



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (PUIRNA)

Nombre del programa universitario de investigación de la DIGI

Mejora genética de la abeja *Apis mellifera* para el incremento de la productividad en los
bosques mesófilos de la cadena volcánica

Nombre del proyecto de investigación

4.8.65.2.40

Número de partida presupuestaria

Centro Universitario de San Marcos CUSAM

Unidad académica o centro no adscrito a unidad académica que avaló el proyecto

Cupertino Ovidio Pérez Vásquez

Cecilia Margoth Palacios Callejas

Wener Rodolfo Fuentes Méndez

Rocael Fernando Pérez Aguilón

Nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por la DIGI

San Marcos 25 de febrero 2025

Lugar y fecha de presentación del informe final dd/mm/año



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Contraportada

Autoridades de la Dirección General de Investigación

Dra. Alice Burgos Paniagua

Directora General de Investigación

M.Sc. Andrea Eunice Rodas

Coordinador(a) del Programa Universitario de Investigación

Autores

Nombre del coordinador:

Cupertino Ovidio Pérez Vásquez

No. Registro de Personal 960915

Nombre de la Investigadora:

Cecilia Margoth Palacios Callejas

No. Registro de Personal 20130345

Nombre del auxiliar de investigación II:

Wener Rodolfo Fuentes Méndez

No. Registro de Personal 20240890

Nombre del auxiliar de investigación II:

Rocael Fernando Pérez Aguilón,

No. Registro de Personal 20240891

El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la DIGI de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria número: 4.8.65.2.40 en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (PUIRNA).

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

índice general

Resumen	5
Palabras clave.....	5
Abstract.....	5
Keywords.....	6
1. Introducción	6
2. Contexto de la investigación	8
3. Revisión de literatura	11
4. Planteamiento del problema.....	23
5. Objetivos	24
6. Hipótesis nula.....	25
7. Método	25
7.1 Tipo de investigación.	25
7.2 Enfoque y alcance de la investigación.....	25
7.3 Diseño de la investigación	26
7.4 Población, muestra y muestreo	27
7.5 Técnicas	27
7.6 Resumen de las variables o unidades de análisis.....	31
7.7 Procesamiento y análisis de la información.	33
8. Resultados y discusión.....	34
9. Beneficiarios directos e indirectos	49
10. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.	50
11. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND).....	52
12. Vinculación.....	52
13. Conclusiones	53
14. Recomendaciones	54
Referencias.....	55
Apéndice	60



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Índice de Tablas

Tabla 1 Identificación, Aleatorización y distribución de tratamientos.....	26
Tabla 2 Objetivos, variable, instrumentos y unidad de medida o cualificación utilizada en la investigación.	31
Tabla 3 Comparación de características fenotípicas de abejas nativas versus abejas de alto rendimiento.....	35
Tabla 4 Valores en Kg/colmena en diversas fechas para cada tratamiento.....	36
Tabla 5 Rendimiento de cada tratamiento expresado en Kg/colmena.....	37
Tabla 6 Análisis de varianza para el rendimiento.....	38
Tabla 7 Análisis de varianza (SC tipo III).	38
Tabla 8 Prueba Tukey con significancia del 5%.	39
Tabla 9 Densidad esperada de varroa para cada tratamiento evaluado.	39
Tabla 10 Porcentaje de higiene para cada tratamiento evaluado.	40
Tabla 11 Criterios para la categorización de docilidad en las abejas.	41
Tabla 12 Docilidad de abejas para los tratamientos evaluados de acuerdo con los criterios establecidos.....	41
Tabla 13 Análisis de la varianza para la docilidad.	42
Tabla 14 Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).....	42
Tabla 15 Prueba Tukey con significancia al 5%.	43
Tabla 16 Cuadro resumen de las principales características de cada tratamiento.	43
Tabla 17 Ranqueo de las variables evaluadas en escala de 1 a 5.	44
Tabla 18 Ubicación del banco de zánganos.....	45
Tabla 19 Beneficiarios directos e indirectos de la investigación.....	49
Tabla 20 Actividades de divulgación y difusión de resultados.	50

Índice de figuras

Figura 1 Líneas de tendencia para cada tratamiento evaluado expresado en Kg/colmena. 37	37
Figura 2 Diagrama radial para los diferentes tratamientos en las distintas variables evaluadas.	44
Figura 3 Ubicación geográfica del municipio de Sibinal, departamento de San Marcos....	60
Figura 4 Ubicación del banco de Zánganos, Sibinal, San Marcos.	61



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Resumen

La crianza de abejas para obtener miel, derivados de la colmena y la polinización de frutos se conoce como apicultura. La merma de la producción de miel entre otros se debe al desgaste genético de las abejas y la falta de un banco de abejas reinas. El objetivo planteado de la investigación fue “mejorar la genética de la abeja *Apis mellifera* a través de selección bajo condiciones representativas de los bosques mesófilos para el incremento de la productividad de miel y derivados de la colmena”. El tipo de investigación realizada fue la aplicada; en donde se aclimato a las abejas de alto rendimiento provenientes de condiciones climáticas imperantes a 300 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) arraigándolas a 2,550 m.s.n.m. Para evaluar la mejora genética de las abejas se desarrolló el método Doolittle. La información se comparó mediante análisis de varianza y prueba de medias de Tukey, ambos con significancia al 5% aplicado a los tratamientos. El mejor tratamiento fue italiana/carneola al producir 39.9 kg/colmena comparada con el tratamiento de la raza italiana y el testigo. En el análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey nos indica que, aunque los tratamientos tienen medias diferentes no es posible identificar un tratamiento que haya sobresalido de los demás puesto que estadísticamente no es significativamente diferente. La divulgación se realizó mediante presentación pública de resultados, trífoliares, videos, publicación en redes sociales y artículo científico dirigidos a estudiantes, técnicos y apicultores del municipio se Sibinal.

Palabras clave

1. Rendimiento	2. Docilidad	3. Higiene	4. Sanidad	5.Comportamiento
----------------	--------------	------------	------------	------------------

Abstract

The rearing of bees to obtain honey, derived from the hive and the pollination of fruits is known as beekeeping. The decrease in honey production, among others, is due to the genetic wear and tear of bees and the lack of a bank of queen bees. The objective of the research was "to improve the genetics of the bee *Apis mellifera* through selection under representative

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

conditions of cloud forests to increase the productivity of honey and hive derivatives". The type of research carried out was applied; where the high-yielding bees from climatic conditions prevailing at 300 meters above sea level (m.a.s.l.) were acclimatized, rooting them at 2,550 m.a.s.l. To evaluate the genetic improvement of bees, the Doolittle method was developed. The information was compared using analysis of variance and Tukey's mean test, both with significance at 5% applied to the treatments. The best treatment was Italian/carneola at produce 39.9 kg/hive compared to the treatment of the Italian breed and the control. In the analysis of variance and Tukey's mean test, it indicates that, although the treatments have different means, it is not possible to identify a treatment that has stood out from the others since statistically it is not significantly different. The dissemination was carried out through public presentations of results, leaflets, videos, publication on social networks and scientific article aimed at students, technicians and beekeepers of the municipality of Sibinal.

Keywords

1. Yiel	2. Docility	3. Hygiene	4. Health	5. Hehaviour
---------	-------------	------------	-----------	--------------

1. Introducción

El cuido y la crianza de abejas para obtener polen, miel, propóleo, jalea real, cera, larvas de zángano, apitoxina se conoce como apicultura. Además de los productos mencionados anteriormente las abejas aportan a la producción agrícola un valioso trabajo y sin él no sería posible la producción de frutos puesto que polinizan las flores propiciando el desarrollo de semillas, la apicultura se cataloga como emprendimiento del sector primario (Santacruz et al., 2016).

Según datos estadísticos presentados por Contreras-Ramírez et al. (2016) confirman la merma de la producción de miel debido al cambio climático, colonias africanizadas, enfermedades provocadas por varroa, amebas, ácaros traqueales que atraviesan las colonias sumado a lo descrito anteriormente el desgaste genético de las abejas, la falta de un banco de



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

abejas reinas con características deseables dentro de la zona de los bosques mesófilos y la dependencia de abejas introducidas en el medio.

Se pudo evaluar la capacidad productiva de las abejas para coleccionar y almacenar néctar y polen en áreas en donde regularmente las épocas de floración frecuentemente son interrumpidas por lluvias tempranas, vientos fuertes o con sequías prolongadas. Según Charry et al. (2023), obtuvieron rendimientos de 28.15 kg de miel por colmena, si comparamos este rendimiento con el obtenido por el tratamiento la abeja reina híbrida raza italiana/carneola de 39.9 kg/colmena en promedio supera en 41% el cual está muy por encima.

En cuanto a la Sanidad de las colmenas, Contreras-Ramírez et al. (2016) presentaron índice de infestación de 6.6, 3.4, y 2.1% respectivamente. Los datos arrojados durante la presente investigación demuestran densidad de varroa por debajo del 5%, lo que nos indica que las colmenas tienen buena sanidad al estar libres de ectoparásitos que succionan la hemolinfa, provocan malformaciones en las abejas dificultando su desplazamiento normal.

Las abejas poseen un dote social y cooperativo el cual proporciona protección contra parásitos, mediante el comportamiento higiénico, Vásquez et al, (2016) reportaron una media del 71.75% de eliminación de celdas con cría muerta calificándose como colmenas levemente higiénicas. Todas las colmenas evaluadas para los diferentes tratamientos en la presente investigación demostraron ser muy higiénicas ya que en un lapso de 24 horas posterior al sacrificio de larvas; en las celdas las abejas ya habían limpiado al 100% y en algunos casos ya estaban provistas de miel.

La docilidad es un carácter deseable para los apicultores puesto que facilita el manejo de los apiarios, según Contreras-Ramírez et al. (2016), el valor de agresividad de las abejas carniolas fue de 4.4; mientras que para las africanizadas fue de 2.6. Lo que demuestra que las abejas africanizadas son más defensivas. Para la presente investigación se realizó el análisis



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

de varianza en donde la probabilidad de ocurrencia de un evento es de 0.07198 mayor a la significancia 0.05 indicando que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados contrastándolo con la prueba de medias de Tukey con significancia al 5%.

Para resolver la problemática planteada, se realizó la investigación aplicada teniendo como objetivo: Mejorar la genética de la abeja *Apis mellifera* a través de selección bajo condiciones representativas de los bosques mesófilos para el incremento de la productividad de miel y derivados de la colmena; aportando alternativas para seleccionar líneas de abejas con características deseables; considerando el desafío de adaptar razas mejoradas en ambientes que presentan los bosques nubosos y el impacto del cambio climático.

Generalmente se indica que la mejora genética de *Apis mellifera* bajo condiciones propias de los bosques mesófilos a altitudes superiores a 2,250 metros sobre el nivel del mar, evidencian un incremento en la productividad de miel y subproductos, confirmando que las condiciones ecológicas locales pueden ser aprovechadas para el desarrollo de líneas genéticamente mejoradas de las cuales destaca principalmente la línea de hibridación Carneola/italiana; sin embargo, es importante mencionar que el grado de docilidad es un aspecto subjetivo donde varios factores naturales como antropogénicos condicionan el comportamiento dócil o agresivo de una colmena.

2. Contexto de la investigación

La investigación se realizó el municipio de Sibinal, San Marcos programado durante 11 meses (febrero- diciembre 2024), sin embargo, se prorrogó por 2 meses más hasta febrero de 2025 según aprobación y financiamiento de parte de la Dirección General de Investigación DIGI.

Delimitación espacial



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

En el norte del departamento de San Marcos se ubica el municipio de Sibinal, delimitado como sigue: al norte: con el municipio de Tacana, al sur: municipio de Tajumulco y el estado de Chiapas México, al este: con el municipio de Ixchiguan y Tajumulco y al oeste: el estado de Chiapas México. Dista el municipio a la ciudad capital guatemalteca a 318 km y la cabecera departamental de San Marcos 75 kilómetros de longitud, se llega al municipio por medio de la carretera (RN 12) que conduce a Tacana con entronque a la altura del caserío Tojchis, con desvío de 7 km sobre el lado izquierdo. Se encuentra a altitudes entre 1,400 a 4,000 msnm, en las coordenadas 91° 58' 01'' y 92° 07' 01'' de longitud oeste; 15° 04' 10'' y 15° 10' 02'' en latitud norte.

Condiciones climáticas

La temporada de lluvia es fresca y nublada mientras la temporada seca es cómoda y mayormente despejada. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 3 a 21 °C (Municipalidad de Sibinal San Marcos, 2020).

Orografía

La mayoría del territorio del municipio se encuentra en relieve ondulado o escarpado (40 – 60%) encontrándose con pendientes que van de inclinadas a muy inclinadas (mayores a 50%). Estas condiciones hacen que el territorio sea susceptible a deslizamientos y derrumbes (Municipalidad de Sibinal, San Marcos, 2020).

El área del municipio de Sibinal se encuentra en la región de Tierras Altas Volcánicas y la sub región de Zona Montañosa Occidental (Tacaná-Tecpán) y dentro del gran paisaje del Volcán Tacaná. Con montañas fuertemente escarpadas, superficiales, de textura pesada y color pardo. El municipio de Sibinal se ubica en la cabecera de cuenca de los ríos Coatán y Suchiate, y se encuentra dividido hidrográficamente por las microcuencas del río Sibinal, La Laja, y Las Barrancas, además de ser zona de recarga hídrica para los ríos Cuilco y Suchiate. El municipio de Sibinal es recorrido por diversos ríos cuyas aguas son aprovechadas por los



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

comunitarios para proyectos de miniriego, lavar ropa, para consumo familiar o actividades de recreación en algunos casos (Municipalidad de Sibinal, San Marcos, 2020).

Población

De acuerdo con los censos nacionales XII de población y VII de Habitación del INE 2018, la población del municipio de Sibinal es de 15,733 habitantes. De la población actual se estima que el 49.89% son hombres y 50.11% son mujeres (7,849 hombres y 7,884 mujeres), la densidad de población para el 2018 se estima en 89.39 habitantes por kilómetro cuadrado. De acuerdo con el INE 2018, el municipio tiene una tasa decrecimiento poblacional de 2.1% anual (Municipalidad de Sibinal, San Marcos, 2020). La Población económicamente activa se integra por las personas que trabajan o que se encuentran en búsqueda de empleo, comprendidas entre 7 y 64 años (Municipalidad de Sibinal, San Marcos, 2020).

Vivienda

La mayoría de las viviendas se encuentran construidas de block, poseen techo de lámina metálica y piso de cemento. Este indicador presenta una leve variación con relación a años anteriores como resultado de que varias personas emigran al extranjero por motivos laborales, lo que les permite generar mayores ingresos y construir las viviendas con materiales de mejor calidad (Zamora, 2016).

Pobreza

Es el nivel que clasifica a las personas que sólo alcanzan a cubrir el costo del consumo mínimo de alimentos, pero no el adicional calculado para otros bienes y servicios básicos. De acuerdo con la investigación 98% de la población del municipio son pobres. Este porcentaje se encuentra conformado por pobreza extrema y pobreza no extrema (Zamora, 2016).



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Desempleo

Está constituido por aquellas personas que carecen de una ocupación o se encuentran en búsqueda activa de un empleo. El municipio registra una tasa de desempleo de 28%, conformada en 70% por mujeres y en 30% por hombres, entre otras causas debido a la falta de proyectos que permitan hacer más dinámica la economía del lugar (Zamora, 2016).

Tenencia de la tierra

Es la posesión permanente o temporal que se tiene sobre la tierra, en virtud del título de propiedad, contrato de arrendamiento o concesión expresa de autoridades locales o de gobierno central. En el municipio existe diversidad en la forma de tenencia de la tierra, sin embargo, desde el 1979 predomina la propia, lo cual constituye un aspecto positivo para el desarrollo integral de las personas.

Uso actual y potencial de la tierra

Actualmente la mayoría de las personas utilizan la tierra que poseen para la siembra de cultivos temporales. Estos representan el 62% del total de fincas con que cuenta el municipio, seguido de un 26% que lo constituyen bosques y montes, mientras que 6% es destinado para pasto de animales. Sin embargo, el municipio también posee potencial forestal debido a las características geográficas y topográficas que presenta (Zamora, 2016).

3. Revisión de literatura

La apicultura

El arte o ciencia que permite manejar a las abejas para obtener de ellas mucho más que miel se denomina apicultura. La real academia conceptualiza a la apicultura como el arte de criar abejas para obtener de ellas sus beneficios múltiples catalogados como sus productos y subproductos (Quesada, 2018).



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Esta definición es algo profunda ya que describe a las abejas como un “arte” del cual el ser humano obtiene un producto y a la vez un beneficio. En este sentido Godín (2010), define el arte como algo personal que nace de la creatividad y lo apasiona. Alguien con coraje, intuición, creatividad, y valentía que desafían el statu quo puede considerarse como artista”, efectivamente los apicultores poseen el coraje, creatividad, intuición y les apasiona el mundo de las abejas.

Tal como lo indica Quesada (2018), las abejas en la prehistoria fueron consideradas como un ser al menos extraordinario y en la actualidad la mayoría de las personas saben que las abejas pican, producen miel y forman parte importante en la naturaleza, ahora con la popularidad que han alcanzado son también conscientes de su importancia ambiental como polinizadores.

En este contexto se puede decir que los avances tecnológicos, la creatividad, coraje e intuición del ser humano para sumergirse en el amplio mundo de las abejas y el interés de obtener diversas mejoras en su genética y por ende en su producción se mencionan a continuación los estudios más recientes e innovadores relacionados con este tema.

Razas de abejas

Dado a su manejo y aprovechamiento la *Apis mellifera* se considera una especie de animal domesticada, sin embargo, es más antigua que la creación humana y desarrolló sus formas actuales sin la intervención humana (Dadant & Sons, 1975).

Las principales razas detalladas por (Dadant & Sons, (1975) se describen como sigue:

Las abejas Carniolas *Apis mellifera* cárnica Pollmann es originaria del sur de los Alpes Austriacos y al norte de los Balcanes (Yugoslavia), es la raza más tranquila y mansa. Su ritmo de producción de cría es muy intenso y progresivo, invernán en colonias pequeñas y con poco consumo de alimento la cría comienza con la primera entrada de polen. Tiene resiliencia ante cambios climáticos.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Las abejas italianas *Apis mellifera* proveniente de Italia, regularmente es dócil, produce alta cantidad de cría, regularmente no enjambra, la lengua larga hace posible aprovechar una amplia gama de especies botánicas. Es hija del clima del mediterráneo: inviernos cortos, benignos y húmedos, veranos secos con prolongado flujo de néctar

Las abejas seleccionadas localmente provienen de apiarios ubicados en los municipios de Catarina y Malacatán regularmente italianas con características fenotípicas sobresalientes en base a su producción y defensividad, provenientes de microclimas presentes a 300 metros sobre el nivel del mar en promedio con un grado de defensividad 3 tal como lo explica Contreras-Ramírez et al. (2016) quienes proponen cinco niveles para determinar la defensividad.

Mejoramiento genético

Seleccionar y mejorar la genética de las abejas es la base para la apicultura tecnificada con miras a incrementar productividad generando ganancia en las abejas, algunos autores sugieren que se remplace el 25% de reinas. La mejora genética en las abejas es diferente a otras especies animales, según Martínez & Soares (2012) indican que “es difícil obtener estimaciones como la heredabilidad, la similitud entre parientes y otros, si se considera que las colonias tienen una estructura genética interna que dificulta el procedimiento” (p.4).

Para seguridad del apicultor en el manejo de las colmenas es necesario que las mismas posean genes de docilidad, de las 20,000 especies existentes en el mundo únicamente el 5% son sociales, tal como lo indica Nates-Parra (2011), las condiciones ambientales están gobernando los caracteres de proceder. El ADN del genoma determina los potenciales fisiológicos, estructurales y de comportamiento del individuo, pero no todo potencial se expresa de la misma forma en el individuo en desarrollo.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Los apicultores siempre están pensando en la docilidad de las abejas para su manejo y como la geografía ambiental puede influir en este carácter; sin embargo, apegados a los resultados presentados por Rojas, et al., (2015) indican que “existe una baja correlación estadística de fortaleza y los parámetros geográficos ambientales con la defensividad de las abejas, esto permite inferir que no hay influencia de estos factores con el comportamiento de agresividad”. (p.44)

Crianza de reinas

La crianza de reinas para reemplazar a las reinas ancianas o complementar a los enjambres desprovistas de su reina después de 24 horas es una tarea tenaz para los apicultores.

El conjunto de colmenas en un sitio determinado se denomina apiario multiplicándose dentro del mismo lugar o adquiridas en bloque como núcleos utilizados para la producción de miel orgánica o convencional que se ajustaran a un periodo de transformación indicado.

Las colmenas se integran por 2 a 5 marcos con abejas adultas, crías, aliento en reserva y una reina con características genéticas favorables y/o certificadas. En el medio se carece de establecimientos comerciales garantizados, por lo que se necesita un año para la conversión o al menos que se incluyan los panales, eliminando cuadros procedentes del exterior del apiario (Túnez Sanches, 1996). La abeja reina proporciona a la colmena el valor biológico por lo tanto debe de heredar características especiales para dale continuidad a la especie, capaz de trasladar a sus hijos e hijas conducta de docilidad, alta productividad, tolerancia a plagas y enfermedades y mecanismos de defensa como el de aclimatarse a condiciones ambientales diferentes.

La abeja reina que es la madre las obreras y zánganos se califica como la más importante dentro del enjambre, es la única hembra sexualmente desarrollada, la reina entonces tiene como misión poner huevos (Valega, 2009), de lo huevos fecundados emergen las abejas obreras infértiles y de huevos sin fecundación se originan los zánganos.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

La población del colmenar debe de equilibrarse, haciendo necesario considerar el tiempo de madurez sexual de las reinas vírgenes con presencia de abejas macho adultos sexualmente en abundancia, pero sobre todo que exista abundancia de néctar y polen como alimento para una reproducción eficaz “el recambio de población se debe de realizar al menos una vez al año, dentro de la apicultura la multiplicación de abejas reinas es una actividad cultivada que requiere innumerables conocimientos en el arte para que sea exitosa (Valega, 2009).

Dentro de la mejora genética es importante la presencia de Zánganos para culminar el proceso, por lo que es importante monitorear áreas de congregación instando a la conservación de lo eco tipos regionales como parte de plan reproductivo de las abejas (Salamanca, et al., 2022, p.331).

Las abejas obreras no pueden poner huevos por el efecto inhibidor de la feromona real de las reinas, sino también por la actividad de las obreras vigilantes en las abejas europeas *Apis mellifera*. El uno por ciento de obreras tiene ovarios activos, cuando no existe reina en la Colmena el efecto inhibidor desaparece (Nates-parra, 2011).

El vuelo nupcial de la reina se realiza a uno o a pocos más kilómetros de la colonia, la reina realiza el vuelo nupcial durante 20 a 25 minutos a una altura entre 8 y 12 metros copulando con varios machos en uno o varios vuelos maritales durante horas calurosas de días soleados, durante el retorno de la copula las reinas trae los oviductos llenos de semen, además; pegados a sus órganos genitales vienen los órganos copuladores del último macho que la fecundo (Nates-Parra, 2011).

Métodos de mejoramiento genético en abejas

La mejora genética de abejas se ha encauzado en esquemas de mejoramiento aplicado en animales y vegetales superiores, sin embargo, es importante conocer que las abejas tienen algunas características propias a tener en cuenta tal como lo indican Arguello et al. (2014) su sistema Haplo-diploide de terminación sexual (la partenogénesis de zángano), que la reina



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

en su vida sea fecundada una vez por varios machos y fecunda en vuelo nupcial en áreas abiertas.

Selección de la mejora genética en la apicultura

El apicultor para lograr abejas reinas de alta genética ha de realizar métodos especializadas como la selección gamética y técnica individual en su colmenar, al reemplazar año tras año a la reina provoca un adelanto en el mejoramiento hereditario en la apicultura que se transforma en calidad y cantidad de individuos de la colmena, Sau et al. (2008) indican que:

Selección gamética: a través de ésta se llega directamente a la familia de la reina a través del zángano, a través de esta selección se acelera la obtención de caracteres o rasgos de zánganos, obreras y reinas que sean altamente correlacionadas, eliminando la recombinación en los machos y por esta razón no hay variación asociada con la reproducción de gametos, salvo por transformaciones.

Selección individual: para la siguiente generación se escogen a los padres, a través del comportamiento de cada enjambre, entonces un grupo de reinas seleccionadas producen las reinas vírgenes y otro grupo produce zánganos lo que también es conocido como selección en masa. La elección es más controlada y merma el riesgo consanguíneo.

Selección por la progenie: radica su importancia en la observación de la conducta de sus descendientes de la reina, de sus hijas o las colonias de ellas.

Selección de híbridos endogámicos: acá se da la selección híbrida descendientes de endogamia, los cuales se cruzan para obtener heterosis.

Técnicas de control de cruzamiento

Los métodos de cruzamiento de abejas (reinas y zánganos) son pocos debido a que las abejas fecundan a un kilómetro de las colmenas según Arguello et al. (2014) indican que son estaciones de fecundación las áreas aisladas sin abejas a unos cinco kilómetros a la redonda,



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

fecundación de claros en el bosque con árboles altos tipo eucalipto e inseminación instrumental seleccionando los zánganos y reinas que se usaran en la inseminación siendo un método más fiable en el control del cruce.

Características para seleccionar y su evaluación

Cualquier apicultor que desea hacer una selección de abejas reina deberá de llevar un registro de las características que el necesita, las recomendaciones de Arguello et al., (2014) son las siguientes:

Rendimiento de miel: El rendimiento se cuantifica de acuerdo con las libras de miel que se obtienen por panal.

La mansedumbre o docilidad: La mansedumbre de las abejas es un comportamiento difícil de evaluar numéricamente.

La resistencia a enfermedades: Que las abejas se enfermen menos es muy importante, porque las colonias producen más estando sanas.

La resistencia o tolerancia a Varroa: Entre los daños provocados por V. destructor destacan la reducción del periodo de vida de las abejas infestadas. Si la colmena es resistente a la Varroa es considerada apta para la reproducción de reinas. (p.18)

Plagas y enfermedades de las abejas

Las abejas son perturbadas por la presencia patógenos parasitarios arruinando su productividad “la apicultura [...] se ha visto afectada por dos situaciones de impacto, una la africanización de las colmenas y otra el esparcimiento desmedido de la Varroa *jacobsoni* Oudemans, que es un ácaro externo que vive expensas de las *Apis mellifera*” (Villanueva & Colli-ucan,1996). El buen estado de salud de las abejas es importante propiciarlo para un trabajo laborioso tomando las recomendaciones que indica Tunes (1996) con relación a la higiene y esterilización del equipo a través de:

La quema del material biológico e instrumental económico, sitios estratégicos con abundantes recursos para el aprovechamiento apícola, dentro de la colmena introducir



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

el 20% de panales nuevos eliminando los antiguos ennegrecidos al año. La selección de referéndums poblacionales con buena conducta higiénica. Sustituir a las reinas a menos dos veces al año y monitorear enfermedades por lo menos una vez al año.

Producción de miel

La producción de miel en Guatemala se ha visto interferida por el cambio climático, estacionalmente la cosecha se realiza en los meses de diciembre a abril; es allí en donde se ha observado esa merma.

La proliferación de polen y néctar sirven de estímulo a las colonias de abejas para su reproducción y aumento de su población, la falta de esta materia prima las debilita, como consecuencia, los apiarios necesitan ser alimentados artificialmente en períodos de baja floración. Tal como lo indica Guzmán, (2016) en su diagnóstico la cadena de miel en Guatemala lo integran 3,500 apicultores, los productores cuentan con 30 colmenas per cápita en promedio (Mondragón et al, 2010).

Según estadística del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, 2011), en nuestro país se reportan 1,435 toneladas métricas de miel, siendo exportado el 80% de su producción. El MAGA, reporta rendimiento promedio de 60 litros por colmena mientras que una colmena tecnificada y en condiciones óptimas produce 100 litros, mientras que una colmena mal manejada solamente produce 40 litros al año.

Son 8,711 colmenas que se trabajan en el departamento de San Marcos, sumando 149,831 litros de miel tal como lo ha registrado el Consejo Nacional de Desarrollo Agropecuario (CONADEA).

A través de la investigación se rompen mitos y paradigmas, al conocer la disponibilidad de polen y miel en un sistema de una monarca por colmena tradicional comparado con un sistema de doble reina, tal como lo señala Rebolledo et. al. (2011) respecto a producción de



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

polen ésta fue estadísticamente significativa cuantificando 1,263 kg de polen con el sistema mono-reina comparado con 2,247 kg en el sistema bi-reina.

Conscientes que para tener aumento poblacional de abejas obreras es importante tener una reina altamente prolifera sin descuidar la reserva de alimento previo a la floración para contribuir con la supervivencia de los enjambres en la época lluviosa y a mejorar la producción tal como lo manifiestan (Medina-Flores, et al., 2019).

Estado del arte

Con los avances tecnológicos que se han obtenido a nivel internacional y el interés de mejorar la vida y productividad de las abejas. La secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) puso en marcha en el estado de Aguascalientes, México “el primer Centro de Mejoramiento Genético de Abeja Reina, con el cual se busca incrementar la productividad del sector apícola del país” (Duran, 2015). La infraestructura contara con tecnología sofisticada, un personal predilecto integrado por investigadores y especialistas en inseminación de abejas integrados al Comité Estatal del Sistema Producto Apícola de Aguascalientes.

Es de suma importancia conocer la evaluación de tres tipos de colmenas criadoras de reinas para determinar el vigor en un experimento diseñado completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones en Proyecto de Investigación y Proyección Social Apícola La Molina (PIPSA – La Molina) de la universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Los tratamientos fueron: colmena criadora de reinas tipo porta núcleo, de reinas de un cuerpo y criadora de reinas de dos cuerpos; mientras que cada repetición estuvo constituida por una población de 15 reinas en crianza artificial por el método DOOLITTLE. Según Cuya (2016) “Los resultados obtenidos para cada una de las variables ensayadas mostraron ligeras diferencias numéricas, mas no estadísticas, por lo que se determinó que cualquier tratamiento es eficaz en la crianza artificial de reinas”.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

El “método Doolittle se ha vuelto convencional al ser utilizado en apiarios criaderos de abejas reinas tal como lo afirma Freitas & Quezada, (2011). Una forma de contrarrestar los efectos negativos de la africanización puede realizarse a través de los programas de mejoramiento genético regionales, evitando la introducción de abejas reinas provenientes de lugares diferentes corriendo el riesgo de introducir nuevas enfermedades y especímenes poco productivos. La inseminación instrumental en *A. mellifera* no es nada nuevo, con esta tecnológica se puede reducir el tiempo y se logra el aceleramiento de avance genético.

Un estudio fascinante en la mejora genética en la apicultura es a través de una “selección masal” dado a conocer por Padilla et al. (2010) ellos indican que en el caso de las abejas es muy particular para la “producción de miel”, ya que la prosperidad de las abejas resulta de la actividad de la reina y las obreras.

Como una primera condición se hace necesario valorar a la reina y a las obreras, si en la producción de miel se considera que las obreras son significativas, se está olvidando de que la reina es la portadora de la herencia. Si la reina pone una gran cantidad de huevos, la puesta debe ser homogénea y cubrir los cuadros de cría y no debe dejar más de 3-5 % celdillas vacías.

Cuando la abeja reina haya cumplido con su labor de muy buena ponedora, toca demostrar la laboriosidad de las abejas hijas u obreras para calificar a la colonia como buena productora al aumentar el volumen de miel.

Es importante mencionar que el estudio a nivel nacional relacionado con la mejora hereditaria de genes de la *Apis mellifera*, mismo que tenía por objetivo seleccionar las abejas con características de mansedumbre, producción y habito higiénico, se obtuvo colaboración de 25 apicultores, muestreando 60 colmenas eligiendo las 20 mejores que presenten



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

peculiaridades indicadas con la finalidad de contar con un lote de colmenas reproductoras para creación de reinas fecundadas. Según García et al. (2017), indicaron que:

En la media productiva de miel fue de 31.75 kg por colmena, el índice de defensividad al momento de darle mantenimiento al apiario fue caracterizado poco dócil (no pican solo vuelvan alrededor de la colmena) y el porcentaje de habito higiénico registrado se calcula en 85% lo que demuestra colmenas libres de agentes extraños en su interior. Las colmenas destinadas para línea paterna heredan la característica de mansedumbre, y las colmenas de línea materna o cría de reinas adquieren la productividad y habito higiénico.

La *Apis mellifera* en su ambiente la amenazan varios factores climáticos o parasitarios tal es el caso de la varroa que en muchas ocasiones a nivel mundial se ha conocido como el Síntoma de trastorno de las colmenas, el ácaro afecta a las colonias de abejas parasitando, por lo es necesario que las poblaciones de abeja crean un mecanismo de defensa como la diligencia higiénica, auto limpieza corporal eliminando de la proliferación del ácaro, por lo que Masaquiza et al. (2019) en sus conclusiones indica que algunas poblaciones de abejas logran convivir con la varroa al mantener un umbral bajo de infestación utilizando mecanismos de protección genética, aprovechados en planes de mejoramiento.

Todo el trabajo del apicultor se refleja en la cosecha de miel y subproductos de la colmena, en su estudio Masaquiza-Moposita et al., (2019) indican que la “producción mostró una media de 25.08 kg de miel por enjambre, sin concordancia con las variables en estudio” (p.170), siendo posible la selección de colonias más dóciles defensivas y con diámetros de celdas mayores, sin menoscabo de la producción de miel, la diligencia sanitaria en un es un proceso de resistencia natural contra las patógenos cuya mutabilidad y genética la consideran como un rasgo básico en programas genetistas, al evaluar el método de picado, utilizando la aguja clásica (instrumento 1) y el instrumento 2, consistente en 100 agujas insertadas en una base de acrílico tal como lo indica Pérez & Demedio (2014) dándonos a



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

conocer los resultados: “luego de matar a las pupas se determinó el porcentaje de celdas limpias a las 24 horas, el apiario mostró valores medios de conducta higiénica de 90,3% con el instrumento 1 y 92,5% con el instrumento 2, sin diferencia significativa” (p.170)

En relación a la conducta higiénica de abejas criollas *Apis mellifera*, que producen miel, polen, cera entre otros, contribuyen con la polinización dentro de la producción agrícola denominándolos agentes polinizadores, Vásquez et al.,(2016) reportaron resultados de impacto interesantes manifestando que a través del método de pinchazo de cría fue evaluado el proceder sanitario de las abejas, como resultado se obtuvo una media del 71.75% de eliminación de celdas con cría muerta calificándose como colmenas levemente higiénicas.

Usando sus patas y mandíbulas las abejas eliminan los ácaros de sus cuerpos a esta acción se le conoce como acicalamiento caracterizado como una habilidad propia. Las abejas africanizadas suelen eliminar de mejor manera del ácaro varroa que las abejas italianas, pasando desapercibido por el apicultor pues su interés en la cosecha de la miel, pero es necesario contar con obreras con alto grado de acicalamiento en particular, consientes que una colmena saludable es más rentable.

Araneda et al. (2010) indicaron como resultado lo siguiente:

Noventa y cinco por ciento de varroas se encontraron sin vida de una población de 2,005; ácaros con daños 49% y sin daños 51%. Con base a estos datos existe la posibilidad de elegir a colmenas con proceder de acicalamiento de importancia como daño dorsal y completo sobre la araña diminuta, considerándolo de mucha utilidad para experimentar la selección de abejas y delinear tácticas de manejo integrado del ácaro *V. destructor*.

A través de investigaciones realizadas con la genética del comportamiento de defensa y resistencia a plagas principalmente varroa destructor, según Arechavaleta-Velasco et al., y García (2021) indican que han tenido un impacto científico y tecnológico al generar métodos



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

para la evaluación, selección y el mejoramiento genético de las abejas melíferas con características indicadas con anterioridad a nivel mundial.

4. Planteamiento del problema

La apicultura se define según Santacruz et al. (2016) como la crianza de abejas para obtener de ella el polen, la miel, propóleos, jalea real, cera, larva de zángano, apitoxina y un aporte incuantificable en la producción agrícola siendo la polinización de frutos para la seguridad alimentaria en los lugares donde se realizará esta actividad del sector primario.

En el 2014, en Guatemala la producción de miel merma en un 30% inculcado por trastornos climáticos a finales de 2013, manifestadas en los altibajos de los periodos de floración que es base para la obtención de alimento (polen y néctar) para las abejas (Pérez et al., 2020, p.10). en este sentido fue afectado el nivel de ingresos de los apicultores.

El cambio climático se adiciona a los elementos que contribuyen a la merma de los productos de la colmena dentro de los apiarios, afectando a nivel mundial por la alteración de los factores climáticos en incidiendo en la conducta de organismos patógenos apícolas que impactan a las abejas causándoles muerte, lo cual se ha marcado en el último quinquenio a nivel del globo terráqueo, tal como lo manifiesta en su diagnóstico (Silva & Restrepo, 2012).

El trabajo de colecta y almacenamiento de polen en periodos cortos, floración interrumpida por lluvias tempranas, vientos fuertes o sequias prolongadas son las hazañas que frecuentan las abejas tal como lo manifiestan Rivera et.al. (2020) incidiendo en la producción de miel por el trastorno climático,

Los periodos largos, el retraso o adelanto de la época lluviosa y el efecto distorsionado de la caída de heladas se están marcando a nivel de país en la última década, están desfasando el ciclo normal de productiva floral como también aumentando la mortalidad de abejas (Silva



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

& Restrepo, 2012). En Colombia también reporto bajas en la producción de miel de abeja; durante los años de 2011 a 2015 la reproducción hasta un 50 a 60% con una producción de 30 kilos por colmena (Infante & Cabrera, 2012).

Según Contreras-Ramírez et al. (2016), las estadísticas indican que ha bajado la producción de miel debido al cambio climático, colonias africanizadas, enfermedades provocadas por varroa, amebas, ácaros traqueales que atraviesan las colonias, sumando a lo descrito anteriormente el desgaste genético de abejas, falta de un banco de abejas reinas con características deseables dentro de las zonas de los bosques mesófilos y la dependencia de abejas introducidas en el medio; influyendo en el medio de productividad y la salud poblacional del enjambre.

Ante esta problemática suscitada surgen las interrogantes siguientes: ¿Cuál es el genotipo actual de las abejas locales en el bosque mesófilo?, ¿Qué caracteres se debería de mejorar a través de selección genética de abejas que incidan en el aumento de producción de miel? Y; ¿Existe disponibilidad de abejas reinas de alto rendimiento para ser sustitutas a cada temporada de producción?

Con el desarrollo de la presente investigación; previo a la medición de variables se realizaron acciones de adaptabilidad de abejas de razas italiana y carneola-italiana provenientes de climas con altura de 300 metros sobre el nivel del mar subidas a los 2,550 m,s.n,m haciendo posible la fecundación de reinas hijas instaladas en el apiario experimental en beneficio de apicultores de la Asociación ADAFIS del municipio de Sibinal, San Marcos.

5. Objetivos

General

Mejorar la genética de la abeja *Apis mellifera* a través de selección bajo condiciones representativas de los bosques mesófilos para el incremento de la productividad de miel y derivados de la colmena.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Específicos

1. Comparar el fenotipo actual de las abejas nativas disponibles con el fenotipo de abejas producto de la hibridación de líneas introducidas de abejas de alto rendimiento.
2. Coadyuvar a la aparición de caracteres deseables a través de selección genética de abejas que incidan en el aumento de producción de miel, baja defensividad, alto grado de higiene dentro de la colmena y acicalamiento como expresión física del genotipo
3. Beneficiar a la conservación del germoplasma de abejas locales mediante la hibridación zánganos con alto rendimiento con abejas reinas de genética mejorada.

6. Hipótesis nula

No existe diferencia significativa entre los tratamientos el cual se contrasta con la prueba de medias de Tukey con significancia al 5%.

7. Método

7.1 Tipo de investigación.

La investigación fue de tipo aplicada (Frascati, 2015) ya que generó nuevos conocimientos sobre el proceso de aclimatación de las abejas provenientes de microclimas presentes a 300 m.s.n.m., llevados a los imperantes bosques mesófilos a más de 2,550 m.s.n.m., al contar con producto genético adaptado; los apicultores podrán crear localmente abejas reinas disponibles en el medio que puedan suplir a abejas seniles poco productivas.

7.2 Enfoque y alcance de la investigación.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo de tipo experimental generando datos; los cuales simultáneamente se estuvieron colectando, procesando y analizando, en forma secuencial se evaluó el volumen productivo de los tratamientos pesando los marcos incrustados dentro de las colmenas en la temporada de cosecha al inicio y al final de cada mes calculando el diferencial. Las lecturas de peso se realizaron cercanas a la época de cosecha de forma quincenal, registrando el peso según el sistema métrico decimal de cada tratamiento.

Se observó el comportamiento de la abeja caracterizando la agresividad que presente al manipular los enjambres en cada tratamiento, a la vez que se monitorea el comportamiento (grado de docilidad), resistencia al ataque de patógenos naturales de las abejas y se observó el grado higiénico

7.3 Diseño de la investigación

Dentro de la investigación se utilizó el enfoque cuantitativo experimental. Una vez pasado el proceso de aclimatación y fecundación de las abejas reinas procedentes del Apiario de Moscamed y apiario Rosales ubicados en el departamento de Escuintla, se eligieron 30 colmenas (unidades experimentales), 10 colmenas hijas provenientes de la raza italiana, 10 descendiente de la raza italiana/carneola y 10 procedentes de material nativo utilizadas como testigo; convirtiéndose en los tratamientos. Se desarrolló el proceso de aleatorización para la distribución de los tratamientos experimentales bloques al azar codificando los tratamientos de la siguiente manera: I; italiana, L: local o testigo y C italiana/carneola seguido de la numeración que identifica las repeticiones tal como aparece en la Tabla 1:

Tabla 1 *Identificación, Aleatorización y distribución de tratamientos*

Tratamiento	Descripción	Distribución aleatoria de tratamientos									
I	Italiana	I8	C1	L4	L10	L1	I6	L2	I1	L9	C10
L	Local	C2	I10	I3	I4	I2	L6	I7	I5	C3	I9



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

C	Italiana/carneola	L7	C4	L5	L8	C5	C6	L3	C7	C8	C9
---	-------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Nota, datos de campo (2024).

La codificación anterior fue establecida en el apiario experimental, cada unidad fue enumerada e identificada según la letra y color del diseño experimental del proyecto.

Las unidades experimentales estuvieron compuestas por cada colmena con población de abejas adultas F2 provenientes de la reina F1. Aleatoriamente se asignado el tratamiento o del tipo de reina para cada unidad experimental llenado a conformar los bloques al azar. El testigo en cada apiario experimental, lo determino una colmena con población de abejas adultas ya existentes en el municipio de Sibinal.

7.4 Población, muestra y muestreo

De acuerdo con la técnica de muestreo bola de nieve discriminatorio exponencial basado en el historial productivo de las colmenas, se identificaron 30 colmenas descendientes de las abejas reinas aclimatadas; 10 de la raza italiana, 10 italiana/carneola y 10 colmenas locales. Las colmenas locales fueron seleccionadas basado en la producción de polen, alta postura, descendientes de un banco de zánganos locales identificado en un radio de 3 kilómetros plenamente georreferenciado.

7.5 Técnicas

Para analizar y comparar el fenotipo de las abejas nativas en contraposición con las abejas producto de la hibridación se entrevistó a los apicultores utilizando para ello una boleta en anexos estructurada basada en los objetivos de la investigación y las variables a evaluar, para conocer el rendimiento los apicultores presentaron un registro de cosecha, se observó el comportamiento de las abejas dentro de los apiarios, así como el manejo que reciben los mismos, todo ello en contraposición con el apiario experimental en donde se tomaron datos de las distintas variables del comportamiento y comodidad de manejo ya en forma técnica.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

La aparición de caracteres deseables a través de selección genética de abejas que incidan en el aumento de producción de miel, baja defensividad, alto grado de higiene dentro de la colmena y acicalamiento como expresión física del genotipo fue la parte medular de la investigación, se realizó siguiendo los pasos del método Doolittle realizando la crianza de abejas reina F1 la cual permitió agendar la reproducción de un gran número de reinas con alto desarrollo, utilizando piezas de madera como base de las copa-celdas artificiales receptoras larvas, en cada una de éstas copa celdas fue introducida una larva de dos días de nacido para iniciar su desarrollo (Rivera et al., 2020).

Las copa-celdas utilizadas fueron de material plástico de 8 mm de grosor por 11 mm de longitud las cuales se instalaron en piezas de madera uniéndolas con cera líquida aplicando una pizca de cera al pie de cada copa-celda adhiriéndolas de esta manera; cada copa-celda fue separada una de la otra a 10 mm para ser un total de 12 en forma estandarizada.

Antes de la inoculación de las larvas dentro de las copa-celdas se aplicó una gota de jalea real disuelta en agua pura para mantener hidratadas a las larvas, en esta actividad estuvieron disponibles panales con larvas recién nacidas (15 - 24 horas de edad).

Las copa-celdas adheridas a las piezas de madera se pasan a marcos provistos de una malla excluidora para su protección, los marcos perduraron dentro del enjambre iniciador durante 2 días, luego fue trasladado a colonias para darle seguimiento al proceso de cría hasta la operculación dentro del cuadro guardián, los núcleos de transferencia estuvieron constituidas por un par de cuerpos, dividido por una reja pequeña excluidora del paso de la abeja reina al cuerpo de debajo de la colmena. Tiempo después las copa-celdas se introdujeron en enjambres de incubación.

El tiempo que se requirió para el nacimiento de las reinas F1 fueron 15 días distribuidos así: tres días fueron huevo, dos de larva y diez días para sacarlas y trasladarla a colmenas madres.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Se implantaron las celdas reales individualmente en el marco aislador que concedió el nacimiento de las reinas finalizando el proceso con la aplicación de alimento artificial.

Traslado y entrada de abejas reina F1 a apiarios experimentales

Las nuevas abejas reinas F1 creadas y fecundadas, introducidas en jaulas plásticas agrupándolas en grupos de 10 para ser trasladada al apiario experimentales designados. Tal como lo establece el método Doolittle, se programó el proceso de huerfanidad tres días antes de la fecha del ingreso de las nuevas reinas, eliminando a las seniles en cada colmena, esto con el fin de garantizar la aceptación de la reina F1 monitoreando celdas reales productivas, las obreras ante la desaparición forzada de abeja reina eliminaron las celdas reales antiguas ante la presencia de las nuevas reinas fecundadas F1 (Rivera et al., 2020).

Evaluación de comportamiento de las abejas

El comportamiento de agresividad es muy difícil de medir puesto que depende de factores climáticos y antropogénicos, si se revisa una colmena cuando existe demasiada bruma la concentración de la población está en la colmena observando mayor agresividad o en época de cosecha las abejas se vuelven más defensivas protegiendo sus reservas, según Contreras-Ramírez et al. (2016) para medir el nivel de agresividad caracterizan a las abejas de la siguiente manera:

El primer nivel representa el valor más agresivo, y se consideran a las abejas como intolerables para el apicultor con experiencia. Reaccionan cuando se revisan las colmenas vecinas; muy difícil su control con suficiente humo. Esto induce su agresión y dispersión hacia los alrededores atacando a semovientes y personas presentes. En el segundo nivel el mecanismo de reacción del enjambre es rápido generando un fuerte zumbido iniciando la picadura en partes expuestas del cuerpo del apicultor. En este estado se pueden controlar con una gran cantidad de humo.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

En el tercer nivel las abejas reaccionan con un zumbido recio y constante, durante el vuelo agresivo las abejas chocan con el velo y el overol del apicultor. En este nivel se consideran como manejables, pero con una gran cantidad de humo. En el cuarto nivel el enjambre reacciona con un fuerte zumbido, después de unos segundos algunas abejas vuelan fuera de la colmena, se puede manipular bien con poco humo. El quinto nivel se considera como el más dócil, al momento de abrir una colmena las abejas permanecen muy tranquilas respondiendo con un zumbido suave y su manejo es tranquilo.

Evaluación de comportamiento sanitario o higiénico

La destreza que poseen las abejas obreras para detectar, desopercular y remover larvas y crías enfermas desde el interior de la colmena hacia el exterior de la colonia se conoce como habito higiénico tal como lo describen (Principal et al., 2008). Este comportamiento es un mecanismo de resistencia ante enfermedades bacterianas, fúngico o parasitario.

Principal et al. (2008) proponen la metodología de Spivak quien clasifica a las colmenas en altamente higiénicas; aquellas en donde las obreras detectan, desoperculan y remueven más del 95% de la cría pinchada en 24 horas. Colmenas moderadamente higiénicas: enjambres cuyas abejas removieron entre el 75-95% de la cría pinchada y levemente higiénicas con tasa de remoción menor al 75%.

Evaluación de la infestación de varroa en abeja adulta

El diagnostico de varroa en las abejas adultas se realizó mediante el método de De Jong et al. (2014) el cual consiste en lavar las abejas con una solución de detergente, enjuagarlas y contar el número de ácaros y las abejas presentes, con los resultados obtenidos se calcularon los indicadores parasitológicos teniendo en cuenta los criterios de Dietemann et al. (2015) igual a la tasa de infestación de abejas adultas: relación porcentual entre el total de ácaros observados y el total de abejas examinadas (Sanabria et al., 2015). Se conto con el apoyo de un apiario propiedad del señor Herculano Gómez en donde se obtuvo material genético local



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

y cámaras de cría. Posterior a los 3 a 5 días de ser introducidas las monarcas F1 en cada una de las colmenas se realizará la liberación de manera paulatina, a la vez que se efectuará pruebas de higiene.

Para beneficiar a la conservación del germoplasma de abejas locales mediante la hibridación de zánganos con alto rendimiento con abejas reinas de genética mejorada, se estableció un banco de zánganos para garantizar la conservación del germoplasma de abejas locales haciendo posible la hibridación con abejas de genética mejorada calculando una colonia de zánganos por cada 25 reinas a fecundar; lo recomendado por (Tiesler & Englert, 1989).

El área experimental posee las características siguientes:

Tres terrazas de 22 metros de largo por 2 metros de ancho

Las colmenas están en centro de la terraza de 2 m y entre cada colmena existe 1.5 m.

Se distribuyeron las 30 colmenas al azar en 3 terrazas sumando 10 unidades experimentales en cada una.

La orientación de la piquera de las colmenas fue al este.

Las colmenas tuvieron 5 marcos con cría.

Las cámaras de cría mantuvieron 9 marcos construidos.

En el alza; las colmenas fueron provistas de 8 marcos con lamina de cera impresa en forma secuencial.

Se emplearon alzas adicionales a colmenas conforme las mismas iban creciendo de población y a requerimiento de la investigación.

El apiario esta entre un bosque protegido e incentivado, seguro y resguardo.

7.6 Resumen de las variables o unidades de análisis

Tabla 2 *Objetivos, variable, instrumentos y unidad de medida o cualificación utilizada en la investigación.*

Objetivo específico	Variable	Instrumentos	Unidad de medida o cualificación
---------------------	----------	--------------	----------------------------------



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Comparar el fenotipo actual de las abejas nativas disponibles con el fenotipo de abejas producto de la hibridación de líneas introducidas de abejas de alto rendimiento.	Población de la colmena	Línea base de registros de producción en el último quinquenio	Bastidores llenos de obreras calculado en peso, considerando 10,000 abejas equivalente a un kilo.
	Calidad de la postura	Inventario de apiarios.	Lo ideal una larva por celda, considerando la compactación y uniformidad de la cría.
	Estado de la colmena (panales)	Registros	Calidad de panales sin deterioro reciente con austeridad de miel y polen
	Población de zánganos	Registros	Población normal de zánganos comprendida entre 1,500 zánganos
Coadyuvar a la aparición de caracteres deseables a través de selección genética de abejas que incidan en el aumento de producción de miel, baja defensividad, alto grado de higiene dentro de la colmena y acicalamiento como expresión física del genotipo	Población de la colmena	Implementación de la técnica Método Doolittle con traslarve manual. Aplicación del diseño experimental completamente al azar Monitoreo de campo a través de observación. Pruebas de campo para nivel de agresividad, higiene y sanidad.	Marcos llenos obreras calculado en peso considerando 10,000 abejas equivalente a un kilo.
	Calidad de la postura	Aplicación del diseño experimental bloques al azar Monitoreo de campo a través de observación. Banco establecido en el sitio experimental dentro	Una larva por celda, considerando la compactación y uniformidad de la cría.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

		del municipio de Sibinal.	
	Estado de la colmena (panales)	Pruebas de campo para nivel de agresividad, higiene y acicalamiento	Calidad de panales sin deterioro, recientes con austeridad de miel y polen
	Población de zánganos	Banco establecido en el sitio experimental dentro del municipio de Sibinal.	Medición de la población normal de zánganos comprendida entre 1500 zánganos.
Beneficiar la conservación del germoplasma de abejas locales mediante la hibridación de zánganos con alto rendimiento con abejas reinas de genética mejorada	Banco de reinas jóvenes con características deseables para la región	Asistencia técnica para el mejoramiento genético.	Disponibilidad de reinas jóvenes en cantidad y calidad
		Registro de producción de reinas locales	Continúa producción de abejas reinas para la región.

Nota: elaboración propia (2024)

7.7 Procesamiento y análisis de la información.

La digitación de los números experimentales dentro de una base diseñada para el efecto, con ello se realizó una revisión de los datos explorados para cada variable estudiada verificando veracidad, el apiario experimental estuvo constituido por las 30 colmenas. La serie informática contuvo datos sobre tratamiento, orden incidencia de higiene, incidencia de plagas, peso por quincena de la producción, la secuencia de peso durante todo el ciclo de la cosecha, la precosecha y postcosecha y la prueba de Stor (Rivera et al., 2020).

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Se utilizó el modelo estadístico definido, así mismo la confirmación de condiciones requeridas por el modelo seleccionado. Para el análisis de los datos estadísticos se utilizó el programa INFOSTAT introduciendo los datos recolectados (Di Rienzo et al., 2020). Asumiendo la probabilidad de encontrar diferencia significativa en los resultados de los tratamientos en cada una de las variables experimentadas se utilizará el modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = El valor de la variable de respuesta en el i-ésimo tipo de reina en la j-ésima colmena de cada apiario

μ = Promedio general de la variable estudiada en las 15 colmenas/apiario

τ_i = Efecto del i-ésimo tipo de reina

ε_{ij} = Variación no controlada entre colmenas de cada apiario.

8. Resultados y discusión

R1. OE1 Comparar el fenotipo actual de las abejas nativas disponibles con el fenotipo de abejas producto de la hibridación de líneas introducidas de abejas de alto rendimiento.

Para analizar y comparar el fenotipo de las abejas nativas en contraposición con las abejas producto de la hibridación se entrevistó a los apicultores basados en una boleta estructurada para el efecto; el relación al rendimiento de las abejas locales fue de 36 kilogramos en promedio (línea base) según datos arrojados durante la investigación la raza italiana/carneola produjo 39.86 kilos superando en 3.86; mientras que el testigo (ya manejada) produjo 38.14 kilos superando en 2.14 kg, no así la raza italiana que se quedó por debajo con 29.24 kilos siendo la diferencia 6.76 kilos. Se observó el comportamiento de las abejas locales al momento de manejar las colmenas entre los apiarios y se catalogó como nivel 2¹, en tanto que las abejas introducidas producto de la hibridación fueron catalogadas en un nivel

¹ Nivel 2: el mecanismo de reacción del enjambre es rápido generando un fuerte zumbido iniciando la picadura en partes expuestas del cuerpo del apicultor. En este estado se pueden controlar con una gran cantidad de humo.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

intermedio o nivel 3². La existencia de paracitos (varroa) solamente se observa sin registrarlos en tanto que en el apiario experimental se denoto una baja proliferación menos del 5%, como tampoco se observa el grado de higiene, en el apiario experimental fue buena (100%) en todos los tratamientos. Los datos complementarios se plasman en la tabla 3.

Tabla 3 Comparación de características fenotípicas de abejas nativas versus abejas de alto rendimiento

No.	Descripción	Abejas nativas	Abejas mejoradas
1.	Características fenotípicas		
	Rendimiento promedio de miel por colmena	36 kg	Italiana 29.24 kg. Local o testigo 38.14 kg Italiana/Carneola 39.86 kg
2.	Grado de docilidad	2	3
3.	Proliferación de varroa	No se registra	Bajo
4.	Grado de higiene	No se registra	Alto
	Manejo y mantenimiento		
5.	Registro de producción	No se lleva	Se ha implementado
6.	Alimentación	Jarabe de azúcar	Jarabe de azúcar, miel, polen
7.	Manejo	Empírico	Técnico
8.	Cambio de reina	3 años o mas	2 años
9.	Origen de las reinas	Zona costera	Local
10.	Banco de zánganos	Sin registro	Implementado
11.	Protección de las colmenas	Laminas, Tablas, nylon	Tapaderas con lamina y pintadas
12.	Base de las colmenas	Troncos, piedras	Blocks
13.	Equipo	Overol, guantes de cuero, velo	Velo, overol, guantes de hule, botas industriales, espátulas

La aparición de caracteres deseables por los apicultores como el incremento en la producción de miel, mediana defensividad de las abejas, alto grado de higiene dentro de la colmena como expresión física del genotipo es se logró observar a través de la selección de abejas aclimatadas en el bosque mesófilo.

² Nivel 3: las abejas reaccionan con un zumbido recio y constante, durante el vuelo agresivo las abejas chocan con el velo y el overol del apicultor. En este nivel se consideran como manejables, pero con una gran cantidad de humo.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

R2. OE2 Coadyuvar a la aparición de caracteres deseables a través de selección genética de abejas que incidan en el aumento de producción de miel, baja defensividad, alto grado de higiene dentro de la colmena como expresión física del genotipo.

Rendimiento

El rendimiento de las abejas se refiere a su capacidad de producir miel y polen. La Regla de Farrar establece una relación cuantitativa entre la cantidad de cría operculada, el número de abejas obreras pecoreadoras y la cantidad de miel que una colmena puede acumular. En esencia, la regla sugiere que a medida que aumenta la población, también lo hace la producción individual de miel de cada abeja, lo que se traduce en una producción exponencial de miel en lugar de lineal. Esta regla se basa en el principio de sinergia, lo que significa que a medida que aumenta la población de una colmena, también aumenta el número de abejas pecoreadoras, lo que a su vez aumenta el rendimiento individual de estas abejas (Ivars, 2023).

Tabla 4 *Valores en kg/colmena en diversas fechas para cada tratamiento*

Tratamiento	Fechas de medición				
	19/11/2024	10/12/2024	20/12/2024	6/01/2025	21/01/2025
Italiana	13.6	17.3	20.4	24.4	28.9
Local	19.9	21.2	23.2	24.5	37.9
Italiana/carneola	16.8	18.5	22.4	30.4	39.9

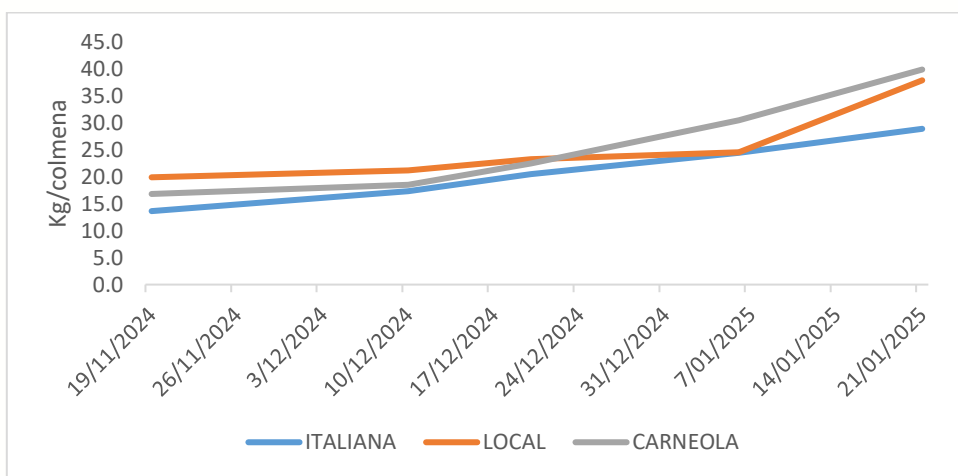
La medición de los valores de peso para cada colmena juega un papel importante para determinar el rendimiento que se puede obtener de ellas, en este sentido si la reina se ha adaptado y comienza con el proceso de consolidación de la colmena esta eleva su peso a medida que pasa el tiempo.

A continuación, se presenta la figura 1 de las diferentes mediciones del peso para las colmenas expresada en kg/colmena donde se puede observar las diferentes tendencias que cada tratamiento presenta, observando que el tratamiento donde hay abejas denominada

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Carneola *Apis mellifera* cárnica se mantenía en una línea por debajo de la abeja denominada local sin embargo tuvo un repunte después de un mes situándose como el tratamiento que mayor peso alcanzo dentro de la investigación.

Figura 1 Líneas de tendencia para cada tratamiento evaluado expresado en kg/colmena.



Nota: la figura muestra cifras de rendimiento ascendente de los tratamientos italiana, local o testigo e italiana/carneola.

Después de conocer las líneas de comportamiento o tendencia para cada tratamiento evaluado se tomaron los valores del último peso en kilogramos de 5 colmenas por tratamiento de mayor a menor identificadas como repetición, estos datos fueron tomado el 21 de enero del presente año el cual se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5 Rendimiento de cada tratamiento expresado en Kg/colmena

Tratamiento	Repetición	Kg/colmena
Italiana	7	38.59
	9	34.05
	8	31.78
	2	20.88
	4	20.88
Local	8	47.67
	4	38.59

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

	3	38.59
	7	36.32
	5	29.51
	7	49.94
	4	41.77
Italiana/carneola	9	37.23
	2	36.32
	3	34.05

Una vez que se han estimado los pesos correspondientes a cada tratamiento se procedió a realizar el análisis estadístico, para determinar si existe un mejor comportamiento de los tratamientos respecto al rendimiento analizado tal como se expresa en la Tabla 6.

Tabla 6 *Análisis de varianza para el rendimiento*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	15	0.36	0.25	19.52

El análisis de varianza nos permite obtener de manera rápida el comportamiento de los datos y de la información evaluada, en este caso el coeficiente de determinación indica que los datos para realizar un modelo de regresión no son muy precisos; no obstante, el coeficiente de variabilidad (CV) está por debajo del 20% de error máximo permitido por lo que se puede indicar que se realizó un buen manejo del experimento y los datos obtenidos son confiables para seguir con el análisis estadístico.

Tabla 7 *Análisis de varianza (SC tipo III).*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	325.17	2	162.58	3.34	0.0703
Tratamiento	325.17	2	162.58	3.34	0.0703
Error	584.26	12	48.69		
Total	909.43	14			

En el cuadro de análisis de varianza el p-valor o la probabilidad de ocurrencia de un evento es de 0.0703 mayor a la significancia 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula indicando

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

que no existe diferencia significativa entre los tratamientos el cual se contrasta con la prueba de medias de Tukey donde se puede observar que, aunque los tratamientos tienen medias diferentes no es posible identificar un tratamiento que haya sobresalido de los demás puesto que estadísticamente no es significativamente diferente tal como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8 Prueba Tukey con significancia del 5%.

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Italiana/carneola	39.86	5	3.12	A
Local	38.14	5	3.12	A
Italiana	29.24	5	3.12	A

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Sanidad

Las abejas son afectadas por el género de ácaros denominado varroa, los cuales son ectoparásitos obligados de las especies de *Apis mellifera*; por ende, es importante producir individuos que formen colmenas resistentes a estos parásitos. Para determinar la densidad de ácaros que afectan a las abejas se procedió a seleccionar varios individuos de abejas por tratamiento observando que la proliferación mayor se detectó en la raza italiana/carneola con un 3%, la densidad de varroa presente en los diferentes tratamientos evaluados esta manifestada en la Tabla 9.

La fórmula utilizada fue: $\text{Densidad} = (\text{No de varroas} / \text{total de individuos muestreados}) * 100$

Tabla 9 Densidad esperada de varroa para cada tratamiento evaluado.

Tratamiento	Abejas evaluadas	No individuos varroa	Densidad
Italianas	122	3	2%
Local	148	2	1%
Italiana/carneola	280	9	3%

En la Tabla anterior se puede observar que la densidad de varroa presente dentro de las colmenas es muy bajo por debajo del 5%, lo que nos indica que las colmenas tienen buena

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

sanidad lo que se traduce en mayor productividad y rendimiento al no estar bajo estrés por el ataque del ectoparásito.

Higiene

Para determinar la higiene de las colmenas se procedió a pinchar con una aguja a 40 celdas que contenían larvas y determinar en 24 horas el número total de celdas que han sido reconstruidas, los tres tratamientos evaluados presentaron alto grado de higiene tal como se presenta en la Tabla 10.

La fórmula para determinar el porcentaje de higiene dentro de la colmena fue la siguiente:
 $\% \text{ Higiene} = (\text{Celdas reconstruidas} / \text{celdas dañadas}) * 100$

Tabla 10 Porcentaje de higiene para cada tratamiento evaluado.

Tratamiento	Repetición	Celdas dañadas	Celdas reconstruidas	% higiene
Italiana	7	40	40	100
	9	40	40	100
	8	40	40	100
	2	40	40	100
	4	40	40	100
	8	40	40	100
Local	4	40	40	100
	3	40	40	100
	7	40	40	100
	5	40	40	100
	7	40	40	100
Italiana/carneola	4	40	40	100
	9	40	40	100
	2	40	40	100
	3	40	40	100

Las quince colmenas evaluadas para los dos tratamientos y el testigo demostraron ser muy higiénicas ya que en un lapso de 24 horas posterior al sacrificio de larvas en las celdas; las

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

abejas ya habían limpiado las mismas rellenándolas con miel para aprovechar la celda que quedo sin la larva.

Docilidad

Para determinar la docilidad de las colmenas se realizó de forma cualitativa estableciendo una escala con valores de 1 a 5 donde 1 es el valor de mayor agresividad y 5 es la mayor docilidad; la Tabla 11 explica los criterios utilizados.

Tabla 11 *Criterios para la categorización de docilidad en las abejas.*

Ponderación	Descripción
1	Más agresivos intolerables, muy difícil su control con suficiente humo
2	Reaccionan con un zumbido fuerte, salen a volar en forma agresiva, chocan con el velo y overol, manejable con gran cantidad de humo.
3	Reaccionan a pocos minutos de dejar de usar de utilizar el humo, así mismo vuelan algunos metros alrededor del apiario en un rango de 100 -200 m
4	Reaccionan con algún zumbido fuerte y pasados algunos segundos, algunas abejas se limitan a sobre volar fuera de la colmena, se puede manipular bien con poco humo
5	Reaccionan poco a estímulos externos, son dóciles durante labores de manejo de las colonias y requieren poco humo.

Nota: Sintetizado de Contreras-Ramírez et al., 2016

Los datos obtenidos para la investigación en términos de análisis de docilidad para cada tratamiento en donde se seleccionaron 5 colmenas; están registrados en la Tabla 12.

Tabla 12 *Docilidad de abejas para los tratamientos evaluados de acuerdo con los criterios establecidos.*

Tratamiento	Repetición	Docilidad
Italiana	7	5
	9	5
	8	2
	2	5
	4	5
Local	8	5
	4	5

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

	3	2
	7	1
	5	5
	7	5
	4	5
Italiana/carneola	9	4
	2	4
	3	2

Para este caso, se le aplicó el análisis de varianza para determinar si existe o no diferencia significativa y concluir que un tratamiento puede considerarse con mayor tendencia a la docilidad o en su defecto comportarse de manera más agresiva que otra colmena; a continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 13 *Análisis de la varianza para la docilidad.*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Docilidad	15	0.05	0.00	38.46

En este caso se puede observar que el coeficiente de determinación tiende más a cero por lo que se puede indicar que al realizar un modelo de regresión con estos datos no se puede predecir con cierto grado de precisión si se comportara de la misma forma en términos de docilidad puesto que hay varios factores naturales como antropogénicos que condicionan en gran medida el comportamiento dócil o agresivo de una colmena.

Tabla 14 *Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).*

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	1.60	2	0.80	0.34	0.07198
Tratamiento	1.60	2	0.80	0.34	0.07198
Error	28.40	12	2.37		
Total	30.00	14			

En el cuadro de análisis de varianza el p-valor o la probabilidad de ocurrencia de un evento es de 0.07198 mayor a la significancia 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula indicando

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

que no existe diferencia significativa entre los tratamientos el cual se contrasta con la prueba de medias de Tukey con significancia al 5% donde se puede observar que, aunque los tratamientos tienen medias diferentes no es posible identificar un tratamiento que haya sobresalido de los demás indicando que en gran medida las abejas manifiestan ser más dóciles que agresivas durante su manejo tal como se presenta en la siguiente Tabla.

Tabla 15 *Prueba Tukey con significancia al 5%.*

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Italiana	4.40	5	0.69	A
Italiana/carneola	4.00	5	0.69	A
Local	3.60	5	0.69	A

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Con toda la información recopilada y analizada anteriormente se busca encontrar características sobresalientes en las colmenas (productividad, sanidad, higiene y docilidad) lo que permitan una mayor producción de miel, polen, entre otros con abejas resistentes a la varroa con características de higiene y sobre todo con alta tendencia a la docilidad, a continuación, se presenta un cuadro resumen con las principales características de cada tratamiento evaluado en la Tabla 16.

Tabla 16 *Cuadro resumen de las principales características de cada tratamiento.*

	Italiana	Italiana/carneola	Local
Rendimiento	29.24 kg/colmena	39.86 kg/colmena	38.14 kg/colmena
Sanidad (varroa)	2%	3%	1%
Higiene	100%	100%	100%
Docilidad	4.40	4.00	3.6

En base a las características más sobresalientes de cada tratamiento se otorga un puntaje nominal de 5 en una escala de 1 a 5 y se estima la proporción para estimar los valores similares de cada tratamiento con el fin de contemplar los valores dentro de esta escala y poder reflejarlo en una gráfica radial que permita una fácil interpretación para observar las variables evaluadas en la presente investigación tal como se presenta en la Tabla 17.

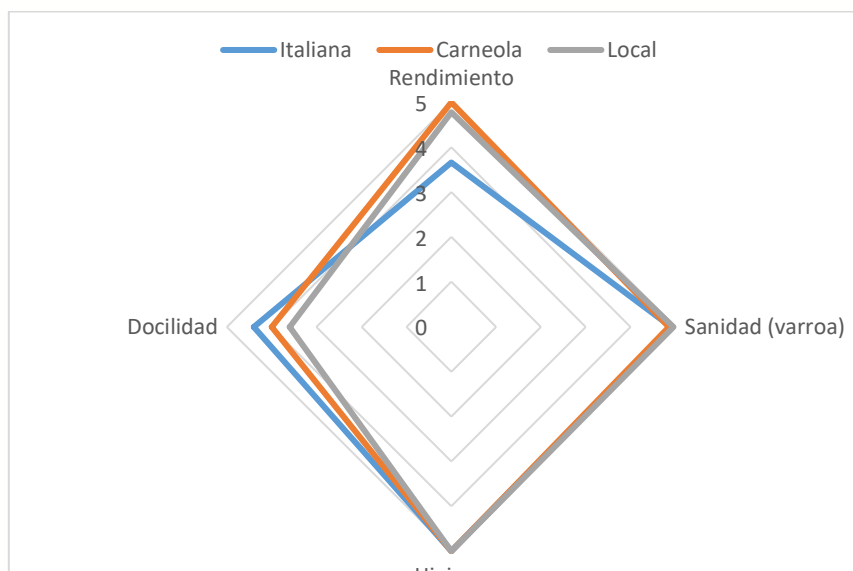
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Tabla 17 *Ranqueo de las variables evaluadas en escala de 1 a 5.*

	Italiana	Italiana/carneola	Local
Rendimiento	3.66	5	4.78
Sanidad (varroa)	4.9	4.85	4.95
Higiene	5	5	5
Docilidad	4.4	4	3.6

En la figura 2, están graficadas los resultados de acuerdo con la ponderación de la escala donde se puede observar que el tratamiento donde se utilizaron abejas de la subespecie (*Apis mellifera* cárnica) comúnmente llamada abejas carneolas son las que mayormente sobresalen en tres de las cuatro variables evaluadas; y la que menor puntaje tiene en las variables evaluadas son las comúnmente denominadas abejas italianas.

Figura 2 *Diagrama radial para diferentes tratamientos en distintas variables evaluadas.*



Nota: la figura demuestra el comportamiento de los tratamientos italiana, italiana/carneola y el testigo o local y las variables de respuesta.

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

R3.OE3 Beneficiar a la conservación del germoplasma de abejas locales mediante la hibridación zánganos con alto rendimiento con abejas reinas de genética mejorada.

Para beneficiar a la conservación del germoplasma de abejas locales mediante la hibridación de zánganos con alto rendimiento con abejas reinas de genética mejorada, fue establecido un banco el cual está compuesto por 109 colmenas ubicadas en 8 apiarios georreferenciados plenamente en un radio de 3,000 m con diversa floración por lo tanto disponibilidad de néctar y polen en bosques incentivados para el resguardo del banco. La existencia de plagas es muy baja, gracias a la posición dentro del bosque mesófilo, la ubicación del banco se presenta en la siguiente Tabla.

Tabla 18 *Ubicación del banco de zánganos.*

No.	Apiario		UTM	Altura	Cantidad colmenas
				msnm	
1	Simón de león	15P 0605489	1676735	2868	12
2	Vinicio Bravo	15P 0605619	1676778	2812	25
3	Benjamín Santizo	15P 0605920	1676392	2804	20
4	Isaías Santizo	15P 0606020	1676429	2771	07
5	Cecilio Bravo	15P 0605986	1676244	2732	08
6	Ovidio Bravo	15P 0605861	1676444	2805	04
7	Amado Santizo	15P 0605180	1676880	2954	15
8	Herculano Gómez	15P 0606435	1675826	2558	18
Total					109

Discusión de resultados

Basados en los que indican García et al. (2017), en su estudio, la media productiva de miel fue de 31.75 kg por colmena, el índice de defensividad al momento de darle mantenimiento al apiario fue caracterizado poco dócil (no pican solo vuelvan alrededor de la colmena) y el porcentaje de habito higiénico registrado se calcula en 85% lo que demuestra colmenas libres de agentes extraños en su interior.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Las abejas de alto rendimiento (italianas e italiana/carneola) fueron abejas reinas vírgenes como producto del mejoramiento genético de abejas para incrementar la productividad de colonias ante el cambio climático propuesto por Rivera et al. (2020) provenientes de un clima a 300 m.s.n.m. introducidas al municipio de Sibinal para poderse aclimatar en ambientes a 2,250 m.s.n.m., luego ser cruzadas con el fenotipo de las abejas nativas del municipio de Sibinal San Marcos que se caracterizaron principalmente por el rendimiento de 36 kilos de miel por colmena, buena producción de polen bajo condiciones naturales y manejo empírico, del producto del cruce fueron creadas y fecundadas nuevas reinas; las cuales sirvieron de material genético para la investigación llevándolas al apiario experimental.

Para conocer la expresión física del genotipo con relación a caracteres deseables se evaluó lo siguiente:

Rendimiento

Se pudo evaluar la capacidad productiva de las abejas para coleccionar y almacenar néctar y polen en áreas en donde regularmente las épocas de floración frecuentemente son interrumpidas por lluvias tempranas, vientos fuertes o con sequías prolongadas. Según Pérez et al. (2020) dentro de la evaluación reportaron 24.68 kilos en promedio de miel para la venta por colmena de abejas nativas en el año 2020 en el municipio de Sibinal, Masquiza-Moposita et al., (2019) indicaron que la “producción mostró una media de 25.08 kg de miel por enjambre, sin concordancia con las variables en estudio” (p.170),

En el departamento del Peten, Charry et al. (2023), reportan un rendimiento de 28.15 kg de miel de exportación por colmena.

Si comparamos los datos del nivel de rendimientos anteriores con el mejor tratamiento (italiana/carneola); que llegó a producir 39.9 kg por colmena en promedio superó en 41% su producción, no está demás indicar que por la ubicación del municipio se cataloga como miel orgánica y multifloral.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Según Cuya (2016) “Los resultados obtenidos para cada una de las variables ensayadas mostraron ligeras diferencias numéricas, mas no estadísticas, por lo que se determinó que cualquier tratamiento es eficaz en la crianza artificial de reinas”.

Para nuestro caso, en el análisis de varianza la probabilidad de ocurrencia de un evento es de 0.0703 mayor a la significancia 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula indicando que: no existe diferencia significativa entre los tratamientos el cual se contrasta con la prueba de medias de Tukey: aunque los tratamientos tienen medias diferentes no es posible identificar un tratamiento que haya sobresalido de los demás puesto que estadísticamente no es significativamente diferente dándonos una idea de la similitud del experimento; siendo cualquiera de los tratamientos aptos para la crianza de abejas reinas.

En cuanto a la Sanidad de las colmenas, Masaquiza et al. (2019) indican que algunas poblaciones de abejas logran convivir con la varroa al mantener un umbral bajo de infestación utilizando mecanismos de protección genética, aprovechados en planes de mejoramiento. La infestación de varroa en abeja adulta según Contreras-Ramírez et al. (2016) presentó diferencias significativas ($p = .03$) en infestación de varroa, el apiario de Tacotalpa presentó mayor índice de infestación (6.6%) tanto que entre Huimanguillo y Centla el porcentaje fue menor (3.4% y 2.1% respectivamente)

La densidad de varroa presente dentro de los tratamientos y el testigo de nuestra investigación está por debajo del 5%, lo que nos indica que las colmenas tienen buena sanidad lo que se traduce en mayor productividad y rendimiento al no estar bajo estrés por el ataque del ectoparásito que succionan la hemolinfa, provocan malformaciones en las abejas; dificultando su desplazamiento normal.

Las abejas poseen un dote social y cooperativo el cual proporciona protección contra paracitos, mediante el comportamiento higiénico, En relación con la higiene, Pérez & Demedio (2014), presentan resultados describiendo lo siguiente; “luego de matar a las pupas



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

se determinó el porcentaje de celdas limpias a las 24 horas, el apiario mostró valores medios de conducta higiénica de 90,3% con aguja clásica y 92,5% con aguja a base de acrílico 2, sin diferencia significativa” (p.170).

Vásquez et al, (2016) reportaron resultados de impacto interesantes manifestando que a través del método de pinchazo de cría en abejas criollas fue evaluado el proceder sanitario de las abejas, como resultado se obtuvo una media del 71.75% de eliminación de celdas con cría muerta calificándose como colmenas levemente higiénicas.

Todas las colmenas evaluadas para los diferentes tratamientos en la localidad de los bosques mesófilos de la cadena volcánica demostraron ser muy higiénicas ya que en un lapso de 24 horas posterior al sacrificio de larvas en las celdas; las abejas ya habían limpiado las mismas rellenándolas con miel para aprovechar la celda que quedo sin la larva dando un indicio de la benignidad de las colmenas.

En relación con la docilidad, según Contreras-Ramírez et al. (2016), el comportamiento defensivo de las abejas presentó diferencia significativa ($p < 0.001$). Siendo Tacotalpa el municipio con las colmenas más defensivas con un valor de 1.7. Lo que las ubica en el nivel uno, aunque muy cercano al nivel dos. Entre abejas africanizadas y carniolas la defensividad fue significativa ($p = .0008$). El valor de las abejas carniolas fue de 4.4; mientras que para las africanizadas fue de 2.6. Lo que demuestra que las abejas africanizadas son más defensivas. El estudio realizado por Vásquez et al. (2016), el temperamento de las abejas criollas fue variable encontrándose según la Tabla N.º 02 un 13.33% de colmenas poco dóciles, 33.33% de agresivas y 53.33% de muy agresivas, temperamento característico de las abejas criollas.

Para la presente investigación se realizó el análisis de varianza en donde la probabilidad de ocurrencia de un evento es de 0.07198 mayor a la significancia 0.05 indicando que no existe diferencia significativa entre los tratamientos contrastándolo con la prueba de medias de Tukey con significancia al 5% donde se puede observar que, aunque los tratamientos tienen



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

medias diferentes no es posible identificar un tratamiento que haya sobresalido; las abejas manifiestan ser más dóciles que agresivas durante su manejo.

Según Rivera et al. (2020) en su investigación verifíco que el banco de zánganos establecido reunía condiciones y características deseables resaltando la existencia de enjambres de abejas melíferas con zánganos adultos, en un radio de 3 kilómetros con una colonia de zánganos por cada 25 reinas a fecundar, con alta disponibilidad de polen, áreas protegidas, ausencia de enfermedades y depredadores de abejas melíferas, con disponibilidad de proveer de alimentación artificial a las colonias.

Para nuestro caso se tuvo el especial cuidado de acatar lecciones aprendidas para beneficiar a la conservación del germoplasma de abejas locales estableciendo en el área de atención un banco de Zánganos con diversa floración, según Pérez et al. (2020) existen 101 especie floral melífera dando con resultado amplia disponibilidad de néctar y polen, se encuentra establecido dentro de bosques incentivados (PINPEP) para su resguardo. La existencia de plagas es muy baja gracias a la posición dentro del bosque mesófilo, dándonos una idea de similitud de las características del banco de zánganos siendo aceptable.

9. Beneficiarios directos e indirectos

Tabla 19 *Beneficiarios directos e indirectos de la investigación.*

Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de beneficiarios directos	de Beneficiarios indirectos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de Beneficiarios indirectos

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

	Ministerio de Agricultura, ganadería y Alimentación MAGA	2	Ministerio de Agricultura, ganadería y Alimentación MAGA	60
	Oficina municipal OMDELSAN	15	Municipalidad de Sibinal	75
	Asociación de desarrollo Agroforestal Sostenible ADAFIS	15		75
	Asociación Dulce Néctar	15		75
	Grupo Primavera	12		60
	Centro Universitario de San Marcos	4		20
			Secretaría de Seguridad alimentaria y nutricional SESAN	40
		63	0	345

Nota: trabajo campo (2025).

10. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.

La divulgación de los resultados se llevó a cabo mediante la planificación y ejecución de 6 actividades específicas con las cuales se divulgo los alcances obtenidos a través de la exploración del comportamiento fenotípico de las abejas; disponible el material didáctico para realizar réplicas de difusión.

Tabla 20 Actividades de divulgación y difusión de resultados.

Descripción	Observaciones
Recursos audiovisuales (video)	Se edito un video mov con duración de 4 minutos, para el acceso consulte el siguiente enlace:



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Descripción	Observaciones
	https://www.dropbox.com/scl/fi/6ccvkg53ssp2tmg8sgqza/video-de-difusi-n-resultados.MOV?rlkey=b97yopk1x9fa4i57p9evl93ec&st=tatmlwfz&dl=0
Talleres	En las comunidades de Unión Reforma (La Primavera) y aldea Cuevas del Platanillo (Asociación Dulce Néctar) se divulgaron los resultados mediante talleres tal como se observa en el informe de difusión; consulte el siguiente enlace: https://www.dropbox.com/scl/fi/58hj9melg29g0681mxyvg/InformeFinal-Apis-mellifera-Digi-2024.docx?rlkey=m9wb0gt9sqafyzs7g98scr37l&st=auqdqiye&dl=0
Publicación de artículo científico	El artículo científico fue subido a la plataforma de la revista de Investigación Proyección científica del Centro Universitario de San Marcos, Instituto de Investigaciones, Universidad de San Carlos de Guatemala, https://revistacusam.com/index.php/revista/index
Divulgación por redes sociales institucionales	A través de Facebook live de la municipalidad de Sibinal se publicaron resultados adquiriendo 2,500 visualizaciones https://www.dropbox.com/scl/fi/a6ulcfp9yghjdrnpfstwx/convocatoria-difusion-de-resultados.jpg?rlkey=dreqlihnfir2d5nzhv6nwhlj6v&st=ueusyf9e&dl=0
Presentación pública	Se realizó una presentación pública sobre los resultados obtenidos a la corporación municipal, oficinas municipales, ADAFIS y MAGA intercambiando diplomas de reconocimiento tal como aparece en el informe de difusión. https://www.dropbox.com/scl/fi/rqmplxpnuwz711yrfg90i/informe-Difusi-n_resultados_abeja-reina.docx?rlkey=s75fem0pyyiyhj2z89zbzvbs&st=4i74tc7c&dl=0
Trifoliales	Fueron impresos 200 trifoliales entregados a apicultores, estudiantes y técnicos, según nómina de entrega del informe de difusión, en el siguiente enlace se puede consultar: https://www.dropbox.com/scl/fi/1phlh205uq81v7o0f90wm/trifoliar_mejorameinto_de_abeja2502.pdf?rlkey=n50i4aax5sco790xh7f7y1g57&st=ym1cvggm&dl=0



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

11. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)

El ODS 2 Hambre cero: A través del mejoramiento genético de las abejas se disminuirá la inseguridad alimentaria y la mala nutrición, promoviendo la agricultura sostenible. Dada la creciente presión sobre los ecosistemas, el mayor alcance de la producción de alimentos debe de ser de manera sostenible y ecológicamente racional al mantener parte de la biodiversidad. ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico: Para recuperar la economía nacional se hace necesario implementar el proyecto que se presenta; como un aporte para los apicultores para que sean más apicultores no en número sino en crecimiento personal. La estimulación del crecimiento económico se ha logrado a través del aumento de los escaños de producción tecnológica.

Objetivo 17: Alianza para lograr los objetivos: A través del intercambio de ideas y acceso a la tecnología se propiciará la innovación por lo que será necesario una alianza iniciando a nivel local entre los apicultores y la Academia para lograr el objetivo,

12. Vinculación

Para lograr la consecución de los resultados de la investigación, dentro del municipio de Sibinal, se establecieron vínculos a través de alianzas estratégicas con entes rectores como la municipalidad de Sibinal específicamente con la Oficina Municipal de Desarrollo Económico y Seguridad Alimentaria y Nutricional OMDELSAN, encargada de fomentar los emprendimientos, con la Agencia Municipal de extensión Rural AMER del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

También con entidades no gubernamentales como la Asociación Dulce Néctar y la Asociación de Desarrollo Agroforestal Integral Sostenible ADAFIS (Miel del Futuro y Miel del Valle), pioneros de la crianza de abejas reinas y la carrera de Agronomía del Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala vinculando a 2



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

estudiantes a fin de fortalecer información sistematizada sobre la selección de colmenas para mayor productividad.

El Instituto de Investigaciones IDICUSAM, pondrá a la disposición de entidades interesadas y productores los resultados obtenidos a la vez que se seguirá con las difusiones de datos que contengan información relevante sobre genómica, fenotípica y de germoplasma.

13. Conclusiones

La comparación del fenotipo actual de las abejas nativas con aquellas resultantes de la hibridación con líneas introducidas de alto rendimiento permitió identificar a través del análisis cuantitativo y cualitativo características productivas y de comportamiento, siendo relevante el rendimiento, con valor medio de 39.86 Kg/colmena para la línea de hibridación Carneola/italiana (la de mayor productividad) en contraste a 36 kg/colmena reportado para las abejas nativas siendo superada en 10.72%; no obstante, la prueba estadística de Tukey para analizar las medias indica que no existe diferencia significativa ($p=0.05$), enseñando que la producción fue similar para el grupo estudiado. En cuanto a las características de docilidad, sanidad e higiene tanto en el análisis cualitativo como en el análisis estadístico revela que el comportamiento es similar para las colmenas de abejas nativas como las colmenas resultantes de hibridación.

La línea de hibridación Carneola/italiana tuvo una producción de 39.86 Kg/colmena, alta docilidad (valor de 4 en la escala de ponderación de acuerdo a Contreras-Ramírez et al., 2016), acicalamiento y comportamiento higiénico superior al 95%; no obstante, la línea de hibridación Italiana fue la que menor productividad presento 28.9 Kg/colmena; pero destaco en aspectos de docilidad (valor de 4.4) superior a la línea Carneola/italiana y en aspectos de sanidad, acicalamiento e higiene alcanzo un valor del 98%; de esta manera se puede indicar que la selección genética coadyuba a la mejora de caracteres deseables, demostrando ser una



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

estrategia eficaz para potenciar las cualidades productivas y sanitarias de las colmenas, reflejando una expresión fenotípica favorable del genotipo.

La hibridación dirigida entre zánganos de alto rendimiento y reinas vírgenes de genética mejorada compuesto por 109 colmenas, en un periodo de 9 meses contribuyó de forma positiva en la conservación y fortalecimiento del germoplasma de abejas locales, indicando que estos se adaptaron al clima presente en altitudes superiores a 2,250 metros sobre el nivel del mar logrando la reproducción e hibridación; con ello se asegura la preservación de su valor genético y adaptabilidad al entorno del bosque mesófilo.

En términos generales se puede indicar que la mejora genética de *Apis mellifera* bajo condiciones propias de los bosques mesófilos a altitudes superiores a 2,250 metros sobre el nivel del mar, evidencian un incremento en la productividad de miel y subproductos, confirmando que las condiciones ecológicas locales pueden ser aprovechadas estratégicamente para el desarrollo de líneas genéticamente superiores de las cuales destaca principalmente la línea de hibridación Carneola/italiana; sin embargo, es importante mencionar que el grado de docilidad es un aspecto subjetivo donde varios factores naturales como antropogénicos condicionan el comportamiento dócil o agresivo de una colmena.

14. Recomendaciones

Es importante darle mantenimiento oportuno del banco de zánganos establecido de igual manera fomentar la labor de conservación y mantenimiento de la genética de las abejas reina aclimatadas.

Desarrollar validación de los resultados obtenidos para el tratamiento italiana/cárnica a través de metodologías aplicables para tal fin, que a su vez permitan vincular zonas templadas del municipio con potencial para convertirse en centros de fecundación de abejas reina mejorada.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Desarrollar eventos de capacitación y asistencia técnica sobre manejo técnico de abejas reina dirigido a apicultores dedicados a la producción de miel de abejas; y a los que se dedican al proceso de reproducción, crianza y comercialización de abejas reina en el área de influencia de la zona evaluada.

Referencias

- Araneda D., X., Bernal M., M., Solano S., J., & Mansilla V., K. (2010). *Comportamiento de acicalamiento de abejas (Hymenoptera: Apidae) sobre varroa (Mesostigmata: Varroidae)*. Colombiana entomologia.
- Arechavaleta-Velasco, M. E., García-Figueroa, C., Alvarado-Avila, L. Y., Ramierez-Ramirez, F. J., & Alcalá-Escamilla, K. I. (2021). Resultado e impacto de la investigación en genética y mejoramiento genético de las abejas melíferas desarrolladas por el INAFAP en México. *Mex Cienc Peru*, 224-242. <https://doi.org/10.22319>
- Arguello Najera, O., Vandame, R., & Payró De La Cruz, E. (2014). *Mejoramiento Genético de Abejas melíferas por Selección*. Mexico: Colegio de la Frontera del Sur.
- Arvey Martinez, O., & Egea Soares. (2012). Melhoramento genético na apicultura comercial para produção da própolis. *Brasileira de Saude Produção Animal*, 4.
- Ccanto Espinoza, Y., & Veliz Lagones, M. A. (2023). *Diagnóstico de la producción apícola en la cuenca del río Mantaro*. Peru: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Charry, A., Claros, L., & Wicel, J. (2023). *Análisis y priorización de alternativas de producción sostenible para las comunidades de la reserva de la Biosfera Maya en Guatemala*. Bioversity y CIAT.
- Contreras-Ramírez, D. N., Pérez León, M. I., Payró-de la Cruz, E., Rodríguez-Ortiz, G., Castañeda-Hidalgo, E., & Gómez-Ugalde, R. M. (Nov./dic, de 2016). Comportamiento defensivo, sanitario y producción de ecotipos de *Apis Mellifera* L. en Tabasco, Mexico. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, pág. 4.
- Cruz Aldana, E. D. (2011). *Producción y comercialización de miel de abeja en la aldea Nueva Jerusalem, Ixcán, El Quiché*. Guatemala: USAC.
- Cuya, J. C. (2016). *Comparativo de tres tipos de colmenas en la crianza de abejas reinas*. Tesis, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Obtenido de



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2850/L01-O742-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Dadant, C., & Sons. (1975). La colmena y la abeja melífera. En C. Dadant, *La colmena y la abeja melífera* (págs. 47-66). Hemisferio Sur.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzales, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *InfoStat Versión 2020*. (FCA, Ed.) Obtenido de Centro de Transferencia InfoStat: <http://www.infostat.com.ar>
- Duran, R. (6 de 2 de 2015). Crean Centro de Mejoramiento Genético de Abeja Reyna en Aguas Calientes. *Lider Empresarial*. Obtenido de <https://www.liderempresarial.com/crea-sagarpa-primer-centro-de-mejoramiento-genetico-de-abeja-reina-en-aguascalientes/>
- Freitas, C. D., & Quezada Euán, J. (2011). Las abejas reinas en los sistemas apícolas. *Bioagrobiocencias Transferencia de Tecnología*, 4(2), 28-31.
- García Salas, M., Luna Pimentel, E., Sandoval López, J., & González Estrada, M. (30 de 11 de 2017). Selección para el mejoramiento Genético de las abejas *Apis mellífera*. *Ciencia Multidisciplinaria CUNORI*, 1(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.36314/cunori.v1i1.19>
- Infante, D., & Cabra, L. (Dirección). (2012). *Mejoramiento Genético de abejas (Apis mellífera) africanizadas en Colombia* [Película].
- Ivars, J. (1 de noviembre de 2023). *La regla de Farrar: Optimizando la Producción de miel en la apicultura*. Obtenido de <https://www.latiendadelapicultor.com/blog/regla-de-farrar/>.
- Masaquiza Moposita, D. A., Curbelo, L. M., Díaz Monroy, B. L., & Arenal Cruz, A. (2019). Varroasis y mecanismos de defensa de la abeja melífera (*Apis mellífera*). *Producción animal*, 76-87.
- Masaquiza-Moposita, D. A., Curbelo Rodríguez, L. M., Díaz Monroy, B., & Arenal Cruz, A. (2019). Relaciones entre producción melífera, defensividad y diámetro de celdas de cría de *Apis mellífera* L; en el altiplano Ecuatoriano. *Producción animal*, 1-9.
- Medina-Flores, C. A., Guzmán-Novoa, E., Aguilera Soto, J. I., López Carlos, M. A., & Medina-Cuellar, S. E. (2019). Condiciones poblacionales y alimenticias de colonias de abejas melíferas (*Apis mellífera*) en tres regiones del altiplano semiárido de México. *Mex Cienc Peru*, 199-212.
- Mondragón Cortez, P. M., Rodríguez Rodríguez, R., Reséndiz Vásquez, J. A., Ullola, J. A., & Ullola, P. R. (2010). La miel de abeja y su importancia. *Fuente*, 11-18.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Municipalidad de Sibinal San Marcos. (1 de mayo de 2020). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial PDM-OT*. Obtenido de Portal_Segeplan:
https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/06/1208_PDM_OT_SIBINAL.PDF
- Municipalidad de Sibinal, San Marcos. (Mayo de 2020). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial PDM-OT*. Obtenido de Portal_Segeplan:
https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/06/1208_PDM_OT_SIBINAL.pdf
- Nates-Parra, G. (2011). GENÉTICA DEL COMPORTAMIENTO: ABEJAS COMO MODELO. *Sistema de Información Científica Redalyc*, 1-18.
- Padilla Alvarez, F., Flores Cerrano, J., Campano Cabanes, F., & Gómez Carpio, M. (2010). La mejora genética en la apicultura. *El Colmenar* 5(97), 8. Recuperado el 15 de mayo de 2020, de
http://www.uco.es/dptos/zoologia/Apicultura/trabajos_libros/2010_Mejora_abejas_1_El_Colmenar.pdf
- Pérez Hernández, A., & Demedio Lorenzo, J. (2014). Evaluación de la conducta higiénica en colmenas de abejas *Apis mellifera* L. por el método del pinchado con dos instrumentos. *Salud Animal*, 170-177. Obtenido de
<http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2014000300006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0253-570X.
- Pérez Vásquez , C. O., Fuentes Fuentes, M. E., & Palacios Callejas , C. M. (2020). *Merma en producción de miel de abejas Apis mellifera en la cadena volcanica* . DIGI USAC.
- Principal , J., D'Aubeterre, R., Barrios , C., Puzzar, S., García , S., & Fuselli , S. (26 de 2 de 2008). Comportamiento higiénico de las abejas africanizadas (*Apis mellifera scutellata* Lepeletier) en apiarios del estado de lara. *Zootecnia Tropical* , págs. 167-173.
- Quesada, P. D. (25 de 02 de 2018). ¿Que el la apicultura? *El Blog de Sanidad Apícola*, págs. 1-10. Obtenido de <http://apis.vet/que-es-la-apicultura>
- Rebolledo R., R., Riquelme C., M., Huaquil V., S., Sepúlveda Ch., G., & Aguilera P., A. (2011). Estudio comparativo de la producción de polen y miel en un sistema de doble reina versus una por colena en la Araucaria, Chile. *IDESIA (Chile)*, 139-144.
- Rivera, R., Rendón , P., Barrientos , M., & Ibarra, J. (2020). *Mejoramiento Genético de abejas Apis mellifera para incrementar la productividad de colonias ante el cambio climático* . CRIIA.



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

- Rojas , S. E., Macias-Macias , J. O., Tapia-González, J. M., Contreras-Escareño, F., De León Mantecón , M. J., & Silva-Contreras, A. (2015). Selección de abejas (*Apis Mellifera*) con baja defensividad y su relación con el ambiente en Jalisco, Mexico. *Abanico veterinario*, 44-50.
- Salamanca Grosso, G., Osorio Tangarife, M. P., & Aroca Narváez, M. J. (2022). Caracterización morfométrica de abejas y zánganos (Hymenoptera: Apidae) en una nueva zona de congregación en Bocaya, Colombia. *Temas Agrarios*, 331-344.
- Sanabria, J. L., Demedio , J., Pérez , T., Peñate, I., Rodríguez, & Lóriga, W. (mayo agosto de 2015). Indices de infestación por *Varroa destructor* en colmenas sin medidas de control. *Salud Animal*, págs. 118-124.
- Santacruz, E. I., Martínez-Benavides, J., & Jurado-Gámez, H. (1 de junio de 2016). Identificación de Flora y Análisis Nutricional de Miel de Abeka Para la Producción Apícola. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, págs. 37-44. [https://doi.org/dx.doi.org/10.18684/BSAA\(14\)37-44](https://doi.org/dx.doi.org/10.18684/BSAA(14)37-44)
- Sau Navarro , M. A., & Parra Galindo , M. A. (2008). *Generalidades del Mejoramiento Genetico en abejas* . Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones.
- Silva, L., & Restrepo, S. (2012). *Flora Apicola: Determinación de la oferta floral como mecanismo para optimizar produccion, diferenciar productos de la colmena y mejorar la competitividad*. Colombia : Instituto Humboldt.
- Tiesler, F. K., & Englert, E. (1989). *Cria, apareamiento y uso de reinas*. Munich, Alemania : Ehrenwirth Verlag.
- Tunez Sanchez, E. (1996). *Manual de producción de miel orgánica*. Mexico: Universidad Autonoma de Colima.
- Valega, O. (S/D de Agosto de 2009). Selección y trabajos previo a la cria de reinas. *Apicultura sin fronteras*, págs. 1-16.
- Vásquez Arca, O. C., Mestanza Arca, B. S., & Alarcón Silva , R. (2016). Características morfométricas, comportamiento higiénico y agresividad de abejas criollas *Apis mellifera* sp. *Investigación y cultura* , 16-23.
- Villanueva, G. R., & Colli-ucan, W. (1996). *La Apicultura en la Península de Yucatan México y sus perspectivas*. México: Colegio de la Frontera del Sur.
- Zamora Pirique, J. C. (03 de 03 de 2016). *Diagnostico Socioeconómico, potencialidades productivas y propuesta de inversión Sibinal*. Obtenido de Biblioteca USAC: HTTP://Biblioteca.usac.edu.gt/EPS/3/3_0916_v11.pdf



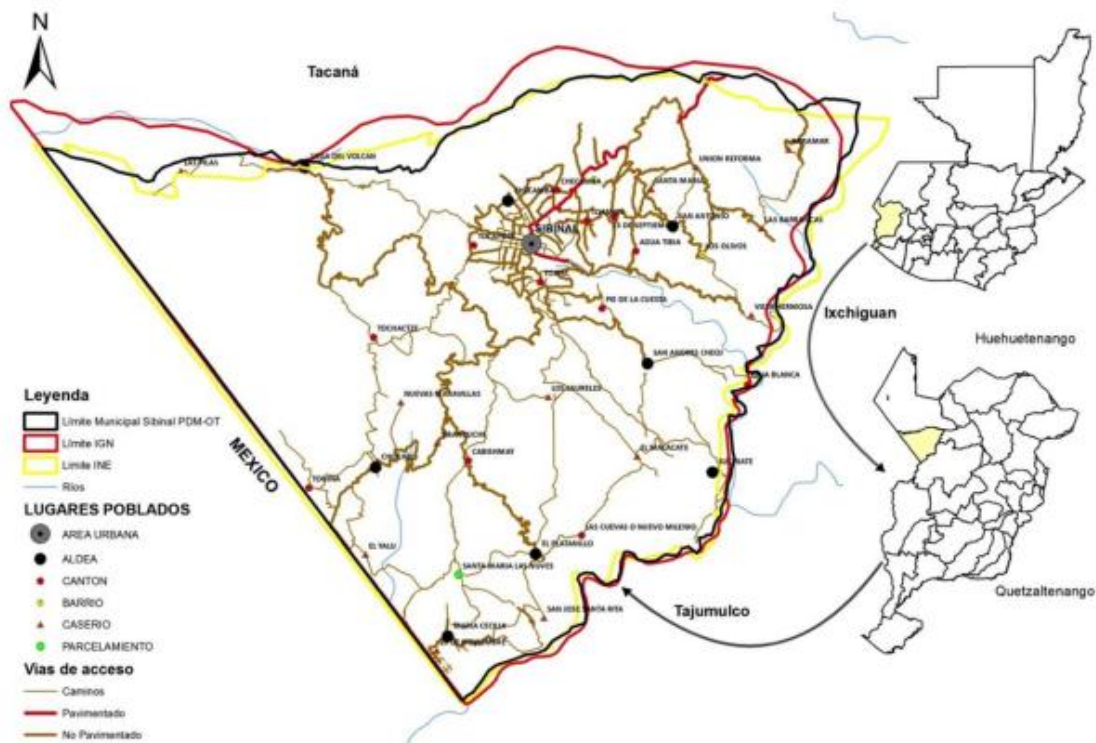
Informe final de Proyecto de Investigación 2024

ZAMORA PIRIQUE, J. C. (2016). *DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO, POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS Y PROPUESTAS DE INVERSIÓN*, SIBINAL. Obtenido de Biblioteca-Usac:
http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0916_v11.pdf

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Apéndice

Figura 3 *Ubicación geográfica del municipio de Sibinal, departamento de San Marcos.*

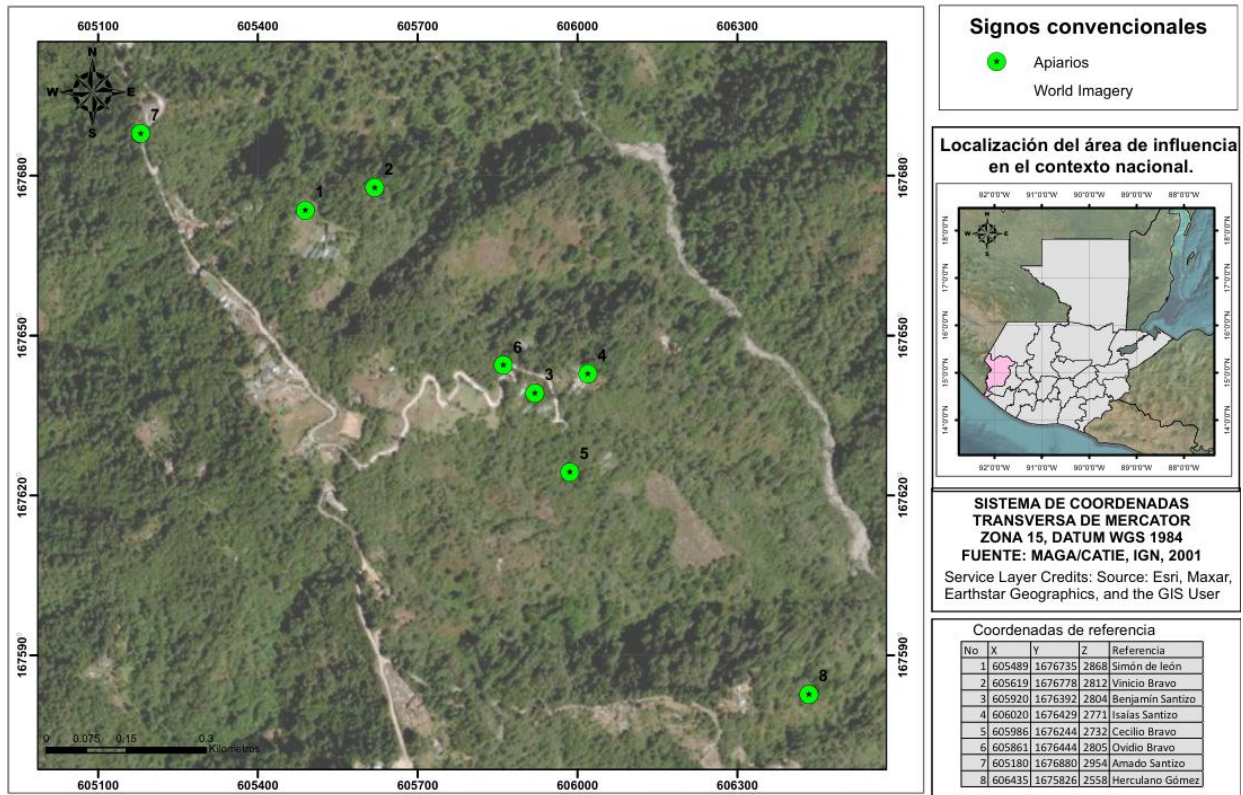


Nota: capas de información DMP, municipalidad de Sibinal, INE e IGN

Fuente: (Municipalidad de Sibinal, San Marcos, 2020)

Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Figura 4 Ubicación del banco de Zánganos, Sibinal, San Marcos.





Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Boleta de recolección de datos

PROYECTO: Mejora genética de la abeja *Apis mellifera* para el incremento de la productividad en los bosques mesófilos de la cadena volcánica

Objetivo: Mejorar la genética de la abeja *Apis mellifera* a través de selección bajo condiciones representativas de los bosques mesófilos para el incremento de la productividad de miel y derivados de la colmena.

PRIMERA SECCIÓN: Información general.

1. ¿Cuántos años de experiencia tiene como apicultor? _____
2. ¿Qué productos obtiene de la colmena? _____
3. ¿Cuántas colmenas posee su apiario? _____
4. ¿Han tenido experiencia en la reproducción de abejas reinas? _____
5. ¿Se ha capacitado en temas sobre reproducción de abejas reinas? _____
6. ¿Cuál es la ubicación geográfica del área de los apiarios experimentales? _____
7. ¿El grupo de apicultores está afiliada a una organización? Si ____ No ____
Especifique: _____
8. ¿Cuántos apicultores trabaja a nivel grupal? _____
9. ¿Está el grupo de apicultores legalizado Si ____ No ____
10. ¿Cuál es el tipo de legalización? _____

SEGUNDA SECCIÓN: Fenotipo actual de las abejas nativas

1. ¿Cuántos apiarios existen en la comunidad? _____
2. ¿Cuál es el origen de las colmenas? _____
3. ¿Realiza recambio de las abejas reinas seniles por jóvenes? ¿Si ____ No ____ a cada cuánto tiempo? _____
4. ¿en dónde adquiere las reinas _____
5. ¿De qué raza son las abejas que ha adquirido? _____
6. ¿Cuántos kg de miel produce por colmena? _____



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

7. ¿Cuál es el temperamento de las colmenas; en rango de uno a 5 considerando el numero uno como muy agresivo y el 5 como dócil? 1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____ 5 ____
8. ¿Existe presencia de varroa en las colmenas? Si ____ No ____
9. ¿En que estadio ataca la varroa a las abejas? huevo ____ Larva ____ adulto ____
10. ¿Ha realizado pruebas de higiene en las colmenas?
Si ____ No ____ Especifique: _____

TERCERA SECCIÓN: Caracteres deseables a través de selección genética de abejas que incidan en el aumento de producción de miel, baja defensividad, alto grado de higiene dentro de la colmena.

1. ¿Cuántos kg de miel le gustaría producir por colmena? _____
2. ¿Qué indumentaria personal utiliza para el manejo de su apiario? _____
3. ¿Qué equipo utiliza para el manejo del apiario? _____
4. ¿Ha sido atacado por un enjambre? _____
5. ¿En qué momento ha observado que las abejas son más agresivas? _____
6. ¿Ha ocurrido algún accidente por la presencia de abejas en su vecindad? _____
7. ¿Qué plagas atacan a las abejas? _____
8. ¿Existe un mecanizo natural para eliminar varroa? _____
9. ¿Como defienden las abejas a las colmenas de enemigos naturales? _____
10. ¿Ha observado el grado de higiene de sus colmenas? _____
11. ¿Cuál es el precio que pagaría por una reina virgen? Q. _____ y fecundada Q. _____
12. ¿Estaría dispuesto a proporcionar colmenas con fines experimentales? Si ____ no ____

CUARTA SECCIÓN: Conservación del germoplasma de abejas locales mediante la hibridación zánganos con alto rendimiento con abejas reinas de genética mejorada.

1. ¿A que distancia se localiza las fuentes de agua para sus abejas? _____
2. ¿Existen bosques incentivados en el entorno de su apiario? _____
3. ¿Han plantado especies de plantas melíferas en el contorno de su apiario? _____
4. ¿Cree que es necesario establecer un banco de zánganos en el área apícola? _____



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

5. ¿Estaría dispuesto a participar dentro del grupo de apicultores para integrar un banco de zánganos? _____
6. ¿Cree que es necesario introducir otras razas de abejas melíferas para cruzarse con zánganos locales? Si ___ No ___ porque _____

Nombre del entrevistado: _____

No. teléfono _____

Declaración del coordinador (a) del proyecto de investigación

El coordinador (a) de proyecto de investigación con base en el Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación, artículos 13 y 20, dejo constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordino ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

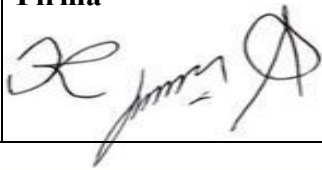
Nombre del coordinador (a) del proyecto de investigación	
Ing. Cupertino Ovidio Pérez Vásquez Fecha: 25/02/2025	



Informe final de Proyecto de Investigación 2024

Aval del director (a) del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación otorgo el aval al presente informe final de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: director del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Vo.Bo. MSc. Robert Enrique Orozco Sánchez Coordinador IDICUSAM	Firma 
Fecha: 25/02/2025	

Aprobación de la Dirección General de Investigación

Vo.Bo. MSc. Andrea Rodas Morán Coordinadora del Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente	Firma
Fecha: 25/02/2025	

/Digi2024