

En estos mismos lados, se hacen 4 orificios de 5 mm de diámetro a 51 mm del borde superior, a 45 mm de distancia y a 45 mm del borde inferior para pasar el cable. Los dos lados menores se clavan al lado mayor a 18 mm del borde. La parte sobresaliente del lado superior tiene un espesor de 10 mm. Las conexiones son de tipo machihembrado. Finalmente, se pasan cuatro filas de alambre de acero # 26 para sujetar la masilla de cera estampada (figura 10) .

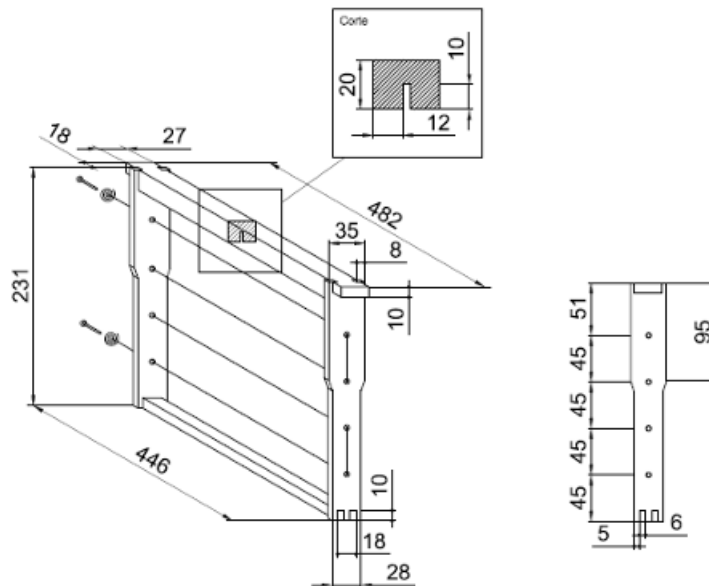


Figura 10. Marco independiente y móvil en mm

Para terminar la colmena, se deben pintar los cuatro lados exteriores de las cajas con pintura, preferiblemente blanca, aunque las abejas también distinguen entre amarillo, azul y negro. El aceite de linaza es duradero y excelente, pero caro. Si se utilizan colorantes sintéticos, la producción de miel no se acepta como orgánica. Nunca pinte o barnice el interior.

3.11. Habitantes de la colmena

3.11.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de las abejas se presenta en la siguiente tabla 2.

Tabla 2.

Clasificación taxonómica de las abejas

<i>Reino</i>	<i>Animal</i>
<i>Filo</i>	<i>Artropodo</i>
<i>Clase</i>	<i>Insecta</i>
<i>Orden</i>	<i>Hymenoptera</i>
<i>Familia</i>	<i>Apidae</i>
<i>Género</i>	<i>Apis</i>
<i>Especie</i>	<i>Mellifera</i>

Fuente: Muñoz (2021)



Como nos aclara Muñoz, (2001, pp.13-16) *“Un enjambre de abejas está compuesto por 3 castas: 1 reina, unos centenares de zánganos y miles de abejas obreras (de 15000 a 60000)”*.

Los habitantes que constituyen una colonia de abejas son las siguientes:

a) Reina

Es considerada la abeja más importante en la colonia. Ella tiene la función de poner huevos y propagar la especie. Ellas secretan feromonas especiales que producen en sus glándulas mandibulares y otras glándulas, que son la goma social de la colonia porque consolidan la unión y la cohesión de su familia y que controlan ciertos aspectos de la fisiología y comportamiento de las obreras. Normalmente solo hay una reina dentro de la colmena, pero durante épocas de su reemplazo a veces hay una reina, una o más hijas (reinas vigentes), y reinas crías dentro de las celdas reales.

La forma de la reina difiere de las demás abejas, pues su cuerpo es más largo, sus alas parecen más cortas en relación al tamaño del cuerpo, sus patas desprovistas de herramientas y cepillos lucen más largas. Tienen un aguijón curvo y listo que solo utiliza en lucha contra otra reina. No tiene glándulas cereras ni canasta corbícula en la tercera para transportar polen. Su abdomen (la tercera parte de su cuerpo) es de color dorado o a veces más oscuro, sin anillos de color diferente. Sus movimientos son lentos y vivaces y es capaz de poner alrededor de 1500 huevos diarios. (Caron, 2010, p. 10)



Figura 11. Reina Italiana del MIIA ubicada en el CECC.



b) Obreras

La abeja obrera, al igual que la reina, es una hembra, pero no se ha desarrollado para la reproducción (tabla 3). En casos muy especiales y cuando falta la reina, sus ovarios se desarrollan y consiguen poner huevos, pero al no ser fecundados, nacerán solamente zánganos. La abeja obrera, sin embargo, posee otros órganos que no se encuentran en la reina ni en los zánganos, que le permite realizar las innumerables tareas relacionadas con la vida de la colonia. Ellas son las encargadas de efectuar todos los trabajos dentro y fuera de la colmena, los cuales realizan de acuerdo a 15 la edad y al desarrollo glandular (Estrada Nieves *et al.*, 2016-2017, pp. 15-16).

Tabla 3.

Responsabilidades de la abeja obrera a lo largo de su vida

Días	Actividad
Del 1° al 3°	Limpia los panales de la colmena, dando calor a los huevos y larvas. Vuelo de reconocimiento a los 22 días de puesto el huevo
Del 4° al 12°	Prepara y cuida de la alimentación de las larvas (por este motivo y a esta edad son llamadas abejas nodrizas). También produce jalea real y no pican, pues aún han desarrollado al aguijón
Del 13° al 18°	En este periodo produce cera y construye los panales. También están capacitadas para, de ser necesario la crianza de una nueva reina a través de la construcción de la celda real, llamada "cacahuete" por su forma
Del 19° al 20°	Defiende la colonia apostándose a la entrada de la colmena, no permitiendo la entrada de insectos extraños o abejas de otras colonias
Del 21° al 38/42	Recolectan en el campo néctar, polen, agua y propóleo para cubrir las necesidades de la colonia

Fuente: Abejas obreras (Estrada Nieves *et al.*, 2016-2017)

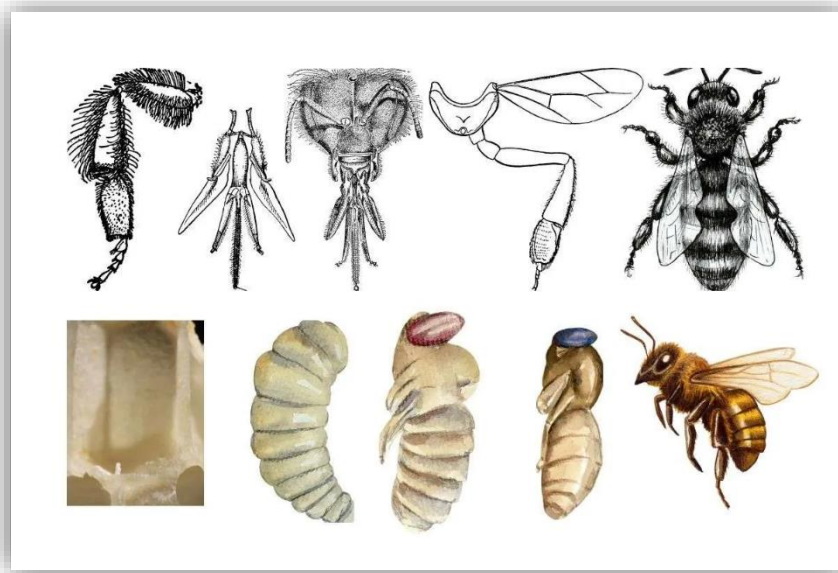


Figura 12. Metamorfosis de la abeja obrera (Castillo Arias , 2022)

Castillo Arias (2022), indica que, en invierno, el mayor periodo de vida será el de las últimas obreras que enfrentarán el frío y húmedo invierno y comienzo de la primavera, fisiológicamente deben estar preparadas para producir calor dentro de las colmenas cuando las condiciones climáticas sean adversas afuera. Claro está, las abejas se van a invernar, bajas en varroa, con cuerpos grasos, gordos y libres de *Nosema ceranae*, ya que, al no haber cría, su desempeño es menor pero su periodo de vida más largo.

También menciona que las abejas son poiquilotermas o también llamadas ectotérmicas, pues no pueden regular su temperatura corporal o no pueden producir calor individualmente, por lo tanto, su organismo queda sujeto a las inclemencias del clima, se encuentra sujeto a la temperatura ambiente de las estaciones o el lugar donde habitan. En el caso de las abejas, una de las formas que tienen para producir calor es a través de la transformación del alimento en energía, el roce, el sol o el bolo invernal. La hibernación de las abejas comienza cuando la temperatura corporal cae de los 10° C produciendo parálisis de los músculos, una temperatura de 7,2° C las abejas parecen congeladas, por lo tanto, ya no puede volar hasta que la temperatura exterior sobrepasa 12 °C a 14 °C.



c) Zánganos

Son los machos, poseen el cuerpo más grande y ancho que las obreras. Antes de nacer se conoce que una celda dará origen a un zángano, ya que el opérculo que lo cubre es convexo y sobresale notoriamente sobre el nivel del panal. Como no realiza tareas, ya sea al interior o exterior de la colmena, no posee elementos de trabajo como ser cestillas para trasladar el polen, aguijón y glándula odorífica (figura 13).

Los zánganos realizan la función de fecundar las reinas vírgenes, nacidas en la temporada e indirectamente colaboran en calentar la cría y la colmena, ya que con los movimientos al interior de la colmena generan calor y de esta manera contribuyen a mantener la temperatura que necesita la cría. Su única función es aparearse con las nuevas reinas. Una vez consumado el apareamiento, que siempre tiene lugar durante el vuelo a cielo abierto, el zángano muere de forma inmediata. El esperma móvil, o células germinales, de los zánganos se abre camino hasta un pequeño órgano en forma de saco llamado espermateca, que se encuentra en el abdomen de la reina. El esperma se mantiene viable en este órgano durante toda la vida de la reina (Miel de Málaga , 2023).



Figura 13. El zángano macho de la colmena (Rio, 2023)

La tabla 4 presenta las medidas de los cuerpos de los habitantes de la colmena.

Tabla 4.

Medidas de los cuerpos de los integrantes de la colmena

Integrantes	Longitud (mm)	Diámetro de tórax (mm)	Peso (gramos)
Reina	15-20	4.5	0.23
Zángano	15-17	5.5	0.2
Obrera		4	0.13

Fuente: Manual de apicultura INTA Proapi (2017)

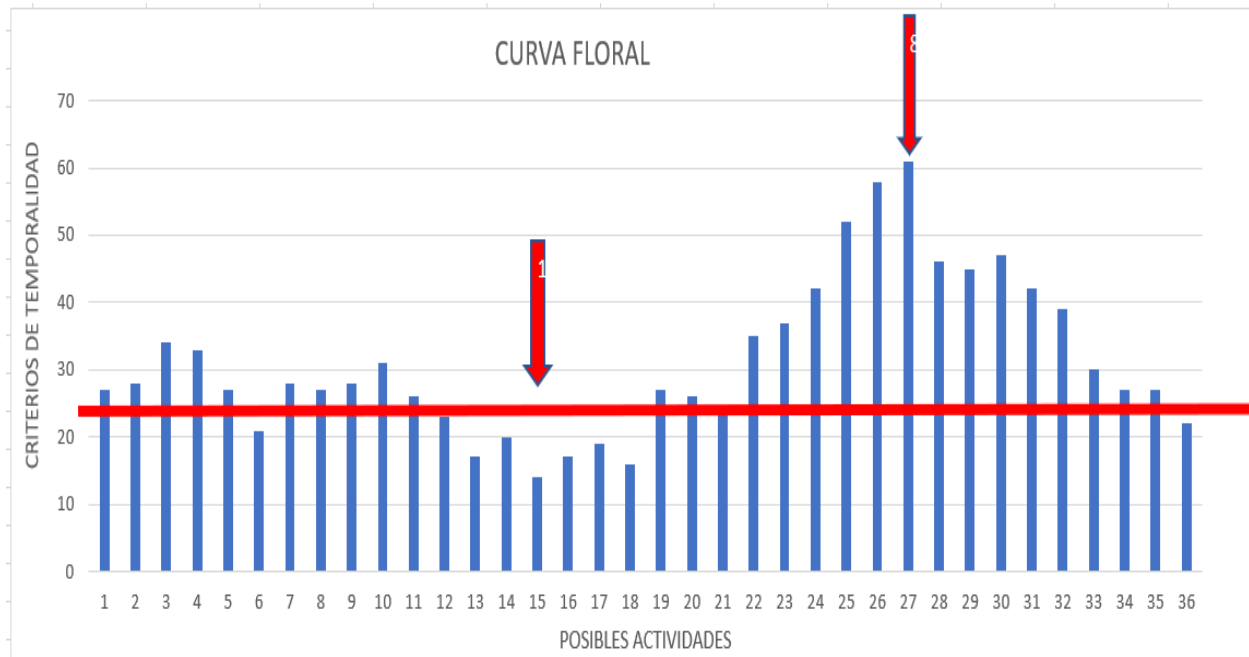


3.12. Calendario floral del Centro Experimental Cota Cota

Al realizar de un calendario floral ayuda al apicultor a preparar su trabajo durante el año, así se tiene un registro de las plantas útiles para la abeja.

La figura 14 presenta el calendario floral del Centro Experimental Cota Cota (CECC).

Figura 14. Calendario florar o curva flora



Fuente: Elaboración propia

Diseño Arq. Greby Celier Caillavy Lafuente

La figura nos muestra la línea roja de mantenimiento donde la época más alta de floración esta por arriba de ésta y la más baja por debajo, los números inferiores nos muestra las actividades a realizar en el año, para prevenir enfermedades, como el 18) mantenimiento y renovación de material del colmenar en taller, 6)preparación de cuadros, fundido de cera, pintado y reparación de cuerpos y alzas, posible tratamiento de enfermedades de la cria (loques) producción de reinas y jalea real, alimentación artificial en caso de sequía, renovación de reinas.



3.13. Enfermedades de las abejas

3.13.1. Factores de aparición de las enfermedades en las abejas

De acuerdo con la FAO (2021), la aparición de enfermedades en las abejas depende de tres factores

Abejas (genética). - El comportamiento higiénico y la resistencia a diversas enfermedades varían de colonia a colonia y se basan en la herencia genética de las abejas reinas.

Patógenos (presencia, carga infecciosa y virulencia). - La enfermedad necesita la presencia del agente responsable para manifestarse (virus, bacterias, fungus, protozoos), pero la cantidad y la capacidad de propagación del patógeno es también muy importante.

Medio ambiente (temperatura, humedad relativa, presencia de plantas nectaríferas). - Las condiciones ambientales y los factores estacionales afectan fuertemente la aparición de las enfermedades, en muchos casos son el factor desencadenante.

3.13.2. Principales enfermedades de las abejas

Desde el punto de vista del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA, (2009, pp.13-41), las enfermedades de la cría se dividen en las siguientes:

3.13.2.1. Enfermedades bacterianas de la cría

a) **Loque Europea.** - Es una enfermedad infecciosa en las larvas de las abejas, se lo conoce en otros países como Loque Benigna, cría avinagrada y cría rancia. Es causada por una variedad de bacterias entre ellas *Melissococcus plutón*, conocido como *Bacillus pluton*, quien es el germen que causa la infección, debilita la larva y ésta posteriormente es atacada por otros gérmenes.

Síntomas. - Se presenta tanto en larva obrera como en zángano y ocasionalmente en larvas de reina, se puede presentar en cualquier época del año, pero es más persistente en época que inician las floraciones, las larvas jóvenes ingieren el *Melissococcus Plutón*, con los alimentos proporcionados por las nodrizas jóvenes o bien cuando se mezclan con estos cuando están presentes en la paredes de las celdillas que alojan a las larvas, este germen se reproduce en el



tracto digestivo utilizando los nutrientes que las larvas reciben. Antes que la larva sea operculada, en el periodo de 3 a 5 días de edad, la bacteria se ha producido de tal forma que ocupa la mayor parte del intestino, pasando al epitelio y causando la muerte. La muerte sucede frecuentemente cuando las celdas aún están abiertas y las larvas aún están enrolladas. después de 4 días de muerte las larvas se desecan en el piso de la celda dejando una escama, que las obreras limpiadoras remueven con facilidad. Factores de estrés y mal manejo provocan la enfermedad, entre ellos la falta de polen, la acción de colmenas, pueden provocar brotes de enfermedad.

Diagnostico. – La cría se ve salteada, larvas redondas o estiradas muertas, siendo la cría no operculada las más afectada, eta es una diferencia con la Loque Americana, su olor es agrio parecido al del vinagre, o grasa rancia. Al desecarse la larva cambia de color y se vuelve más oscura conforme pasa el tiempo, esta se encuentra enrollada en el interior de la celda y se hace notorio el sistema traqueal. Las crías abiertas presentan diferentes colores que varían de café crema hasta blanco. Además de la observación, se recomienda hacer las pruebas de laboratorio, esta última permite identificar las diferentes bacterias presentes en la colonia enferma.

Medidas de prevención y control. - Las medidas a adaptarse se asemejan a las citadas al tratar Loque Americana, es necesario la limpieza y desinfección de utensilios, no proveer alimentación artificial con materia prima contaminada, supervisar periódicamente la colmena y evitar pillaje. Suprimir la postura de la reina. Reducción del estrés de la colmena, implementando un programa de nutrición trasladar las colmenas a temperaturas ambientales adecuadas, mantener un equilibrio entre abejas jóvenes y adultas, cambiar periódicamente a la reina. Las poblaciones sospechosas deben someterse a cuarentena al menos por 15 días.

Tratamiento. – en caso de aplicar antibióticos utilizar únicamente las autorizados por SENASA. Aplicar el tratamiento de acuerdo a especificaciones de uso del medicamento de acuerdo a la casa que lo produce. La tendencia actual es evitar el uso de antibióticos, debido a su presencia en la miel, lo cual afecta a personas



que la consumen y son alérgicas a estos antibióticos, la mejor medida es aplicar medidas de prevención y control, es necesario desinfectar y flamear el equipo utilizado.

3.13.2.2. Enfermedades virales de la cría

Cría ensacada. - El nombre técnico de la enfermedad es enfermedad virósica de la larva, también conocida en otros países como cría sacciforme, peste viral de la cría, moratosis, entre otras. Es una enfermedad infectocontagiosa de origen viral que afecta a la cría de las abejas. Causado por el virus *Morator aetatulas*. El virus tiene preferencia por ciertos tejidos del cuerpo de las larvas, como los cuticulares, musculares, graso y nerviosos, en cuyas células se reproduce. Se puede presentar todo el año, pero es más frecuente antes de las floraciones, y durante la época de lluvia, sobre todo en las colmenas débiles, o expuestas a estrés. Se cree que el virus llega a la larva por el alimento contaminado, ya sea jalea real o polen con néctar, ya que las obreras nodrizas almacenan el virus en las glándulas hipofaríngeas y salivales a través de huevos contaminados.

Síntomas. - El virus ingresa a la larva a través del alimento proporcionado por nodrizas. Las larvas son más susceptibles de adquirir infección hasta los 4 días de edad. Las nodrizas se contaminan al entrar en contacto con el fluido resultante de la descomposición de la larva muerta. El virus pasa del tracto digestivo a la hemolinfa y de aquí a los tejidos de su preferencia para proliferarse. La muerte de la cría ocurre cuando la operculación de la celda se inicia o algunos días después de ser operculada. Esto sucede cuando se interrumpe el proceso de muda de la piel, sin que la vieja cutícula se desprende de la larva, por lo que hace las veces de saco que se llena de fluido que es rico en partículas virales. La cutícula se pigmenta y endurece especialmente en la zona de la cabeza. Al secarse la larva forma una escama fácil de desprender.

Diagnostico. – Se observan opérculos hundidos, perforados y con aspectos grasosos en las celdas afectadas, como la Loque Americana. Es característico observar a las crías muertas dentro de un saco, luego adquieren el aspecto de un cono invertido, esta porción del cuerpo corresponde a la cabeza de la larva, que se oscurece y endurece apuntando hacia arriba. Conforme la cría se va secando,



toma una tonalidad más oscura, hasta que queda una costra fácilmente removible de las paredes inferiores de la celda. Las costras o escamas están libres de virus por lo que no constituye fuente de contagio. Al revisar el nido de cría se encuentra irregularidad en la postura, se puede presentar olor avinagrado o ausencia de olor. Se encuentran larvas con avanzado desarrollo en forma de sacos en el cual se observa decoloración de blanco a transparente.

Medidas de prevención y control. – Evitar el estrés en las colmenas, utilizar razas de abejas menos susceptibles. También se ha encontrado que alimentar a la colmena con un jarabe concentrado de 2 partes de azúcar por 1 de agua (2:1) ayuda a controlar la enfermedad, se recomienda un programa de nutrición de la colmena.

Tratamiento. – no existe un medicamento específico para esta enfermedad, pero se previene con las medidas de control.

3.13.2.3. Enfermedades parasitarias de las abejas adultas

Nosemosis. - El agente causal es un hongo parasito intracelular específico obligado, que incluye dos especies: *Nosema apis* y las más recientes identificadas *Nosema ceranae*, se considera la enfermedad más diseminada en el mundo, se encuentra en todos los países donde existe la apicultura. Altamente contagiosa y de fácil diseminación, el parásito se hospeda en el tracto digestivo de las abejas adultas, donde se multiplica y provoca lesiones que impiden a las abejas digerir el alimento y asimila correctamente los nutrientes. Se encuentra latente durante todo el año en las colmenas y aparece en la época de lluvia, fríos o vientos. La infección se eleva considerablemente por estrecho contacto entre las abejas. Los apiarios colocados en lugares húmedos, fríos o bajo sombra tienen mayores posibilidades de infestación.

Síntomas. – el agente se halla siempre presente en las colmenas, multiplicándose y desencadenando la enfermedad cuando las defensas de las colmenas se ven afectadas por factores que ocasionan un estrés en la colonia. Dichos factores son conocidos como factores predisponentes, aquellos eventos de origen climático, sanitario, nutricional o de manejo que ocasionan un estrés en las colmenas y producen un impacto negativo en su sistema de defensa facilitando la infección



por esta parasitosis, como así también el desarrollo de otras enfermedades.

Una vez la infección se ha extendido a gran parte de la población la muerte de abejas es mayor a la reposición que puede realizar la cría que nace, notándose una reducción en la población de la colonia.

Esta disminución en el número de individuos afecta negativamente la producción tanto de material vivo como de miel. En caso de infección severa puede producirse la pérdida total de abejas de la colmena, subsistiendo solo la reina con un grupo reducido de abejas jóvenes.

Diagnóstico. – la enfermedad no se manifiesta clínicamente, cuando se presenta algunos síntomas ya la situación es de gravedad. Puede ser sospechosa de *nosemosis* la falta de desarrollo en la población de las colmenas, un consumo excesivo de alimento y debe observarse reemplazos reiterados de reinas enfermas por las abejas. Debido a la disminución en las funciones de digestión y absorción, las nodrizas no son capaces de fabricar jalea real en cantidad y calidad adecuadas para alimentar correctamente a la cría o a la reina. En la reina esto ocasiona una atrofia de los ovarios con disminución y hasta interrupción de la actividad de postura y posterior recambio. Se presenta desequilibrio en la población de abejas.

Medidas de prevención y control. – cambios anuales y bianuales de la reina, eliminación de panales viejos y desinfección del material. Plan de nutrición para la época de escasez de néctar y polen. Colocar los apiarios en sitios bien drenados sin sombra excesiva, evitar charcos. Unir las colonias débiles bajo la certeza se que no estén enfermas. El muestreo de colonias infectadas debe ser de rutina, así como en los criaderos de reinas.

Tratamiento. – si bien varios compuestos han demostrado ser eficaces, muchos de ellos resultan altamente tóxicos para las abejas o contaminantes para la miel, debiendo ser desencadenados como agentes terapéuticos. El tratamiento farmacológico debe SIEMPRE acompañarse de la aplicación de BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO SANITARIO, que incluyan recambio de panales viejos y desinfección del material inerte de las colmenas.



3.13.2.4. Defectos de la postura

Valega (2023), menciona en su página web Apiservices un problema de consanguinidad en la cría denominada:

Cría salteada o en mosaico. - Si no es por enfermedad, se trata de consanguinidad. El primer indicio de que nuestras abejas sufren este problema, es la cría salteada, que no debe confundirse con ningún tipo de enfermedad de la cría.

Consecuencias de la consanguinidad

La colonia con una reina con apareamientos consanguíneos y con baja viabilidad de la cría podrá ser tan prolífica como la reina bien fecundada pero la productividad de la colonia no va a ser la misma ya que las larvas consanguíneas son retiradas a los pocos días de nacer.

Falta de despegue en primavera, esto es colmenas que no crecen al ritmo de las demás.

Las Colmenas con reinas de apareamientos consanguíneos son más susceptibles a contraer enfermedades.

Tienen dificultades para pasar la invernada.

Ineficiencia en la pecoreo, es decir, abejas haraganas.

La presencia de la cría libera feromonas que estimulan la recolección de polen. Como las crías consanguíneas son retiradas antes de los tres días, producen estímulo que hace que las obreras pecoreadoras recolecten el polen, que no es consumido ya que este es utilizado por las larvas mayores de tres días. Esta es una de las consecuencias del bloqueo con polen en colmenas con reina con apareamientos consanguíneos.

Con menos pecoreadoras deben recolectar polen como si fuera una colonia normal, por lo tanto, son menos las pecoreadoras que pueden dedicarse a la colecta de néctar.

Por otro lado, Flores *et al.*, (2000, pp. 70-71) señala que la cría dispersa o en mosaico:

En condiciones normales la cría ocupa la parte central de la colonia. Los panales de cría en una colmena sana tiene un aspecto homogéneo, se encuentra zonas con cría



operculada sin que apenas queden celdillas vacías intercaladas, esto en un síntoma que la situación es satisfactoria, y que la reina está poniendo homogéneamente. En cambio, podemos encontrarnos colmenas en las que los panales de cría tienen un aspecto desigual, alterándose celdillas operculadas y otras abiertas tomando la apariencia de un mosaico, este un síntoma de que algo marcha mal. La cría dispersa tiene fundamentalmente tres orígenes:

- ~ La reina es vieja o está mal fecundada, pone con demasiada frecuencia huecos no fecundados que dan lugar a zánganos en las celdillas de las obreras. La retirada de esta cría de zángano es lo que puede dar lugar a que las larvas de obreras queden dispersas, ofreciendo al panal el aspecto a mosaico.
- ~ Una alta consanguinidad, los zánganos se desarrollan a partir de huevos no fecundados, haploides, pero también puede darse en caso de zánganos diploides, debido a la homocigosis en los genes sexuales. En estos casos la cría es retirada por las obreras poco después de eclosionar el huevo, tomando el panal también aspecto de mosaico.
- ~ La tercera posibilidad se debe a que exista una enfermedad de la cría que provoque su muerte o eliminación por las obreras, dando una vez más el aspecto de panal con cría en mosaico, si la enfermedad está muy extendida es posible que encontremos a la cría afectada, denunciando la afección que está provocando la situación: por el contrario, si no esta tan extendida y las abejas tienen alta capacidad limpiadora, es posible que no encontremos la cría afectada, haciéndonos sospechar erróneamente que la situación pueda deberse a las causas anteriores.

3.14. Arduino

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de manera sencilla (principalmente con cables dupont). Para empezar a programar la placa Arduino es necesario descargar un IDE (Integrated Development Environment).



3.14.1. IDE Arduino

Entorno de desarrollo integrado, llamado IDE (sigla en inglés de integrated development environment), es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. Puede dedicarse en exclusiva a un solo lenguaje de programación o bien puede utilizarse para varios. Un IDE es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación; es decir, que consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). A demás en el caso de Arduino incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del hardware (Blog de WordPress, 2023).

El IDE es un conjunto de herramientas de software que permiten a los programadores desarrollar y grabar todo el código necesario para hacer que nuestro Arduino funcione como queramos. El IDE de Arduino nos permite escribir, depurar, editar y grabar nuestro programa (llamados “sketches” en el mundo Arduino) de una manera sumamente sencilla, en gran parte a esto se debe el éxito de Arduino, a su accesibilidad (Arduino, 2023).

3.15. Módulos y sensores

3.15.1. Características Módulo ESP 8266

El ESP8266 se puede integrar en un WiFi que provee un chip de bajo coste con una pila TCP/IP completa y un microcontrolador. Se alimenta con 3.3 v y dispone de un procesador Tensilica Xtensa LX106 de 80 Mhz, memoria RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) de 64 KB para instrucciones y 96 KB para datos, 16 pines GPIO (Entrada/Salida de Propósito General), pines dedicados UART (Receptor/Transmisor Asíncrono Universal), e interfaz SPI (Interfaz de Comunicación Serie) y I2C (Circuito inter-integrado).

El ESP8266, dicho en un modo simple, agrega capacidad de conectividad WiFi a nuestros proyectos. Es decir, permite conexión Wireless (Inalámbrico) a una red local o a Internet. También puede ser usado para controlar sistemas de jardinería y riego a través de la red, para automatizar sistemas industriales, control de cámaras IP de videovigilancia, monitorizar datos de redes de sensores distribuidos en distintos puntos (Issac, 2023).



3.15.2. Sensor de temperatura y humedad DHT22

Según la página Naylamp Mechatronics (2021), el DHT22 (AM2302) es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de buen rendimiento y bajo costo. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Utilizado en aplicaciones de control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más. Utilizar el sensor DHT22 con las plataformas Arduino/Raspberry Pi/Nodemcu es muy sencillo tanto a nivel de software como hardware. A nivel de software se dispone de librerías para Arduino con soporte para el protocolo "Single bus". En cuanto al hardware, solo es necesario conectar el pin VCC de alimentación a 3-5V, el pin GND a Tierra (0V) y el pin de datos a un pin digital en nuestro Arduino (tabla 5).

Tabla 5.

Características del sensor DHT22

Especificaciones técnicas	Pines
Voltaje de Operación: 3V - 6V DC	Alimentación: +5V (VCC)
Rango de medición de temperatura: -40°C a 80 °C	Datos (DATA)
Precisión de medición de temperatura: $<\pm 0.5$ °C	No Usado (NC)
Resolución Temperatura: 0.1°C	Tierra (GND)
Rango de medición de humedad: De 0 a 100% RH	
Precisión de medición de humedad: 2% RH	
Resolución Humedad: 0.1%RH	

Fuente: (Naylamp Mechatronics, 2021)

3.15.3. Sensor de temperatura y humedad DHT11

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso, utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Es bastante simple de usar tanto en hardware como software. El único inconveniente de este sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos una vez cada 2 segundos.



El sensor DHT11 (tabla 6), se caracteriza por tener la señal digital calibrada, asegurando alta estabilidad y fiabilidad a lo largo del tiempo. El sensor integra sensores resistivos para temperatura (termistor) y otro para humedad. Puede medir la humedad en un rango desde 20% hasta 90% y temperatura en el rango de 0°C a 50°C (Todo Micro, 2023).

Tabla 6.

Características del sensor DHT11

Especificaciones técnicas	Pines
Voltaje de Operación: 3V - 5V DC	Alimentación: +5V (VCC)
Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C	Datos
Precisión de medición de temperatura: ± 2.0 °C	No Usado (NC)
Resolución Temperatura: 0.1°C	Tierra (GND)
Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.	
Precisión de medición de humedad: 4% RH	
Resolución Humedad: 1% RH	

Fuente: Todo Micro (2023).

3.15.4. Sensor de peso o carga

La página web Geek Factory, (2023) menciona que el sensor de peso o fuerza de 50kg es un sensor de celda de carga de medio puente, que puede medir un poco más de 50 kg de peso, convirtiendo dicha variable en una señal eléctrica, gracias a su confiabilidad es ampliamente utilizado en proyectos de medición de peso y básculas digitales.

Un sensor de celda de carga (tabla 7), se encarga de convertir una fuerza o peso en una señal de voltaje, así que el peso que ejerza el objeto corresponderá a una cantidad de voltaje determinada, cuando el medio puente se estira, envía dicha señal eléctrica a través del cable de señal rojo e incluso pueden utilizarse varios sensores de carga al mismo tiempo para aumentar la capacidad de medición.



Tabla 7.

Especificaciones técnicas del sensor de peso o celda de carga

Capacidad de carga de 40 a 50 kg
Sensibilidad de salida 1.0 ± 0.1 mv / v
No linealidad 0,03% FS
Repetibilidad 0,03% FS
Temperatura de funcionamiento: $0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$
Material: Aluminio.

Fuente: Geek Factory (2023).

3.15.5. Módulo RTC DS3231

El Módulo RTC DS3231 (Reloj de Tiempo Real) utilizado para diferentes proyectos con la capacidad de almacenar y llevar la cuenta de fecha y hora por medio de la interfaz de comunicación I2C (tabla 8).

El módulo está basado en el RTC DS3231 de MAXIM y la EEPROM AT24C32 de ATMEL. Ambos circuitos integrados comparten el mismo bus de comunicación con el Protocolo I2C. El RTC DS3231 es la evolución del clásico RTC DS1307. La principal diferencia con el DS1307 es el oscilador interno compensado por temperatura, lo que hace que su precisión sea muy alta. La memoria EEPROM AT24C32 permite almacenar 32Kbits (4K Bytes) de datos de manera permanente (Unit electronics, s.f.).

Tabla 8.

Especificaciones y características del módulo RTC

Voltaje de Alimentación DC: 3.3V ~ 5V
Tipo de Comunicación: I2C
Bajo consumo de energía
Dimensiones: 38 mm x 22 mm x 12 mm

Fuente: Unit electronics (s.f.)



3.15.6. Display LCD 20x4

Según TEC mikro, (2023) “La pantalla LCD 20x4 (conocido también como display LCD 20x4) es un dispositivo que permite la presentación de caracteres alfanuméricos y otros símbolos en un formato de 20 caracteres por línea, en 4 líneas”.

El Módulo de interfaz serial I2C permite manejar tu pantalla LCD de una manera bastante fácil, algunos recursos del controlador Arduino son realmente limitados, este no permite conectar diferentes cantidades de sensores o tarjetas SD. Esta placa tiene un chip I2C PCF8574 que convierte datos en serie I2C a datos paralelos para la pantalla LCD. (Eneka , 2023)

3.16. Plataformas IoT

3.16.1. UBIDOTS

“Ubidots es una Plataforma habilitadora del Internet de las Cosas que permite a miles de ingenieros, desarrolladores y empresas, desplegar soluciones IoT de manera rápida y sin necesidad de contratar un equipo de desarrollo de software o tardar demasiado tiempo en desplegar soluciones a sus clientes finales”. (Procolombia, 2023)

ConnectAmericas (2023), menciona: “Ubidots una plataforma de IoT (Internet de las cosas) que habilita la toma de decisiones a empresas de integración de sistemas a nivel global. Este producto permite enviar datos de sensores a la nube, configurar tableros y alertas, conectarse con otras plataformas, usar herramientas de analítica y arrojar mapas de datos en tiempo real”.

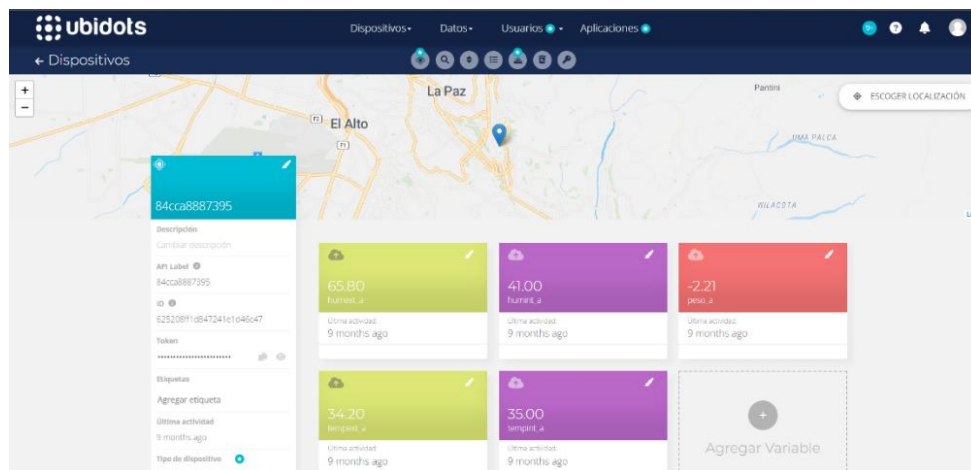


Figura 15. Interfaz de la página web UBIDOTS



IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización y ubicación

El presente trabajo dirigido se realizó en el Centro Experimental Cota Cota, dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, ubicado en la zona sur de la ciudad de La Paz, Provincia Murillo-Bolivia (figura 15).

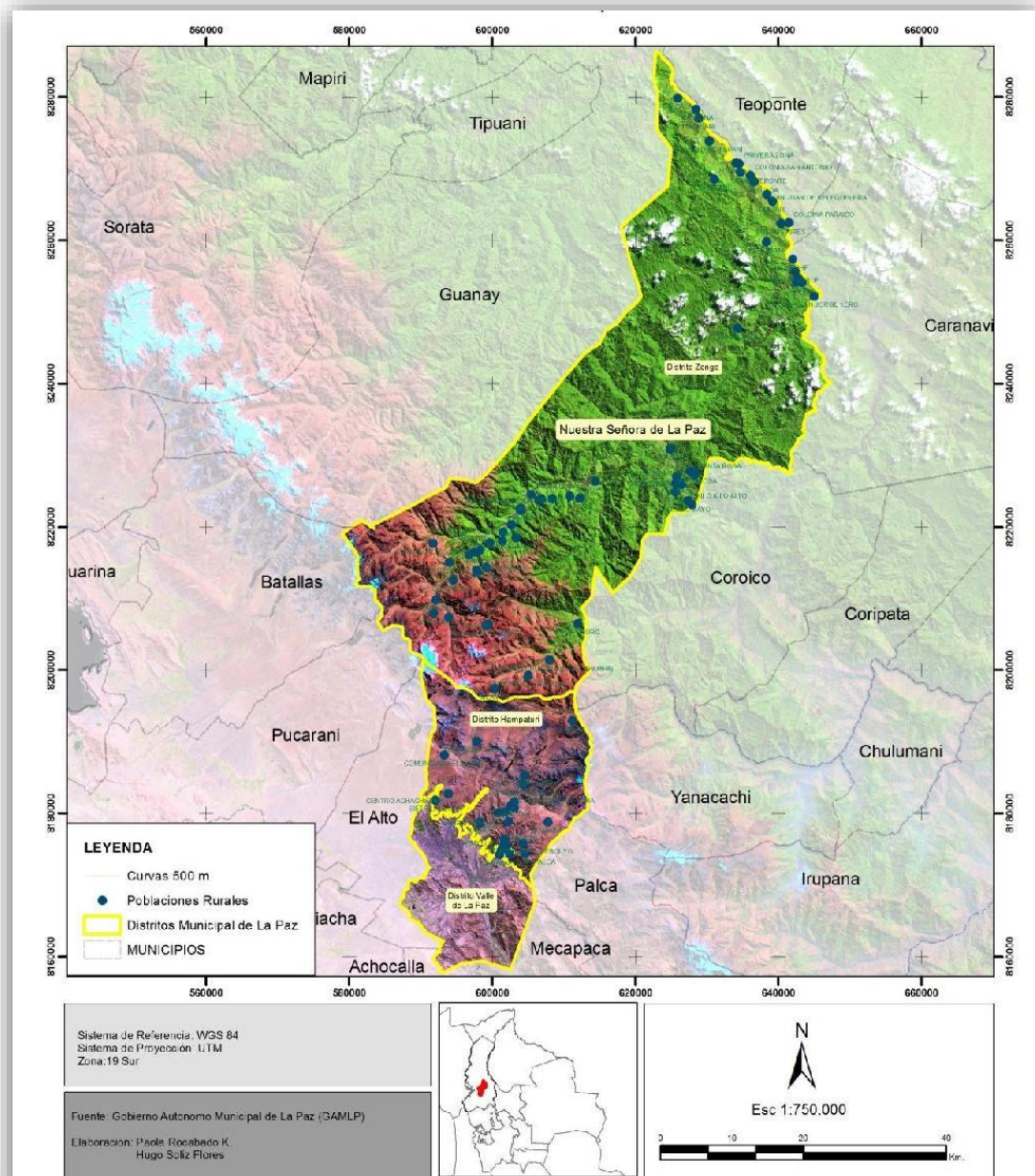


Figura 16. Ubicación geográfica del Municipio Nuestra Señora de La Paz (GAMLP, 2021)



El campus universitario donde se realizan los trabajos de investigación se encuentra a una altura de 3149 m.s.n.m (figura 16 y 17).

Se encuentra en cabecera de valle alto, con características secas, donde la masa de aire cálido y húmedo es impulsada por las montañas, es una zona de contacto entre dos regiones bio geográficas. El Centro Experimental Cota Cota está situada a 16°32'04" Latitud S. y 68° 03'44" Longitud W.



Figura 17. Ubicación geográfica del Centro Experimental Cota Cota UMSA. (Imagen satelital). Google Earth.



Figura 18. Ubicación geográfica del Módulo de Innovación e Investigación Apícola. Google Earth



4.1.1. Características climatológicas

Es una zona semiárida por su ubicación geográfica, con vientos secos y cálidos que bajan del altiplano, cuenta con un clima medianamente templado.

4.1.2. Vegetación

La vegetación original fue totalmente modificada y combinada con diferentes especies exóticas. Sin embargo, el campus mantiene todavía elementos de flora andina original específicamente especies de valle seco y puna. El piso altitudinal en el cual se encuentra el campus es posiblemente el más diverso en cuanto a especies de plantas por lo tanto se encuentran elementos de flora y fauna de ambas regiones y que la vuelve una zona relativamente diversa (Villagómez, 2009).

Se ha elaborado un listado de plantas en base a un reconocimiento del sitio (Quispe, 2009). Estas plantas han sido agrupadas en sus diferentes formas de vida, como ser: árboles, arbustos, enredaderas, hierbas, plantas crasas y plantas acuáticas. Según inventario de flora realizado en toda la cuenca del río Jillusaya, las formas de vida más representativas eran las plantas herbáceas perennes (36%), plantas herbáceas de vida muy corta (35%), arbustos (13%), subarbustos (8%) y árboles (2%).

En relación a la presencia de árboles se han identificado 19 especies, el 16% corresponde a especies arbóreas nativas y un 84% corresponde a especies arbóreas introducidas (Villagómez, 2009).

4.1.3. Temperatura

En el transcurso del día la temperatura varía, siendo promedio anual de 7,5 grados centígrados y en días cálidos la temperatura puede llegar hasta los 20 grados. Con frecuencia se dan heladas leves, las cuales se registran con mayor incidencia en los meses de mayo a agosto. La precipitación tiene un promedio anual entre 500 a 600 mm (Villagómez, 2009).

4.1.4. Humedad

La Humedad Relativa varía de 46 a 63% en la zona de investigación. Siendo los meses de enero a marzo los más húmedos y junio con menor humedad relativa.



4.2. Materiales

4.2.1. Material de la colmena

- ~ Colmenas Langstroth

4.2.2. Equipo de protección y manipuleo del apiario

- ~ Traje de apicultor (guantes, overol, mascara, botas)
- ~ Palanca de sujeción
- ~ Cepillo
- ~ Ahumador
- ~ Marcador de reinas (amarillo)
- ~ Encendedor y/o fósforo
- ~ Rejilla transportadora

4.2.3. Material biológico

- ~ Abejas africanizadas (*Apis mellifera* sp.)

4.2.4. Material de escritorio y apoyo

- ~ Cámara fotográfica
- ~ Computadora portátil
- ~ Libreta de apuntes
- ~ Bolígrafo
- ~ Conexión a internet
- ~ Táper modificado
- ~ Cemento
- ~ Arena
- ~ Piedras
- ~ Carretilla
- ~ Martillo
- ~ Clavos

4.2.5. Material colmenas inteligentes

- ~ Módulo ESP 8266
- ~ Sensores de Temperatura y humedad DHT-22
- ~ Sensores de temperatura y humedad DHT-11



- ~ Sensores de Peso (balanza)
- ~ Módulo RTC DS3231
- ~ Cargador de alimentación
- ~ Cable UTP blindado CAT 6e
- ~ Cable UTP estándar CAT 5e
- ~ Cable monopolar tipo alambre de 2.5mm (conductor de alambre aislado monopolar de 2.5mm)
- ~ Cautín
- ~ Estaño
- ~ Caja de plástico de 40x40
- ~ Térmico
- ~ Caja de protección de térmico
- ~ Reja transportadora
- ~ Pasta para soldar
- ~ Cinta aislante
- ~ Pila
- ~ Tornillos
- ~ Volandas
- ~ Pedestal
- ~ Cortapicos
- ~ Celular
- ~ Cargador de alimentación para celular
- ~ Tarjeta SIM
- ~ Alargador
- ~ Cable USB

4.3. Metodología

4.3.1. Categorización de colmenas

El Módulo de Innovación e investigación Apícola al momento de la presente investigación contaba con diez colmenas, de las cuales se realizó la categorización, mediante observación visual, entendida por la tabla 9, INTA (2017) en fecha 3 de abril:



Tabla 9.

Categorización de colmenas I, II y III

	<p>Categoría I colmenas que poseen más de siete cuadros dentro los cuales contienen, cría operculada, cría abierta, reservas, no padezcan ninguna enfermedad o plaga, docilidad, postura y abundante población.</p>
	<p>Categoría II cuyas colmenas poseen cinco a siete cuadros cubiertos.</p>
	<p>Categoría III donde poseen menos de cinco cuadros cubiertos con población.</p>

Fuente: INTA (2017)



Se procedió a la revisión de las colmenas, junto con la observación ocular y según el criterio mencionado, se escogieron las colmenas número dos y número cinco pertenecientes a la categoría I para la instalación de “colmenas inteligentes”.

La colmena dos (figura 19), se encontraba en muy buen estado, contenía 9 cuadros en la cámara de cría, de los cuales poseía cría operculada, cría abierta y postura, también tenía un alimentador. Presentaba también una media alza con 9 cuadros, donde se encontraba la reserva de alimento.



Figura 19. Colmena # 2 donde se muestra la cámara de cría

La colmena cinco (figura 20) de igual manera se encontraba en muy buen estado, esto quiere decir que la cámara de cría contenía 10 cuadros, donde se pudo observar presencia de cría abierta, cría operculada y postura, que representa presencia de reina, aunque no la localicemos. Contaba con una media laza donde disponía de reservas de alimento.



Figura 20. Colmena # 5 presenta cámara de cría y media alza melaria

El 4 de abril se hizo la respectiva medición de los lugares donde se encontraban las colmenas dos y cinco, midiendo un área de 75x75, y se procedió a cavar 10 cm de profundidad. Una vez terminado este paso se eligieron piedras para el armado del hormigón ciclópeo (figura 21).



Figura 21. Armado con piedras del hormigón ciclópeo



Posteriormente se hizo el vaciado de cemento mezclado con arena al 2 por 1 (dos de arena uno de cemento) (figura 22).



Figura 22. *Planchado del cemento*

Por consiguiente, en fecha 7 de abril se fabricó un pedestal a base de fierro angular diseñado exclusivamente para el sostén del sistema inteligente, por consiguiente, para el 8 de abril se utilizó una brocha para pintar los fierros con pintura anticorrosiva color guinda para evitar que el fierro se deteriore dejándolo al sol para el respectivo secado más o menos por un día (figura 23).



Figura 23. *Pintado del pedestal para distinguir de las demás colmenas (anexo 1)*



4.3.2. Instalación eléctrica

Ese momento el apiario no cantaba con luz eléctrica ya que se encuentra a unos trecientos metros aproximadamente de la toma de energía, donde se localizan las oficinas y el comedor del Centro, cuenta con un sistema monofásico, por tal razón se compró cable monopolar de tipo alambre (2.5 mm), cinco rollos por la lejanía del lugar donde cada rollo contaba con 91.4 metros (figura 24 y 25).



Figura 24. *Instalación de cables de energía el 12 de abril dentro del MIA.*



Figura 25. *Térmico con caja de protección*



Se hizo la valoración del lugar para el extendido del cable, se tomaron diferentes puntos: como primer punto se aprovechó un árbol de Eucalipto que se encuentra cerca de los cables de energía (anexo 2), que sirvió como poste para hacer el empalme del cable monopolar y comenzar con el extendido hasta llegar al Apiario.

Los otros puntos también fueron árboles de eucalipto utilizados como postes ubicados al borde del Centro Experimental en la parte sur, colindancia con el río Jilusaya (figura 26).



Figura 26. *Árbol de Eucalipto utilizado para el empalme de cables*



Figura 27. *Árbol de eucalipto utilizado como poste para la extensión de cables*



4.3.3. Ensamblaje del equipo de monitoreo

4.3.3.1. Hardware

Conjunto de elementos tangibles o materiales (anexo 2-pp. 100,1001) que está constituido por receptores, codificadores de señal y sensores digitales, los cuales captan las alteraciones de su entorno, luego convierten en lenguaje digital y enviar al respectivo codificador, cuyos datos son enviados a la interfaz de salida para que el usuario pueda tener la correspondiente lectura.

4.3.3.2. Software

Conjunto de componentes lógicos no tangibles que son indispensables de un sistema computacional o lenguaje informático que es introducido por el usuario mediante la interfaz de entrada para la ejecución de tareas específicas.

4.3.3.3. Integración de sensores y actuadores a la plataforma Arduino

El sistema de monitoreo está diseñado para captar alteraciones de su entorno, convertirlo en lenguaje digital, cuyos datos son enviados a la interfaz de salida para que el usuario pueda tener la correspondiente lectura, en este caso, se utiliza como interfaz una página Web, cuya plataforma está diseñada con el fin de recibir y almacenar datos para su posterior estudio. Se eligieron los sensores DH11 y DH22 (anexo 2, foto 12-13) que están encargados de tomar datos de la temperatura y humedad tanto del ambiente interno como externo, según corresponda. Los sensores de peso o carga, cumplen la función de detectar las variaciones de la masa del objeto puesto a prueba. Se escogió el módulo RTC DS3231, proporciona el tiempo, aportando la fecha y hora exacta en el cual fueron tomados los datos (anexo 2, foto 11). Todos los datos obtenidos por los sensores y módulos, son captados por el microcontrolador ESP8266, que, mediante su antena Wi-Fi y conexión a internet, son enviados a la plataforma de la Pagina Web. La interfaz de la pantalla LCD ha sido instalada para que el usuario pueda observar y leer los datos en tiempo real, sin la necesidad de ingresar a la página web, dentro del apiario (figura 28).

Se eligió el sistema Arduino por dos razones:

- Versatilidad en el manejo y programación, es necesario tener conocimiento básico en ramas de Electrónica o sistemas computacionales.



- Fácil acceso y bajo costo, los componentes se encuentran en cualquier tienda de insumos electrónicos.

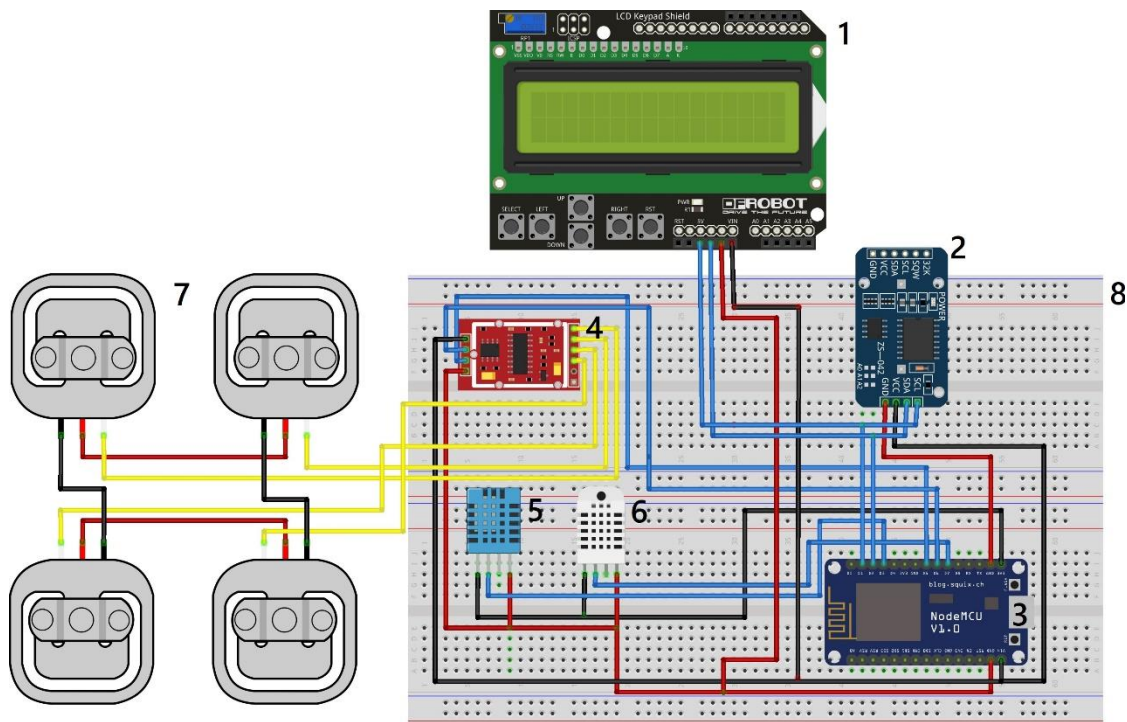


Figura 28. Esquema general de conexiones del circuito de monitoreo de colmenas

Fuente: Elaboración propia (Fritzing)

1. Pantalla LCD 20x4
2. Modulo Reloj RTC2032
3. Microcontrolador ESP8266
4. Modulo HX711
5. Sensor DTH11
6. Sensor DTH22
7. Sensor de peso o carga
8. Protoboard



4.3.4. Instalación del equipo de monitoreo

Una vez categorizadas y elegidas las colmenas, se prosiguió con la instalación del equipo de monitoreo (figura 29 y 30) en colmena 2 y colmena 5. Con la ayuda del pronóstico del tiempo se realizó la instalación en fecha 28 de abril, puesto que no hubo vientos, y el clima templado, así no alteraríamos el desarrollo de las crías, dado que debíamos cambiar todo el piso de la colmena y reemplazarlo por otro donde se encontraban los sensores de peso (anexo 2).



Figura 29. *Instalación de sensores de peso adheridos al piso*



Figura 30. *Arreglo de cables*



Para que las celdas de peso hagan su respectiva medida se tuvo que poner una madera gruesa de la misma medida del piso de la colmena para darle más estabilidad y precisión a los sensores ya que este se encuentra adherido al piso de la colmena (figura 31).



Figura 31. *Madera gruesa para dar soporte al piso con el sensor de peso*

Se transfirió la cámara de cría al nuevo piso con los sensores de carga, una vez establecida la cámara de cría se procedió a colocar el sensor de temperatura y humedad interna en el cuadro número seis, lleno de cría abierta y operculada justo al centro de la colmena y del cuadro como se muestra en la figura 32.



Figura 32. *Sensor de temperatura y humedad en cuadro con cría operculada y abierta*



Para que el equipo de monitoreo envíe datos captados por los sensores, constantemente a la página web UBIDOTS se utilizó un celular con un chip 4G Entel, del cual cada mes se obtenía paquetes de 1500 MB de tal forma se compartía wifi, a los equipos, como router (figura 33).



Figura 33. Celular marca Samsung modelo 6s utilizado como router



Tabla 10.

Cronograma de actividades desarrolladas para la toma de datos de los parámetros climatológicos de las colmenas 2 y 5

N°	ACTIVIDADES	FECHAS
1	Categorización de colmenas	3 de abril
2	Medición y excavación	4 de abril
3	Armado de hormigón ciclópeo colmenas 2	4 de abril
4	Mezcla y vaciado de cemento	4 de abril
5	Armado de hormigón ciclópeo colmenas 5	5 de abril
6	Mezcla y vaciado de cemento	5 de abril
7	Diseño del pedestal	6 de abril
8	Soldadura con arco eléctrico a los fierros angulares	7 de abril
9	Pintado y secado de pedestal	8 de abril
10	Instalación eléctrica hasta el MIIA	12 de abril
11	Colocado de térmico dentro del MIIA	13 de abril
12	Compra de sensores y componentes electrónicos	14 - 15 de abril
13	Cargado de código al microcontrolador ESP 8266	16 - 20 de abril
14	Ensamblaje del equipo de monitoreo	20 – 26 de abril
15	Calibración de sensores de peso	26-27 de abril
16	Instalación del equipo de monitoreo	28 de abril
17	Calibración de sensores de peso dentro del MIIA	28 de abril
18	Periodo de prueba de colmenas inteligentes	30 de abril - 30 de mayo
19	Toma de datos	1 de junio-30 de agosto
20	Podado de ramas de los árboles por donde pasa el cable de energía	30 de junio y 15 de julio
21	Inicio y aplicación de tratamiento	7 de julio
22	Aplicación de tetraciclina medicamento	22 de julio
23	Se dio alimento de mantenimiento	22 de julio
24	Aplicación de tetraciclina medicamento y alimento	6 de agosto
25	Se dio alimento de mantenimiento	6 de agosto
26	Ultima aplicación de tetraciclina medicamento	2 de agosto

Fuente: Elaboración propia



V. SECCIÓN PROPOSITIVA

5.1. Aspectos propositivos del trabajo dirigido

Aplicando una apicultura de precisión se presenta a continuación los resultados obtenidos, en las diferentes etapas: recopilación de datos, análisis de datos y aplicación.

5.2. Orientación de las colmenas

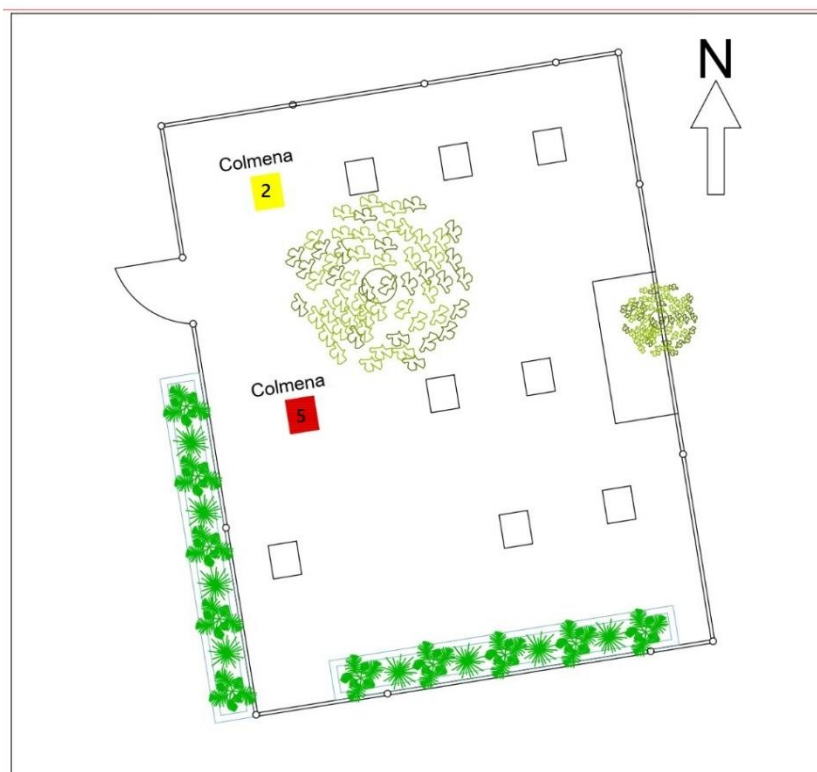


Figura 34. Croquis del apiario y ubicación de las colmenas 2 y 5

Las colmenas dos y cinco se encontraban separadas por dos metros paralelamente como se muestra en la figura 33, con respecto al sol, recibían las mismas horas de sol, y ni una a de las dos contaba con sombra.

5.3. Recopilación de datos

Los sensores transmitían datos cada hora (00:30; 1:30; 2:30) durante tres meses en invierno (junio, julio y agosto), que se almacenaban en la memoria de la página web UBIDOTS, para posteriormente ser extraídos a una hoja Excel en el cual se procedió a calcular el promedio diario para examinarlos, por lo tanto, se decidió utilizar el promedio semanal para el análisis (anexo 3).



Temperatura interna en grados Celsius: temperatura obtenida con un sensor colocado en el centro de la cámara de cría, esta variable es una de las más importantes, ya que indica la termorregulación de la colonia

Humedad interna en porcentaje: obtenida con un sensor colocado en el centro de la cámara de cría. Esta característica, junto con la temperatura, indica la termorregulación de la colonia juntos a otros fenómenos, como el inicio de la producción de una nueva descendencia y la preparación para el invierno;

Peso de la colmena en kg, peso de la caja de madera con los cuadros más el peso de la colonia obtenida mediante una balanza digital. Esta variable indica la productividad de la colonia y, en consecuencia, la cantidad de reserva de alimentos, que también puede indicar indirectamente el nivel de bien estar en la colonia;

Variación de peso en kg, valor que indica si hubo variaciones (positivas o negativas) en el peso de la colmena. Esta variable puede indicar si la colonia logra acumular reservas de alimentos o a qué ritmo está consumiendo las reservas que ya tienen.

5.4. Análisis de datos

5.4.1. Temperatura interna

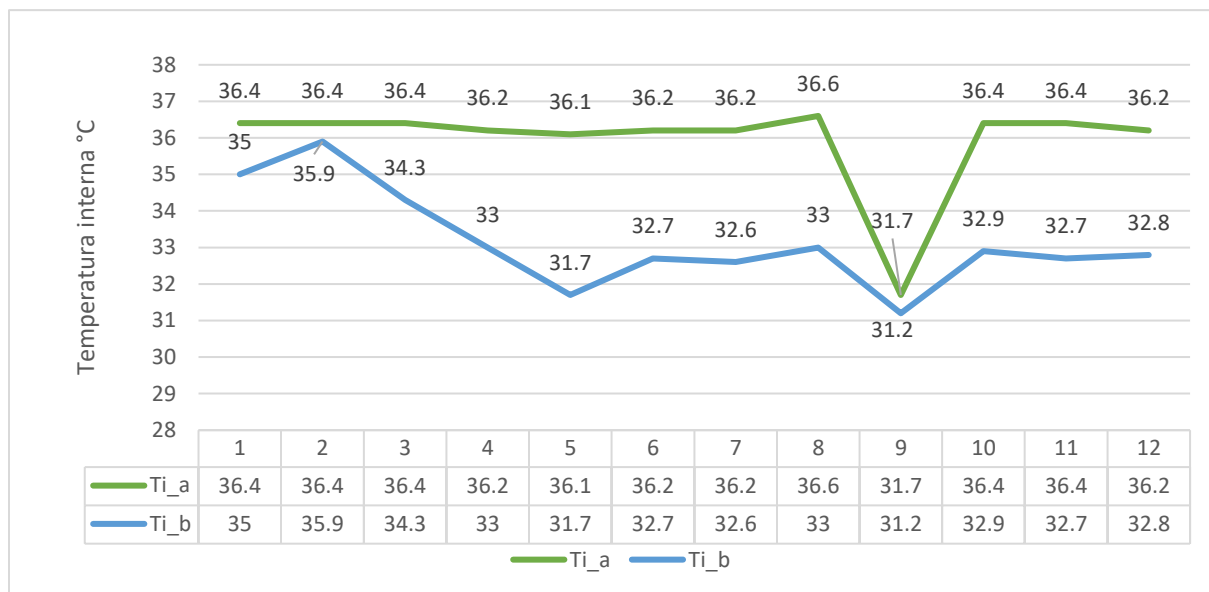
Las variables mencionadas pueden ser observadas mediante gráficas para el análisis de la información en el cual se utilizó estadística descriptiva a través de una herramienta desarrollada en Excel donde fueron extraídos los datos.

Como se muestra en la gráfica 1 los datos de la temperatura interna de los tres meses evaluados, son denominados: Colmena 2 \rightarrow a y a la colmena 5 \rightarrow b, a la temperatura interna T_i , a la temperatura externa T_e , a la humedad interna H_i , y humedad externa H_e .

Entonces se refiere como T_{i_a} , a la temperatura interna de la colmena dos, a T_{i_b} a la temperatura interna de la colmena cinco, H_{i_a} la humedad interna de la colmena 2, H_{i_b} a la humedad interna de la colmena 5, y la misma relación con el peso.



Gráfica 1. Temperatura interna de colmenas 2 y 5 en °C del mes de junio-julio-agosto



5.4.1.1. Mes de junio

Entonces podemos deducir que ambas colmenas se encontraban sanas no contaban con estrés, y revelaban una buena termorregulación que quiere decir que presentaba buena ventilación y aireación.

Vemos también que datos lanzados por los sensores de temperatura muestran que la colmena 2 (a) cuenta con una perfecta termorregulación que oscila dentro de los parámetros normales según (Valega, 2023) que menciona, “los nidos de cría de las colonias de abejas deben mantenerse a temperatura constante que varía con las razas de 34° a 38° pero en cada caso en más o en menos hay un grado”.

En resumen, la colmena 5 (a) se encontraba relativamente sana, con una termorregulación aceptable, sin embargo, se hizo la revisión correspondiente de la colmena, para constatar la existencia de algún problema sanitario.

5.4.1.2. Mes de julio

En el mes de julio analizando los patrones de temperatura de la colmena 5 (b) con respecto a la colmena 2 (a) se observó que presentaba una variación considerable con rangos de temperatura que oscila entre los 31 °C a 33 °C haciendo un análisis técnico

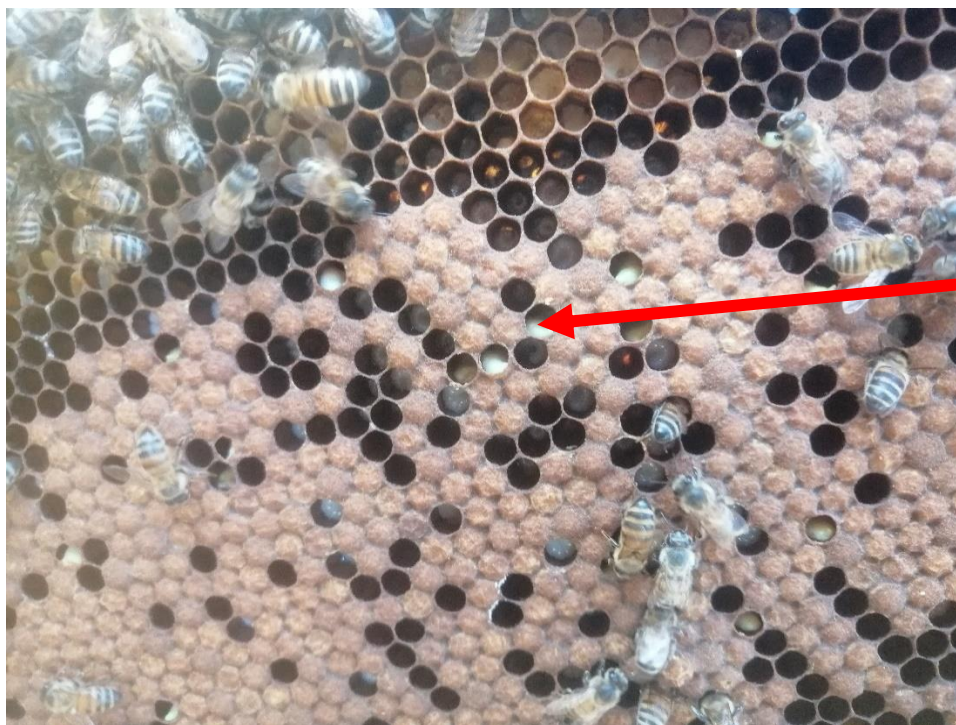


que se le dio a la colmena se evidenció que no podía termorregular eficientemente, y por consecuente nos indicaba que posiblemente tendría algún problema sanitario.

Al entrar a la primera semana del mes se evidencia una baja en la temperatura interna de la colonia en la colmena número 5, al corroborar estos datos con bibliografía consultada, se vio que dentro de esta se desencadeno una de las enfermedades más importantes de la cría durante el invierno. La cual en apicultura se denomina cría ensacada o cría sacciforme problema sanitario que se evidencio en las celdas de obreras de los cuadros dentro la cámara de cría. Se observo también cuadros con cría salteada o en mosaico.

Como se muestra en la figura número 35, las larvas presentan un color amarillento que sobre salen de las celdillas de obreras en la colmena 5 al ser afectadas por el virus *Morator aetatulas* o comúnmente conocido por cría ensacada o sacciforme, demostrando así el motivo de la disminución de la temperatura.

En la figura 36 se observa, una gran diferencia en cuanto al color y forma, entre larvas sanas y afectadas por el virus causando un gran problema sanitario.



Celda con cría sacciforme o ensacada

Figura 35. Cuadro con cría ensacada colmena 5 (a)

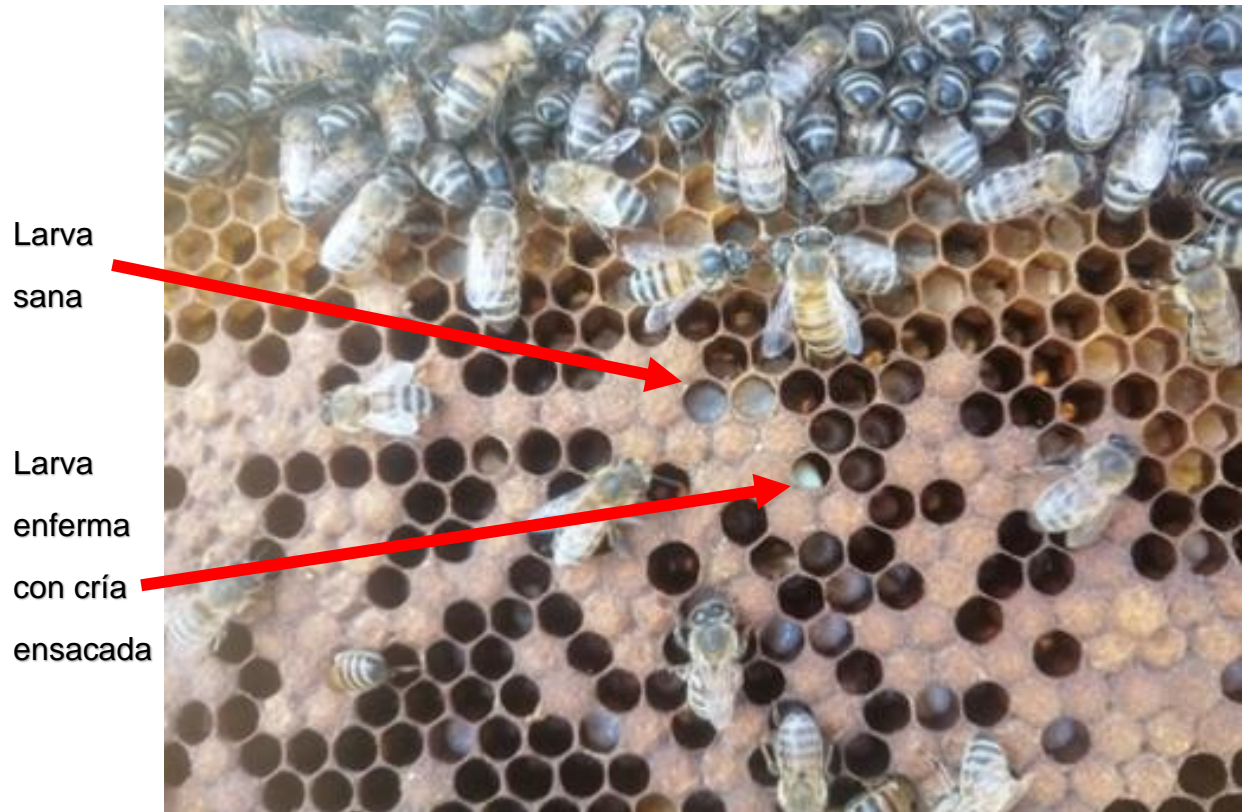


Figura 36. Diferencia de larvas sanas y enfermas colmena 5



Realizando el control de la piquera se comprobó efectivamente un problema sanitario, ya que las abejas por instinto e higiene, retiran de las celdas aquellas larvas afectadas con el virus ya mencionado (figura 37).



Figura 37. Retiro de larvas enfermas

Subsecuentemente se presenta en la figura 38, una característica particular que se denomina cría salteada o en mosaico, producto de la mortandad de las larvas, y debido al retiro de las larvas enfermas observadas en la figura 37. El cual debilita a la colonia internamente ya que el racimo del bolo invernal para calentar a la cría se esparce y con esto disminuye la temperatura dentro de la cámara de cría, enfriando las pocas larvas que le queda en los cuadros.



Figura 38. Cuadro con cría salteada o en mosaico colmena 5 (a)

Al realizar la revisión correspondiente en las colmenas la cual no se recomienda efectuarla en esta época, se constató los problemas sanitarios mencionados. Por consiguiente se pudo actuar y hacer el manejo respectivo de una manera eficiente y rápida, así que en fecha 7 de julio se empezó con el tratamiento de tetraciclina y azúcar impalpable cada día 15 días en ambas colmenas (anexo1).

Asimismo, para reforzar se dio alimento de mantenimiento o también llamado jarabe, siendo ésta una mezcla de azúcar diluida en agua al 2 x 1 con Promotor L-47, tanto en la colmena 2 como en la 5 que fue la más afectada por las bajas temperaturas en invierno.

En la figura 39, se observa la aplicación del tratamiento, que se difumina con un aplicador por encima de los cuadros, así pueda actuar el medicamento de forma efectiva.



Figura 39. Aplicación de medicamento en colmena 5

Se ofrece alimento de mantenimiento o también conocido como jarabe, dado que se debe apoyar con la alimentación de la colonia por la poca floración de la época (figura 40).



Figura 40. Colocado de 700 ml de jarabe en el alimentador



5.4.1.3. Mes de agosto

Como se muestra en la figura 44 al realizar la reducción de la cámara de cría por problemas de hongos provocó alteraciones en la temperatura por el incremento de la humedad, puesto que se sometió a estrés demostrando que la temperatura interna es de extrema importancia, ya que al hacer este tipo de tarea se disipa el calor que debería mantener al centro de la cámara de cría donde generalmente se sitúan las crías y la reina.

Como se ve en la gráfica 1 para el mes de agosto, posterior al tratamiento que se aplicó en las semanas del mes de julio y la semana uno del mes de agosto se observa una mayor tendencia a mantener la estabilidad dentro de la colonia según vemos ambas colmenas mantienen una mejor termorregulación post tratamiento.

En las figuras 41 y 42, se demuestra una mejoría en los cuadros después del tratamiento aplicado en la colmena 5, habiendo larvas sanas, así también erradicando la cría en mosaico.



Figura 41. Cuadro de colmena 5 después de aplicar Tetraciclina

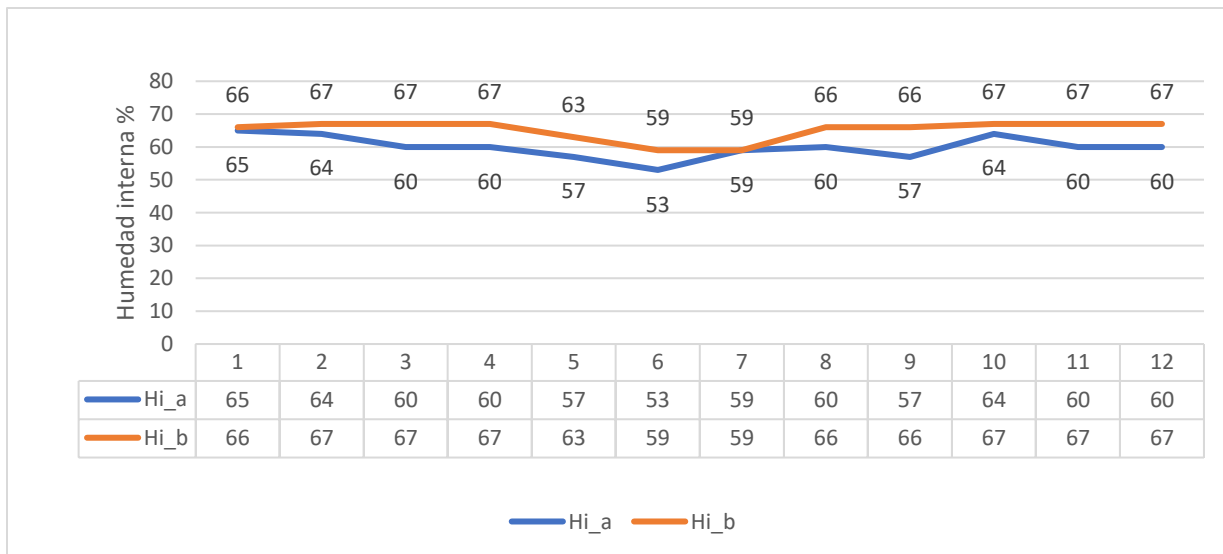


Figura 42. Cuadro con cría operculada

5.4.2. Humedad interna

La humedad es un factor muy importante en la evolución de la cosecha, sin embargo, en este caso puede variar por ser invierno ya que el aumento excesivo en la humedad provoca problemas en la colonia.

Gráfica 2. Humedad interna de ambas colmenas durante los meses de junio-julio-agosto





La gráfica 2 muestra una comparación de la humedad interna en ambas colmenas, constatando una diferencia en los datos.

5.4.2.1. Mes de junio

En la gráfica 2 se evidencia una notable diferencia de humedad entre la colmena 2 y 5, ya que las bajas de temperatura provocan una mayor humedad que tienden a provocar enfermedades en estado larval, como se muestra en la colmena 5 (b) al tener mayor humedad y menor temperatura, expresada con una línea naranja en cambio la colmena 2 (a) presenta mayor temperatura y menor humedad, línea naranja.

Omholt, (1987) menciona que el mayor contenido de agua del panal está en la superficie del bolo y es el lugar preferido de las abejas que invernan, ya que, el calor en el interior del bolo, aumenta la evaporación rápidamente y amenaza a las abejas con la deshidratación.

Castillo Arias, (2022), menciona a Elis, (2008) e indica que, dentro de la colmena, su hábitat natural, las abejas, prefieren una humedad relativa del 75% para abajo.

Caillavy, (2022) reporta que el porcentaje de humedad ideal dentro de la cámara de cría donde se concentran mayormente las abejas en invierno es de 70 a 75%.

5.4.2.2. Mes de julio

Como vemos en la gráfica 2 la disminución de la humedad en la colmena 5 (b), confirma la presencia de hongos y la ausencia de la reina en la cámara de cría, obligándola a desarrollar la postura en el alza melaria.

Por el contrario, la colmena 2 (a) al tener una mejor termorregulación, una mejor cantidad poblacional de abeja adulta, cuenta con un mejor control de la humedad interna de la colonia, evidenciándose poca presencia de enfermedades, observando larvas en estado saludable con buena reserva de alimento proteico y energético, esto se constató al momento de la revisión de la colmena en campo.

En fecha 22 de julio en la colmena 5 (b) se observa la presencia de hongos a un costado de la cámara de cría y en el piso, donde fueron afectados algunos cuadros, por consecuente estimuló a la reina a trasladarse a la media alza, junto con una parte de la



colonia, por tanto, se tomó la decisión de cambiar de caja, y reducirla sacando los cuadros malogrados colocando el comedero como pared, para que la colonia pueda mejorar el porcentaje de humedad, a manera de refuerzo se puso un poncho (yute) entre el alza melarías y la cámara de cría, como se observa en la figura 43.



Figura 43. Poncho (yute) protector

Se realiza el manejo correspondiente, reduciendo la cámara cría por problemas sanitarios, y presencia de hongos en los cuadro y cámara de cría, por la disminución de la temperatura (gráfica 1), y la variación constante en la humedad (gráfica 2) como se presenta en la figura 44.



Figura 44. Reducción en la cámara de cría colmena 5

5.4.2.3. Mes de agosto

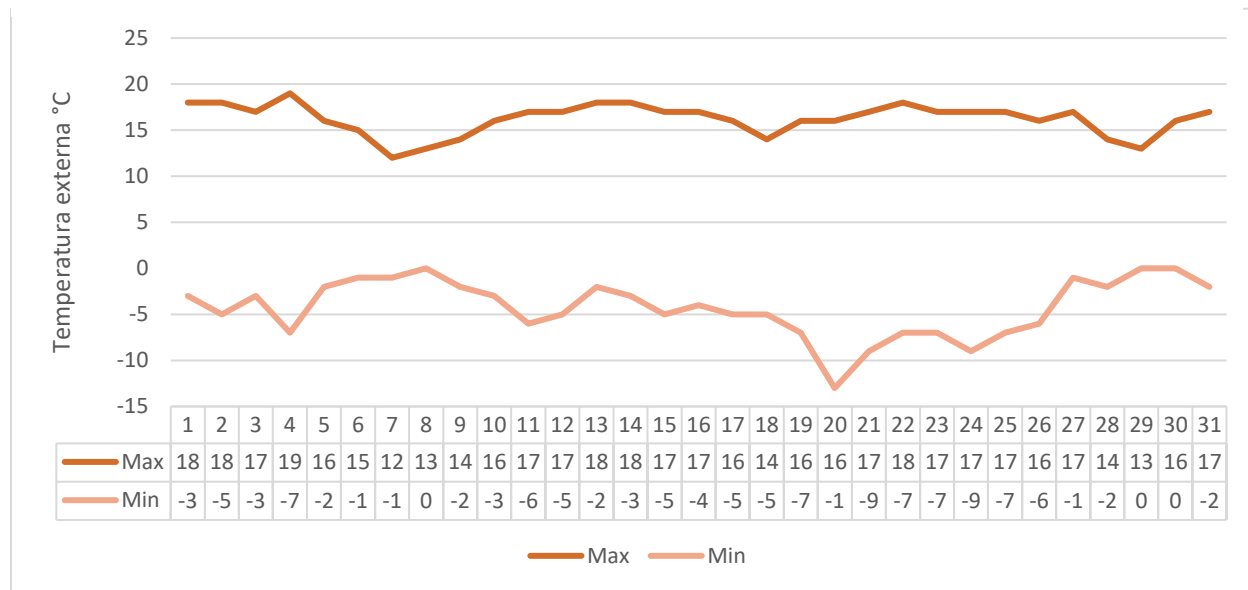
En el centro del núcleo o bolo invernal más temperado, el agua se evapora rápidamente y deshidrata a las abejas del interior. Sin embargo, en el exterior, la temperatura desciende fuertemente, lo que hace que la humedad relativa sea mayor. De este modo, las condiciones cerca de la superficie del bolo invernal, son desfavorables para que el agua se evapore (Omholt, 1987).

Es por esta razón que los datos que se muestran en la gráfica 2, son relativamente normales en cuanto a la buena salud de la colonia.



Como se muestra en la gráfica 3, la temperatura externa mínima sobre pasa los -10°C llegando a -13°C casi llegando a la cuarta semana del mes de agosto.

Gráfica 3. Temperatura externa del lugar del apiario en $^{\circ}\text{C}$ (máxima y mínima)



En la gráfica 2 en la primera semana se ve una disminución en la humedad de la colmena 2 (a), es por esto que en fecha 6 de agosto se hizo una revisión de las colmenas, registrado en el cuaderno de campo (anexo 2), para proporcionar alimento. Ya que las abejas no pudieron trasladarlo a los panales y por ende no procesaron o deshidrataron de manera eficiente el jarabe proporcionado, ocasiono una baja en la temperatura, y un aumento abrupto en la humedad. Para prevenir cualquier riesgo sanitario se colocó medicamento a la colmena 2.

Por el contrario, la colmena 5 (b) mejoro su porcentaje de humedad por la aplicación de tratamiento, por la reducción y el cambio de la cámara de cría junto con el piso, se demuestra en la gráfica 2 los datos obtenidos, reportan una constancia en la humedad.

La condensación en la superficie del racimo da a las abejas del interior acceso al agua y sirve para preparar la miel, para la digestión al diluir las reservas cercanas.

Según Rodríguez (s.f.) la Universidad de Córdoba en España tienen datos de humedad para el nido de cría alrededor de 50 % y el 60 %; en dos años no han medido más del 60

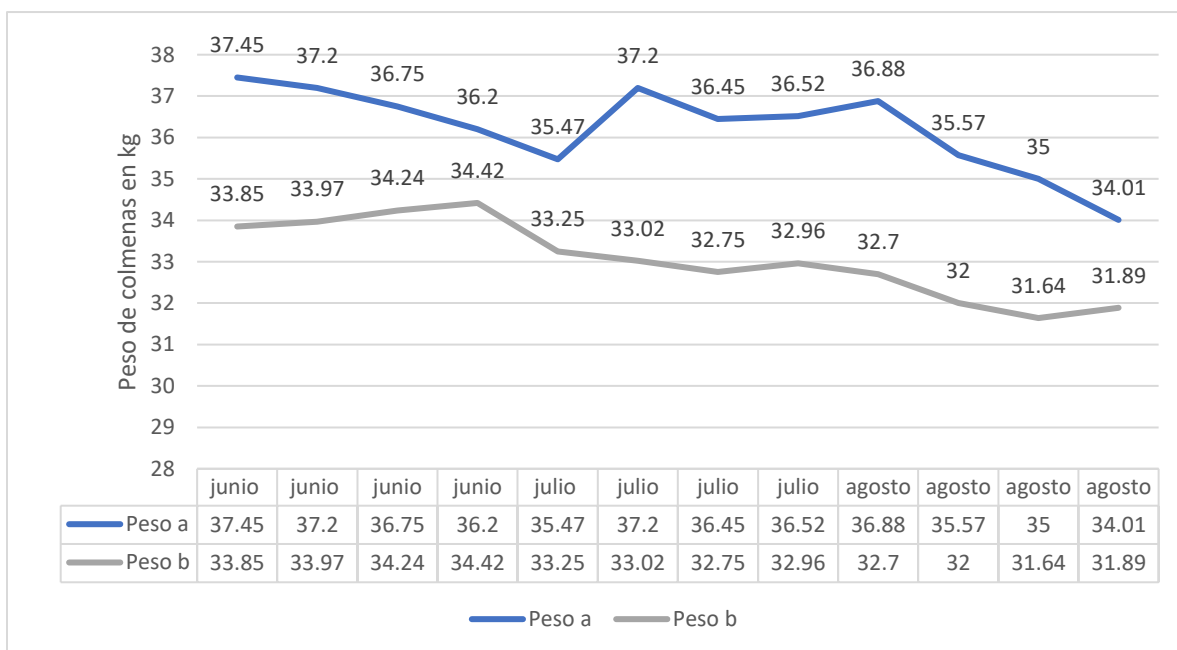


% en la cámara de cría. Entonces interpretamos nuestros datos como normales en el rango de porcentaje que se presenta según bibliografía.

5.4.3. Peso

La gráfica 4 presenta los resultados obtenidos de los sensores de carga del mes de junio, julio y agosto donde la línea azul expresa el peso de la colmena 2 (a), y la línea ploma el peso de la colmena 5 (b).

Gráfica 4. Peso de colmenas 2 y 5 en kg del mes de junio al mes de agosto



5.4.3.1. Mes de junio

Se pesó una colmena Langstroth vacía, esto se refiere a: la cámara de cría, media alza, entre tapa, tapa, 20 cuadros vacíos, guarda piquera y piso, obteniendo un peso de 17 kg. Con respecto al peso de la colmena en el apiario pudimos observar que en los datos lanzados por los sensores de peso plasmados en la gráfica 5, la colmena 2 al abordar invierno tuvo un peso promedio en la primera semana de 37.45 kg, restando el peso de la colmena vacía con cuadros, piso, entre tapa. tenemos un peso de 20.45 kg que implica cera, cría operculada, cría abierta racimo de abejas, y reservas de alimento.



En cuanto a la colmena 5 tenemos un peso promedio semanal al iniciar invierno de 33.85 kg, restándolo los 17 kg de la colmena vacía obtenemos 16.85 kg de material vivo y reservas de miel.

Según la regla de Farrar, que es mencionado por Beeman en su blog expresa que podemos hacer un cálculo matemático por el cual, conociendo la población de abejas de una colmena, aproximadamente puede estimarse la producción de esta.

La capacidad de producción es igual al cuadrado del peso de la población. Si una cámara de cría llena tiene 30.000 abejas y sabemos que 10.000 abejas pesan aproximadamente 1 kg. Una colmena que posee 50.000 abejas estará en capacidad de producir 5 al cuadrado lo que significa 25 kg de miel.

Esto nos indica un consumo de 1 kilo cada dos semanas en el mes de junio de parte de ambas colmenas, cuando los factores climáticos son adversos para las abejas, es de esperar, que estas rápidamente utilicen sus alimentos de reserva.

“Hasta las colonias más fuertes, les alcanza con 2 kg de miel por semana, y esta cantidad será necesaria en condiciones extraordinarias. También en regiones bajas donde no hay mucha planta melífera basta con un kilo de miel por dos semanas y por colmena” (Apivlog, 2022, 0m55s, 2m77s).

5.4.3.2. Mes de julio

Como se mencionó el 22 de julio se realizó una reducción en la cámara de cría de la colmena 5 y por tanto se evidencia una disminución en el peso ya que se sacaron dos cuadros en la tercera semana de julio. También se interpreta un consumo mínimo alrededor de 1 kilo en cuanto a las reservas de alimento ya que cada 15 días se proporcionaba alimento de mantenimiento para que éstas no sufran de pillaje o bajas en la población, puesto que se sabe que la reina reduce su postura en esta época del año.

Si hablamos de la colmena 2 se interpreta que la última semana del mes de junio a la primera semana del mes de julio hubo un consumo de alimento de casi 2 kilos.

Puesto que como observamos en la siguiente gráfica el descenso en la temperatura externa en los primeros días de julio en la localización del apiario, lo cual refleja un mayor

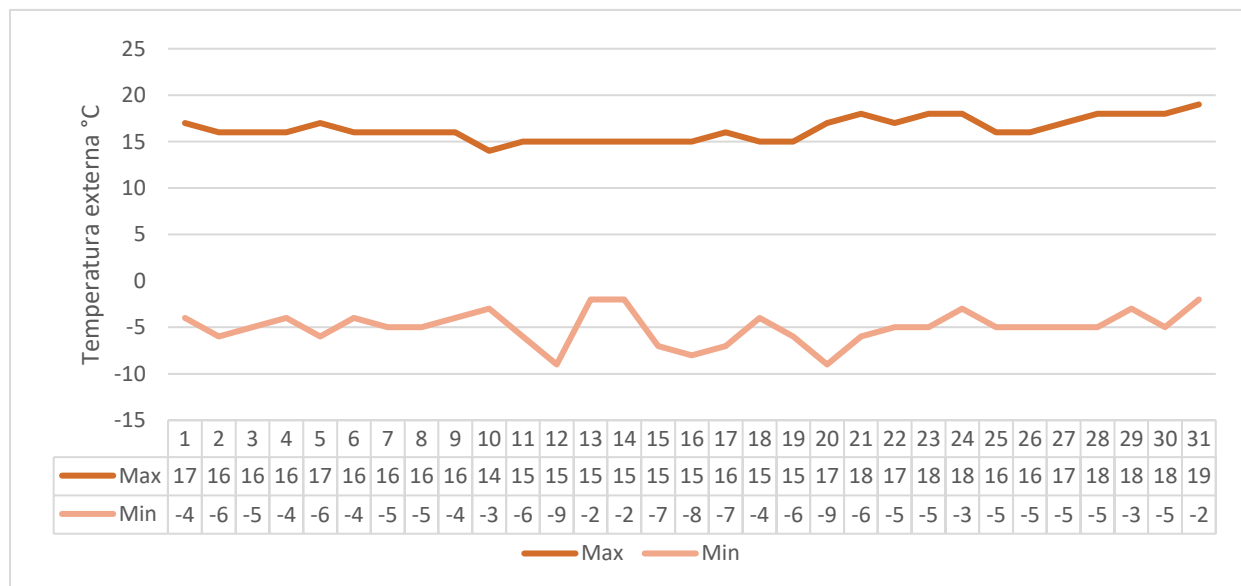


consumo de las reservas de alimento por parte de las abejas para poder realizar la termorregulación correspondiente y mantener la temperatura dentro de la colonia.

La gráfica 5, muestra como desciende la temperatura externa a partir de hrs. 00:36 a 07:36, donde la temperatura mínima alcanza -9°C , siendo este un factor importante para que las abejas consuman mayor cantidad de alimento energético de reserva, en la transición de la semana 2 a 3, puesto que las abejas desgastan gran cantidad de energía para mantener una termorregulación de manera estable, teniendo un descenso en el peso de la colmena. Evidenciando además bajas temperatura la primera semana de julio de acuerdo con las horas ya mencionadas (00:36-07:36).

Presentando la temperatura externa en $^{\circ}\text{C}$ (máxima y mínima) del mes de julio notamos una diferencia importante en la última semana, aumentando considerablemente la temperatura promedio. Y esto significa una disminución del consumo de energía y alimento por parte de las abejas en estas semanas, ya que según muestra la gráfica 6 se mantiene el peso constante en ambas colmenas.

Gráfica 5. Temperatura externa del mes de julio en $^{\circ}\text{C}$ máxima y mínima del apiario





5.4.3.3. Mes de agosto

En agosto a diferencia de los meses de junio y julio se evidencia una disminución en el peso de ambas colmenas significativamente, esto se interpreta porque hubo un consumo de alimento de casi 1 kilo por semana, puesto que la colonia va preparándose para la primavera y necesita de toda la energía posible, ya que también como vimos en la gráfica 9 este mes tuvimos temperaturas mínimas externas de menos 13 °C, por ello un mayor consumo de alimento.

Finalmente, como se observa en la gráfica 4 para la colmena 2 (a) tenemos que en el mes de junio inicio con un peso 37.45 kg y al terminar la temporada de invierno en el mes de agosto tenemos un peso 34.01 kg evidenciándose un consumo total de las reservas alimenticias de 3,44 kg, para poder subsistir, mantener la termorregulación y la población en esta época un poco difícil para las abejas.

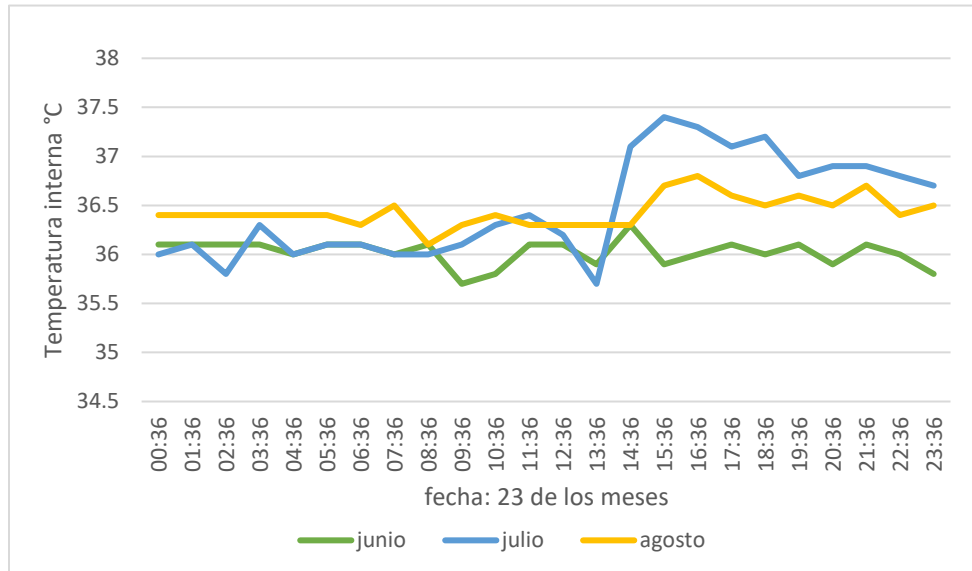
Si hablamos de la colmena 5 (b) se inició con un peso de 33.85 kg en el mes de junio y terminando esta época, en el mes de agosto tenemos un peso de 31.89 kg justificando un consumo total de 1. 69 kilos.

5.4.3.4. Datos por un día

En la siguiente gráfica se observa la temperatura interna en °C de la colmena 2 donde se muestran tres líneas de cada 23 del mes de junio, julio y agosto. Puesto que señala las variaciones de temperatura durante las 24 horas del día, la línea verde representa el mes de junio, la línea azul el mes de julio y agosto simbolizada por la línea amarilla.

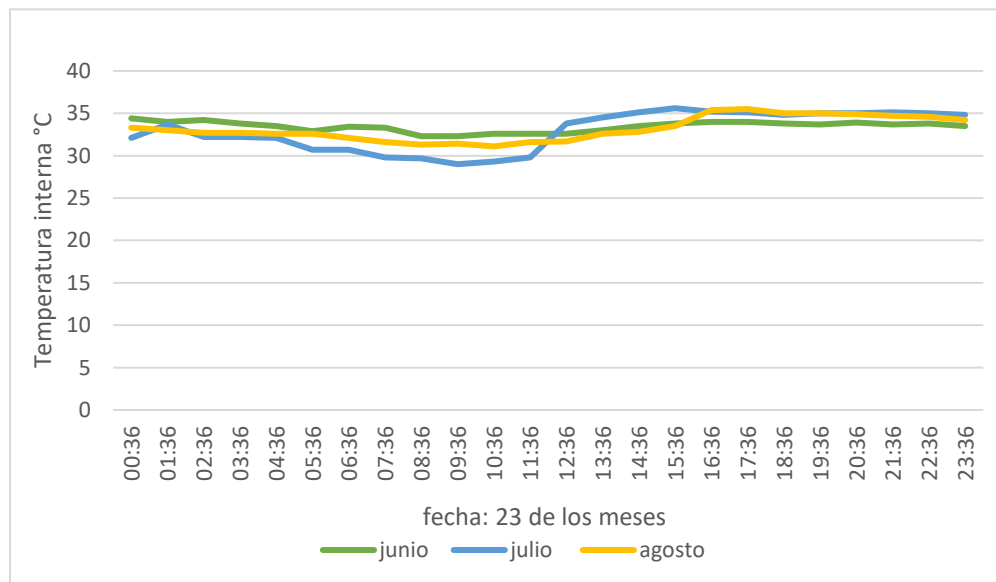


Gráfica 6. Temperatura interna de la colmena 2 (a), cada 23 de los meses evaluados



La siguiente gráfica pertenece a la colmena 5 presenta la temperatura interna de cada 23 de los meses de junio, julio y agosto

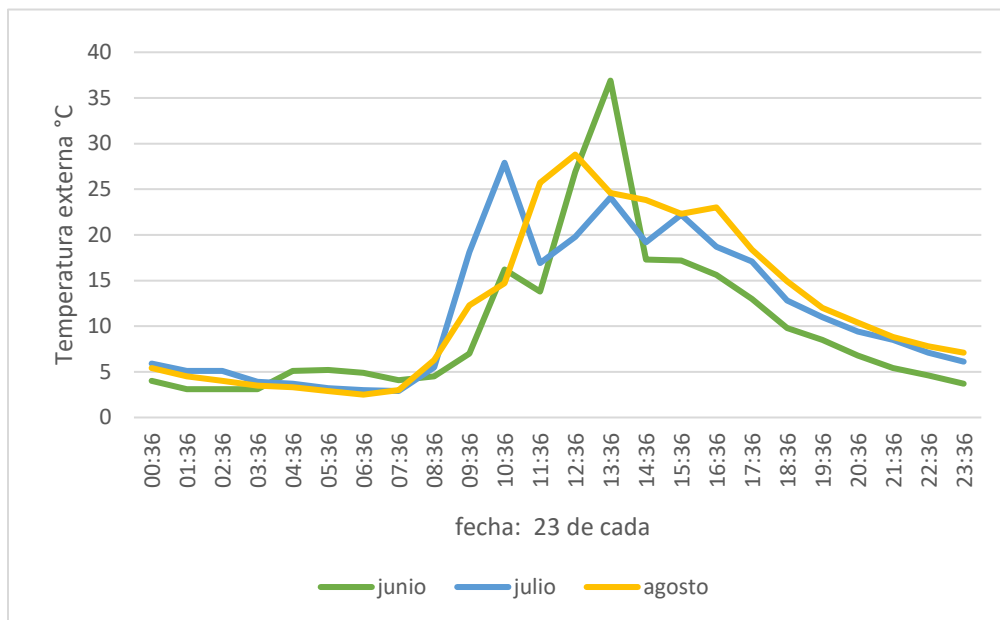
Gráfica 7. Temperatura interna de la colmena 5 de cada 23 de junio-julio-agosto





En la gráfica 8 se muestra la temperatura externa en °C dentro del apiario, del 23 de junio, julio y agosto. Donde la línea verde representa el mes de junio, julio representado por la línea azul y la línea amarilla para agosto.

Gráfica 8. Temperatura externa en °C de cada 23 de junio-julio-agosto



Comparando las gráficas 6 y 8 de temperatura interna y externa, correspondiente al mes de junio, representadas por la línea verde, se puede ver el comportamiento de la colmena a lo largo de las horas del día, donde a partir de las 6:36 a 8:36 am la temperatura externa comienza ascender y observamos que las abejas comienzan sus actividades de pecoreo, por tanto la temperatura interna desciende, producto de una disminución en la población de abeja adulta dentro de la colmena que es en parte responsable de la termorregulación de la colonia, así mismo el pico más alto de temp. externa se encuentra de 10:36 a 13:36 e igualmente hay un descenso en la temp. Interna, para las 16:36 las abejas retornan a la colmena para poder calentar la cámara de cría y prepararse para las horas más frías de la noche.

La colmena 5 tiene una termorregulación muy distinta a la colmena 2, porque la temperatura interna de esta se encuentra en los rangos de 31 a 35 °C. Durante las horas del día hay una leve variación de temperatura interna a las 8:36 de la mañana cuando la temperatura externa va ascendiendo, dado que esta colonia contaba con menor



población la mayoría de las abejas adultas se quedaban en la colmena para calentar la cría, y la salida de pecoreadoras disminuye, y esto se sabe por el rango de temperatura mostrada en la gráfica.

Para el mes de julio representada por el color azul comparando ambas gráficas 7 y 8, se entiende que de 8:36 a 10:36 la temperatura externa se incrementa y las abejas mantienen su temperatura en 36 °C recordemos que el mantenimiento de la temperatura interior de la colmena es necesario tanto para evitar el exceso de calor como para impedir bajas temperaturas ya que en épocas de invierno las colonias no cuentan con población suficiente para la termorregulación y el pecoreo. Según la gráfica 8 hrs. 13:36 se ve otro pico de ascenso de temp, externa y un bajón repentino en la temp interna según la gráfica 15 de 29.8 a 31.8 °C, ya que una vez calientes las crías, las abejas adultas salieron en busca de alimento, a las 14:36 se presenta otro descenso externo de temp, las abejas para esta hora volvieron a la colmena y aumento aún más la temperatura interna, por el bajón repentino que se produjo al salir, para el resto del día tratan de mantener la termorregulación en 37 °C, porque la temperatura externa va descendiendo.

Para la colmena 5 en el mes de julio se ve una disminución de la temperatura interna a 29 °C, a las 9:36, puesto que la abejas adultas, deben repartir el trabajo para pecorear, para la limpieza e eliminación de larvas muertas de las celdas donde las larvas afectadas por el virus debían ser eliminadas y extraídas fuera de la colmena, ya que esta se encontraba con problemas sanitarios cría ensacada, por ultimo deben mantener el calor en la colonia, es por esto que durante el día en este mes la variación de temperatura interna fue más notoria comparada con los otros meses.

Si hablamos de agosto para la colmena 2 según la gráfica 8, la temperatura externa tiene un aumento máximo a las 12:36 pero a comparación de los otros meses comienza a subir un poco la temperatura, para esto las abejas mantiene su temperatura en un rango de 36.1 a 38.8 °C. dado que para este mes se incrementa el nacimiento de abejas nodrizas que colaboran en la termorregulación producto del incremento en la disponibilidad de alimento lo que incentiva a la reina a aumentar su postura.

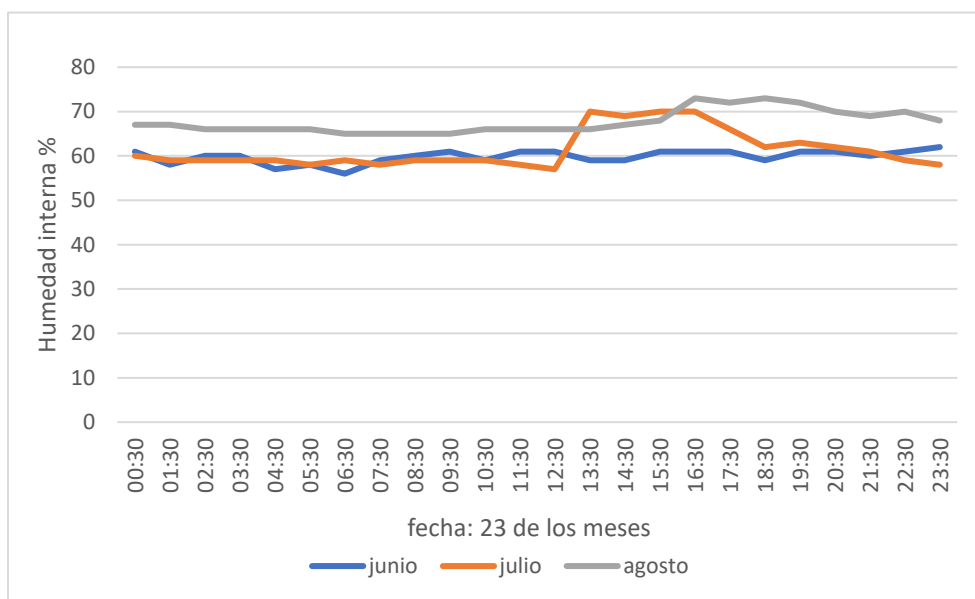


La colmena 5 en el mes de agosto fue regularizando su temperatura durante el día y por la poca población su temperatura se mantiene constante y no hay mucha variación a lo largo de las horas, viéndose un poco de ascenso a partir de las 16:36.

Para la gráfica 8 de la temperatura externa se ve un ascenso muy excesivo esto se debe a que el sensor externo estaba muy expuesto al sol durante estas horas.

Por consiguiente, la gráfica 9 muestra la humedad interna en porcentaje, de la colmena 2 durante las 24 horas del día donde la línea azul representa los datos del mes de junio, la línea naranja los datos de julio y la línea ploma los datos del mes de agosto

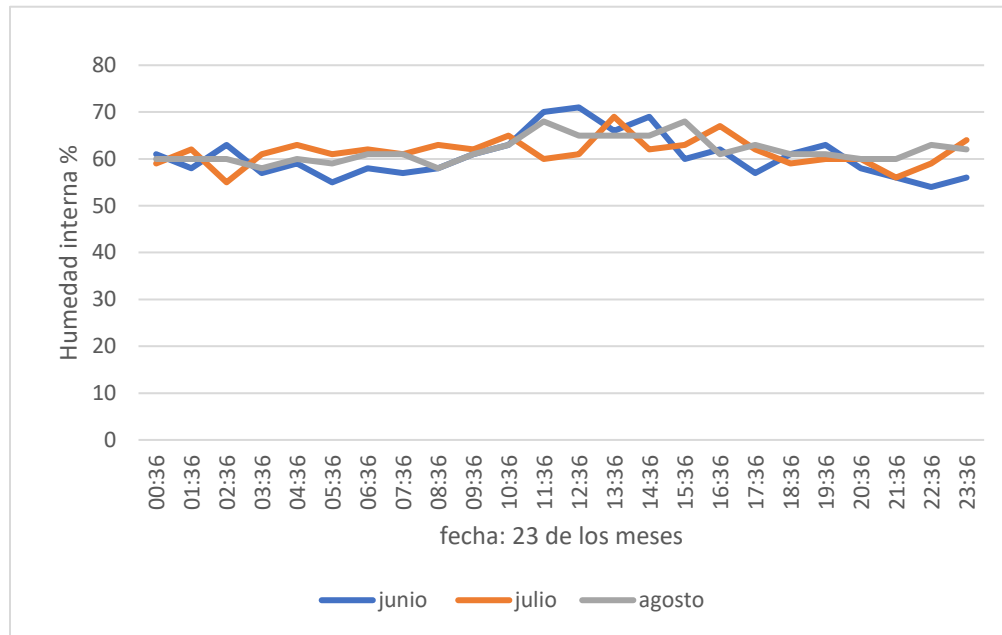
Gráfica 9. Humedad interna de la colmena 2 cada 23 de junio-julio-agosto



Se observa la humedad interna de la colmena 5, en la gráfica 10 con los datos en fecha 23 de junio-julio-agosto, tomando en cuenta las 24 horas, representadas por líneas de diferentes colores por mes.

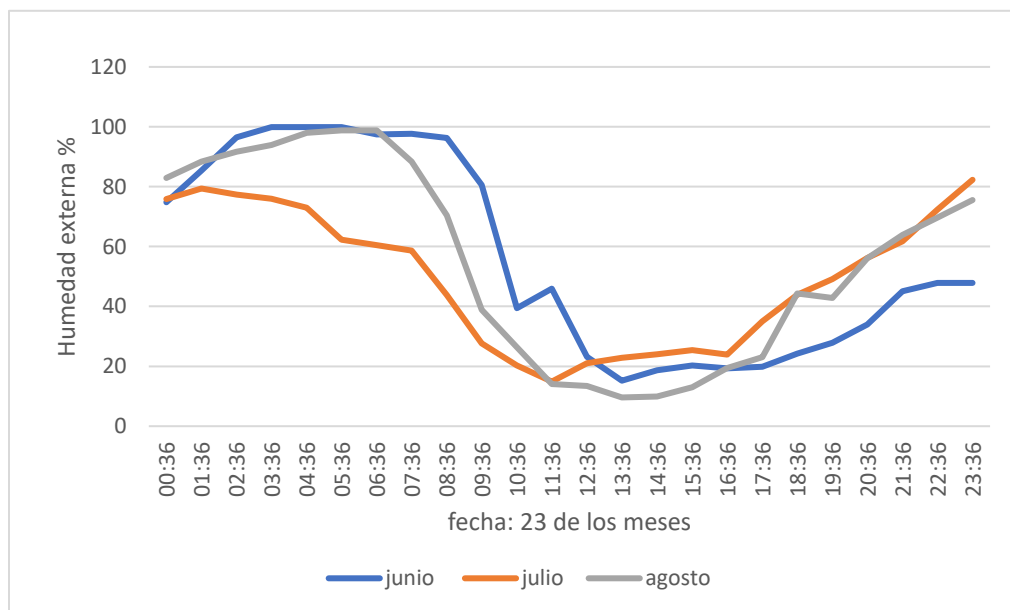


Gráfica 10. Humedad interna de la colmena 5 (b) cada 23 de junio-julio-agosto



La gráfica 11 presenta la humedad externa en % dentro del apiario de cada 23 del mes de junio, julio y agosto durante las 24 horas del día.

Gráfica 11. Humedad externa del apiario de cada 23 de los meses evaluados





Comparando la humedad interna de ambas colmenas (gráficas 9 y 10) con la humedad externa gráfica 11, vemos que las horas donde hay mayor humedad fuera de las colmenas es a partir de media noche y en la humedad interna de la colmena 2 para el mes de junio representada por la línea azul es de 58 % esta condensación que ocurre dentro de la colmena durante estas horas es normal ya que se demuestra que a mayor temperatura menor humedad, en cambio la colmena 5 tiene una subida de humedad a las 12:36 ya que la temperatura interna era menor, puesto que esta también contaba con una menor población.

Para el mes de julio representada por la línea naranja la temperatura externa era menor por tanto la humedad interna de la colmena 2 se mantenía constante durante las 00:36 a 10:36, a hrs 12:36 existe un descenso en la humedad interna por la salida de las abejas y para las 13.36 sube repentinamente por el ingreso de néctar y agua que las abejas salen a buscar para la colonia.

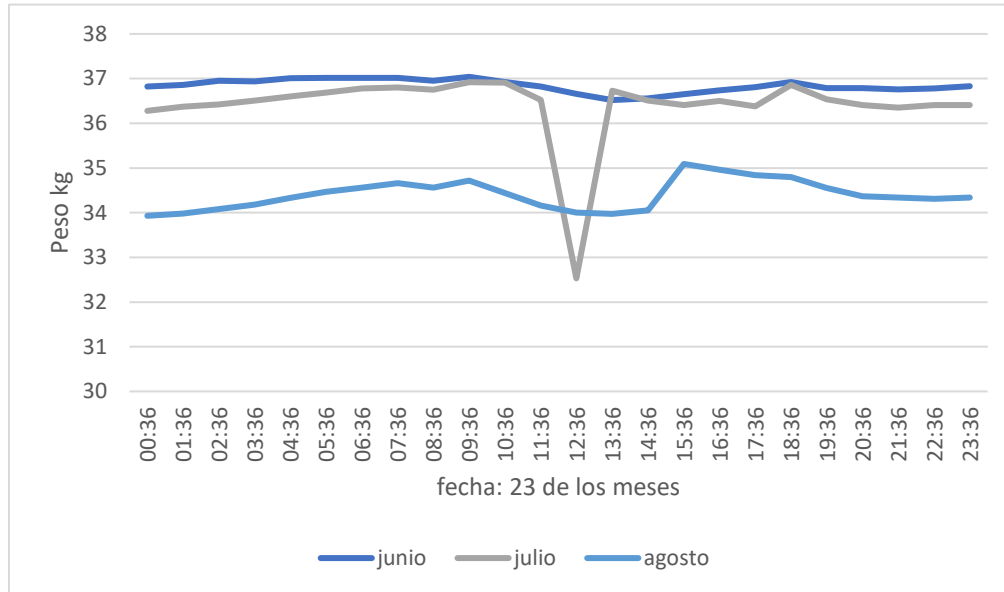
Para el mes de agosto por la nevada, la afluencia del río y las lluvias dispersas fue aumentando de a poco la disponibilidad de alimento para las abejas, por esta razón para la colmena no existe mucha variación en este parámetro. En cambio, la colmena 5 varía en sus picos de humedad por que poco a poco va mejorando su regulación, ya que este tiempo atrás se encontraba enferma, y por la reducción de la cámara de cría.

La gráfica 12 presenta el peso de la colmena número 2 en kg, durante un día, donde los datos varían a través de las horas y de los meses, ya que las abejas se mantienen en constante movimiento en la colmena.

Puesto que los datos de junio no podrían ser igual que los datos de julio y agosto, por la diferencia que existe de temperatura y humedad externa e interna.



Gráfica 12. Peso de la colmena 2 cada 23 de los meses evaluados



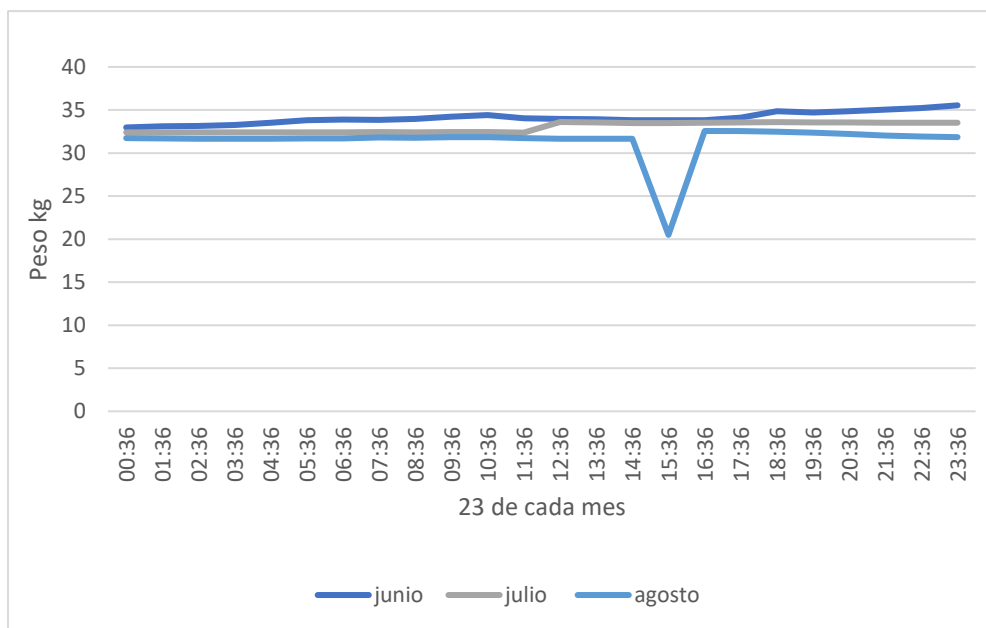
Comparando el peso de la gráfica 12 con la temperatura interna gráfica 6, de la colmena 2 en el mes de junio no vemos mucha variación en ambas gráficas ya que las abejas entraron en hibernación y no hay mucha actividad, pero si se puede ver que las abejas realizaban sus actividades de termorregulación.

En el mes de julio a horas 13:36 observamos un descenso repentino de temperatura interna y peso a horas 12:36, ya que a estas horas las abejas adultas salen a pecorear, como se muestra en la gráfica 8, la temperatura externa también aumenta, por tal razón ambos datos lanzados por los sensores de peso y temperatura coinciden. Posteriormente a las 14:36 se regula el peso, por el contrario, la humedad aumenta por la llegada de néctar y polen, además, las abejas de exterior llegan calientes del sol a la colmena. Para agosto se observa un descenso en el peso a 34 kg ya que la colonia consumió las reservas de alimento. De 9:36 a 14:36 existe una leve variación porque de igual manera las abejas salen en busca de alimento, para las 15:36 tanto la temperatura Interna como el peso aumentan puesto que, a esta hora las pecoreadoras van regresando a la colmena para posteriormente regularizar ambos parámetros y prepararse para las horas frías. Demostrando la fiabilidad y efectividad del equipo de monitoreo.



A continuación, presentamos la gráfica 14 donde se observa el peso en kg y la temperatura interna en °C respectivamente, de la colmena 5, de cada 23 de junio, julio ya agosto.

Gráfica 13. Peso de la colmena 5 en fecha 23 de los meses evaluados



Comparando la gráfica 14 de peso en kg con la gráfica 7 de temperatura interna de la colmena podemos ver que para el mes de junio durante las 24 horas del día ambas se mantienen constantes así que deducimos que al entrar a temporada de invierno y por la falta de floración en el lugar deben hibernar, y alimentarse de las reservas que almacenaron. Para el mes de julio de igual manera no se observa mucha variación en ambas gráficas, y se ve unas pequeñas variaciones a horas 12:36 por el aumento de temperatura externa, que es un factor importante para la variación de estos parámetros. Para el mes de agosto observamos un descenso repentino del peso a las 15:36 esto puede deberse a una mala lectura del sensor de peso dado que este equipo de monitoreo es un sistema piloto y con el tiempo es necesario mejorar si se desea seguir con la investigación.



VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se evaluaron los parámetros climáticos de temperatura externa e interna, humedad interna y externa.

- ✓ En cuanto en la temperatura tenemos datos que se oscilan entre los 31 a 35 °C en la colmena 5 y 33 a 37 °C para la colmena 2 en los meses de junio julio y agosto. Para la temperatura externa tenemos una máxima de 13 y una mínima de 0, para julio una máxima de 17 y una mínima de -2 finalmente para agosto una máxima de 19 y una mínima de -1.

Con respecto a la humedad interna, las dos colmenas se comportaron en un promedio de 53 a 70 % en los meses de junio julio y agosto. Para el caso de la humedad externa se mantuvo en los rangos de entre de 70 a 80% para la una de la mañana.

Si hablamos de peso para la colmena 2 en el mes de junio nos encontramos con 37.5 kg, finalizando el presente trabajo en agosto se obtuvo 34.01 kg, para la colmena 5 comenzamos con 33.8 kg y finalizamos con 31.89 constatando una clara diferencia, puesto que por ser invierno consumieron las reservas de miel.

De acuerdo a la información actualizada del seguimiento de los datos de temperatura y humedad, la primera semana de julio el sistema alerto un descenso en la temperatura, situación que no es normal en una colmena en buen estado, al realizar la revisión correspondiente se encontraron enfermedades presentes en la cría, las cuales identificamos como cría ensacada y en mosaico siendo esta última más una patología que una enfermedad por estrés. Por ende, actuamos de forma inmediata para el tratamiento de estos problemas sanitarios mencionados. Este sistema alerta de manera temprana posibles enfermedades y posible enjambrazón de las abejas. Puede determinar de manera temprana problemas que se pueden presentar en cuestión de helada, previniendo que estos eventos climatológicos alteren la termorregulación de la colmena.

- ✓ Se cuenta con un banco de datos que registraron las variables de temperatura, humedad externa e interna y peso, el banco de datos se encuentra en el link mencionado en anexos 3 como también se encuentra en la página web.



Se tuvo un periodo de 1 mes de prueba, posteriormente se comenzó con la evaluación por tres meses durante invierno desde el 1 de junio al 31 de agosto.

- ✓ Esta investigación presenta un modelo de apicultura de precisión para el monitoreo remoto de la temperatura, humedad y peso de las colmenas utilizando tecnología, el procesamiento de eventos complejos permite el análisis en tiempo real de los flujos de datos recibidos y puede detectar eventos críticos e informarlos al apicultor.
- ✓ Funciono con un 70 % de efectividad y un 60 % de eficiencia. Esta investigación presenta un modelo de apicultura de precisión para el monitoreo remoto de la temperatura, humedad y peso de las colmenas utilizando tecnología, el procesamiento de evento complejos permite el análisis en tiempo real de los flujos de datos recibidos y puede detectar eventos críticos e informarlos al apicultor.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda tener una fuente de energía estable puesto que el cable de energía que se extendió por los árboles hasta el MIIA, en una o dos ocasiones se encontró seccionado. Siendo motivo de pérdida de datos algunos días.

Se recomienda continuar con la investigación dentro del módulo al menos dos años, para obtener una base de datos más precisa sobre los acontecimientos climatológicos, tanto dentro como fuera de las colmenas.

Se recomienda modificar la fuente de energía del equipo de monitoreo “colmenas inteligentes”, por una batería integrada al equipo.

Se recomienda que los componentes electrónicos siempre vayan soldados en una placa y no así en un protoboard.

Se recomienda incorporar al sistema y al código Arduino una notificación en tiempo real que nos indique las alteraciones que suceden en los parámetros evaluados por debajo o por encima de los rangos normales. Siendo esta una forma más efectiva de ejecutar algún manejo, ante cualquier problema que se presente.

Se recomienda realizar limpieza de los sensores internos ya que las abejas tienden a propolizar objetos extraños dentro de la colmena.



VII. BIBLIOGRAFÍA

Anuar, N., Md Yunus, M., Baharuddin, M., Sahlan, S., Abid, A., Ramli, M., . . . Lotpi, Z. (2019). lot platform for precision stingless bee farming. *In 2019 IEEE International Conference*, pp. 225-229.

Apicultura y miel. (28 de enero de 2023). *Apicultura y miel*. Orientación de las colmenas: ¿hacia dónde deben mirar las piqueras para producir más?: <https://apiculturaymiel.com/apicultura/orientacion-de-las-colmenas-hacia-donde-deben-mirar-las-piqueras-para-producir-mas/>

Apivlog. (17 de abril de 2022). Cuanto de Alimento debo darle a las Abejas para que Siempre esten Fuertes. <https://www.youtube.com/watch?v=f61hwXN8T6E>.

Arduino. (3 de marzo de 2023). *Página Oficial Arduino*. <https://arduino.cl/que-es-arduino/>

Beeman, J. (s.f.). *paperblog*. ¿Que es la regla de farrar?: <https://es.paperblog.com/que-es-la-regla-de-farrar-that-is-the-rule-of-farrar-span-and-eng-3264861/>

Blog de WordPress. (15 de abril de 2023). *Aprendiendo arduino* . <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/ide-arduino/>

Braga, A. R. (2020). *MODELOS DE CLASSIFICAÇÃO PARA PREDIÇÃO DO BEM ESTAR*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação.

Caillavy, G. (2022). Diplomado en apicultura ecologica y sostenible . *Sanidad apicola* . La Paz. pp. 5-23

Caron, D. M. (2010). *Manual Práctico de Apicultura*. EE UU. p.10, 27.

Castillo Arias , M. (8 de abril de 2022). *Ecocolmena*. Manual de sanidad apícola: <https://www.ecocolmena.org/las-poderosas-abejas-obreras-apis-mellifera/>

Centro Experimental Cota Cota . (2023). *Google earth* .

ConnectAmericas. (20 de marzo de 2023). *ConnectAmericas*. <https://connectamericas.com/es/company/ubidots>



- Coppa, R. (octubre de 2006). La colmena: un ecosistema en equilibrio. *INTA EEA Esquel*, pp. 25-30.
- Eneka . (15 de abril de 2023). *Módulo comunicación* . Lider en Electrónica :
<https://www.eneka.com.uy/robotica/modulos-comunicacion/m%C3%B3dulo-interfaz-serail-i2c-detail.html#:~:text=El%20M%C3%B3dulo%20de%20interfaz%20serial,de%20sensores%20o%20tarjetas%20SD.>
- Estrada Nieves, E., Alonso Hernández , G., Alonso Hernández , M., y Sandoval Chávez, M. (2016-2017). *Manual de apicultura*. pp. 15-16.
- FAO. (8 de Abril de 2021). *TECA – Tecnologías y prácticas para pequeños productores agrícolas*. Principales enfermedades de las abejas melíferas:
<https://teca.apps.fao.org/teca/es/technologies/8676>
- Farrar, C. L. (1967). The Life of the Honey Bee Its Biology and Behavior with an Introduction to Managing the Honey-Bee Colony. *American Bee Journal* , 107(12).
- Flores Serrano, J., Jiménez Rebollo, J., y Padilla Álvarez, F. (2006). Termorregulación. *El colmenar*, 20-25.
- Flores, J., Ruiz , J., Puerta , F., y Gutierrez, I. (2000). Principales enfermedades de la cría de abejas. *Mundo ganadero, Mundo veterinario, Sanidad*(121), pp.70-71.
- Flores, J., Ruiz, J., Puerta, F., y Gutierrez, I. (s.f.). Principales enfermedades de la cría de las abejas .
- Fundación Amigos de las abejas*. (24 de marzo de 2023). Las colmenas :
<https://abejas.org/la-apicultura/las-colmenas/>
- GAM. (s.f.). *Gobierno Autónomo Municipal de La Paz* .
- GAML P. (2021). *Gobierno Autónomo Municipal de La Paz*. MUNICIPIOS-DISTRITOS MUNICIPAL DE LA PAZ:
<https://www.google.com/search?q=districtos+municipales+de+la+paz+Municipios>



- +2021&source=lmns&bih=802&biw=1707&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjOgcPY8lSAAxXQqJUCHfspCnQQ_AUoAHoECAEQAA#imgsrc=vkPaECHCxReBhM&ip=1
- Geek Factory . (21 de abril de 2023). *Tienda de Electrónica en Línea*.
<https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/sensor-de-peso-o-fuerza-de-50-kg/>
- Institu Interamericano de Cooperacion de la Agricultura, IICA. (2009). *MANUAL DE Enfermedades apícolas*. Tagucigalpa , Honduras .
- INTA. (2017). *1er año MANUAL DE APICULTURA*. pp. 25, 33
- Interaction Design Lab. (agosto de 2017). FRTZING. *Automatización de diseño electrónico*.
- Issac. (3 de marzo de 2023). *Hardware libre*. ESP8266: el módulo WIFI para Arduino:
https://www.hwlibre.com/esp8266/?utm_source=destacado-inside
- José, L. y. (2014). *Apicultura, La colmena* . Meliña : <http://www.xn--melia-rt.com/apicultura/las-colmenas.html>
- Kviesis, A., Komasilovs, V., Komasilova, O., y Zacepins, A. (2020). Application of fuzzy logic for honey bee colony state detection based on temperature data. *Biosystems Engineering*(193), pp. 90-100.
- Magem, J. B. (2015). *Colmena portanúcleo y tipo langstroth*. Peru: Proyecto de Investigación y Proyección Social Apícola La Molina, pp. 2-3, 7-8, 10-20. (PIPSA Financiado por: La Molina).
- Markovic, D., Pesović, U., Djurasevic, S., y Randic, S. (2016). Decision support system. *Acta agriculturae Serbica*(21), 135-144.
- Miel de Málaga* . (24 de marzo de 2023). Asociación Malagueña de Apicultores :
https://mieldemalaga.com/abejas/los_zanganos.html
- Muñoz, J. P. (2021). *Manual de producción apícola*. Municipio de Tapacari. pp. 13-16.
- Naylamp Mechatronics*. (2021). SAC: <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/58-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht22-am2302.html>



- Omholt, S. W. (1987). Thermoregulation in the winter cluster of the honeybee, *Apis Mellifera*. *Journal of Theoretical Biology*, 128.
- Procolombia. (25 de Abril de 2023). *Plataformas de internet de las cosas*.
<https://b2bmarketplace.procolombia.co/es/software-servicios-ti/software-empresarial/plataforma-del-internet-de-las-cosas-23817>
- Reina kilama. (25 de enero de 2023). *Reina kilama* . ¿Qué hacen las abejas durante el invierno?: <https://www.reinakilama.com/que-hacen-las-abejas-durante-el-invierno/>
- Rio, M. G. (8 de abril de 2023). *Apicultura*. Hazienda Portugal - Agrícola Santa Maria:
<https://munozoliverasulay.wixsite.com/rio-pousada/single-post/2015/12/02/z%C3%A1ngano>
- Rodriguez, R. M. (s.f.). *La tienda del apicultor*. Monitorización de colmenas: Como, cuando y que parámetros controlar:
<https://www.latiendadelapicultor.com/blog/monitorizacion-de-colmenas/>
- Sakanovic, S., y Kevric, J. (2020). Habeetat: A novel monitoring platform for more. *Cham. Springer International Publishing.*, 193-200.
- TEC mikro. (20 de febrero de 2023). *Pantalla LCD 20X4 - Display LCD 20X4*.
[https://tecmikro.com/led-lcd/182-pantalla-lcd-20x4.html#:~:text=La%20pantalla%20LCD%2020x4%20\(conocido,por%20l%C3%ADnea%2C%20en%204%20l%C3%ADneas.](https://tecmikro.com/led-lcd/182-pantalla-lcd-20x4.html#:~:text=La%20pantalla%20LCD%2020x4%20(conocido,por%20l%C3%ADnea%2C%20en%204%20l%C3%ADneas.)
- Todo Micro*. (20 de abril de 2023). La tecnología en tus manos:
<https://www.todomicro.com.ar/investigacion-desarrollo-y-prototipado/224-sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11-arduino.html>
- Unit electronics. (s.f.). *Módulo RTC DS3231 Reloj de Tiempo Real*. Tienda de componentes electrónicos: <https://uelectronics.com/producto/modulo-rtc-ds3231-reloj-de-tiempo-real/>
- Valdes, P. (Junio de 2014). Apicultura de precisión. *Agrimundo*, p. 2.



Valega, O. (5 de abril de 2023). *Apiservices* . Estrés de las abejas :

<https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/1161-estres-en-las-abejas#:~:text=Los%20nidos%20de%20cr%C3%ADa%20de,mantiene%20constante%20en%20un%2080%25%20>.

Villagómez, C. (2009). Memoria plan director Campus Cota Cota . *Proyecto institucional elaborado por unidades académicas de la Universidad Mayor de San Andrés*. La Paz. p. 25.

Zacepins, A., Brusbardis, V., Meitalovs, J., y Stalidzans, E. (2015). Challenges in the development of precision beekeeping. *Biosystems Engineering*,(130).

Zacepins, A., Brusbardis, V., Meitalovs, J., y Stalidzans, E. (2015). Challenges on the development of Precision Beekeeping Byosistems Engoneering. *Biosystems Engineering* , 60-71.

ZOGOVIĆ, N., MLADENOVIC, M., y RASIC, S. (2017). *From primitive to cyber-physical*. BelgraeProceedings 7th International: INTERNATIONAL Conference on Information Society. pp. 38-43



ANEXOS

Anexo 1.

Código Arduino

```
#include <DHT.h> //Libreria Mod.Temperatura

#include <DHT_U.h> //Libreria Mod.Temperatura

#include <Ubidots.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Libreria Puerto I2C

#include <Wire.h>

#include <Adafruit_Sensor.h> // Libreria para varios sensores

#include "HX711.h" //Libreria de tarjeta HX711

#include "RTCLib.h" //libreria del Reloj

RTC_DS1307 RTC; //Modelo del Reloj

//#include "Sodaq_DS3231.h"

const char* UBIDOTS_TOKEN = "BBFF-kTiwDb13yc0nuxyKOHMYmwZ531iUC6";
//Colocar Token de UBIDOTS

const char* WIFI_SSID = "vw-37444"; //Colocar nombre WIFI(vw-37444)

const char* WIFI_PASS = "ZTERRTHK3E04567"; //Colocar contraseña
Wifi(ZTERRTHK3E04567)

Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN, UBI_HTTP);

DHT dht1 (D3, DHT11); //puerto D3 y tipo de sensor DHT11

DHT dht2 (D7, DHT22); //puerto D7 y tipo de sensor DHT22

#define DOUT D5 //puerto D5, HX711 DOUT

#define CLK D6 //puerto D6, HX711 CLK

#define led D0 //Variables LED de Alerta de Envio

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

HX711 scale;
```



```
int calibration_factor = -25940.0; //Parámetro para calibrar el peso y el sensor 16450.0
float temp1, hume1; //Variables de Temperatura y Humedad
float temp2, hume2; //Variables de Temperatura y Humedad
```

```
void leerTempHume(){
    hume1= dht1.readHumidity();
    temp1= dht1.readTemperature();
    Serial.println("Tint: " + String(temp1) + " Hint: " + String(hume1));

    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print("Ti=");
    lcd.print(temp1,0);
    lcd.print("C");
    lcd.setCursor(12,1);
    lcd.print("Hi=");
    lcd.print(hume1,0);
    lcd.print("%");

    hume2= dht2.readHumidity();
    temp2= dht2.readTemperature();
    Serial.println("Text: " + String(temp2) + " Hext: " + String(hume2));

    lcd.setCursor(12,2);
    lcd.print("Te=");
    lcd.print(temp2,0);
    lcd.print("C");
    lcd.setCursor(12,3);
```



```
lcd.print("He=");
lcd.print(hume2,0);
lcd.print("%");
}

void Peso(){
  scale.set_scale(calibration_factor); //Ajuste de variable de calibracion

  Serial.print("Listo: ");
  Serial.print(scale.get_units(), 3);
  Serial.print(" kg");
  Serial.print(" Factor de Calibracion: ");
  Serial.print(calibration_factor);
  Serial.println();

  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Peso");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("P=");
  lcd.print(scale.get_units(), 2);
  lcd.print(" Kg");
  //lcd.setCursor(0,3);
  //lcd.print("      ");
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
```



```
RTC.begin(); // Inicia la comunicaciøn con el RTC
scale.begin(DOUT, CLK);
// Inicia la comunicaciøn con el Hx711 peso
scale.set_scale();
scale.tare(50);
long zero_factor = scale.read_average();
ubidots.wifiConnect(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
// Inicia la comunicaciøn con DHT Temperatura
dht1.begin(); //iniciamos sensor dht1
dht2.begin(); //iniciamos sensor dht2}
// Led de Verificacion de Envio
pinMode(led,OUTPUT);
// Pantalla de Inicio de Bienvenida
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
lcd.setCursor (0,0);
lcd.print("COLMENA INTELIGENTE");
lcd.setCursor (0,1);
lcd.print("UNIV. SOLANGE MODDY");
lcd.setCursor (0,2);
lcd.print("SANCHEZ VALLEJOS");
lcd.setCursor (0,3);
lcd.print("  Iniciando....");
delay(4000);
lcd.clear();
}
```



```
void loop() {  
    DateTime now = RTC.now(); // Obtiene la fecha y hora del RTC  
  
    lcd.setCursor(0,0);  
    //lcd.print("F:");  
    lcd.print("22");  
    lcd.print("/");  
    lcd.print(now.month(), DEC);  
    lcd.print("/");  
    lcd.print(now.day(), DEC);  
    lcd.print(" ");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    //lcd.print("Hr:");  
    lcd.print(now.hour(), DEC);  
    lcd.print(":");  
    lcd.print(now.minute(), DEC);  
    lcd.print(":");  
    lcd.print(now.second(), DEC);  
    //lcd.setCursor(0,1);  
    //lcd.print("          ");  
  
    Serial.print(' ');  
    Serial.print(now.hour(), DEC); // Horas  
    Serial.print(':');  
    Serial.print(now.minute(), DEC); // Minutos  
    Serial.print(':');  
    Serial.print(now.second(), DEC); // Segundos  
    Serial.println();  
}
```




```
int hora = now.hour();
int minuto = now.minute();
int segundo = now.second();

if(minuto >=30 && minuto <=31 ){ // modificar en que minuto tomar datos
  leerTempHume();
  ubidots.add("Ti_B", temp1);
  ubidots.add("Hi_B", hume1);
  ubidots.add("Te_B", temp2);
  ubidots.add("He_B", hume2);
  Peso();
  ubidots.add("PESO_B", scale.get_units());
  digitalWrite(led,HIGH); // Enciende el LED de Envio
  bool bufferSent = false;
  bufferSent = ubidots.send();
  if (bufferSent) {
    Serial.println("Datos Enviados por el Equipo");
  }
}
else {
  leerTempHume();
  Peso();
  Serial.println("Esperando para Enviar Datos");
  digitalWrite(led,LOW); // Led Apgado no Envio de datos
}
delay(1000);
```



Anexo 2.

Archivo fotográfico



Foto 1. Materiales electrónicos para la extensión eléctrica



Foto 2. Extensión de cables sujetos en los árboles



Foto 3. Colocado del poste en la parte externa del módulo



Foto 4. Dimensionado y cortado de postes



Foto 5. Cortado de ramas que perjudican los cables



Foto 6. Pelado de cable con alicate pelacables



Foto 7. Colocado de protector de térmico



Foto 8. Montaje de térmico al protector



Foto 9. Estirado de cable por la parte inferior del térmico



Foto 10. Cortado de postes con la motosierra



Foto 10. Caja de plástico 40 x 40 cm

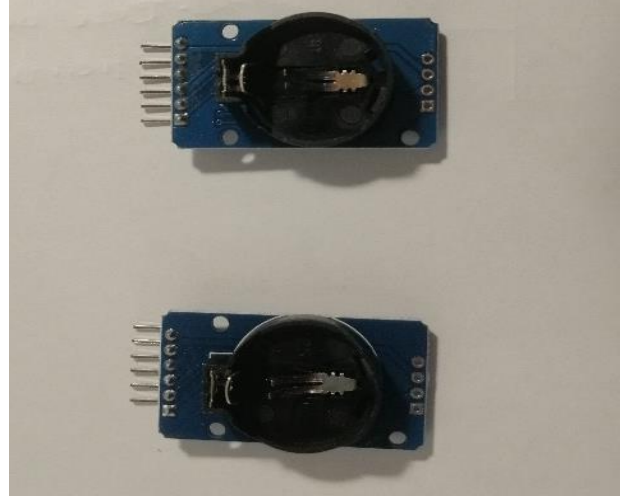


Foto 11. Módulo RTC DS3231

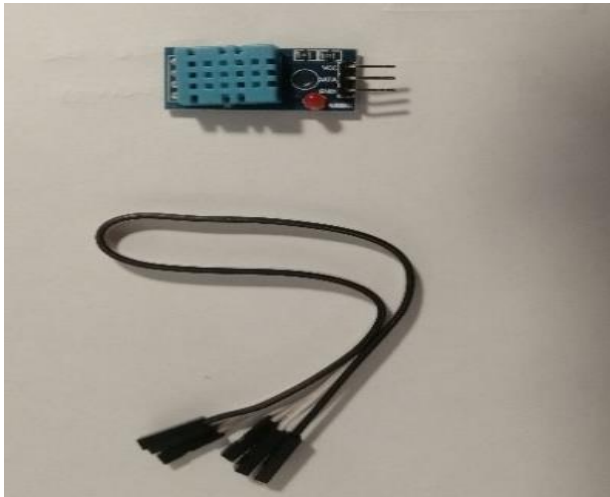


Foto 12. Sensor de temperatura y humedad DTH 11

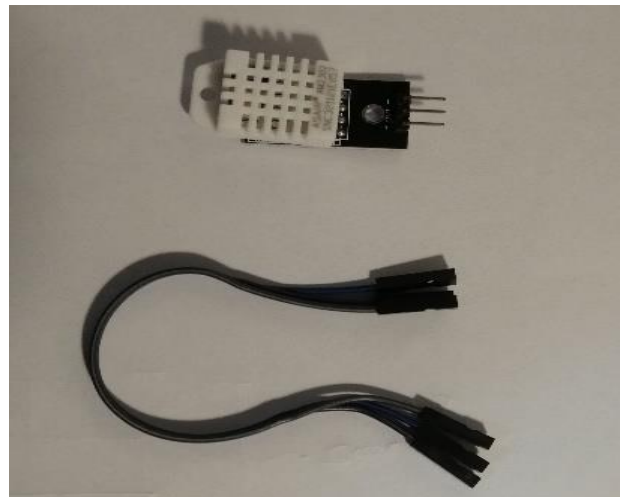


Foto 13. Sensor de temperatura y humedad DHT22



Foto 14. Módulo ESP 8266



Foto 15. Sensor de peso o carga



Foto 16. Display LCD 20x4

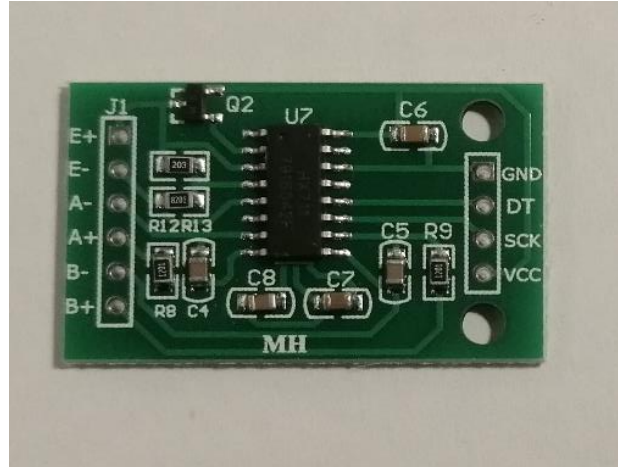


Foto 17. Modulo HX711

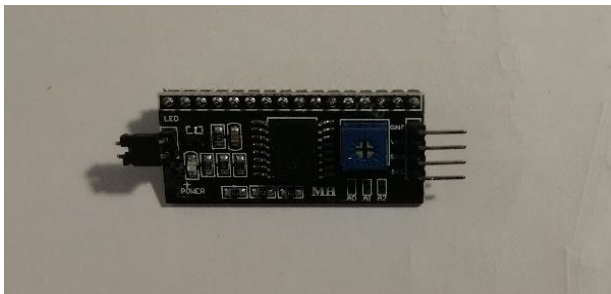


Foto 18. Módulo 12C



Foto 19. Rejillas de reinas utilizadas para proteger los sensores de temperatura y humedad

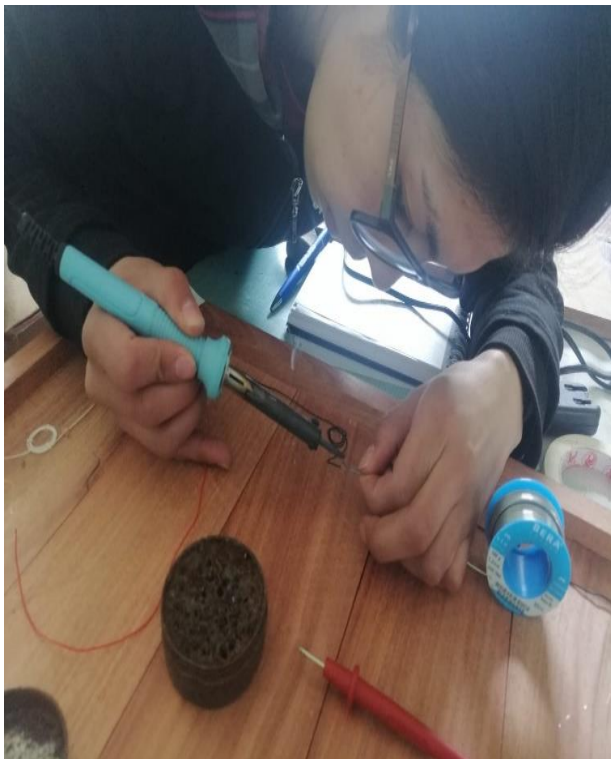


Foto 20. Soldado de cables con estaño de los sensores de peso



Foto 21. Pelado de cables

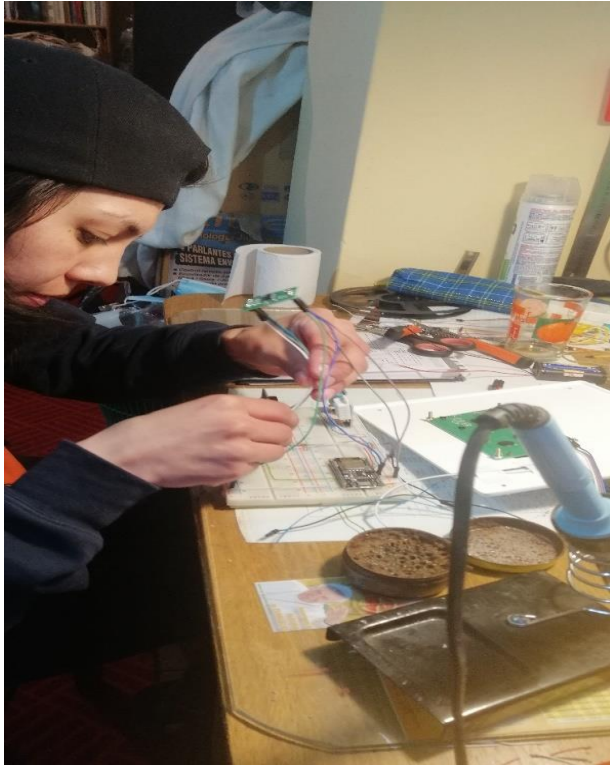


Foto 19. Armado de cables en el protoboard



Foto 20. Soldadura de componentes con estaño

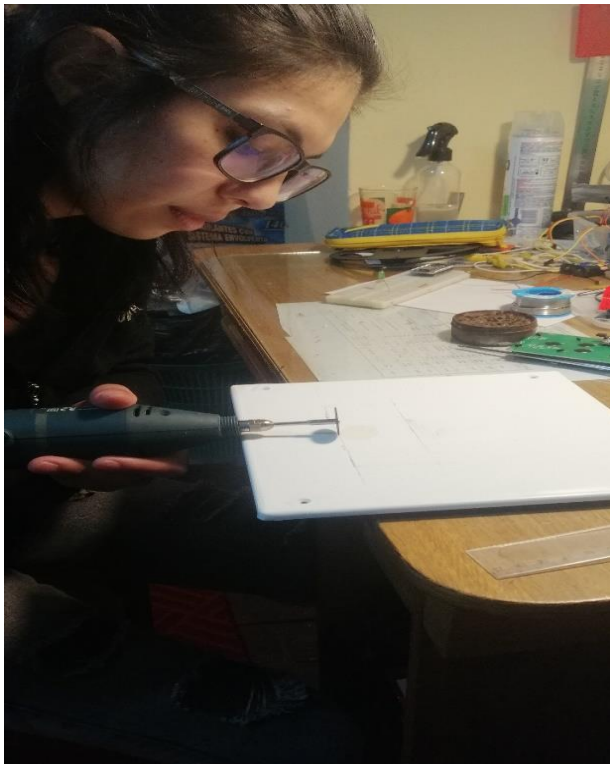


Foto 21. Corte de la caja para la adaptación de los componentes y cables

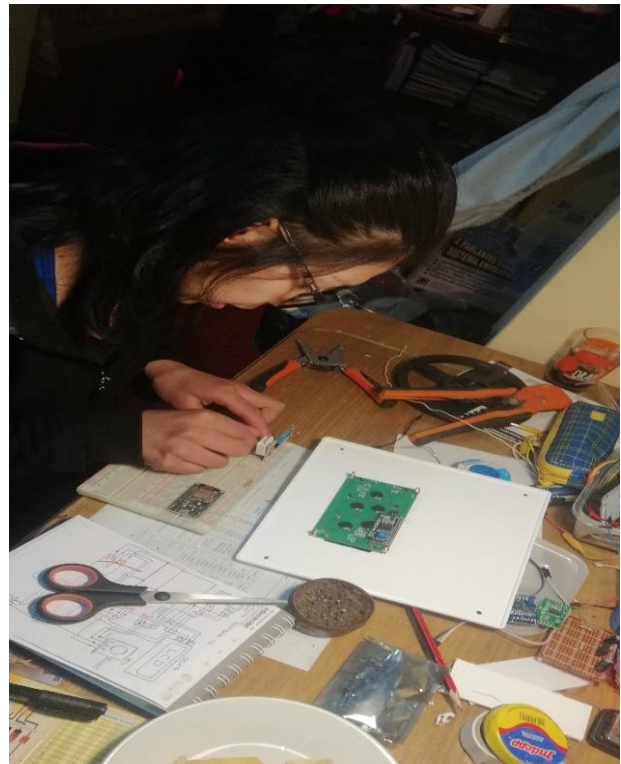


Foto 22. Medición del espacio donde colocar la pantalla LCD



Foto 23. Soldado de sensores de temperatura y humedad en los cables



Foto 24. Caja de plástico 40x40 adaptada para la visibilidad de la pantalla LCD



Foto 25. Sellado con silicona la parte abierta de la rejilla donde se encuentra el sensor



Foto 26. Tápers utilizados para ser modificados



Foto 27. Pedestal recién soldado



Foto 28. Lijado y pintado de pedestal con pintura anticorrosiva



Foto 29. Instalación de colmenas inteligentes



Foto 30. Equipo de monitoreo



Foto 31. Instalación de sensores de peso



Foto 32. Calibración de sensores



Foto 33. Instalación de sensor de temperatura y humedad



Foto 34. Colmena Inteligente #5



Foto 35. Colmena inteligente #2



Foto 36. Tetraciclina para tratamiento de enfermedades de la cría

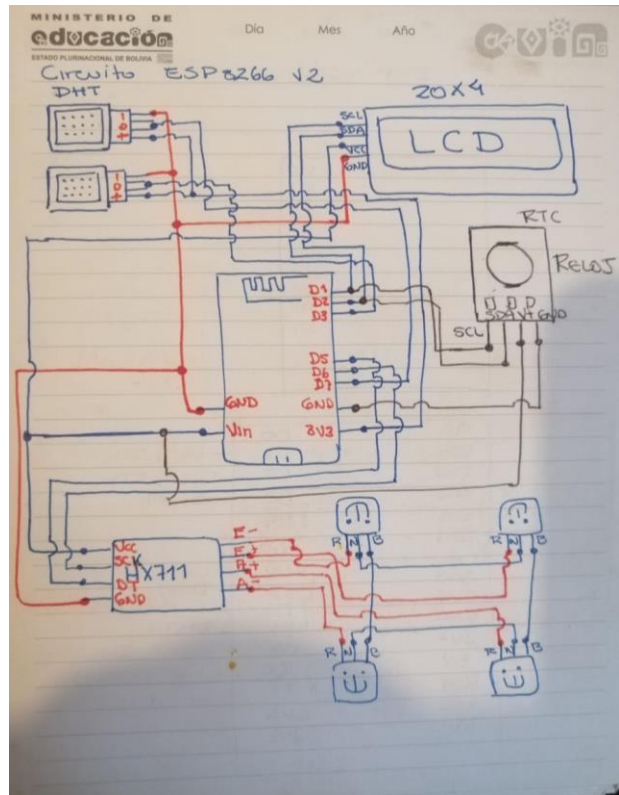


Foto 37. Esquema para realizar las conexiones



Foto 38. Programando el código en el sistema Arduino



Foto 39. Dispensador de medicamento



Foto 40. Pantalla LCD con la lectura de los parámetros

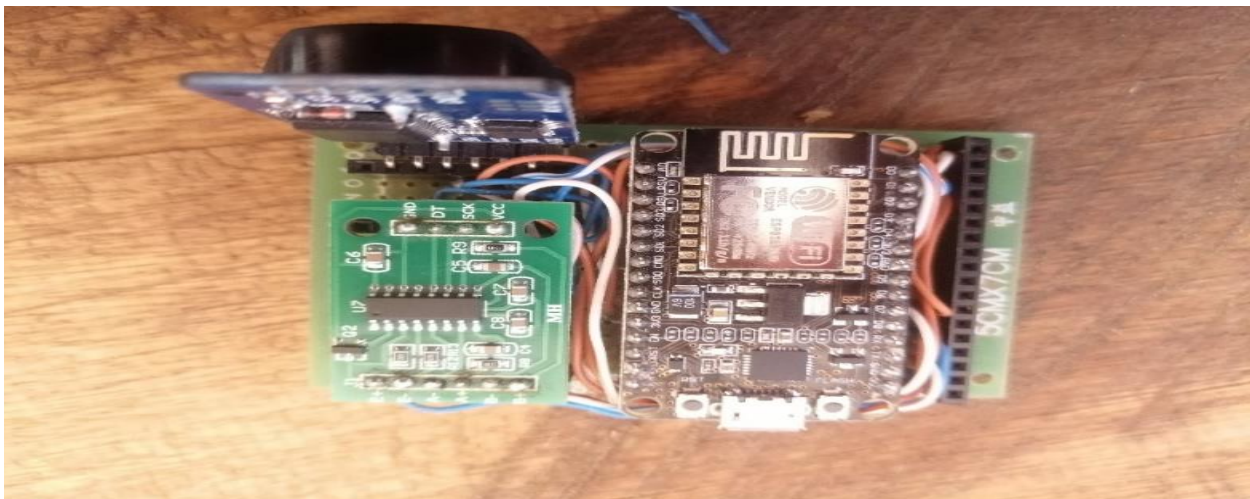


Foto 41. Componentes integrados a una placa

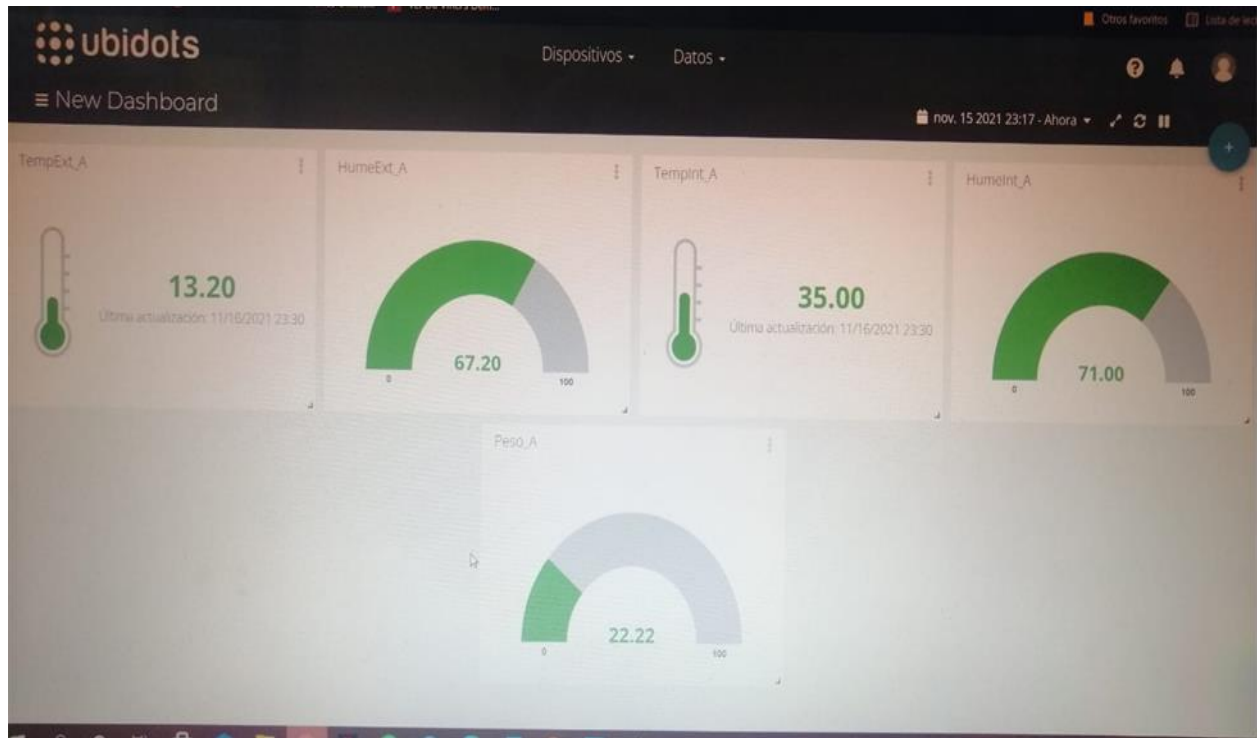


Foto 42. Interfaz de la página web UBIDOTS colmena 2

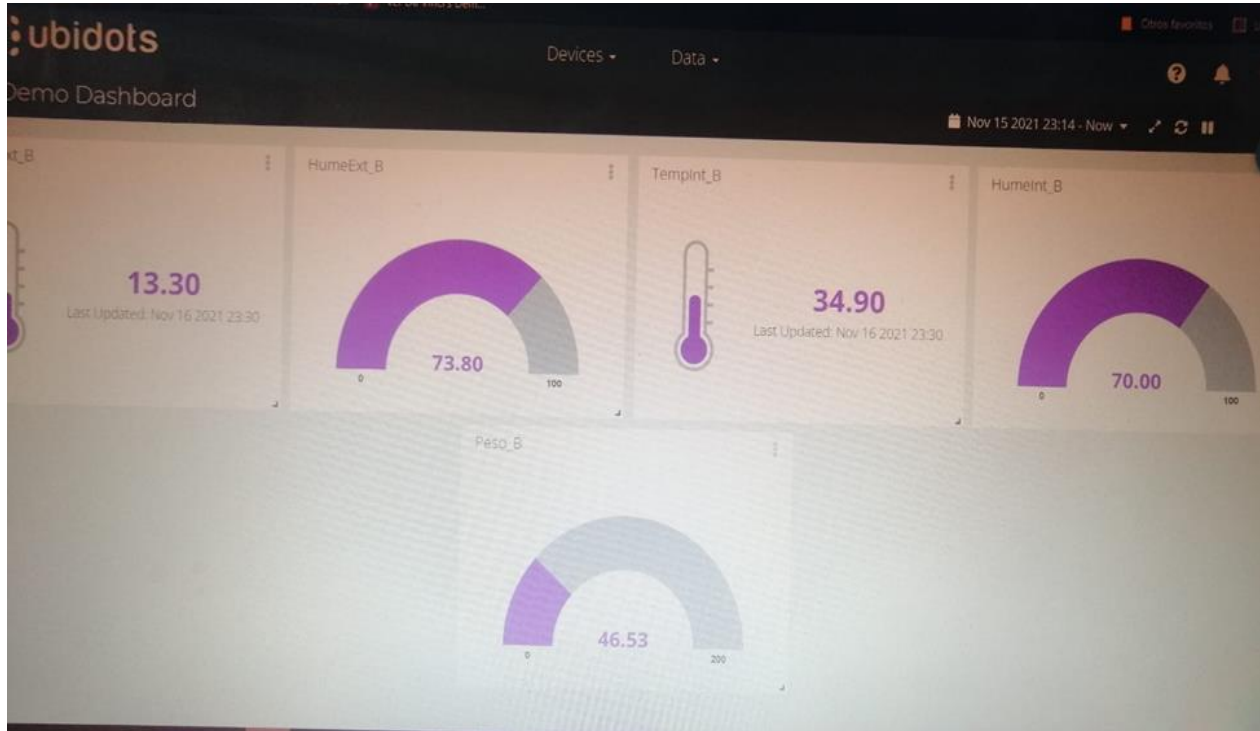


Foto 43. Interfaz de la página web UBIDOTS colmena 5



COTA COTA

Nº	Observaciones	Categoría	Recurso	Temp.	H	L	CO	TAN %	Alimentación
5/	se marcan reina amarilla 2022 se encuentra huevo todo a la semana de cría y se saca	I	X	✓	/	/	/	X	X
2/	se encuentra hormiga de contacto a propóleo	II	X	✓	/	/	✓	/	✓
3/	zona de presencia	II	X	✓	✓	✓	✓	/	1 lit de agua
7	procelisadora se marcan reina 029	II	✓	✓	X	/	✓	/	
6		I	✓	/	✓	✓	✓	/	
8/	Buena propóleo a ser usado	I	✓	X	X	X	X	/	
9		I	✓	✓	/	/	✓	/	
4/	Hormiga	II	/	✓	/	✓	✓	/	

5.- se dejó con una reina de cría una alza y se cosecha propóleo tienen reserva se

2.-

3. no tiene alimento, se saca la reina de propóleo excelente completa, buena hibernación buena producción de miel y propóleo

7. Buena propóleo, buena reserva y tiene buen clima

8. Buena reserva

8. Buena reserva

Foto 44. Registro de campo



Coto Coto

Planificador 2022
19-08-2022

Departamento de Investigación, Postgrado e Interacción Social - DIPGIS

Observaciones	HP	EP	TP	H	L	C	EE	A	
							B	T	
6 Cometa en fuente caída de reproducción	I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
7 +2 CCA, CO Se dio 1 CA completo	II	✓	✓	X	X	X	✓	✓	
3 mejora en vivienda	III	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2 2 via reina en nuevo	II	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
8 -2 CCA y CO	I	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	
1 Se aplicó Oxi tetraciclina								✓	
5 //								✓	
23-08-2022									
4 Se dio cambio 2 1/2 cuartos									
8 1 larva de posible una reina	I	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	
4 2 via reina mejor en casa	I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5 ligera de reina Total 4 v 5	I	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	
1 2 via reina 50%	III	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	
0 2 via reina reproducción de reina	I	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	
7 2 via reina mejor en casa	III	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	
3 2 via reina mejor en casa	III	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2 Se dio cambio 4 1/2 cuartos	III	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Foto 45. Registro de campo

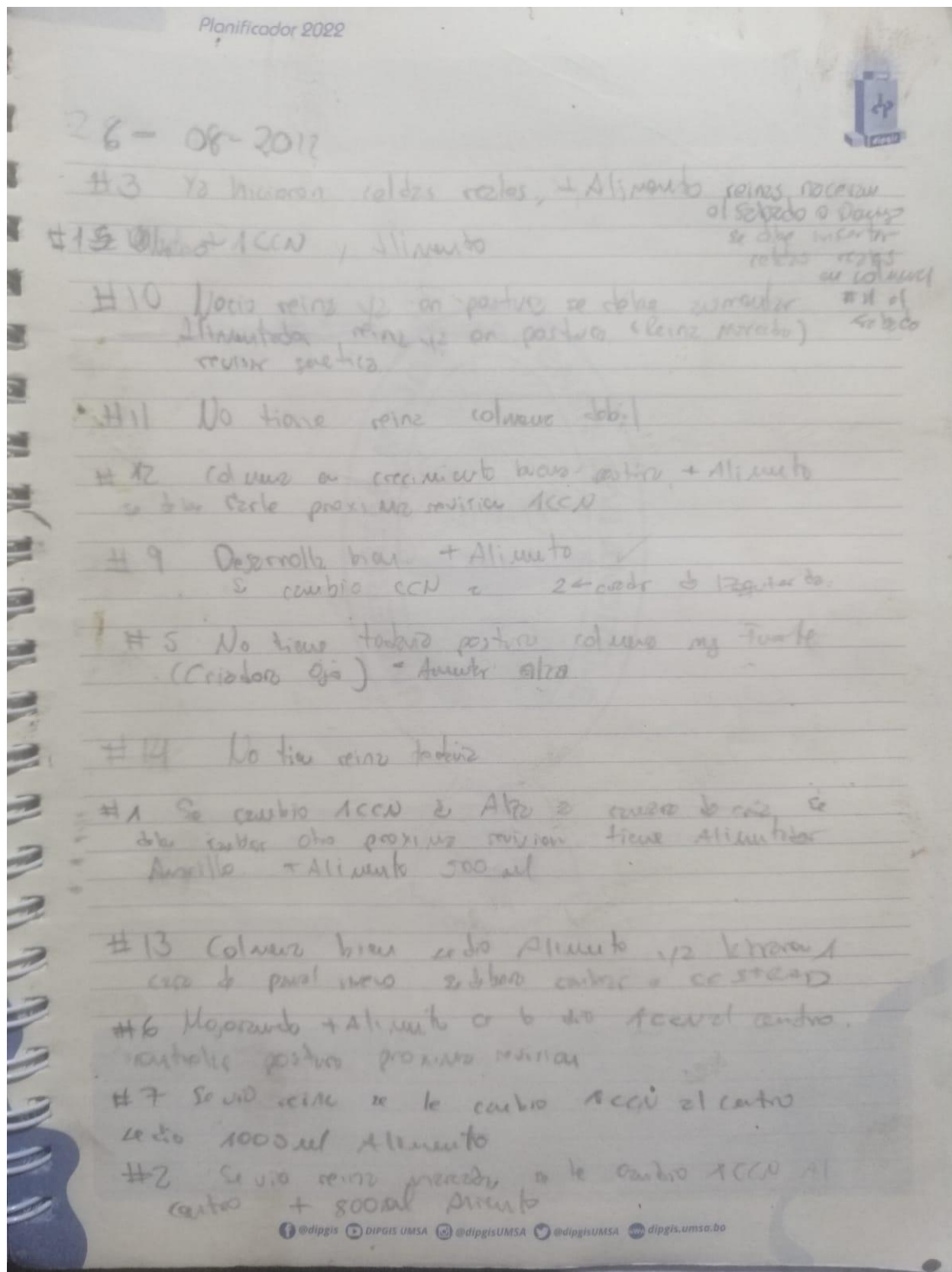


Foto 46. Registro de campo



Planificador 2022 15-07-2022

~~LISTA~~ COTA COTA 30-07-2022

Observaciones	OT	R	T	H	L	C	ER	Z	A
2 Colono 3 J-2022 Selda de R. F. P. 2022	III	X	✓	X	X	✓	✓	✓	✓
4 # 2 Temp. int. 2°C poco comida se solo 2°C	II	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5 # 3 n. 3/25/	III	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	✓
6 # 4 Hormonas 1-05-2022 -1 CCA y CC	II	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X
7 # 1 CCA y CC → 6	I	✓	X	✓	✓	✓	X	X	X
8 Colono negro se dio tratamiento	III	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X
8 # 2 se silbo con caca, almorzo con propolis (50ml)	I	✓	X	✓	✓	✓	X	X	X

3 buena reserva, nectar

4

7 se vio Reino no tiene castaña se dio
abonar en 2 días (buena producción Propolis)

8 Colono muy buena población no se uso mucho
no ahogado se dio tratamiento se cambio
2 CCU a CC y se tubo 2 cuadros cañero!

1 Colono negro 1 poco se dio tratamiento
buena producción de propolis

@dipgis | DIPGIS UMSA | @dipgisUMSA | @dipgisUMSA | dipgis.umsa.bo

Foto 47. Registro de campo



Anexo 3.

Base de datos

FECHA	HORA	Ti_a	Ti_b	Hi_a	Hi_b	Peso a	Peso b	Text	Hext
01/07/2022	00:36	36.2	31.5	56	63	33.5	33.36	4.5	36.3
01/07/2022	01:36	36.1	31.4	57	63	33.36	33.36	4	38.8
01/07/2022	02:36	36.2	30.8	57	62	33.37	33.37	3.5	41.1
01/07/2022	03:36	36.3	30.2	56	66	33.38	33.38	3.3	43.6
01/07/2022	04:36	36.2	30.2	57	64	33.39	33.39	2.8	54.5
01/07/2022	05:36	36	29.8	57	63	33.4	33.34	2.2	45
01/07/2022	06:36	36.1	28.4	58	64	33.39	33.39	2.5	41.1
01/07/2022	07:36	36.2	28.2	57	63	33.38	33.38	2.4	39.8
01/07/2022	08:36	36.2	28	56	64	33.37	33.37	4.8	36.5
01/07/2022	09:36	36.2	27.3	58	62	33.26	33.26	8.4	28.2
01/07/2022	10:36	36.2	26.9	61	61	33.11	33.11	20	24.7
01/07/2022	11:36	36.1	27.6	61	61	33.07	33.37	16.7	17.7
01/07/2022	12:36	36.4	28.4	63	62	33.06	33.06	28.1	16.7
01/07/2022	13:36	36.3	29.4	66	63	33.08	33.08	29.5	12.4
01/07/2022	14:36	36.3	30.7	61	62	33.08	33.08	21.1	14.8
01/07/2022	15:36	35.7	31.7	61	64	33.08	33.08	21.4	15.7
01/07/2022	16:36	36.4	32.4	60	64	33.15	33.15	19.7	16.2
01/07/2022	17:36	36.3	33	60	65	33.31	33.31	16.9	21.3
01/07/2022	18:36	36.4	33.3	59	65	33.37	33.37	12.6	29.4
01/07/2022	19:36	36.1	33.2	57	65	33.37	33.37	10.4	34
01/07/2022	20:36	36.2	33.3	57	65	33.38	33.38	8.5	39.6
01/07/2022	21:36	36.1	33	58	65	33.38	33.38	7.2	44.2
01/07/2022	22:36	36.2	32.7	59	64	33.38	33.38	6.1	48.9
01/07/2022	23:36	36.1	32.4	57	64	33.39	33.39	5.9	50.7
02/07/2022	00:36	36.4	32.2	58	64	33.4	33.4	4.9	51.6
02/07/2022	01:36	36.4	31.7	57	64	33.41	33.41	4.7	54.2
02/07/2022	02:36	36.3	31.4	57	65	33.42	33.42	4.3	55.6
02/07/2022	03:36	36.3	31.1	57	66	33.42	33.42	3.7	55.2
02/07/2022	04:36	36.4	30.5	57	65	33.43	33.43	3.2	58.1
02/07/2022	05:36	36.1	29.8	57	66	33.43	33.43	3.3	55.2
02/07/2022	06:36	36	29.5	58	66	33.43	33.43	2.8	52.3
02/07/2022	07:36	36.4	29.1	54	66	33.4	33.4	3.7	53
02/07/2022	08:36	36.2	29.2	56	66	33.36	33.36	6.3	46.1
02/07/2022	09:36	36.2	28.8	60	65	33.28	33.28	10.3	31.7



02/07/2022	10:36	36.4	28.2	57	65	33.19	33.19	18.8	27.5
02/07/2022	11:36	36.4	28.2	61	65	33.07	33.07	16	21
02/07/2022	12:36	36.3	29.2	58	65	33.01	33.01	25.5	18.5
02/07/2022	13:36	36.1	30	57	65	33.05	33.05	24.9	17.1
02/07/2022	14:36	36.3	30.8	60	65	33.01	33.01	19.3	18.3
02/07/2022	15:36	36.5	31.7	60	66	33.1	33.1	18.9	18.5
02/07/2022	16:36	36.3	32.4	65	66	33.17	33.17	18	19.9
02/07/2022	17:36	36.2	32.7	58	66	33.27	33.27	14.9	21.1
02/07/2022	18:36	36.2	32.7	58	66	33.32	33.32	11.8	23.5
02/07/2022	19:36	36.1	32.9	58	66	33.31	33.31	10.4	31.8
02/07/2022	20:36	36.1	32.7	57	66	33.29	33.29	7.5	32.9
02/07/2022	21:36	36.1	32.2	55	66	33.29	33.29	6.4	34.9
02/07/2022	22:36	36.3	32	54	66	33.3	33.3	5.4	39
02/07/2022	23:36	36.2	31.8	55	66	37.66	33.21	4.6	42.4

Ingresar en el siguiente link para observar los datos de los parámetros evaluados (Ti_a, Ti_b, Hi_a, Hi_b, peso a, peso b, Text y Hext.) del mes de junio, julio y agosto de las colmenas 2 y 5.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ymRiBS2mdtiHiIDdKlpb3TUf6a44Sz7_/edit?usp=drive_link&ouid=107238193678927563324&rtpof=true&sd=tru



Anexo 4.

Presupuesto del presente trabajo de investigación en bolivianos

N°	MATERIALES	DETALLE	CANTIDAD	PRECIO/U	TOTAL
1	ESP 8266	Unidad	2	40	80
2	Sensor de temp y humedad DHT-22	Unidad	2	42	84
3	Sensor de temp y humedad DHT-11	Unidad	2	15	30
4	Modulo LCD	Unidad	2	10	20
5	Cargador de alimentación	Unidad	2	5	10
6	Display LCD 20x4	Unidad	2	40	80
7	Modulo clock DS3231	Unidad	2	18	36
8	Placa	Unidad	2	4	8
9	Caja de plastico	Unidad	2	49	98
10	Cable protoboard	Kit	2	16	32
11	Estaño	Rollo	1	50	50
12	Cautin	Unidad	1	60	60
13	Caja termico	Unidad	1	10	10
14	Reja transportadora	Unidad	4	5	20
15	Pasta para soldadura	Unidad	1	20	20
16	Cinta aislante	Unidad	1	8	8
17	Pila	Unidad	2	5	10
18	Tornillos	Docena	2	2	4
19	Sensor de peso	Unidad	2	70	140
20	Chip entel	Unidad	1	10	10
21	Tarjetas de credito	Unidad	3	30	90
22	Térmico	Unidad	1	40	40
23	Cortapicos	Unidad	1	65	65
24	Cable USB	Unidad	2	10	20
25	Cable UTP blindado	Metro	2	12	24
26	Cable UTP estándar	Metro	3	5	15
27	Tapper grande	Unidad	1	22	22
28	Cemento	Media bolsa	1	25	25
29	Alargador	Unidad	1	32	32
30	Maderas de	Unidad	1	12	12



31	Pintura	Unidad	1	12	12
32	Tapper pequeño	Unidad	1	5	5
<hr/>					
Subtotal					
33	Colmena tipo langstroth	Pieza	2	680	1360
34	Ahumador	Pieza	1	120	120
35	Traje de apicultor	Pieza	1	350	350
36	Palanca de apicultor	Pieza	1	100	100
37	Soporte de colmena	Pieza	1	100	100
<hr/>					
Subtotal					
<hr/>					
				TOTAL Bs.	3202



Anexo 5.

Calendario floral del Centro Experimental Cota Cota

Nº	TIPO FLORAL Pastos, Arbusto, Arbol.	NOMBRE CIENTIFICO DE LA PLANTA	NOMBRE COMUN DE LA PLANTA	ENE.			FEB.			MAR.			ABR.			MAY.			JUN.			JUL.			AGO.			SEP.			OCT.			NOV.			DIC.			OBSERVACIONES N. Po. Pr.	
				10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30					
1	ARBU STO	Baccharis lanceolata	CHILCA	2	3	4	5	4	4	3															7	7	7	8	8	9	9	9	9	8	8	7	7	6	6	N. Po	
2	ARBU STO	Viguiera lanceolata	SUNCHU							6	7	9	9	8	7	4	3																							N. Po	
3	PASTOS	Trifolium ssp.	TREBOL							5	6	5	4																										N. Po		
4	PASTOS	Toraxacum officinalis	DIENTE DE LEÓN			3	4	4	3	3															6	6	6	7	7	8	8	7	7	6	6				N. Po		
5	PASTOS	Brassica rapa	MOSTACILLA					5	6	6	7	8	9	7	6																									N. Po	
6	CACTACEA	Agave americana	AGAVE AMARILLA											4	5	4	3					5	4	4														N. Po			
7	CACTACEA	Ficus indica	TUNAL	4	5	6	5	4																															N. Po		
8	CACTACEA	Coryocactus melanotrichus	CACTUS	2	3	4	3	2																															N. Po		
9	ARBOL	Eucalyptus globulus	EUCALIPTO																			5	6	7	8	9	9	9	9	8								N. Po			
10	ARBOL	Acacia floribunda	ACACIA																				3	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3					Po.			
11	ARBOL	Pinus radiata	PINO																			3	3	3															Pr.		
12	ARBOL	Pyrus ssp.	PERA											2	2	3	2	2																						Po.	
13	ARBOL	Populus balsamifera	ALAMO											2	2	3	2																							Pr.	
14	ARBOL	Prunus persica	DURAZNO																																					Po.	
15	ARBOL	Cupresus macrocapa	CIPRES																																					Pr.	
16	ARBOL	Prunus ssp.	CIRUELO																																					N. Po	
17	ARBOL	C. citrinus	CEPILLO ROJO	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3							3	3	3	4	5	5	6	6	5	4	3	2	2	N. Po
18	ARBOL	Acacia retinoides	ACACIA																																					N. Po	
19	ARBU STO	Lavandula angustifolia	LAVANDA																																					N. Po	
20	ARBU STO	Pelargonium grandiflorum	GERANIO																																					N. Po	
21	ARBU STO	Malva silvestris	MALVA	5	4	4	4																																	N. Po	
22	ARBU STO	Rosa sp.	ROSAS	5	4	4	4																																	Po.	
23	ARBU STO	Veronica officinalis	VERONICA																																						
24	ARBU STO	Hedera helix	HIEDRA	5	5	5	4	4	3																															N. Po	

Fuente: Elaboración propia

Diseño: Arq. Greby Caillavy Lafuente

RESUMEN

La investigación sobre apicultura de precisión implementada en el Módulo de Innovación e Investigación Apícola (MIIA) abarca el uso de “colmenas inteligentes” y se desarrolla en tres etapas principales:

Recopilación de datos: Uso de sensores inalámbricos para monitorear parámetros clave de las colmenas, como temperatura interna y externa, humedad interna y externa, y el peso de la colmena. Estos sensores capturan datos continuamente y los transmiten a través de Internet (IoT).

Análisis de datos: Los datos recogidos se envían a la plataforma web UBIDOTS, donde se almacenan y procesan. La interfaz de usuario de UBIDOTS permite visualizar en tiempo real más de 2400 datos diarios, incluyendo gráficas que muestran alteraciones en los parámetros climáticos internos de la colmena.

Aplicación: Gracias a la monitorización en tiempo real, la investigación ha permitido detectar eventos críticos en las colmenas, facilitando intervenciones oportunas y la planificación de actividades basadas en buenas prácticas de sanidad y manejo apícola. Esto ha resultado en una disminución de los costos de producción.

La tecnología utilizada es el sistema Arduino, una tecnología común en la agricultura de precisión, que ofrece varias ventajas como la optimización del uso de recursos, adaptación a las condiciones climáticas, automatización de tareas, reducción del error humano, accesibilidad económica y la capacidad de compartir información en tiempo real sobre las condiciones del material biológico.

Esta investigación demuestra cómo la integración de nuevas tecnologías en la apicultura puede mejorar significativamente la gestión y la eficiencia de las colmenas, contribuyendo a la sostenibilidad y productividad del sector.