



Implementación y aprovechamiento de registros de producción de polen en la empresa apícola

Francy Rodríguez Farfán

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Programa de Zootecnia
Ubaté, Colombia

2021

Implementación y aprovechamiento de registros de producción de polen en la empresa apícola

Francy Rodríguez Farfán

Pasantía presentada como requisito parcial para optar al título de:

Zootecnista

Director:

Magíster (MSc.) Erwin Giovanni Torres Sánchez

Línea de Investigación:

Manejo de especies animales con potencial zootécnico

Grupo de Investigación:

GIZU Grupo de Investigación de Zootecnia –Seccional Ubaté

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Programa de Zootecnia
Ubaté, Colombia

2021

Dedicatoria

Dedico cada uno de mis logros a mi familia, mi madre Ligia Farfán, mi padre Ernesto Rodríguez, mis hermanas Marisol y Karen, que con gran esfuerzo y amor han logrado encaminarme en el rumbo de la educación y producción. A mis amigos y compañeros que me aconsejaron y alentaron en cada momento. En especial a ti Ginna Marcela Barrero Gómez, que estuviste en cada uno de mis pasos por la universidad y aunque ya no estés a mi lado, guiaste y apoyaste cada uno de los procesos vividos allí.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis antepasados que han trabajado y forjado la tierra, para que hoy en día podamos vivir y disfrutar del aire fresco y los hermosos paisajes del campo. A la vida y a Dios por permitirme llegar a este instante, donde me encuentro llena de experiencias y conocimientos personales y profesionales.

Agradezco a mi alma mater, mi querida Universidad de Cundinamarca y a cada uno de los docentes que me ayudaron en mi carrera.

Agradezco a mi director de trabajo de grado, el profesor Erwin Giovanni Torres Sánchez, por su ayuda intachable, tiempo, paciencia, apoyo y por cada uno de los conocimientos transmitidos.

Agradezco enormemente a la empresa Apicultura Los Arrayanes S.A.S y al ingeniero Edgar Fernando Vargas Gonzales. Por su servicio, apoyo, conocimiento, experiencias vividas, por encaminarme y guiarme en el maravilloso mundo de la apicultura.

Contenido

1.	Introducción	1
2.	Descripción y formulación del problema	2
3.	Justificación	4
4.	Objetivos	5
1.1.	General	5
1.2.	Específicos.....	5
5.	Marco teórico	6
6.	Diseño metodológico	11
7.	Resultados y discusión	15
7.1	Identificación	15
7-2	Registros	16
7.3	Toma de datos de datos	18
7.4	Modelo estadístico y análisis de varianza	20
7.5	Análisis de producción de las colmenas elite.....	28

8. Conclusiones	35
9. Recomendaciones	37
10. Bibliografía.....	38

Resumen

La presente intervención fue realizada en la empresa Apicultura los Arrayanes S.A.S, ubicada en el sector punta larga, kilómetro 6 vía Nobsa-Duitama, municipio de Nobsa, en el departamento de Boyacá, Colombia. Su actividad es la producción y venta de miel, polen y propóleo, así como material apícola, implementos de protección, manejo, y material biológico.

En este caso se enfatiza la importancia de los registros de producción de polen. Apicultura los Arrayanes S.A.S. es una empresa líder en la producción, el acopio y la venta de polen del departamento de Boyacá. Una de las principales falencias del sector agropecuario es la falta de instrumentos para realizar mediciones productivas, reproductivas y económicas, los cuales le ayuden al apicultor a tomar decisiones que conlleven a crear empresas más competitivas y rentables. Por esta razón, el objetivo de esta intervención fue Implementar registros de producción de polen en la empresa Apicultura Los Arrayanes S.A.S, que permitieran detectar las colmenas de mayor potencial para la producción de polen. Para esto, se realizó enumeración de las

colmenas, se diseñó e implemento registros de producción de polen y se hizo un análisis de la información empleando un análisis de varianza (ANAVA). Con esta metodología se identificaron las colmenas de mayor producción, también se redujo el tiempo de revisión en el apiario y se demostró que el manejo de registros permite tomar decisiones, como la selección de colmenas con base en la producción de polen.

Palabras clave: apicultura, registros de producción, ANAVA.

Abstract

This research intervention was held at Apicultura los Arrayanes S.A.S, located at Punta Larga area, sixth kilometer from Nobsa-Duitama, municipality of Nobsa, in the department of Boyacá, Colombia. Its economic activity is honey, pollen and propolis production alongside beekeeping material, protective equipment, handling, and biological material.

In this case, the importance of the pollen production records is emphasized. Apicultura los Arrayanes S.A.S is a leading company in the production, supply, and selling of pollen in the department of Boyaca. However, one of the main problems in the beekeeping sector is the lack of instruments to perform productive, reproductive and economic measurements, which help the beekeeper make decisions which lead to start up more competitive and profitable companies. Therefore, this intervention aimed at implementing pollen production records at Apicultura los Arrayanes S.A.S. which allow to detect the hives with a higher potential for pollen production. To that end, hives were

enumerated, pollen production records were designed and implemented and the information was analyzed by performing an analysis of variance (ANOVA). With this methodology the hives with a higher production were identified, checking times in the apiary were reduced and it was shown that the management of the records allow to make decisions as the selection of hives based on pollen production.

Key words

Beekeeping, production records, ANOVA.

1.Introducción

El término apicultura tiene su origen en el latín: Apis (abeja) y cultura (cultivo). Se puede definir como la ciencia aplicada que estudia a la abeja melífera y que mediante su técnica se dedica a su cultivo, a su cría y a la explotación de sus productos. Aunque en el mundo existen aproximadamente 20.000 especies de abejas y en Colombia unas 1.000, la apicultura se dedica al trabajo de la especie *Apis mellifera* o abeja doméstica (Silva Garnica et al., 2006).

La técnica apícola que se desarrolla actualmente en la mayor parte del país se conoce como apicultura moderna. Esta técnica nació en 1851 gracias a las investigaciones realizadas por Lorenzo Lorraine Langstroth. La apicultura moderna requiere que el apicultor registre las actividades que se realizan en sus colmenas durante el proceso productivo. Los registros (productivos, sanitarios, reproductivos y de alimentación) son una herramienta para mejorar la administración de los recursos económicos disponibles (Verde et al., 2020).

Tenido en cuenta el contexto actual de la apicultura en Colombia, la apicultura es un sistema de producción como cualquier otro en el campo de la Zootecnia, el cual ofrece una ventaja competitiva en el país y es un negocio sostenible. Por ende, llevar registros en la empresa apícola es de gran ayuda para el productor, pues facilitan la gestión de la información, el manejo de los recursos, planificación de la producción, y la toma de decisiones.

2. Descripción y Formulación Del Problema

La empresa Apicultura los Arrayanes S.A.S, es una empresa que pertenece a la categoría de 'bienes y servicios sostenibles provenientes de recursos naturales', del subsector 'Sistema de Producción Ecológica, Orgánica y Biológica' ubicada en el sector punta larga, kilómetro 6 vía Nobsa-Duitama, municipio de Nobsa, en el departamento de Boyacá (Corpoboyacá, 2020). Su actividad es la producción y venta de miel, polen y propóleo, así como material apícola, implementos de protección, manejo, y material biológico. Actualmente, la empresa cuenta con un espacio adecuado a las normas sanitarias para el procesamiento de los productos de la colmena, taller de ebanistería, tienda para la venta de productos y servicios, 20 apiarios distribuidos en varios municipios de Boyacá y aproximadamente 600 colmenas.

En la empresa Apicultura Los Arrayanes S.A.S. se identificó la ausencia de herramientas administrativas como: el registro de actividades para el seguimiento de las labores en las colmenas, por lo que se debía realizar nuevamente la revisión de las colmenas partiendo de cero, lo cual presentaba mayor tiempo en esta actividad. Tampoco se tenían identificadas las colmenas ni su historial de productividad y con esto se dificultaba la toma de decisiones para el mejoramiento desde el punto de vista productivo o de sanidad. No existía una cultura de registro; según el propietario 'desde hace varios años atrás se dejó a un lado la implementación de registros en los apiarios,

debido a que no se les encontraba ninguna utilidad, ni importancia dentro de la producción'

De acuerdo con (Martinez Anzola, 2006), en Colombia, una de las características de los sistemas productivos apícolas es la ausencia de información cuantitativa. Se estimó que el 58% de los productores del país no cuenta con registros productivos, y el restante 42% cuentan con algún registro, pero de estos la mayoría los diligencian con poca rigurosidad. En este sentido, una de las principales falencias del sector agropecuario radica en la falta de instrumentos adecuados para realizar mediciones productivas, reproductivas y económicas, con las cuales se pueda realizar oportunamente la toma de decisiones que conlleven a ser más competitivas las empresas (Diosa Montoya, 2013).

Por consiguiente, la actividad apícola debe estar orientada a la obtención de uno o varios productos que generen rentabilidad para la empresa y para ello fue necesario la implementación de registros en la empresa en mención, que ahora permiten medir los resultados y hacer comparaciones con las metas planteadas, sean estas actuales o pasadas, a fin de corregir a tiempo cualquier desviación y realizar los cambios oportunos (APEN, 2012).

3. Justificación

En el área de Desarrollo Rural se trabaja con metodologías que brindan alternativas a través de intervenciones con tecnologías (Diosa Montoya, 2013). Algunas de estas son el manejo de registros de población, reproducción, producción, sanidad, alimentación, genética, trazabilidad y costos, en los diferentes sistemas de producción pecuaria, los cuales, permiten conocer y analizar de manera práctica una serie de indicadores a través del tiempo. Esta herramienta es fundamental para mejorar e incrementar la productividad, rentabilidad y competitividad de las empresas (Posada Gaviria, 2010, p. 37).

Apicultura Los Arrayanes S.A.S. es una empresa líder en la producción, el acopio y la venta de polen del departamento de Boyacá. Por esta razón, se hizo necesario implementar registros de producción de polen que permitieran evaluar su nivel de productividad y tomar decisiones desde el punto de vista del mejoramiento genético.

4. Objetivos

1.1. General

Implementar registros de producción de polen en la empresa Apicultura Los Arrayanes, que permitan detectar las colmenas de mayor potencial para la producción de polen.

1.2. Específicos

Diseñar formatos para la recolección de datos de producción de polen utilizando hojas de cálculo.

Seleccionar las mejores colmenas mediante el análisis de datos de producción de polen.

5. Marco teórico

5.1 Apicultura

La apicultura es una de las cadenas productivas con mayores ventajas competitivas en términos de desarrollo sostenible. En el aspecto ambiental, las abejas mejoran la productividad agrícola a través de los procesos de polinización de cultivos; mientras que en los aspectos social y económico, la extracción de productos de la colmena, en particular miel y polen, conducen a la obtención de ingresos para una mejora en la calidad de vida de los apicultores (Zuluaga Domínguez, 2015,p.1).

5.2 polen apícola

A nivel mundial la producción de polen es considerada como una actividad complementaria a la obtención de miel, sin embargo para el caso colombiano las condiciones medioambientales de los bosques alto andinos presentan un entorno ideal para lograr altas producciones (Sánchez et al., 2013; Torres Sánchez et al., 2020).

El polen apícola es una materia prima importante debido a sus características nutricionales, en particular, su contenido de carbohidratos [48.8–52.5%], proteína [18.7–28%], lípidos [1.1–7.3%], fibra dietética [12.8–14.5%] y de cenizas [1.7–3.0], así como otros componentes importantes en su orden: β -caroteno y vitamina C, seguido por niacina, tiamina, ácido fólico y biotina. Entre las sustancias biológicamente activas se encuentran los componentes fenólicos y flavonoides (Zuluaga Domínguez et al., 2014).

En el altiplano Cundiboyacense se concentra cerca del 90% de los productores de polen, siendo esta región reconocida por tener una ventaja importante para la producción por sus características agroecológicas, con floración prácticamente durante todo el año. Esta producción puede variar y depende directamente de las zonas de producción, el manejo y la tecnología empleada, obteniéndose cosechas entre 35.4 a 48.9 Kg polen fresco por colmena por año (Gutiérrez Ortiz et al., 2010), en comparación con la producción promedio de los principales países productores como España, Portugal, China, Brasil y Argentina, que no superan los 15 kg por colmena por año (Zuluaga Domínguez et al., 2014).

5.3 Registros agropecuarios

Por otra parte, toda empresa agropecuaria, para ser más eficiente y optimizar sus resultados, necesita un adecuado sistema de manejo de la información donde se obtengan datos de costos de producción, información específica de cada animal detallando la evaluación tanto a nivel productivo basándose en lo óptimo de cada parámetro que direccionen al pequeño y mediano productor a tomar decisiones acertadas. Para implementar registros pecuarios se requiere de una eficiente identificación de todos los animales. Esta información se convierte en una herramienta que le permite al empresario diagnosticar su situación actual, conocer volúmenes de producción, limitantes, establecer el monto estimado de las inversiones y el margen de rentabilidad del negocio. Esta herramienta debe ser permanente, visible, fácil de aplicar y de bajo costo (Diosa Montoya, 2013).

El análisis de los registros es fundamental. Según (Sánchez Alarcón, 2014), la mayoría de los productores no poseen registros que les permitan tomar decisiones. De igual forma, el 77% de los productores lleva un registro de todas las operaciones realizadas dentro de la unidad de producción. A pesar de llevar registros de todas las operaciones, los productores no hacen un uso adecuado de estos, debido a que la información obtenida no es utilizada para la toma de decisiones. Un 52% manifiesta no tomar decisiones en función de las anotaciones realizadas en los registros (Martínez & López, 2011).

Dentro de la empresa agropecuaria existen diferentes tipos de registros: económicos, productivos, reproductivos, sanitarios, alimenticios, etc., los cuales darían la radiografía de la empresa si estos fueran analizados por un experto, o por expertos en cada una de las áreas. El análisis más simple de dicha información es calcular la media y el desvío estándar de cada una de las variables que permitan dicho análisis. A través de estos parámetros estadísticos, lo que se está efectuando es simplemente la caracterización de la información de la finca, y es el punto de partida para establecer metas que facilitan el progreso de la empresa. El mejoramiento genético implica la necesidad de establecer programas de selección capaces de obtener avances más intensos basados en el mérito genético de los reproductores (Ossa O et al., 1998).

5.4 Análisis estadístico

Para esto, de acuerdo con (Marques Dos Santos, 2007) en el análisis de varianza de un factor o diseño completamente al azar, la característica esencial es que se realiza un experimento o estudio donde todas las posibles fuentes de variación o de influencia están controladas y sólo hay efecto de un solo factor en estudio (fenotipo de la colmena), para el cual se considerarán al menos 3 colmenas, con n_i repeticiones (colecta de polen semanal).

Las hipótesis del análisis estadístico son:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ (las colmenas tienen una producción promedio de polen igual)

$H_a: \mu_i \neq \mu_j$, (las colmenas tienen una producción promedio de polen diferente)

para toda $i \neq j$; $i, j = 1, 2, 3, \dots, k$

Se tiene que el valor esperado de producción de polen de la i -ésima colmena es $E(Y_i) \equiv \mu_i = \mu + \tau_i$, de manera que se quiere probar la igualdad de los promedios de producción de polen entre colmenas. Nótese que si H_0 es verdadera, todas las colmenas tienen un mismo promedio de producción común μ , ya que el efecto de la colmena $\tau_i = 0$.

Entonces, se habla de examinar la igualdad del efecto promedio de las colmenas en producción de polen. Si H_0 es verdadera se espera que $\mu_i = \mu$ para todas las colmenas, en caso contrario se espera por efecto fenotípico de las colmenas, que las μ_i se desvíen una cantidad τ_i de μ .

La bibliografía reporta una amplia gama de pruebas para la comparación de los promedios, siendo las más comunes, además de la de Tukey, el método de diferencia significativa mínima (LSD) de Fisher; la prueba del rango múltiple de Duncan; la prueba de NewmanKeuls. Aclarando que no son los únicos pero si los más reportados en la literatura estadística (Marques Dos Santos, 2007).

6. Diseño metodológico

6.1 Ubicación y características

Esta intervención se realizó en la empresa Apicultura los Arrayanes S.A. S, ubicada en el municipio de Nobsa- Boyacá, kilómetro 6 vía Nobsa-Duitama- sector campanario. La empresa está conformada por el gerente general y propietario: Edgar Fernando Vargas González y sus tres empleados, encargados de las diferentes actividades de la empresa como: manejo de los apiarios, procesos en laboratorio, taller de ebanistería, venta de miel, polen y propóleo, así como material apícola, implementos de protección, manejo y material biológico. La empresa cuenta con 600 colmenas distribuidas en 20 apiarios, ubicados en los municipios de Nobsa, Tutazá, Cerinza, Belén y Paz del río. El apiario ubicado en Nobsa, cuenta con 72 colmenas, de las cuales se escogieron 15 colmenas de forma aleatoria para el registro de producción de polen.

Para el desarrollo de esta intervención se siguió la metodología propuesta por varios autores, que se desglosa en una serie de actividades.

6.2 Identificación

Marcar cada colmena con un número único de identificación. De acuerdo con (Hernández González & Hernández Pinto, 2014) cada colonia tiene un comportamiento y ritmo de vida que la diferencia de las demás. Por tal motivo fue necesario identificar a las colmenas, con el fin de llevar registros que permitieran determinar las más

productivas. De esta manera, la identificación se realizó en madera, con números en secuencia del 1 al 72, trazados con marcador permanente.

6.3 Registros

Diseñar formatos en Microsoft Excel 365® (hojas de cálculo), siguiendo la metodología propuesta por (APEN, 2012) y con la ayuda de la aplicación ApiManager®. Se creó un registro administrativo, donde se encuentra la información general. Se tuvo en cuenta: número de colmena, estado de la colonia (débil, moderado, fuerte), temperamento (calmado, nervioso, agresivo), número de cuadros con el que cuenta la colmena, reservas de alimento (buenas, regulares o malas). Se registraron las condiciones generales de la reina como: fecha de ingreso, etapa (fecunda, infecunda o presencia de celdas reales), en el caso que esta cuente con una marca de color en su tórax, se registró el color, postura (buena, regular, mala) y finalmente unas observaciones generales. Así mismo. Se hizo el registro de 'Producción de Polen'. Este es un registro importante y de gran ayuda para que el productor reconozca las colmenas que son buenas productoras y cuáles no para proceder a realizar el descarte. Se elaboró dicho registro, con: nombre del apiario, ubicación del apiario, año, fecha de cada visita, número de la colmena y el peso del producto (polen) en kg

.6.4 Toma de datos

Se tomaron datos de la producción de polen y del estado de las colmenas durante 3 meses, semanalmente en 15 colmenas del apiario de Nobsa. Para la recopilación de la información, según (APEN, 2012, p.10), existen diferentes formas de llevar los registros en una empresa entre los que se pueden mencionar: cuadernos, tarjetas, hojas individuales, registros computarizados en hojas de cálculo, y programas o software especializados. Para este caso, la toma de datos en campo se hizo con fotografías y a través de formatos impresos en hojas individuales, que posteriormente fueron transferidos a hojas de cálculo y se guardaron en un computador, con el fin de generar una base de datos de la empresa.

6.5 análisis de varianza

Se hizo análisis de la información colectada en el registro de producción de polen, empleando un análisis de varianza (ANAVA). Para identificar las colmenas con mayor promedio de producción de polen, se hizo una comparación de promedios empleando la prueba de diferencia mínima significativa con un nivel de confianza del 99%, utilizando la metodología propuesta por (Marques Dos Santos, 2007). Se recurrió al uso del software SAS University Edition.

Para analizar los datos de producción de polen se hizo bajo un modelo completamente al azar, en el que la variable respuesta 'producción de polen en

kilogramos semanal por colmena', se descompuso en el promedio poblacional (μ) de producción de polen para el apiario de Nobsa, más el efecto que tiene la genética de la colmena en la producción de polen (α_i), más el error experimental (e_{ij}), que es inherente al material experimental, en este caso cada una de las colmenas en producción (ecuación 1). $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$ **Ecuación 1.** Variable respuesta Bajo este modelo, se analizaron 15 colmenas (tratamientos), con 4 repeticiones (4 semanas de colecta)

Se realizó una prueba de Shapiro- Wilk, para comprobar si el error experimental tiene o no una distribución normal.

Para comprobar que el promedio del error experimental es igual o diferente de 0 se realizó una prueba de t-student

Para confirmar si el error experimental tiene una varianza común, se realizó una prueba de Levene

Una vez aceptada la hipótesis general, se realizó un prueba de Tukey (HSD), para producción, con el fin de identificar cuáles de estas colmenas son las que producen polen en kg en un promedio diferente. La prueba de Tukey muestra un agrupamiento que no discrimina por completo cuáles colmenas son estadísticamente diferentes. Por esta razón, se optó por realizar otros test para definir cuál (es) colmena (s) se diferencia y puede denominarse élite para su selección), es así que se realiza una prueba de Student-Newman-keuls.

7.Resultados y Discusión

7.1 Identificación

En la Figura 1 se muestra la identificación de las colmenas, la cual permitió tener un control y manejo eficiente, facilitando a su vez la toma de registros y desarrollo del análisis de varianza con el fin de realizar la selección de las colmenas elite.



Figura 1. Identificación de colmenas, con ruedas en madera y números trazados en marcador permanente.

7-2 Registros

El registro administrativo (Figura 2), fue de gran importancia ya que, con este se redujo el tiempo de intervención en el apiario y así mismo, se pudo saber con exactitud las necesidades de cada colmena. De la misma forma el registro de producción de polen (Figura 3) fue útil para hacer el seguimiento de la misma cada semana y con ello se pudo reconocer las colmenas de mejor producción

7.3 Toma de datos de datos

El registro fotográfico (Figura 4) fue de gran importancia en la intervención, porque, se tiene el dato exacto del peso de la producción de polen en gramos, además, es una gran evidencia, por si algún dato llega a ser alterado o perdido. En este mismo sentido, el uso del registro de Excel (Figura 5), fue útil dentro del apiario, puesto que, según como avanzaba el diagnostico de cada colmena, este permitía diligenciar la información fácilmente y de esta manera fue una gran herramienta que permitió dar a conocer el estado exacto de la colmena para las próximas visitas. Asimismo estos datos fueron valiosos para la creación de la base de datos de la empresa



Figura 4. Registro fotográfico, producción de polen

REGISTRO ADMINISTRATIVO																			
Apiario					Ciudad					Fecha									
Nobsa					Nobsa					Día: 29 Mes: sep Año: 2020									
Colonia										Reina									
N°	Estado			Temperamento			N° de cuadros	Reserva de alimento			Fecha de ingreso	Etapa			Marca- color	postura			Observaciones
	Dbl	Mdr	Frt	Cld	Nrv	Agv		B	R	M		Fecunda	Infecunda	celdas Real		B	R	M	
11			X	X			8	X				X			verde	X			
21			X	X			8	X				X			verde	X			
24			X	X			8	X				X			verde	X			
35			X	X			8	X				X			verde	X			

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DE : POLEN														
Apiario					Ciudad					Fecha				
Nobsa					Nobsa-Boyacá					Año:2020				
Polen/kg														
Fecha		29/08/2020	5/09/2020	12/09/2020	19/09/2020									
N° de colmena														
	3	0,485	0,34	0,382	0,42									
	8	0,515	0,42	0,407	0,47									
	11	0,605	0,565	0,658	0,7									
	20	0,42	0,385	0,322	0,39									
	21	0,905	0,86	0,874	0,895									
	24	0,807	0,665	0,725	0,789									
	25	0,312	0,245	0,221	0,25									
	26	0,28	0,124	0,178	0,23									
	29	0,7	0,43	0,42	0,446									
	31	0,508	0,372	0,398	0,4									
	35	0,869	0,704	0,759	0,803									
	42	0,327	0,205	0,321	0,312									
	43	0,492	0,375	0,48	0,454									
	57	0,273	0,105	0,143	0,192									
	62	0,27	0,38	0,367	0,388									

Figura 5. Registros digitados en Excel, creación de base de datos.

7.4 Modelo estadístico y análisis de varianza

En la tabla 1, se presenta el análisis de varianza, el cual nos da el valor de F y el valor de probabilidad ($\alpha=0,01$) para rechazar la hipótesis nula planteada en el marco teórico, y aceptar que en promedio las colmenas producen polen semanalmente de forma diferente, Para que esta afirmación tenga validez, se debe hacer el análisis de algunos supuestos.

Procedimiento GLM

Variable dependiente: produccion produccion

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	14	2.54143993	0.18153142	43.21	<.0001
Error	45	0.18904825	0.00420107		
Total corregido	59	2.73048818			

Tabla 1. Análisis de varianza. Fuente: SAS University Edition.

a. La variable respuesta (producción de polen), se explica por el modelo planteado (diseño completamente al azar). Para esto se determinó el coeficiente de determinación, este determina ¿qué porcentaje de la producción de polen se explica por el genotipo de la colmena R^2 es de 0,93 %. Es decir, que la producción de polen en las colmenas se explica en un 93% por la genética de las colmenas. El otro 7 % obedece a otros factores (ecuación 2).

$$R^2 = (SC_{tra}/SC_{total}) * 100$$

$$R^2 = 93\%$$

Ecuación 2. Porcentaje de R^2

b. El error experimental es pequeño, debido a que la desviación estándar de producción de polen para cada una de las colmenas es menor al 50% del promedio de producción. En la Tabla 2 se evidencia esta afirmación, donde, por ejemplo, para la colmena número 3, 8, 11, y 20 (al igual que las otras 11 colmenas seleccionadas en este análisis) el promedio de la producción al multiplicarlo por el 50% es mayor que la desviación estándar en cada caso..

Nivel de colmena	N	produccion	
		Media	Desv. est.
3	4	0.40675000	0.06155418
8	4	0.45300000	0.04945705
11	4	0.63200000	0.05921149
20	4	0.37925000	0.04117746

Tabla 2. Comparación de promedio de producción con desviación estándar de producción. Fuente: SAS University Edition.

c. El material experimental (las colmenas) es homogéneo, porque es de la misma procedencia; tienen el mismo manejo; se encuentran ubicadas en el mismo apiario bajo las mismas condiciones ambientales. Esto matemáticamente se comprueba con el coeficiente de variación (CV). En este caso se obtuvo un coeficiente de variación de un 14% (ecuación 3). Según (Camargo Buitrago & Gordán Mendoza, 2015), quien cita a (Gómez y Gómez, 1984; Martínez, 1988; Patel et al., 2001), en los ensayos de campo los CV se consideran bajos cuando son inferiores a 10%; medios de 10 a 20%, altos cuando van de 20 a 30% y muy altos cuando son superiores a 30%. También indican que si el valor del CV supera el 30%, los datos deben ser descartados por la baja precisión que se tuvo.

$$CV = \text{Desviación estándar } (\sqrt{CM_{\text{error}}}) / \text{promedio}$$

$$CV = 14.020 \quad \text{Ecuación 3. Porcentaje CV}$$

d. El error experimental es una variable aleatoria independiente, puesto que, para la selección de las colmenas para hacer mejoramiento genético, todas las colmenas (N=72) ubicadas en el apiario de Nobsa tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionadas, y se escogieron aleatoriamente un grupo de ellas (n=15; de 30 colmenas en producción) para hacer la toma de datos (producción de polen en kilogramos semanalmente). El error experimental tiene una distribución normal pues se realizó una prueba de hipótesis aceptando la hipótesis nula, donde:

(H₀) plantea que el error experimental tiene una distribución normal y

(H1) plantea que el error experimental no tiene una distribución normal.

Prueba de Shapiro- Wilk (Tabla 3), El valor de $pr < W$, es de 0,0106, que es mayor a 0,01, con lo cual se acepta la hipótesis nula (H_0) = el error experimental tiene una distribución normal.

Test para normalidad			
Test	Estadístico		P valor
Shapiro-Wilk	W	0.950327	Pr < W 0.0161

Tabla 3. Prueba de shapiro-wilk. Fuente: SAS University Edition.

Prueba de t-student, donde

H_0 : el promedio del error experimental es igual a 0

H_1 : el promedio de la distribución normal es diferente de 0.

Trabajando con un alpha de 1% se observa en la Tabla 4 un valor de 1 o de 100%, es decir es un evento seguro, ya que, este 100% es mucho mayor que el Alpha de 1%, es así que se acepta la H_0 donde el promedio de la distribución es 0

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		P valor	
T de Student	t	0	Pr > t	1.0000
Signo	M	1	Pr >= M	0.8974
Rango con signo	S	-35	Pr >= S	0.7991

Tabla 4. Resultado prueba T-Student. Fuente: SAS University Edition.

Prueba de Levene

H0: el error experimental es el mismo en todas las colmenas

H1: el error experimental es diferente en una o más colmenas

En esta prueba de Levene (Tabla 5), se evidencia la homogeneidad de la varianza del error experimental. Donde el valor es mayor al 1% que se propuso, por ende, se acepta la H0: el error experimental tiene una varianza común en todas las colmenas analizadas.

Procedimiento GLM

Test de Levene para homogeneidad de la varianza producción ANOVA de las desviaciones cuadradas de las medias de grupo					
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
colmena	14	0.000518	0.000037	1.30	0.2457
Error	45	0.00128	0.000028		

Tabla 5 .Resultados de la prueba de Levene. Fuente: SAS University Edition.

Prueba de Tukey. En la Tabla 6 se muestra el resultado de la prueba, donde se agrupan las colmenas que estadísticamente tienen la misma producción, en este caso la colmena 21, 35 y 24 son las colmenas que se identifican como elite en producción de polen semanal.

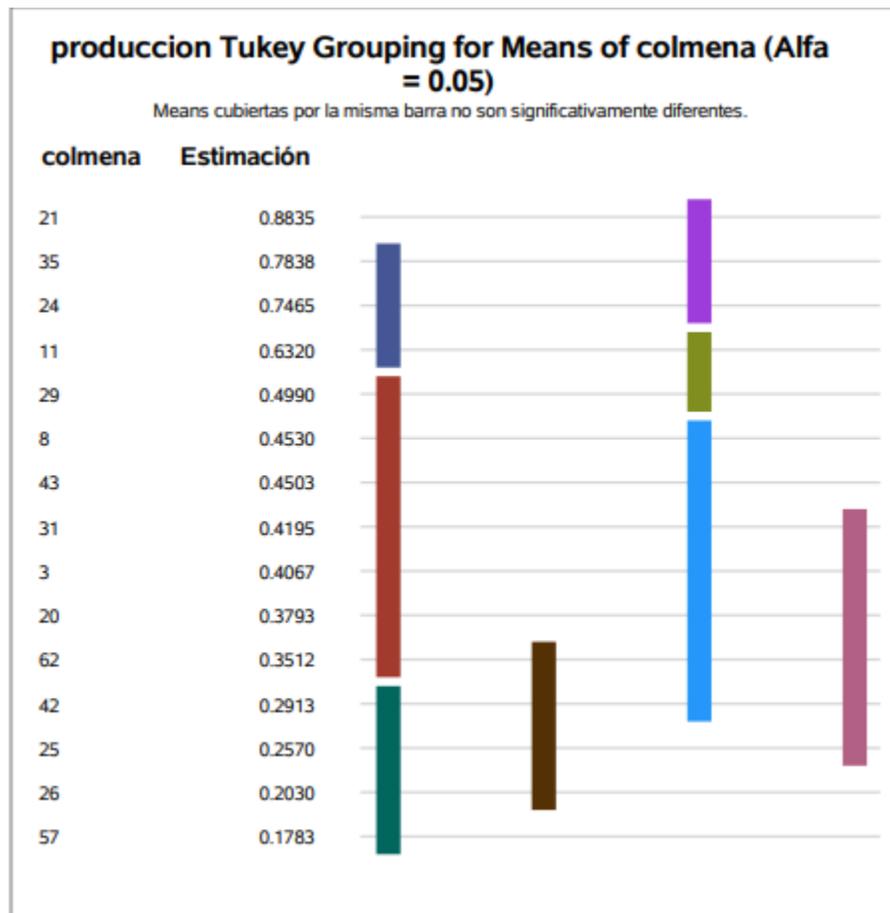


Tabla 6. Resultados de la prueba Tukey (HSD). Fuente: SAS University Edition

Prueba de Student-Newman-keuls, a través de unos rangos estadísticos (Tabla 7), muestra a la colmena número 21 como la colmena elite, es decir, tiene la mejor

producción de polen en kilogramos entre las 15 colmenas estudiadas, para el caso de las colmenas 35 y 24, que se representan en un mismo grupo, del cual se infiere que, estadísticamente tienen una producción igual, en este mismo orden, se puede evidenciar a la colmena número 11, siendo diferente a las anteriores pero alcanzando un rango alto de producción en comparación al resto de las colmenas estudiadas . Esto quiere decir que, estas cuatro colmenas encabezan la mejor producción del apiario Nobsa de la empresa Apicultura Los Arrayanes S.A.S. En resumen, el podio para la selección es en primer lugar la colmena 21; en segundo lugar las colmenas 35 y 24; y en tercer lugar la colmena 11.

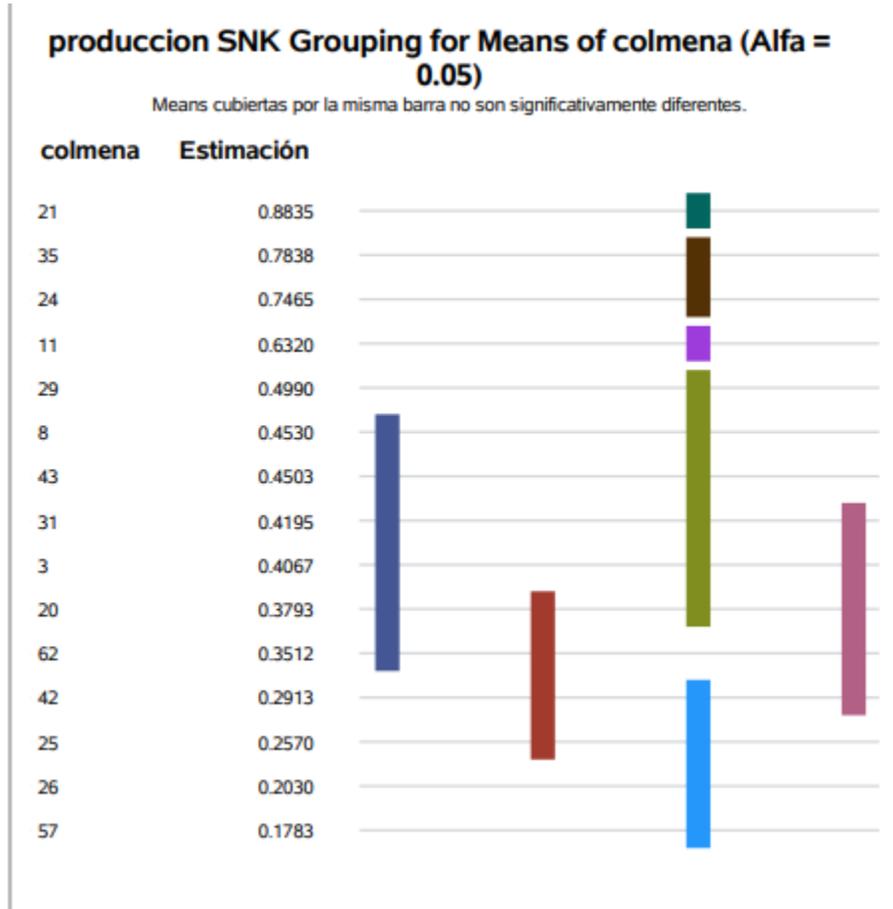


Tabla 7. Resultados de la prueba de Student-Newman-keuls. Fuente: SAS

University Edition

7.5 Análisis de producción de las colmenas elite

Según el análisis estadístico, las colmenas elites en producción son las número 21, 24,35 y 11, es por esto que solo de ellas se sigue tomando el dato de la producción de polen, como se presenta en la Figura 6.

												
REGISTRO DE PRODUCCIÓN DE : POLEN												
Apiario		Ciudad					Fecha					
Nobsa		Nobsa-Boyacá					Año:2020					
Polen/kg												
Fecha	29/08/2020	5/09/2020	12/09/2020	19/09/2020	26/09/2020	3/10/2020	10/10/2020	17/10/2020	24/10/2020	30/10/2020	7/11/2020	
Nº de colmena												
3	0,485	0,34	0,382	0,42								
8	0,515	0,42	0,407	0,47								
11	0,605	0,565	0,658	0,7	0,527	0,35	0,39	0,415	0,26	0,105	0,26	
20	0,42	0,385	0,322	0,39								
21	0,905	0,86	0,874	0,895	0,824	0,801	0,7	0,78	0,79	0,525	0,57	
24	0,807	0,665	0,725	0,789	0,713	0,679	0,645	0,71	0,64	0,4	0,35	
25	0,312	0,245	0,221	0,25								
26	0,28	0,124	0,178	0,23								
29	0,7	0,43	0,42	0,446								
31	0,508	0,372	0,398	0,4								
35	0,869	0,704	0,759	0,803	0,75	0,683	0,7	0,915	0,765	0,4	0,52	
42	0,327	0,205	0,321	0,312								
43	0,492	0,375	0,48	0,454								
57	0,273	0,105	0,143	0,192								
62	0,27	0,38	0,367	0,388								

Figura 6. Registro de producción de polen

En la Figura 7, se muestran los gráficos por cada una de las colmenas elite, donde se observa: el número de la colmena, fecha de producción (eje x) y kg de polen (eje y), esto con el fin de ver la tendencia de producción en el tiempo. Se puede apreciar que: la colmena 11 tiene un ritmo de producción muy diferente a las demás colmenas, debido a que, esta colmena a finales de agosto y principios de septiembre tiene una producción arriba de los 0,600 kg, pero a finales de septiembre y todo el mes de octubre su producción disminuye. De igual forma, en las colmenas 21, 24 y 35, se puede observar una regularidad en su producción en los meses de septiembre hasta la mitad de octubre, pero para el día 24 de octubre, se ve como cada una de estas colmenas inicia un declive en la producción.

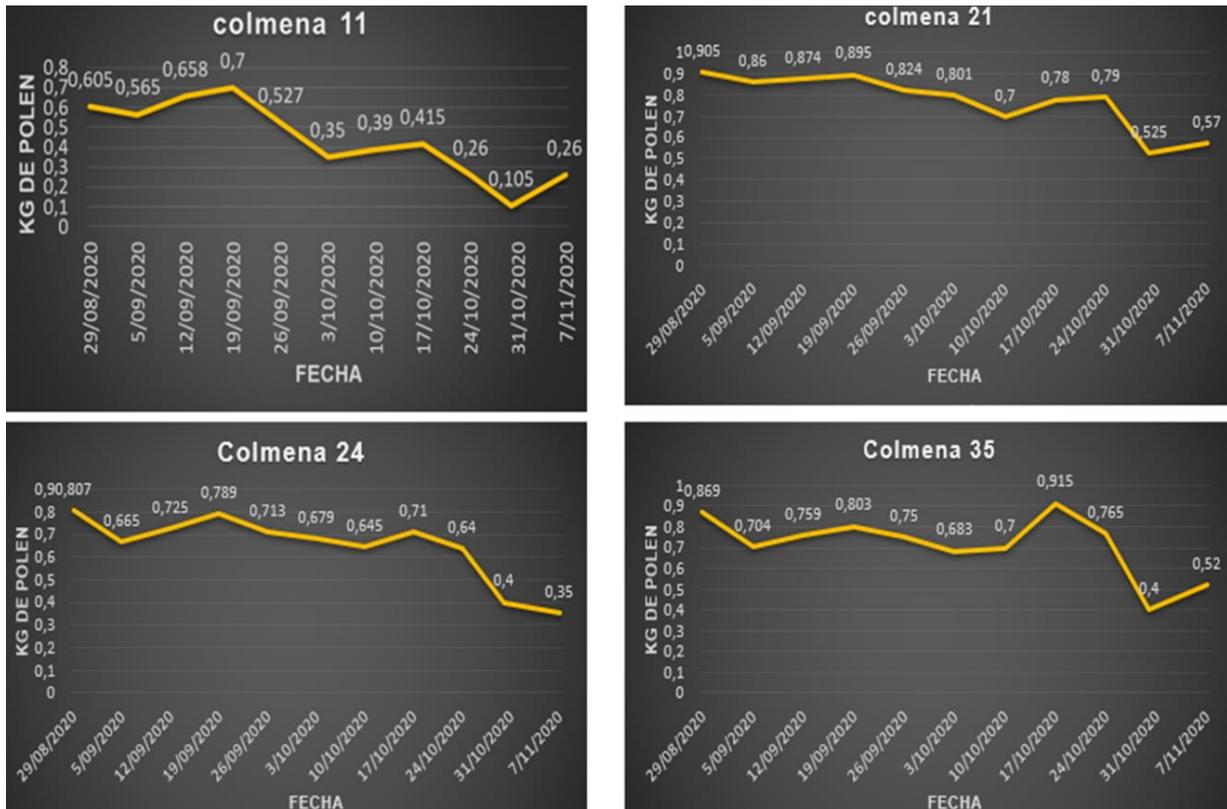


Figura 7. Tendencia de producción de polen en los meses de septiembre a noviembre

Se sospecha que una de las causas de la caída de producción es la condición climática. Boyacá es un departamento el cual tiene dos épocas secas y dos de mayores lluvias, la primera temporada seca es menos prolongada, aunque es más deficitaria que la de mitad de año y las épocas de mayores lluvias son similares, la del primer semestre tiene como meses lluviosos Abril y Mayo y en el segundo semestre el mes más lluvioso es Octubre seguido de Noviembre (IDEAM, 2015). En las Figuras 8 y 9, se observan las precipitaciones y los promedios de lluvias para todo el año 2020, según (Weather

Spark, 2020). Al correlacionar la baja producción con las altas precipitaciones presentadas en el mes de octubre, se puede afirmar que las precipitaciones altas, influyen directamente en la producción de polen, debido a que en la lluvia las abejas no pueden volar y por ende no realizan pecoreo (Mancera-Rodriguez, Diego Alonso; Sánchez-Ayala, 2019). Los citados autores analizan la producción de polen en dos municipios de Cundinamarca, y obtienen como resultado que el apiario, pasó de producir 7.3 Kg en época seca a 4.3 Kg para época húmeda. Por lo tanto, la sospecha que la caída de la producción es debido a la lluvia es acertada.

Así mismo, las precipitaciones para la zona donde se encuentra ubicado el apiario de Nobsa fueron de más de 210 mm (Weather Spark, 2020). Los resultados del presente estudio son consistentes con un estudio en donde uno de los objetivos fue establecer la relación precipitación/polinización, comprobando así que, los coeficientes de correlación para los meses de precipitación durante periodo de polinización son negativos: a mayor precipitación, menor colecta de polen (Quevedo Corcuy, 2015).

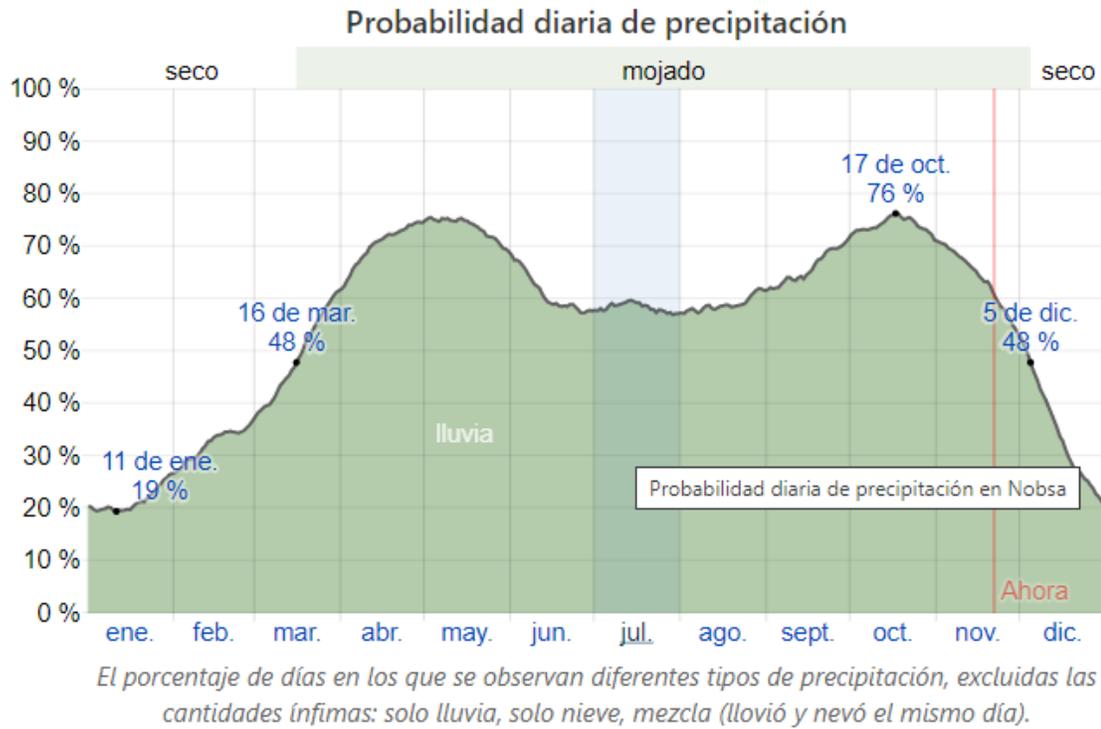


Figura 8. Probabilidad de precipitación para los meses de septiembre y octubre en el municipio de Nobsa, Boyacá Fuente: Weather Spark, 2020

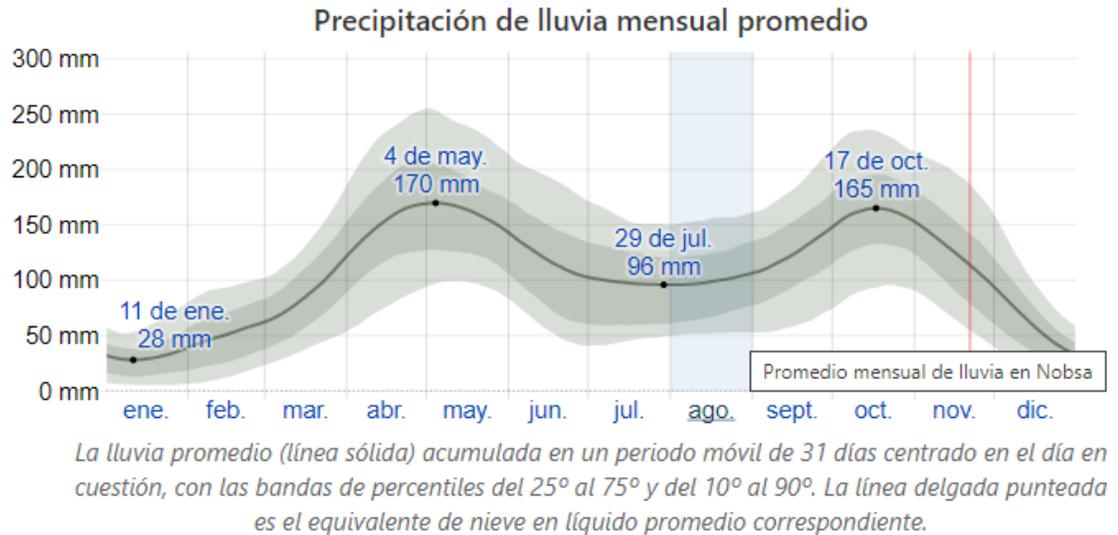


Figura 6. Promedio mensual de lluvias para los meses de septiembre y octubre en el municipio de Nobsa, Boyacá. Fuente: Weather Spark, 2020

Para el caso específico de la colmena número 11, la cual inicia un declive de producción tiempo atrás de las precipitaciones, se realizó una comparación entre los registros administrativos de diferentes fechas, el primero es del 29 de septiembre y el otro corresponde al 3 de octubre, donde se aprecia una diferencia en el comportamiento interno de la colmena, en el que su población disminuye y la postura de la reina empieza a disminuir, pasando de buena a regular (Figura 10).

REGISTRO ADMINISTRATIVO																			
Apario					Ciudad			Fecha											
Nobsa					Nobsa			Dia: 29 Mes: sep Año: 2020											
<p>Dbf: debil Mdr: moderado Frt: fuerte Cld: calmado Nrv: nervioso Agv: agresivo B: bueno R: regular M: malo</p>																			
Colonia										Reina									
Nº	Estado			Temperamentó			Nº de cuadros	Reserva de alimento			Fecha de ingreso	Etapa			Marca- color	postura			Observaciones
	Dbf	Mdr	Frt	Cld	Nrv	Agv		B	R	M		Fecunda	Infecunda	celdas Real		B	R	M	
11		X	X				8	X				X			verde	X			
21		X	X				8	X				X			verde	X			
24		X	X				8	X				X			verde	X			
35		X	X				8	X				X			verde	X			

REGISTRO ADMINISTRATIVO																			
Apario					Ciudad			Fecha											
Nobsa					Nobsa			Dia: 3 Mes: oct Año: 2020											
<p>Dbf: debil Mdr: moderado Frt: fuerte Cld: calmado Nrv: nervioso Agv: agresivo B: bueno R: regular M: malo</p>																			
Colonia										Reina									
Nº	Estado			Temperamentó			Nº de cuadros	Reserva de alimento			Fecha de ingreso	Etapa			Marca- color	postura			Observaciones
	Dbf	Mdr	Frt	Cld	Nrv	Agv		B	R	M		Fecunda	Infecunda	celdas Real		B	R	M	
11	X		X				8		X			X			verde		X		
21		X	X				8	X				X			verde	X			
24		X	X				8	X				X			verde	X			
35		X	X				8	X				X			verde	X			

Figura10. Comparación de registros administrativos

8. Conclusiones

La identificación de todas las colmenas es una actividad fundamental, porque permite saber el historial de cada colmena. Adicionalmente, se puede tomar datos, hacer el seguimiento de cada una de las actividades, medir rendimientos de producción, hacer seguimiento de la reina y su cría y evitar la enjambrazón. Con todos estos parámetros el apicultor puede calificar y evaluar la conducta de las diferentes colmenas.

La implementación de los registros productivos y administrativos en el sistema apícola son de gran ayuda para los apicultores, pues estos le brindan la oportunidad de hacer análisis, sean estos estadísticos con fines de selección del mejor material en producción o un tipo de análisis antes de cada una de las visitas al apiario, con el fin de revisar el material faltante y la programación de actividades, ahorrando tiempo y recursos. De la misma manera, en el momento de la revisión de los apiarios, los registros darán al apicultor una descripción resumida del estado de la colmena. Así, se logra un mejor control de los procesos y una toma de decisiones basada en datos y hechos concretos, que permiten hacer un mejoramiento continuo en la producción, rentabilidad y competitividad de la empresa.

La producción apícola es uno de los sistemas que más se ve afectado por los factores climáticos, con lo cual las producciones de polen y miel se ven reducidas. Los registros históricos de la empresa apícola le permiten al apicultor prever estas situaciones y con esto preparar las colmenas para las épocas difíciles del año, así como

diversificar su portafolio de actividades y producto, para disminuir las pérdidas por bajas producciones de un producto.

9.Recomendaciones

A la luz del estudio estadístico se recomienda criar reinas de las colmenas, 21,24 y 35, ya que, estadísticamente son las colmenas elites en producción, por ende, este material genético se puede multiplicar y remplazar en las colmenas de menor producción. En este mismo sentido también se sugiere eliminar las reinas de colmenas de una menor producción y reemplazarlas por genética de las colmenas élite, así se disminuyen gastos en mano de obra y aumenta la rentabilidad de la empresa por mayores rendimientos. Una vez obtenidas las hijas de las colmenas élite, hacer seguimiento de producción y evaluar parámetros genéticos como heredabilidad y repetibilidad de la selección genética

Para las épocas con mayores precipitaciones como lo es Abril- Mayo y Octubre- Noviembre, se recomienda programar una producción diferente como puede ser, jalea real o material vivo, de esta manera, cuando baje la producción de polen la empresa no se vea económicamente afectada

Apicultura Los Arrayanes S.A.S, es una de las empresas de mayor acopio y producción de polen en el departamento de Boyacá, por esta razón, debería expandir el fundamento de esta intervención en cada uno de sus apiarios y de esta manera poder realizar análisis oportunos para las siguientes visitas, facilitando el trabajo de los apicultores y la toma de decisiones.

10. Bibliografía

- APEN. (2012). Importancia de los registros pecuarios-TRAZAR-NIC. *Fundación TRAZAR*, 20.
- Camargo Buitrago, I., & Gordán Mendoza, R. (2015). *Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz* 1. 26(1), 56. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16920>
- Diosa Montoya, J. A. (2013). *Diseño y evaluación de registros sistematizados para pequeños y medianos productores agropecuarios del departamento de Antioquia*. Corporación Universitaria Lasallista.
- Gutiérrez Ortiz, M. A., Osorio Tangarife, M. P., & Salamanca Grosso, G. (2010). Implementation of a Model of Quality and Traceability in the Process of Pollen Agroindustrial. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 22, 18–30.
- Hernández González, M. A., & Hernández Pinto, J. P. (2014). *Diseño de un sistema de producción apícola, como estrategia de protección y conservación de bosques nativos en el área de influencia del Consejo Comunitario Afrodescendiente El Kicharo del Corregimiento La India - Municipio de Landázuri*.
- IDEAM. (2015). *Clima*. <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/clima-text.pdf>

Mancera-Rodriguez, Diego Alonso; Sánchez-Ayala, S. A. (2019). *Propuesta: apicultura como estrategia de gestión del servicio ecosistémico de polinización en dos fincas apícolas en los municipios de Guasca y Guatavita, Cundinamarca*. 48–49. <http://hdl.handle.net/20.500.12495/2098>

Marques Dos Santos, M. J. (2007). *Diseño de Experimentos. Curso Práctico* (p. 162). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.

Martinez Anzola, T. (2006). *Diagnóstico de la actividad apícola y de la crianza de abejas en Colombia* (p. 121). MADR-DCP-IICA.

Martínez, E., & López, M. (2011). Control de gestión en unidades de producción de ganadería de doble propósito. *Vision Gerencial*, 10(2), 325–340.

Méndez Villareal, A., & Cigarroa López, M. (2012). *Manual de cría de reinas* (primera).

Ossa O, G., Manrique P, C., & Torregosa S, L. (1998). Cómo utilizar los registros para evaluar animales en finca. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*, 103–108.

Quevedo Corcuy, V. (2015). *Influencia de la precipitación en la polinización de artemisia. repercusión en la salud pública*. Universidad Autónoma de Barcelona.

Sánchez Alarcón, O. a. (2014). Sistemas de Producción y Economía Apícola en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Caso de Tres Organizaciones de Productores. In *Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá*.

Sánchez, O. A., Castañeda, P. C., Muñoz, G., & Téllez, G. (2013). Aportes para el análisis del sector apícola colombiano. *CenciAgro - Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(4), 469–483.

Simbaña Chorlango, H. (2015). *Evaluación de tres métodos de reproducción de abejas reinas de la especie (Apis mellifera) en el Cantón Pedro Moncayo 2012*. Universidad Politécnica Salensiense sede Quito.

Torres Sánchez, E. G., Fuenmayor, C. A., Vásquez Mejía, S. M., Díaz-Moreno, C., & Suárez Mahecha, H. (2020). Effect of bee pollen extract as a source of natural carotenoids on the growth performance and pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 514(September 2019), 734490. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734490>

Universidad Nacional. (n.d.). *Mejoramiento genético de abejas apis mellifera africanizadas en Colombia*.

Vasquez, R., Camargo, E., Ortega, N., & Maldonado, W. (2015). *Implementación de buenas prácticas apícolas y mejoramiento genético para la producción de miel y polen*. <https://doi.org/10.21930/978-958-740-199-8>

Zuluaga Domínguez, C. M. (2015). *Valorización de polen apícola como alimento mediante el desarrollo de un proceso físico o biotecnológico*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Zuluaga Domínguez, C. M., Serrato B., J. C., & Quicazán Sierra, M. C. (2014). Valorization Alternatives of Colombian Bee-Pollen for its Use as Food Resource - A structured Review. In *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. (Vol. 21, Issue 45, p. pp 237-247). Universidad de Antioquia.

