

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE PARENTALES DE GUSANO DE  
SEDA *Bombyx mori* L. EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN, DEPARTAMENTO DEL  
CAUCA**



**MIGUEL ADOLFO PIZO OSSA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2019**

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE PARENTALES DE GUSANO DE  
SEDA *Bombyx mori* L. EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN, DEPARTAMENTO DEL  
CAUCA**

**MIGUEL ADOLFO PIZO OSSA**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar el título de  
Ingeniero Agropecuario**

**Directores**

**cMg. ANDRÉS FELIPE VITECHE EPIA  
M. Sc. XIMENA ANDREA RUIZ ERAZO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2019**

## **Nota de aceptación**

Los Directores y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio.

---

**cMg. ANDRÉS FELIPE VITECHE EPIA**  
**Director**

---

**M. Sc. XIMENA ANDREA RUIZ ERAZO**  
**Directora**

---

**Ph. D. DORA ENITH TOBAR TOSSE**  
**Presidente del Jurado**

---

**M. Sc. GISELLE ZAMBRANO GONZÁLEZ**  
**Jurado**

Popayán, 11 de octubre de 2019

## DEDICATORIA

Con todo mi amor, a Dios por bendecirme todos los días, con mucho más de lo que merezco, por todo lo que he recibido y todo lo que aún está por llegar, por todas las puertas que abriste, pero aún más, gracias por todas las que cerraste para protegerme.

A mis padres, Miguel Angel Pizo y Cilia Enith Ossa Ossa, por su apoyo, por ser mi ejemplo de vida, mi fuente de inspiración a cumplir las metas propuestas, por enseñarme a no rendirme ante ninguna dificultad que se me presentaran, gracias por enseñarme a que la humildad y el respeto son valores fundamentales de un ser humano.

A mi hermano, Anyerson Wilfredo Pizo Ossa, por su amor y por ser la fuerza que siempre me motiva a ser mejor, al enseñarme que la vida tiene retos y que se deben superar con compromiso, entrega y disciplina.

A mi amor Jennifer Lorena López Hoyos, que desde el principio se convirtió en una gran fuerza que me levantó y me ayudó a ver las cosas desde otra perspectiva, abriendo mi pensamiento y mi corazón, logrando fortalecer mi personalidad, motivándome para que siga luchando por mis sueños.

## **AGRADECIMIENTOS**

A veces volteo al cielo, sonrío y digo, “Yo sé que fuiste tú” gracias Dios.

A mis padres, hermano y familiares, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo, porque me han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida, espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

A mis directores: Andrés Felipe Viteche Epia y Ximena Andrea Ruiz Erazo, por su acompañamiento, dedicación y compromiso; gracias por enseñarme a que el trabajo en equipo es un factor fundamental para compartir, recibir y fortalecer conocimientos; gracias por brindarme su confianza y amistad en esta investigación.

A los integrantes del grupo de investigación Paola Andrea Londoño y Javier Pino, por compartir sus experiencias y brindarme su amistad en este proceso investigativo.

A la directora del Proyecto de Sericultura Cauca, Martha Isabel Almanza, por su tiempo, dedicación y por compartir su conocimiento y su apoyo constante durante todo el proceso investigativo.

Al grupo de investigación SISINPRO de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca por permitirme hacer parte del proyecto.

Agradezco el apoyo científico y financiero del proyecto “Desarrollo Tecnológico para la Obtención de Productos Orgánicos e Innovadores de Seda Natural”, financiado por el Fondo de CTel del Sistema General de Regalías y desarrollado por la Universidad del Cauca y la Gobernación del Cauca.

Gracias a la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, por acogerme en su alma máter y permitirme formarme profesionalmente en ella.

A los profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias por transmitirme sus conocimientos, experiencias y dedicación durante todo el proceso formativo.

A todos y no menos importante, a las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, por su valiosa compañía y momentos compartidos. Muchas gracias.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO REFERENCIAL	19
1.1 LA SERICULTURA	19
1.1.1 Generalidades de la sericultura	19
1.1.2 La sericultura en Colombia	20
1.2 BIOLOGÍA Y TAXONOMÍA DEL GUSANO DE SEDA <i>Bombyx mori</i> L	21
1.3 CICLO BIOLÓGICO DEL GUSANO DE SEDA <i>Bombyx mori</i> L	21
1.3.1 Huevos	22
1.3.2 Larva	22
1.3.3 Pupa	22
1.3.4 Polilla	22
1.4 GENERALIDADES DE LA MORERA <i>Morus spp</i>	22
1.5 RECURSOS GENÉTICOS DE <i>B. mori</i>	23
1.6 DIVERSIDAD GENÉTICA	25
1.6.1 Voltinismo	26
1.6.1.1 Univoltinos	26
1.6.1.2 Bivoltinos	26
1.6.1.3 Multivoltino	26
1.6.2 Origen geográfico de razas de <i>B. mori</i>	26
1.6.2.1 Razas japonesas	26
1.6.2.2 Razas Chinas	27

	pág.
1.6.2.3 Razas europeas	27
1.6.2.4 Razas Tropicales	28
1.6.3 Moltinismo	29
1.7 SELECCIÓN DE PARENTALES	29
1.8 MEJORAMIENTO GENÉTICO DE <i>B. mori</i>	30
1.9 ANTECEDENTES	32
2. METODOLOGÍA	35
2.1 UBICACIÓN	35
2.2 MATERIAL BIOLÓGICO	35
2.3 MANEJO Y CRÍA DE LARVAS DE <i>B. mori</i>	36
2.4 MANEJO DE ALIMENTACIÓN	38
2.5 CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA	39
2.6 DETERMINACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO	40
2.7 IDENTIFICACIÓN DE FENOTIPOS DE <i>B. mori</i> POR DESEMPEÑO PRODUCTIVO	42
2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	43
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1 CARACTERIZACIÓN DE SEIS FENOTIPOS DE <i>B. mori</i>	45
3.1.1 Rendimiento de la producción de capullo /10.000 larvas	45
3.1.2 Longitud de capullo	47
3.1.3 Porcentaje de seda cruda	49
3.1.4 Longitud de Filamento	52
3.2 DETERMINACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO	54

	pág.
3.3 IDENTIFICACIÓN DE FENOTIPOS DE <i>B. mori</i> CON ALTO DESEMPEÑO PRODUCTIVO	58
3.3.1 Peso del capullo	59
3.3.2 Peso de la corteza	61
4. CONCLUSIONES	65
5. RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	76



## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica del gusano de seda <i>Bombyx mori</i>	21
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la morera <i>Morus spp</i>	23
Tabla 3. Características según el voltinismo	26
Tabla 4. Clasificación geográfica de razas de <i>B.mori</i>	27
Tabla 5. Recursos biológicos de <i>B. mori</i> evaluados	36
Tabla 6. Caracteres productivos evaluados en parentales de <i>B. mori</i>	40
Tabla 7. Caracteres productivos a evaluar en <i>B. mori</i>	42
Tabla 8. Rangos productivos en fenotipos de <i>B. mori</i>	45
Tabla 9. Rendimiento (kg) de capullo en peso/10.000 larvas	45
Tabla 10. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis	46
Tabla 11. Longitud de capullo (cm)	48
Tabla 12. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico	48
Tabla 13. Porcentaje (%) de seda cruda	50
Tabla 14. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico	50
Tabla 15. Longitud (m) de filamento	52
Tabla 16. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico	53
Tabla 17. Determinación ciclo biológico de gusano de seda <i>B. mori</i>	54
Tabla 18. Resumen de resultados, identificación de ciclos biológicos	56
Tabla 19. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico	57
Tabla 20. Rangos productivos en fenotipos de <i>B. mori</i>	58

	pág.
Tabla 21. Peso (g) de capullo	59
Tabla 22. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico	60
Tabla 23. Peso (g) de la corteza	62
Tabla 24. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico	62

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Componentes de la sericultura	19
Figura 2. Ciclo biológico del gusano de seda <i>Bombyx mori</i>	21
Figura 3. Características fenotípicas, raza japonesa	27
Figura 4. Característica fenotípica, raza china	28
Figura 5. Características fenotípicas, raza europea	28
Figura 6. Características fenotípicas, raza tropical	29
Figura 7. Modelo de selección poblacional por desempeño productivo	30
Figura 8. Centro de Estudios vegetales (CVE) la Rejoja	35
Figura 9. Características fenotípicas de larvas y capullos de <i>B. mori</i>	36
Figura 10. Incubación de los seis fenotipos de <i>B. mori</i>	37
Figura 11. Bandejas de cría, cubiertas de un plástico protector en la parte superior	37
Figura 12. Proceso de alimentación con hoja de morera	38
Figura 13. Fases de cambio de cama	38
Figura 14. Proceso de formación de capullo en fenotipos de <i>B. mori</i>	39
Figura 15. Medición de longitud de capullos	40
Figura 16. Proceso de devanado de capullos	41
Figura 17. Ciclo biológico en fenotipos de <i>B. mori</i>	41
Figura 18. Larvas de <i>B. mori</i> en proceso de muda	42
Figura 19. Medición, peso de capullo y corteza.	43
Figura 20. Rango mínimo y máximo, fenotipos AECVC y AENA	46
Figura 21. Rendimiento (kg) de capullo en peso/10.000 larvas	47
Figura 22. Rango mínimo y máximo, fenotipos AENA y AEBVC	47

	pág.
Figura 23. Longitud (cm) de capullo	49
Figura 24. Porcentaje (%) de seda cruda	51
Figura 25. Rango mínimo y máximo, fenotipos AENA y AEGB	52
Figura 26. Longitud (m) de filamento	53
Figura 27. Etapas de desarrollo en fenotipos de B. mori	56
Figura 28. Duración (días) ciclos biológicos	57
Figura 29. Rango mínimo y máximos en fenotipos AEGB y AECA	59
Figura 30. Peso (g) de capullo	60
Figura 31. Rango mínimo y máximo, fenotipo AECA	61
Figura 32. Peso (g) de la corteza	63

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Manejo de fenotipos de <i>B. mori</i>	76
Anexo B. Protocolo de desinfección	79
Anexo C. Registro de variables ambientales, temperatura y humedad relativa	80
Anexo D. Manejo agronómico del cultivo de morera ( <i>Morus spp</i> )	81
Anexo E. Clasificación de enfermedades en el <i>B. mori</i>	84
Anexo F. Formato, cálculo del ciclo biológico de fenotipos de <i>B. mori</i>	86
Anexo G. Formato, registro de alimentación para cría de <i>B. mori</i>	87
Anexo H. Formato, evaluación capullo y registro de enfermedades de fenotipos de <i>B. mori</i>	88

## GLOSARIO

**AGROARTE:** Asociación Artesanal Agropecuaria y Ecológica de El Tambo

**ARTESANO:** persona que elabora artesanías a destajo o compra el hilo para tejer sus propios productos artesanales y también es aquel que realiza labores de transformación del capullo a hilo de seda artesanal.

**BANCO DE GERMOPLASMA:** conserva diferentes poblaciones de razas de *B. mori*, para caracterizar, enriquecer y promover una mayor utilización de la diversidad en programas de mejoramiento genético.

**COLTESEDA:** Asociación de Tejedores de Seda COLTESEDA

**CORSEDA:** Corporación para el Desarrollo de la Sericultura del Cauca

**DEVANAR:** a través de una maquina devanadora se transforma el capullo de seda en hilo de seda.

**FENOTIPO:** conjunto de caracteres visibles que se puede observar en las diferentes razas de *B. mori*, y que resulta de la interacción entre su genotipo y el medio ambiente.

**GENOTIPO:** conjunto de genes, que junto con factores ambientales actúa sobre el ADN de las diferentes razas de *B. mori*, determinando las características del organismo.

**INSTAR:** etapa del ciclo larval del gusano de seda *B. mori*.

**MEJORAMIENTO GENÉTICO:** consiste en la aplicación de principios tanto biológicos, económicos y matemáticos, con la finalidad de encontrar estrategias óptimas para aprovechar la variación genética que existe en las diferentes razas de *B. mori*, en particular para maximizar el mérito de las poblaciones estudiadas.

**MUDA:** estado de reposo, las larvas dejan de alimentarse, permanecen inmóviles y se fijan a la superficie con las patas torácicas y abdominales, manteniendo erguida la cabeza.

**PRODUCTOR DE CAPULLO:** persona que hace labores agrícolas para el sostenimiento de la morera y realiza labores para cuidar del gusano de seda para finalmente obtener capullos de seda.

**PRODUCTOR DE CAPULLO Y ARTESANO:** persona que hace las labores agrícolas y domésticas para obtener capullos de seda, los cuales serán usados como materia prima para obtener el hilo de seda y este transformarlo en productos artesanales (bufandas, chales, manillas, etc.).

**RODALINA:** accesorio en el que las larvas realizan el encapullado.

**SERICULTOR:** persona que hace parte de la cadena productiva de la seda. Por tanto, un productor de capullo, un productor artesano, y un artesano, con sericultores.

## RESUMEN

La evaluación y caracterización de los recursos genéticos que conforman los bancos de germoplasma son actividades relevantes en los programas de mejoramiento genético y están dirigidos a seleccionar individuos con alto desempeño productivo. La principal limitante de la sericultura caucana es la carencia de material genético renovado, altamente productivo, resistente y/o tolerante a enfermedades, adaptado a las condiciones climáticas del departamento. En este contexto, fueron evaluados seis fenotipos de *B. mori* y como control (Pilamo II), mediante un diseño completamente al azar con tres repeticiones, las variables estudiadas fueron: rendimiento de la producción de capullo/10.000 larvas (RPC); longitud de capullo (LC); porcentaje de seda cruda (%SC); longitud de filamento (LF); duración del ciclo biológico (DCB); peso de capullo (PCE) y peso de la corteza (PC). Los resultados presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), mostrando valores superiores y similares al control, la mejor respuesta correspondió a: AECA con RPC=17,6kg; AEBVC con LC= 3,57cm; AECVC con %SC= 19,4%; AEBC con LF= 1205m; AECVC con DCB= 50,9días; AECA con PCE= 1,84g; AECVC con PC= 0,372g. Según los resultados observados, los fenotipos se encuentran dentro de los rangos reportados para líneas puras a nivel mundial y podrían utilizarse en procesos de selección y cruzamiento, puesto que, poseerían una fuente de genes de importancia para desarrollar materiales que superen la respuesta productiva del único híbrido comercial de *B. mori* en Colombia. Adicionalmente, estos materiales deben ser conservados como reservorio de genes para ampliar la base genética del banco de germoplasma, uno de los componentes fundamentales del Proyecto de Sericultura Caucaña.

**Palabras claves:** Caracterización, Recursos genéticos, Germoplasma, Sericultura, Capullos de seda, Fenotipo, *B. mori*.

## ABSTRACT

Evaluation and characterization of the genetic resources that conform the germplasm banks are relevant activities in breeding programs and are aimed at selecting individuals with high productive performance. The main limitation of Caucana sericulture is the lack of renewed genetic material, highly productive, resistant and / or tolerant to diseases, adapted to the climatic conditions of the department. In this context, six phenotypes of *B. mori* were evaluated and as a control (Pilamo II), in a completely randomized design with three replicas, the variables studied were: yield of cocoon production / 10,000 larvae (YCP); cocoon length (CL); percentage of raw silk (% RS); filament length (FL); duration of the biological cycle (DBC); Weight of the cocoon (WC) and weight of the shell (WS). The results presented significant differences ( $p < 0.05$ ), showing higher values and similar to the control, the best answer corresponded to: AECA with YCP = 17,6kg; AEBVC with CL = 3,57cm; AECVC with % RS = 19,4%; AEBB with FL = 1205m; AECVC with = 50,9days; AECA with WC = 1,84g; AECVC with WS = 0.372g. According to the observed results, the phenotypes are within the ranges reported for pure lines throughout the world and could be used in selection and crossing processes, since they would have a source of genes of importance for the development for materials that exceed the productive response of each one. Hybrid commercial of *B. mori* in Colombia. Additionally, these materials has to be preserve like gene reservoir for enlarge the genetic base of germoplasm bank, because it is one of the fundamental components of Sericultura Caucana Project.

**Key words:** Characterization, Genetic resources, Germplasm, Sericulture, Silk buds, Phenotype, *B. mori*.



## INTRODUCCIÓN

El Cauca es el mayor productor de seda natural a nivel nacional; sin embargo, esta fibra es obtenida de forma artesanal con técnicas establecidas y empleadas desde hace aproximadamente 30 años, situación que genera baja productividad y calidad del capullo, tampoco existe una fuente material genético renovado, altamente productivo, resistente y/o tolerante a enfermedades; de otra parte, la producción de seda se obtiene mediante la cría del híbrido comercial Pilamo II desarrollado en la década de los 90 por el Centro de Desarrollo Tecnológico de Sericultura (CDTS), entidad que fue liquidada y cedió los recursos genéticos de *Bombyx mori* y *Morus* spp en calidad de custodio a la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). Es necesario resaltar, que la entidad no continuó con los programas de mejoramiento de híbridos, relegando el proceso de investigación en esta área del conocimiento por más de 25 años, entre tanto, la granja el Pilamo es el único centro de producción de huevos a nivel comercial en el país (Londoño y López, 2015; UTP, 2010).

La sericultura con enfoque productivo se ha mantenido con la ayuda de asociaciones como la Corporación para el Desarrollo de la Sericultura del Cauca (CORSEDA), la Asociación Agroecológica (AGROARTE), la Asociación de Tejedores de Seda (COLTESEDA) y sericultores independientes, que apoyan la producción primaria dedicada a la cría de *B. mori* para la obtención de capullos y la fabricación de tejidos artesanales como actividad complementaria a otras labores agropecuarias y en entornos netamente familiares, estas entidades buscan básicamente mejorar la capacidad de negociación, la unificación de parámetros de producción y brindar mejores condiciones económicas al núcleo familiar, dando valor agregado a la producción, mediante la transformación agroindustrial de los capullos de seda (CORSEDA, 2018; Díaz, 2015).

Según Guzmán (2016), la seda obtenida por los sericultores caucanos tiene importancia económica por tratarse de una actividad de bajo nivel de inversión en instalaciones y mantenimiento del cultivo de morera, que genera impacto social y económico positivo para los productores, porque se obtienen altos rendimientos en periodos de producción cortos y por consiguiente, con un flujo de caja constante; puesto que, el ciclo biológico de *B. mori* está en el rango de los 50 a 55 días (Pescio *et al.*, 2008).

La producción serícola del Cauca depende únicamente del híbrido Pilamo II, por lo tanto, la estructuración de un programa local de mejoramiento genético es fundamental; por esta razón, se caracterizaron recursos genéticos de *B. mori* pertenecientes a la colección ubicada en el Centro de Estudios Vegetales de la Universidad del Cauca, la cual fue obtenida mediante donaciones regionales y nacionales de sericultores, al desconocer el desempeño productivo de estos materiales fue necesaria la evaluación como herramienta que aporta conocimiento para realizar procesos de selección y cruzamiento de parentales en la producción de nuevos fenotipos de interés productivo (Londoño y López, 2015).

El objetivo de la investigación fue la evaluación del desempeño productivo de los parentales de *B. mori*, donde se caracterizaron seis fenotipos con cuatro variables de medición

productiva como: rendimiento de la producción de capullo 10.000/larvas, longitud de capullo, porcentaje de seda cruda y longitud de filamento; además se determinó el tiempo que tardan los materiales en culminar su ciclo biológico desde la eclosión de los huevos hasta la oviposición de las polillas; adicionalmente, se evaluó el comportamiento productivo de los materiales con base en caracteres como: peso de capullo y peso de la corteza, que según Shabdini *et al.*, (2011) y Basso *et al.*, (2016), forman la base para el esquema de selección apropiada, por lo tanto, serviría a la producción serícola en la obtención de nuevos fenotipos adaptados a las condiciones locales para garantizar la calidad y disponibilidad del material.

# 1. MARCO REFERENCIAL

## 1.1 LA SERICULTURA

La sericultura es una actividad agropecuaria que integra tres componentes: el agrícola con el cultivo de la morera *Morus spp*, el pecuario con la cría de *B. mori* y el agroindustrial con la transformación del hilo en la industria de textiles para la elaboración de prendas de vestir; en cosmetología con maquillajes y polvos para la piel (Figura 1); además, la crisálida es un subproducto empleado para la producción de aceites naturales; y en la biomedicina la seda es usada para la fabricación de suturas quirúrgicas que el organismo puede absorber, entre otras (Cifuentes y Sohn, 1998; Chauhan & Tayal, 2017).

Figura 1. Componentes de la sericultura



**1.1.1 Generalidades de la sericultura.** Según los registros chinos el descubrimiento de la producción de seda de *B. mori*, ocurrió alrededor de 2.700 a.c.; la leyenda China señala que el gran príncipe Hoang-ti dirigió a su esposa Xi Lingshi, para examinar el gusano de seda y probar la viabilidad de usar el hilo, después de eso descubrió no sólo los medios de criar gusanos de seda, sino también, la manera de obtener hilos de seda y emplearlos en prendas de vestir; la princesa fue posteriormente reconocida por el trabajo y honrada con el nombre de Sien-Thsan, o “La diosa de los gusanos de seda” (Chauhan & Tayal, 2017).

La sericultura se desarrolló durante los siguientes siglos en China, permitiendo que en el año 139 a.c., creciera y se extendiera mediante la Ruta de la Seda por todo el continente asiático, conectando a China con Mongolia, el subcontinente Indio, Persia, Arabia, Siria, Turquía, Europa y África hasta el mar Mediterráneo (Cifuentes y Sohn, 1998).

La producción serícola llegó a Japón a través de Corea, pero no antes de la primera parte del siglo III a.c, y luego hacia el oeste estableciéndose en la India, de acuerdo a la tradición, el huevo del insecto y la semilla de la morera fueron llevados ocultos en el tocado de una princesa china y por el contrabando de los monjes persas; posteriormente se dispersó por Europa y luego de la conquista al continente americano (Chauhan & Tayal, 2017).

**1.1.2 La sericultura en Colombia.** La historia de la sericultura en Colombia se remonta a 1868 y 1921, al ser una actividad que no requiere mano de obra calificada, se hicieron los primeros intentos de introducirla como una alternativa para las familias agropecuarias (Cifuentes y Sohn, 1998). Durante más de 20 años (1968 – 1990), la Federación de Cafeteros promovió y difundió la producción serícola entre los agricultores, (Cifuentes y Sohn, 1998). La sericultura presentó notoriedad a fines de los años 80 y principios de los 90 del siglo pasado, debido a la contribución del gobierno coreano mediante el establecimiento de empresas asociativas como el fin de obtener capullos y transformar industrialmente el hilo de seda para abastecer a la industria de ropa coreana y la de los países europeos (Cifuentes y Sohn, 1998; CORSEDA, 2003).

Sin embargo, estas estrategias no tuvieron impacto deseado, ya que las larvas importadas no estaban adaptadas a las condiciones climáticas tropicales de la región, y al retiro del apoyo de la Unión Europeo por las fallas del gobierno colombiano como organización asociada; además, los precios internacionales de la seda se desplomaron, cabe señalar que a pesar de la crisis, los sericultores buscaron alternativas como las asociaciones campesinas para reducir los costos laborales y continuar trabajando en la producción serícola (Cifuentes y Sohn, 1998, citado por Ruiz y Almanza 2018).

El Centro de Desarrollo Tecnológico de la Sericultura (CDTS) creado en 1994, ubicado en el municipio de Pereira, logró conservar los cultivares de morera (*Morus spp*) y mantener el banco de germoplasma de *B. mori* en la granja experimental El Pilamo, el CDTS, en colaboración con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), crearon varios híbridos como (Konsota y Pilamo I y II), de los cuales Pilamo II es el único que se comercializa actualmente en Colombia; en 2004 se cerró el CDTS y en 2007, la Universidad Tecnológica de Pereira se hizo cargo del material genético, en la granja experimental El Pilamo, donde conservan líneas e híbridos de *B. mori*, producen huevos comercialmente y también, suministran esquejes de morera (UTP, 2010)

En el departamento del Cauca a mediados de la década de 1980, la actividad serícola comprendía asociaciones como Colteseda, Hitesedas, Sedas La Aradita, Multisedas y la Corporación para el Desarrollo de la Sericultura en Cauca (CORSEDA), que agrupaban productores locales de los municipios de Popayán, El Tambo, Morales y Piendamó; actualmente, COLTESEDA y CORSEDA, continúan funcionando (CORSEDA, 2003). En 2011 se creó legalmente en el Tambo, la Asociación Agroarte, mientras que, productores independientes operan en Santander de Quilichao, estas entidades representan la sericultura en el Cauca en el 2016; adicionalmente, forman un comité promocional de esta actividad en el departamento, que busca lograr el reconocimiento como una cadena productiva a nivel nacional (Guzmán, 2016).

## 1.2 BIOLOGÍA Y TAXONOMÍA DEL GUSANO DE SEDA *Bombyx mori* L

*B. mori* es un insecto del orden de los lepidópteros (Tabla 1); a este grupo pertenecen las “polillas” (la mayoría de hábitos nocturnos, grupo al que pertenece el gusano de seda) y las “mariposas” (de hábitos diurnos); es una especie completamente domesticada y por lo tanto, adaptada a la cría comercial; de hecho, no existe en estado libre o natural porque ha perdido la capacidad de volar y sobrevivir en condiciones ambientales extremas. De otra parte, todas las razas criadas en la actualidad son derivadas del gusano silvestre *Bombyx mandarina*, originario de China (Pescio *et al.*, 2008).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del gusano de seda *Bombyx mori*

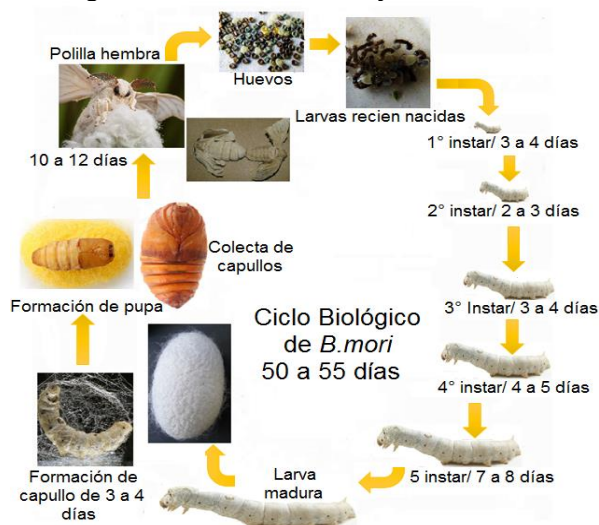
Clasificación taxonómica	
Nombre común	Gusano de seda
Clase	Insecta o hexápoda
Orden	Lepidóptera
Familia	Bombycidae
Género	<i>Bombyx</i>
Especie	<i>Bombyx mori</i>

Fuente: Rodríguez *et al.* (2012)

## 1.3 CICLO BIOLÓGICO DEL GUSANO DE SEDA *Bombyx mori* L

Según Cifuentes y Sohn (1998) *B. mori* es un insecto holometábolo, que pasa por los estados de: huevo, larva o gusano, pupa y adulto (Figura 2); el ciclo biológico dura aproximadamente 55 días y es de naturaleza monófaga, consume hojas de una sola especie de planta, en el caso de *B. mori* es la morera.

Figura 2. Ciclo biológico del gusano de seda *Bombyx mori*



Fuente: Pescio *et al.*, 2008

Chauhan & Tayal (2017) describen las características de este insecto en cada uno de los estados, e indican que:

**1.3.1 Huevos.** Miden de 1 a 1.3 mm de longitud y de 0.9 a 1.2 mm de ancho (la cabeza de un alfiler), pueden ser ovalados, aplanados o elipsoidales, luego de ser ovipositados presentan una coloración amarilla, y si son fértiles (fecundados y viables) en 48 horas comienzan a tomar un color gris plomizo, por otro lado, si al transcurrir este periodo no hay cambio en la coloración, los huevos serán infértiles. La duración del estado depende de la raza y el tipo de diapausa<sup>1</sup>.

**1.3.2 Larva.** Recién nacida es de color negro o café oscuro, presenta una cabeza grande y su cuerpo está densamente cubierto por setas o pelos, dando una apariencia de oruga peluda. El ciclo larval dura unos 30 días aproximadamente, donde incrementa hasta 9000 veces su peso y 6000 veces su volumen; duración que dependerá de las condiciones en que se desarrolle la cría, es decir, calidad de la alimentación, sanidad, temperatura, humedad relativa, entre otras. La larva va cambiando de color debido al crecimiento de la cutícula de la piel al pasar por los 5 instares, cada uno está separado por un tiempo de 24 horas aproximadamente (cuando transcurre la muda)<sup>2</sup>, excepto entre el 4° y 5° instar que suele ser de 48 horas.

**1.3.3 Pupa.** Estado generalmente llamado de descanso, también considerado como transitorio, y permite que el insecto se transforme de larva en adulto, externamente se puede ver una membrana protectora, que al inicio es de color amarillo y luego toma una tonalidad marrón, haciéndose consistente, la duración es de 12 a 15 días.

**1.3.4 Polilla.** Las alas son de color blanquecino y generalmente desarrolladas, sin embargo, no pueden volar y tampoco alimentarse, su función es exclusivamente la reproducción. El género en las mariposas puede diferenciarse porque las hembras tienen un abdomen más grande que los machos y estos son más activos, al emerger del capullo rápidamente buscan una hembra para realizar la copula; posteriormente, comienza la oviposición, en caso de no haber copulado también oviposita, aunque los huevos son infértiles, la polilla muere de 3 a 4 días después de la oviposición.

## 1.4 GENERALIDADES DE LA MORERA *Morus spp*

La morera es originaria de Asia Central y pertenece a la familia de las moráceas (Tabla 2), produce frutos que se pueden comer o emplear en jugos y mermeladas; aunque, el principal

---

<sup>1</sup> Descrita como la suspensión del desarrollo, de mayor o menor duración, inducida por factores genéticos; los huevos con diapausa son aquellos que ostentan dos etapas de desarrollo embrionario, inicialmente durante las primeras 48 horas, en la que se detiene el desarrollo del embrión, y una segunda etapa, la hibernación, de duración variable, y que necesita condiciones ambientales determinadas para activarse (Pescio *et al.*, 2008)

<sup>2</sup> En el proceso de muda o estado de reposo, las larvas dejan de alimentarse, permanecen inmóviles y se fijan a la superficie con las patas torácicas y abdominales, manteniendo erguida la cabeza (Pescio *et al.*, 2008).

uso del follaje es servir como fuente de alimento a larvas de *B. mori* (Pescio *et al.*, 2008). Es un árbol que en estado silvestre puede alcanzar alturas mayores a 18 m y puede durar 100 años o más; cuando se cultiva en forma comercial no se permite que alcance más de 2 m y se poda periódicamente (90- 100 días), por lo cual, la duración se reduce a 20 o 25 años (Rodríguez *et al.*, 2013).

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la morera *Morus spp*

Clasificación taxonómica	
División	Spermatophyta
Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotiledónea
Orden	Urticales
Familia	Moraceae
Género	<i>Morus</i>
Especie	<i>nigra, alba, rubra, tartarica, indica</i>

Fuente: Cifuentes y Sohn (1998)

*B. mori* solo consume hojas de morera durante la etapa larval, en que requieren dos nutrientes importantes: proteína cruda y carbohidratos, y la morera los proporciona adecuadamente, pues cuenta con un aporte de proteína cruda mayor al 20%, adicionalmente, el porcentaje de digestibilidad *in vitro* supera el 80%, por lo tanto, su calidad nutricional tiene influencia en el desempeño productivo de la especie (Luzuriaga, 2008).

En consonancia con lo anterior, Pietro *et al.* (2016) indican que la mayor cantidad de nutrientes se encuentran concentrados en porcentajes elevados en las hojas jóvenes de los árboles de morera y señalan que el contenido de proteínas, lípidos, hidratos de carbono, vitaminas, minerales y agua, confieren un crecimiento estable, productivo y saludable durante el ciclo larval; sin embargo, la cantidad y calidad de nutrientes depende de la variedad, la fertilidad del suelo, la época del año, el clima y la edad, de aquí, la importancia de hacer un correcto manejo agronómico del cultivo y realizar una adecuada selección de la variedad que vaya a emplearse en investigaciones y producciones serícolas.

Los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de morera son: una altitud de 0 - 4000 msnm, temperatura entre 13 y 38 °C, precipitación entre 1600 y 2500 mm/año, un fotoperiodo entre 9 y 13 h/d y humedad relativa entre 65 y 80%; se adapta bien a los diferentes tipos de suelo, principalmente, aquellos que presentan mayor fertilidad, buen contenido de materia orgánica, bien drenados, de textura arcillo-arenosa o areno-arcillosa y de topografía plana u ondulada, con pendientes inferiores al 40% (Luzuriaga, 2008).

## 1.5 RECURSOS GENÉTICOS DE *B. mori*

Los recursos genéticos representan toda la variedad de especies vegetales y animales en el mundo, que resultaron del proceso evolutivo desde el principio de la vida en la tierra hace

3.000 millones de años aproximadamente; y esta, ha sido sometida a procesos de selección y adaptación permanentes, según las condiciones ambientales cambiantes (Vallejo y Estrada 2002; Kumari *et al.*, 2013; Amat, 2014).

En este contexto, a nivel mundial se han propuesto razones para el estudio y la conservación de material genético, tales como:

Potencial Económico – productivo (genético), las poblaciones en peligro de extinción y adaptadas pueden ser beneficiosas en otras áreas del mundo de condiciones similares y su desempeño debe ser medido comparativamente, dentro de sus propias condiciones ambientales.

Potencial Científico, la pérdida de la variación genética animal que se ha desarrollado durante miles de años de selección natural sería una gran pérdida para la ciencia; en los núcleos de conservación se puede monitorear e identificar avances y cambios en la composición genética y las características de producción.

Cultural – histórico, puesto que, la diversidad biológica representa el patrimonio de un país o como historia para la población humana y 4) Potencial Ecológico – ambiental (FAO, 2012; Delgado, 2012; Henson, 1992; Hodges, 1992). De la misma manera, Iriondo y Alegría (2001) señalan que la conservación y evaluación de la diversidad biológica no sólo aporta beneficios en el área de la producción alimentaria, sino que puede contribuir sustancialmente a otras áreas de la actividad humana, como la medicina e industria. Por esta razón, el estudio de los recursos genéticos es rentable para la sociedad.

En la producción serícola, aunque no se disponen de datos precisos sobre el germoplasma de *B. mori*, se indica que hay 4310 accesiones que corresponden a las principales regiones ubicadas en China, Japón, Corea, Francia, Rusia e India, dado que, estas zonas son la principal fuente de recursos genéticos a nivel mundial, y son pioneros en investigaciones para el mejoramiento genético de esta especie (Jingade *et al.*, 2011; Savarapu *et al.*, 2013; FAO, 2003).

Chen *et al.* (2002) indican que en China hay más de 600 líneas preservadas en el Centro de Mantenimiento de Germoplasma; mientras que, en Corea, el departamento de Sericultura y Entomología conserva 340 líneas, en la India el Centro de Recursos de Germoplasma (CSGRC) mantiene 357 líneas, en Bulgaria en la Estación Experimental Sericultura se mantienen 183 líneas y en Japón, la Universidad de Kyushu y el Instituto Nacional de Ciencias Agro biológicas de Japón (NIAS) conservan 450 líneas de gusano de seda.

En Latinoamérica; Perú con la Universidad Agraria de La Molina - UNALM, a través del proyecto de sericultura ha generado tres líneas puras de *B. mori* y 6 híbridos (Garzón,



2015), en Colombia la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) con la ayuda de la Red Andina de la seda asumió la responsabilidad de la producción de híbridos en el país, también, conserva y mantiene 52 líneas puras de *B. mori*: donde 29 son de origen japonés y 23 de origen Chino, a su vez, en la granja experimental el Pilamo se encuentra un banco de germoplasma el cual contiene 31 accesiones de *Morus spp* (UTP, 2010).

Los recursos genéticos de individuos uni y bivoltinos que son preservados en los bancos de germoplasma, presentan alta variabilidad en la expresión de caracteres como: colores de la seda, marcas de la piel, número de mudas, forma y colores tanto del cuerpo, como del capullo, presencia o ausencia de diapausa, hábitos alimenticios, características bioquímica tales como la producción de seda y la secreción de fibroína, entre otras. Con respecto a materiales multivoltinos de origen tropical, estos son conservados como reservas genéticas valiosas, que presentan tolerancia a la carga de patógenos y resistencia a enfermedades, aunque producen seda de baja calidad han permitido la evolución de líneas superiores de *B. mori*, mediante técnicas de selección e hibridación (Chandrakanth *et al.*, 2014).

La información conferida por las bases de datos de bancos de germoplasma es insuficiente y cada región define la categorización de las líneas; por lo tanto, a nivel mundial, no existe una codificación estándar de razas de *B. mori*, cada país maneja sus propios bancos de germoplasma y programas de mejoramiento convencionales, donde se han creado gran variedad de híbridos, por lo cual, es difícil identificar si se habla de razas similares o diferentes (Garzon, 2015; Liu *et al.*, 2010). Esta situación crea inconvenientes al momento de comparar la información y realizar el intercambio de material genético, lo que dificulta la selección de parentales; y otro aspecto relevante, es que los programas de mejoramiento genético son escasos, y en países como Japón, Corea y España las investigaciones se realizan en áreas como la biología molecular, genómica, ingeniería genética y bioquímica, relegando el desarrollo de la sericultura en términos productivos a países como Bulgaria, India e Irán (Chen *et al.*, 2002).

En las investigaciones serícolas los parientes silvestres de *B. mori* son importante fuente de genes (de interés productivo y/o resistencia a enfermedades) que pueden ser esenciales para el mejoramiento de esta especie, por lo tanto, es fundamental la conservación de estos individuos, que servirían para el desarrollo sostenible de la sericultura mundial (FAO, 2003).

## **1.6 DIVERSIDAD GENÉTICA**

La diversidad genética es fundamental en los programas de mejoramiento genético, ya que, se reúne toda la variabilidad existente en las poblaciones, donde se puede observar diferentes expresiones del fenotipo que pueden perpetuar en esta especie (Malik *et al.*, 2015); a mayor diversidad mayor oportunidad de encontrar características de interés, permitiendo la conservación en los bancos de germoplasmas que forman la base genética para los programas de mejoramiento convencional y es una herramienta importante para la preservación de los recursos genéticos (Anuradha *et al.*, 2012; Kumari & Tripathi, 2017).

Las líneas y razas de *B. mori* empleadas para realizar evaluaciones productivas de la diversidad genética disponible, permiten identificar posibles parentales, que pueden ser empleados en métodos de selección e hibridación para obtener individuos con alto vigor híbrido y producciones superiores a los progenitores (Pérez *et al.*, 2010); es necesario resaltar que, desde el descubrimiento de la heterosis, estos híbridos se han empleado en todo el mundo para la producción comercial de capullos y sirven como una herramienta útil para calcular el aumento del potencial genético en la mejora de la especie (Nezhad *et al.*, 2010). Estos avances han estimulado la conservación de las líneas que presentan características económicas importantes y genes de resistencia a enfermedades, entre otras (Lagos *et al.*, 2003; Maqbool *et al.*, 2015).

**1.6.1 Voltinismo.** Cifuentes y Sohn (1998), consideran el voltinismo como el número de generaciones en un año bajo condiciones naturales predominantes en el entorno que se desarrolla y clasifican las razas (Kumari *et al.*, 2011), de la siguiente manera (Tabla 3):

Tabla 3. Características según el voltinismo

Carácter	Univoltino	Bivoltino	Multivoltino
Resistencia (condiciones ambientales y enfermedades)	Baja	Intermedia	Alta
Calidad del capullo	Buena	Intermedia	Baja

Fuente: Cifuentes y Sohn (1998)

**1.6.1.1 Univoltinos.** Producen una generación al año bajo condiciones naturales sin hibernación artificial o tratamiento ácido, la duración larval es larga y el cuerpo es grande; el filamento del capullo es de buena calidad y no son resistentes a condiciones ambientales extremas.

**1.6.1.2 Bivoltinos.** Producen dos generaciones bajo condiciones naturales y se adaptan a regiones templadas, el periodo larval es corto en comparación con las razas univoltinas; las larvas son robustas, relativamente resistentes, además se pueden criar en condiciones de temperatura y humedad alta, la calidad del capullo es inferior a la del univoltino.

**1.6.1.3 Multivoltino.** Propias de las regiones tropicales, presentan un periodo larval corto, las larvas son robustas y tolerantes a temperatura alta y producen capullos pequeños con porcentajes y cantidad de seda cruda baja; presentan filamentos delgados, limpios y con pocas nudosidades, y no tienen diapausa.

**1.6.2 Origen geográfico de razas de *B. mori*.** Las razas de *B. mori* se pueden clasificar según el origen geográfico en japonesa, china, europea y tropical (Tabla 4).

**1.6.2.1 Razas japonesas.** Poseen tres marcas larvales, la ocular, la creciente y la estelar (Figura 3), que en su conjunto son llamadas marcas normales; esta raza es resistente a

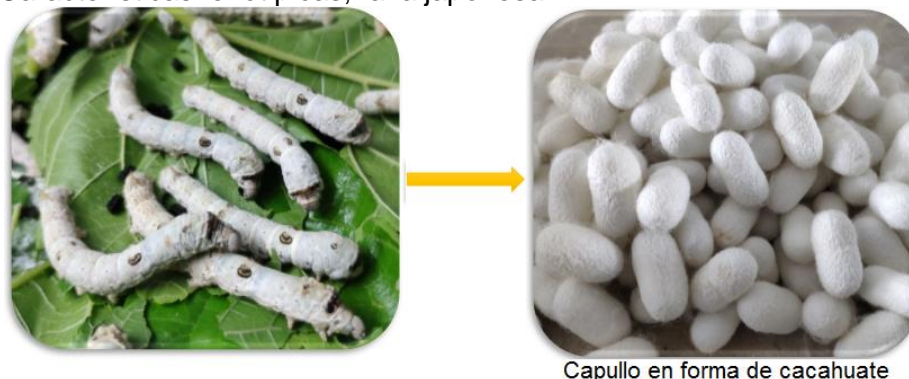
condiciones ambientales desfavorables, el periodo larval es relativamente largo, forman capullos con cintura en forma de cacahuate con un color usualmente blanco, y tienden a producir mayor número de capullos dobles e hilos cortos y gruesos. El carácter univoltino y bivoltino se hacen presentes en este grupo (Kosegawa, 2002).

Tabla 4. Clasificación geográfica de razas de *B.mori*

Carácter	Japonesa	China	Europea	Tropical
Forma del capullo	Cacahuete	Ovalado	Elíptico	Ahusado
Gusano maduro	Rosado	Azul	Amarillo	Azul
Color del huevo	Café	Gris verdoso	Gris	Gris
Tamaño del huevo	Grande	Pequeño	Grande	Pequeño
Duración larval	Larga	Corta	Muy larga	Muy corta
Resistencia larval	Susceptible	Resistente	Muy susceptible	Muy resistente
% de seda cruda	Mediano	Alto	Alto	Bajo
Filamento	Grueso, corto	Largo, delgado	Largo	Muy corto
Otros	Mucho capullo doble	Buena devanabilidad	Mucha sericina	Mucha borra
Voltinismo	Univoltino y bivoltino	Univoltino y bivoltino	Univoltino	Multivoltino

Fuente: Cifuentes y Sohn (1998)

Figura 3. Características fenotípicas, raza japonesa



Capullo en forma de cacahuate

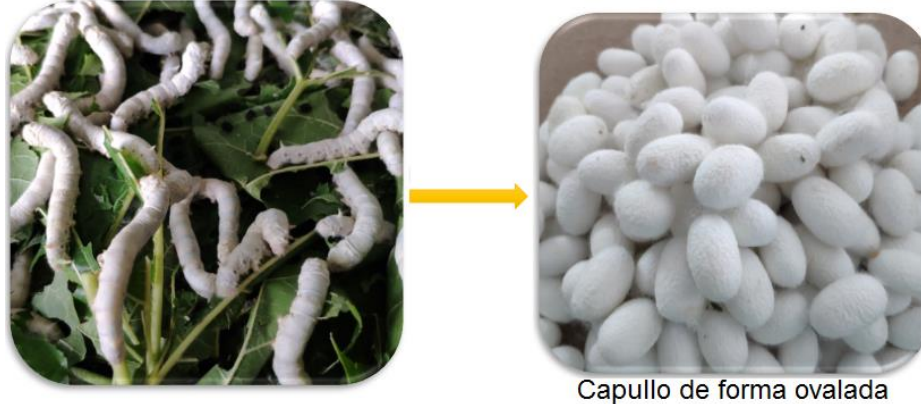
Fuente: Proyecto de Sericultura Caucana

**1.6.2.2 Razas Chinas.** El crecimiento es comparativamente rápido y uniforme, y la mayoría no presenta marcas larvales (Figura 4), por otra parte, no son sensibles a alta temperatura y humedad relativa, la forma del capullo es ovalada (elíptico) o esférica, generalmente de color blanco, aunque se presenta el color amarillo, dorado, rosado y rojo; el filamento del capullo es delgado y largo con buena devanabilidad; en esta raza, se presentan univoltinos o bivoltinos, algunos son trimudantes o tetramudantes (Chen *et al*, 2002) (Figura 4).

**1.6.2.3 Razas europeas.** Proviene de Europa y Asia central, son todos univoltinos, las hembras producen huevos grandes y pesados comparados con otras razas, presentan capullos de color blanco; las marcas larvales son normales pero tenues (Figura 5) y se

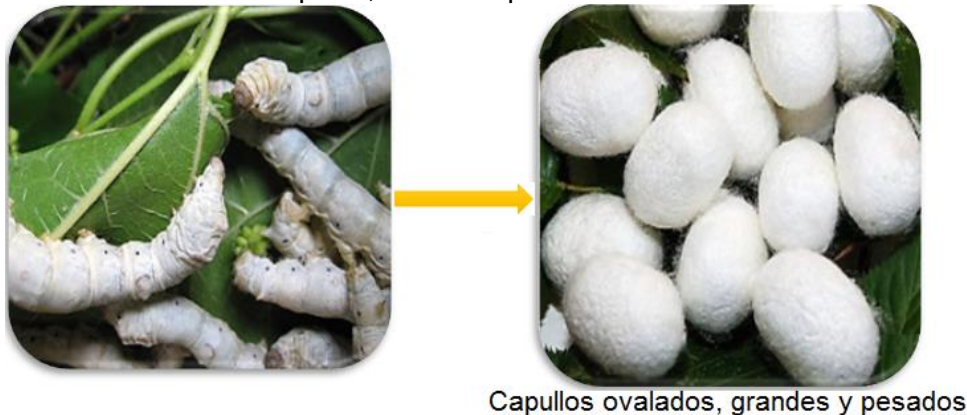
alimentan de una gran cantidad de morera; el ciclo larval es largo, especialmente en el quinto instar; no es fácil de criar porque son sensibles a condiciones ambientales extremas y a enfermedades como pebrina, muscardina y otras, forman capullos largos, grandes y ovalados con leves constricciones y producen pocos capullos dobles (Tzenov, 2002).

Figura 4. Característica fenotípica, raza china



Fuente: Proyecto de Sericultura Caucana

Figura 5. Características fenotípicas, raza europea



Fuente: Monedero (2009)

**1.6.2.4 Razas Tropicales.** Localizadas en la India y en el sudeste Asiático, los huevos son pequeños y livianos con corteza brillante; en este grupo son comunes las razas multivoltinas las cuales producen huevos sin diapausa (Figura 6); son tolerantes a alta temperatura y humedad relativa, la duración larval es corta, presentan capullos pequeños de colores verde, amarillo o blanco de forma elíptica, la corteza es liviana con filamentos delgados, producen pocos capullos dobles y el porcentaje de seda cruda es bajo (Thangavelu, 2002).

Según Castejón (2013), existen diferentes razas comerciales de *B. mori*, en países como, Corea, India, Turquía, Egipto, Bulgaria, Italia y Latinoamérica en Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Ecuador y Paraguay para obtención de hilo de seda, las cuales derivan de las cuatro

regiones principales de sericultura a nivel mundial donde se llevan a cabo numerosas investigaciones científicas en mejoramiento genético de esta especie.

Figura 6. Características fenotípicas, raza tropical



Fuente: Monedero (2009)

**1.6.3 Moltinismo.** Cifuentes y Sohn (1998), también clasifican las razas de *B. mori* según su moltinismo, aspecto que se refiere al número de mudas en su ciclo de vida:

Trimudantes: son razas de duración larval corta, cuerpo larval, capullos pequeños y filamento delgado.

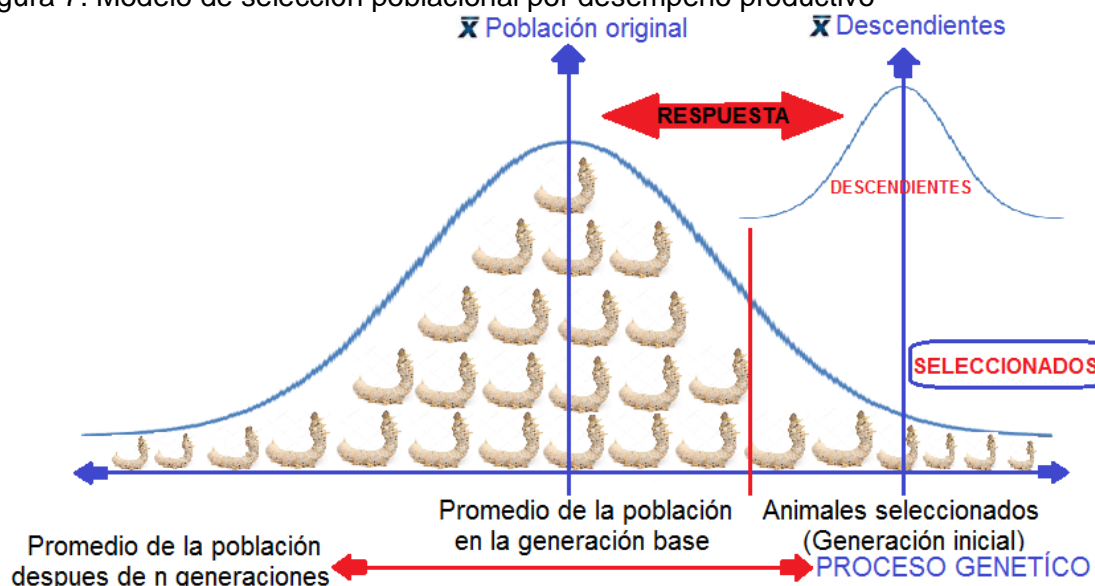
Tetramudantes: son populares en las crías comerciales, poseen cuerpo larval y capullos intermedios.

Pentamudantes: fueron inducidos por una mutación natural de los tetramudantes, la duración larval es larga, de cuerpo larval y capullos grandes, filamento grueso, son menos resistentes a condiciones ambientales adversas.

## 1.7 SELECCIÓN DE PARENTALES

La selección como método de mejoramiento, es un procedimiento que permite identificar fenotipos promisorios, de individuos con un nivel de resistencia inferior, prácticamente, es un proceso discriminatorio de reproducción diferencial; ya que se identifican individuos superiores para convertirse en parentales de la próxima generación (Figura 7) (Vallejo y Estrada, 2002). A su vez, Ossa & Manrique (1998) señalan que la selección es considerada como el conjunto de procesos que permiten alterar las frecuencias de los genes y concentrar en las poblaciones, genotipos de mayor potencial, que, al brindar condiciones ambientales adecuadas, permiten elevar la media poblacional respecto a los índices productivos y reproductivos establecidos.

Figura 7. Modelo de selección poblacional por desempeño productivo



Fuente: Vilela (2014)

En consonancia con lo anterior, Ruales *et al.*, (2007) indican que la evaluación genética proporciona el valor genético para uno o más caracteres de interés, con el objetivo de identificar los animales existentes en la población o una muestra con mayor valor genético en el carácter analizado, ya sea, para ser utilizados como reproductores o para descartar los peores individuos en la población. Adicionalmente, Bullock & Pollak (2009) sugieren que los avances en la metodología de evaluación genética y su aplicación han cambiado poblaciones de animales y la evolución de este procedimiento ha llevado a tomar decisiones de selección con base en observaciones fenotípicas de los individuos y a realizar predicción genética de dichos individuos con base en el análisis de millones de registros de fuentes nacionales e internacionales a través de múltiples razas.

En programas de selección para *B. mori*, la identificación de materiales promisorios y la evaluación de la capacidad combinatoria de parentales potenciales ha permitido obtener híbridos F1, ya sea, mediante cruzamientos simples o dobles, logrando poblaciones con características superiores a partir de líneas adaptadas y escogidas con base en la duración del ciclo biológico, la tasa de pupación, el rendimiento de capullo en peso fresco, número de capullos, longitud de filamento, peso de la corteza, peso de capullo y porcentaje de seda cruda natural, entre otras (Ralls *et al.*, 2013; Singh y Gangopadhyay, 2013; Hasan *et al.*, 2011).

### 1.8 MEJORAMIENTO GENÉTICO DE *B. mori*

El mejoramiento genético se ha desarrollado para aumentar cualitativa y cuantitativamente la producción en los animales domésticos mediante el uso de la variación genética, y trabajando en dos principios fundamentales: la selección y los sistemas de apareamiento

(endogamia y sistemas de cruzamientos) (Tzenov, 2003). Por esta razón, el principio del mejoramiento se concentra en el cambio genético de una población, que busca básicamente el incremento de los caracteres económicos deseables para lograr mayor rentabilidad (Jalali *et al.*, 2011).

González (2000) a su vez, define al mejoramiento genético animal como la aplicación de principios biológicos, económicos y matemáticos, con el objetivo de encontrar estrategias óptimas para aprovechar la variación genética existente tanto entre los individuos de una raza, como la variación presente entre razas y cruces para maximizar su mérito.

En la actividad serícola, uno de los objetivos más importantes para países ubicados en la franja tropical, es incrementar la producción de la seda; seleccionando líneas superiores, adaptadas a las condiciones agroclimáticas de las regiones donde se quiera emplear el material genético; y que luego serán utilizados en cruzamientos para el desarrollo de híbridos altamente productivos (Dayananda & Rao, 2009). Según Jalali *et al.* (2011), las principales causas que aumentan el éxito de estos objetivos son: 1) métodos robustos de mejoramiento basados en la teoría genética cuantitativa; 2) aumento continuo y regular de la heterosis para caracteres económicamente importantes; y 3) desarrollo de sistemas de procesamiento de información.

La evaluación y caracterización de líneas genéticas, es un proceso continuo que tiene como objetivo proporcionar fenotipos adecuados con los caracteres deseados, obteniéndose diferentes tipos de híbridos como:

Híbrido simple: Raza A x Raza B, se obtiene mediante el cruzamiento de dos razas puras, en general es más productivo que los otros tipos de híbridos, presentan mayor uniformidad.

Híbrido simple modificado:  $(AxA') \times B$ ;  $(AxA') \times (BxB')$ , se utiliza como progenitor femenino el híbrido entre dos progenitores afines de la misma raza, y como progenitor masculino otra raza, o también un híbrido entre progenitores afines.

Híbrido triple:  $(AxB) \times C$ , se obtiene a partir de cruzamientos entre un híbrido simple y una raza, es muy uniforme y estable, requiere de tres generaciones de B. mori para ser producido.

Híbrido doble:  $(AxB) \times (CxD)$ , es el híbrido más utilizado, obtenido de dos híbridos simples, incluye, por lo tanto, cuatro razas puras.

Híbrido múltiple:  $(AxB) \times (CxD) \times (ExF) \times (GxH)$ , es producido mediante la utilización de 6, 8 o más razas puras, comercialmente ha sido poco usado y su principal ventaja reside en la mayor variabilidad genética que puede resultar en una mayor adaptación.

## 1.9 ANTECEDENTES

En el laboratorio de seda de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, se evaluaron características productivas en líneas sintéticas de *B. mori* obtenidas por selección recurrente, denominadas GABY y ALICIA se compararon con la población de origen NORMA. Se estudiaron tres variables LC: largo del capullo; PCE: peso del capullo entero y PC: peso de la corteza. Se encontraron diferencias altamente significativas de las medias de las variedades respecto a la población de origen, y de las variedades entre sí. La mejor respuesta correspondió a GABY, con LC= 31,77+/-2,09 mm, PCE=1,15+/-0,14 g y PC=0,22+/-0,03g. Le siguió ALICIA, con LC=30,04+/-2,15 mm, PCE=1,04+/-0,18 g, y PC=0,19+/-0,04. En tercer lugar, se ubicó NORMA con LC=29,32+/-1,87mm, PCE=0,91+/-0,19g y PC=0,17+/-0,04g. Los valores están dentro de los rangos reportados para razas puras, e inferiores a los reportados en híbridos (Basso *et al.*, 2017).

En el instituto Central de investigación y Capacitación Científica, Berhampore en el Oeste de Bengala, se evaluaron 56 líneas de gusanos de seda bivoltinas. Se criaron en las estaciones de primavera, verano y otoño durante tres años y se evaluaron para varios caracteres de importancia económica. Los fenotipos se identificaron según el desempeño productivo manifestado durante la investigación, producciones que se encuentran dentro de los rangos reportados a nivel mundial para líneas puras. Se concluye que las líneas seleccionadas de clasificación son O4, D6 (P), D6 (M), MC4 (E), C122, CSR2, O3, O2, SK3 y BHR2 (Mandal *et al.*, 2016).

En el Instituto de Investigación de Sericultura Templada Mirgund, laboratorio de Genética y Cría de *B. mori*, en India, se evaluaron 18 líneas de *B. mori*: CSR2, CSR4, CSR5, CSR6, CSR51, A209, SBNP1, H304, 61N, CSR18, NB7, NB18, KPGB, KA, P5, SH6 y NB4D2, de diversos orígenes geográficos. El estudio identificó que las líneas NB4D2 y SBNP-1 contemplan un índice de evaluación superior a las demás, material genético conservado en el banco de germoplasma para ser empleado en cruzamientos para el desarrollo de híbridos F1 adecuados para la región (Dayananda *et al.*, 2016).

En la Universidad Estadual de Maringá - UEM, Nova Esperanza y Regiones Sericícolas de Paraná - ACESP, fueron evaluadas 16 líneas parentales de *B. mori*, provenientes del banco de germoplasma de esta institución. Se tuvieron en cuenta características biológicas y productivas económicamente importantes. Las líneas C122-B y C121-A, de origen chino, y las HA-A y HA-B, japonesas, presentaron el mayor peso de capullo, el cual se asocia al contenido de seda cruda perteneciente a líneas evaluadas en esta región (Zanatta *et al.*, 2009). Mientras que Nunes *et al.*, (2014), presenta un estudio del ciclo biológico del *B. mori*, hasta la obtención del capullo con una duración 52 a 55 días para la producción de la fibra de seda. Dado que Brasil es el cuarto productor mundial de capullos, representando una importante fuente de ingresos para los sericultores. Para la ejecución de la investigación, el estudio se dividió en dos etapas, el primer ciclo se realizó en los meses de abril y mayo, y el segundo en los meses de octubre y noviembre del 2013. Se observó que el mejor periodo de desarrollo fue en los meses más cálidos, entre octubre y noviembre, en este periodo las temperaturas son elevadas, que favorece el desarrollo larval; además, las condiciones



ambientales estuvieron entre 21°C – 28°C, humedad relativa entre 65 a 80%. La realización del estudio facilitará estudios posteriores de mejoramiento genético, identificando líneas precoces con periodos más cortos y con menor consumo de alimento (Nunes *et al.*, 2014).

La investigación realizada en la Estación Experimental de Zootecnia de Galia. Evaluó ocho líneas de *B. mori*, de origen japonés y chino: (B101, B102, B104, B109, C201, C202, C203, C208), en parámetros biológicos y productivos: ganancia de peso total de una larva; porcentaje de mortalidad; número de machos y número de hembras; número de huevos y postura; porcentaje de eclosión; peso de la glándula de seda; peso de capullo y corteza; contenido de seda y longitud de filamento. Se concluye que las razas japonesas y chinas presentaron homogeneidad en cuanto al aumento de peso de larvas, mortalidad, número de hembras y número de huevos/postura; asimismo, que las líneas de origen japonés B104 y B101 son superiores en producción de capullo, junto con la línea de origen chino C202. La información recolectada en esta evaluación permitió identificar el material genético disponible para seleccionar y obtener híbrido F1 comercial que se encuentre adaptado a las condiciones de la región (Porto *et al.*, 2004).

En Pakistán, se realizan esfuerzos continuos para impulsar la industria serícola mediante el desarrollo de líneas parentales aptas para la cría con fines comerciales. De esta manera, en el Departamento de Entomología de la Universidad de Agricultura, Rawalpindi, en el laboratorio de sericultura Lahore, se evaluaron el potencial genético de 11 líneas: (PAK-1, PAK-2, PAK-3, PAK-4, M-101, M-103, M-104, M-107, S-1, PFI-1 y PFI-2) para cría y producción de capullos durante 2006 – 2008, que fueron identificadas y seleccionadas como base genética por su alto desempeño productivo para caracteres de importancia económica en ensayos de campo, hibridación y otros estudios (Hussain *et al.*, 2010).

En el Instituto (APSSRDI) del estado de Andhra Prades, se evaluaron 21 líneas polivoltinas de capullos ovalados y 10 con forma de cacahuete. Se estudiaron seis generaciones continuas para varios caracteres de importancia económica. 10 líneas mejoraron producción y se identificaron como posibles parentales, material genético denominado APM14, APM11, APM18, APMW9, APM19 y APMD5, APMD1, APMD3, APMD9 y APMD8, las cuales fueron conservadas y seleccionadas como material base (Rao *et al.*, 2006).

Los esfuerzos concertados de los sericultores, contribuyen significativamente a la evaluación y desarrollo de nuevos híbridos de *B. mori*, adecuados a las condiciones ecolimáticas de las regiones tropicales. Renovación continua y cambio de híbridos existentes con individuos F1 superiores y su comercialización, son las necesidades a la hora de satisfacer la demanda global de seda. En el Instituto Estatal de Investigación y Desarrollo de la Sericultura de Andhra Pradesh, en India, contribuye al desarrollo de cruces potenciales. En el presente trabajo se prepararon 30 nuevas combinaciones híbridas, implicando 10 líneas potenciales, las cuales se evaluaron productivamente en caracteres económicos fundamentales como: peso de capullo, peso de la corteza, porcentaje de seda cruda, longitud de filamento y rendimiento de la producción de capullo 10.000/larvas. Una vez identificadas las líneas promisorias, se hibridaron, obteniéndose producciones económicamente importantes, de las 30 combinaciones, 17 se registraron como híbridos

superiores, donde destacaron MBL4 x APDR115 y MBL10 x APDR115. Concluyéndose que el éxito de la sericultura, depende de la selección del material genético base y sus cruzamientos adecuados, incrementando el rendimiento de múltiples caracteres al expresarse el vigor híbrido (heterosis), estudios que contribuyen a la producción general de la seda (Seshagiri & Raju, 2016).

La utilización del vigor híbrido en la producción comercial de seda comenzó a principios del siglo pasado. La calidad del hilo, así como los mayores niveles de productividad es atribuida al uso de híbridos. En la Argentina la actividad serícola es incipiente y escasa la oferta de huevos de calidad y productividad comprobada en números estudios. En el presente trabajo se evaluaron algunas características productivas de híbridos F1 obtenidas de líneas puras. Se midieron tres variables cuantitativas: peso del capullo, peso de la corteza y longitud de capullo. También se determinaron el porcentaje de seda cruda y el peso equivalente de capullo fresco por 20.000 huevos. Se encontraron diferencias significativas para las características analizadas y un rendimiento superior en todos los cruzamientos, excepto en los híbridos FJ x EO y EO x FJ, los cuales obtuvieron menor respuesta con respecto a los caracteres mencionados. La productividad, expresada como rendimiento en capullos frescos, resultó mayor para los híbridos que para las líneas puras (Basso *et al.*, 2014).

Bhat *et al.*, 2018, evaluó y seleccionó dieciocho razas de *B. mori* de diversos orígenes geográficos con respecto a 11 caracteres relacionados con rendimiento, empleando el índice de evaluación de múltiples características (EI) desarrollado por Mano *et al.*, (1993). Se presentaron diferencias significativas en ocho razas: A209, CSR4, 61N, NB18, CSR2, NB7, NB4D2 y SBNP-1, las cuales obtuvieron mayor grado de productividad en caracteres como: % de eclosión, peso de capullo, peso de la corteza, porcentaje de seda cruda, longitud de filamento, denier y porcentaje de devanabilidad; además, son un recurso fundamental, para el desarrollo de híbridos, adecuados para la región de la India, material genético que debe presentar resistencia a las condiciones extremas de temperatura y humedad relativa propias de esta zona serícola (Bhat *et al.*, 2018).

En el departamento de Zoología de la Universidad de Jammu y Kashmir en India, se evaluaron tres líneas Jam y tres Pam fueron seleccionadas por su rendimiento productivo estudiando los instar y la etapa de producción de capullo para los diversos parámetros fenotípicos y económicos. Los resultados indicaron diferencias altamente significativas entre las líneas para todos los caracteres estudiados; alta correlación positiva entre la longitud de la larva y el peso durante el quinto instar larvario. Las diferencias en los resultados obtenidos probablemente se deben a la variabilidad del material genético (Mirhosseini *et al.*, 2010).

Alvites (2014) determinó el ciclo biológico de seis líneas de *B. mori*, en la localidad de Huacho, Perú, la cual presenta temperatura y humedad relativa de 24 a 25°C y 70 a 75%, respectivamente. Los valores promedio en cada periodo fueron: incubación 11 días, larval 26 días, capullo o pupa 16 días, apareamiento cuatro horas y oviposición transcurrió en un día. Se concluye que, en las condiciones en la localidad de Huacho, el ciclo biológico general de los materiales fue de 55 días (Alvites, 2014).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 UBICACIÓN

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de cría y mejoramiento de *B. mori*, localizado en el Centro de Estudio Vegetales (CEV) - La Rejoja de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca (Figura 8), ubicado en el kilómetro 3 vía a la Rejoja, entre 2°31'23" Latitud Norte y 76°35'73" Latitud Oeste, a una altura promedio de 1800 msnm, temperatura promedio 18°C, humedad relativa entre 67,7 y 75,2%, y 1750 mm de precipitación anuales.

Figura 8. Centro de Estudios vegetales (CVE) la Rejoja



Centro de estudios vegetales (CEV) la Rejoja  
Fuente: Proyecto de sericultura caucana

Laboratorio de cría y mejoramiento de *B. mori*

### 2.2 MATERIAL BIOLÓGICO

Material de *B. mori* fue suministrado por el Proyecto de Sericultura Caucana (obtenido mediante donaciones regionales y nacionales de sericultores), adicionalmente, se empleó como control el híbrido comercial Pilamo II (utilizado actualmente en la producción serícola del departamento del Cauca). Los fenotipos fueron codificados por color de la larva y el capullo (Figura 9):

AEBB: larva blanca, capullo blanco

AEBVC: larva blanca, capullo verde claro

AECA: larva blanco cebrado, capullo amarillo

AECB: larva blanco cebrado, capullo blanco

AECVC: larva blanco cebrado, capullo verde claro

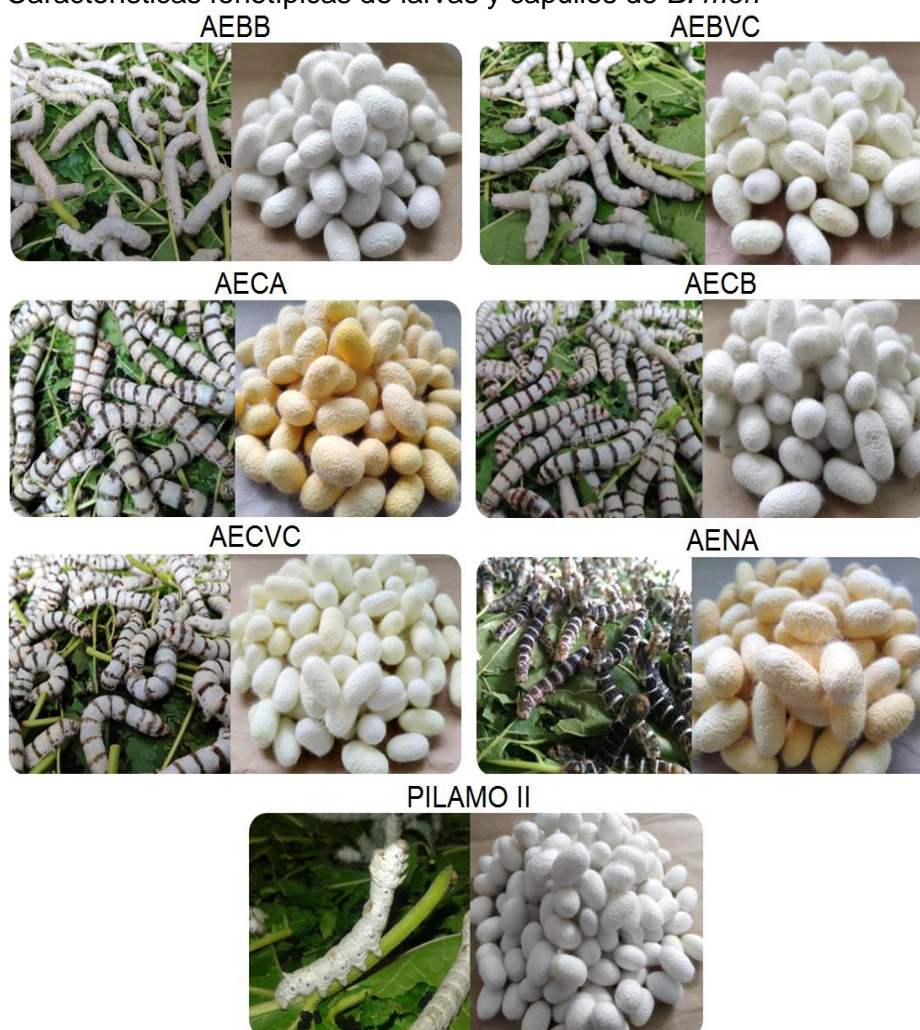
AENA: larva negra, capullo amarillo

Híbrido Pilamo II: blanco con marcas larvales, capullo blanco (Tabla 5).

Tabla 5. Recursos biológicos de *B. mori* evaluados

Fenotipo	Color de larva	Color de capullo
AECVC	Cebrada	Verde claro
AEBVC	Blanca	Verde claro
AECA	Cebrada	Amarillo
AENA	Negra	Amarillo
AEBB	Blanca	Blanco
AECB	Cebrada	Blanco
PILAMO II	Blanca con marcas	Blanco

Figura 9. Características fenotípicas de larvas y capullos de *B. mori*

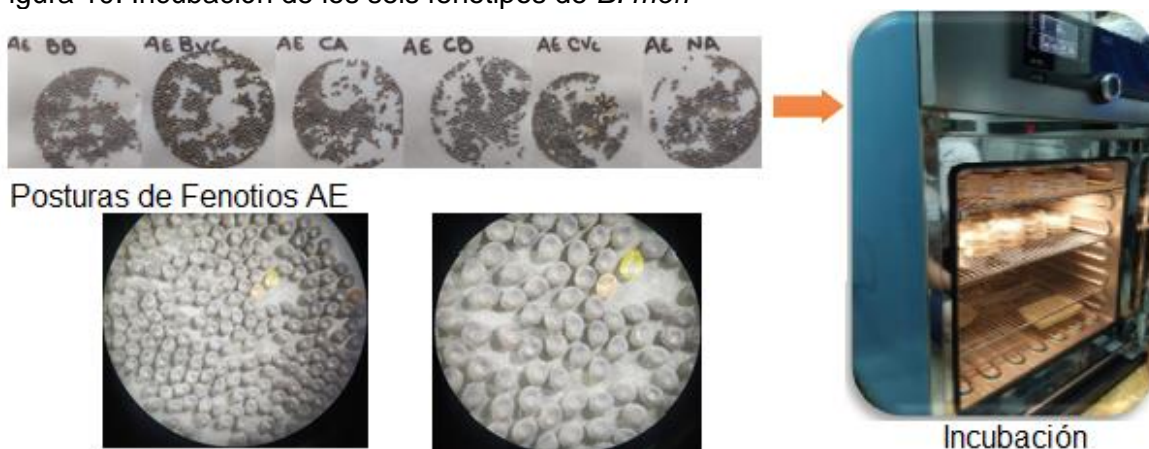


### 2.3 MANEJO Y CRÍA DE LARVAS DE *B. mori*

La incubación de los huevos se realizó en el Laboratorio múltiple de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad del Cauca, área de incubación del Proyecto de Sericultura Caucana.

Se utilizó una incubadora (Memmert) que conservó una temperatura constante de 25 °C y una humedad relativa entre 75 y 80% (Figura 10). La duración de esta etapa fue de aproximadamente diez días hasta el nacimiento de las larvas, posteriormente, los fenotipos fueron trasladados al Centro de Estudios Vegetales La Rejoja, donde se realizó la cría y la evaluación productiva (Anexo A).

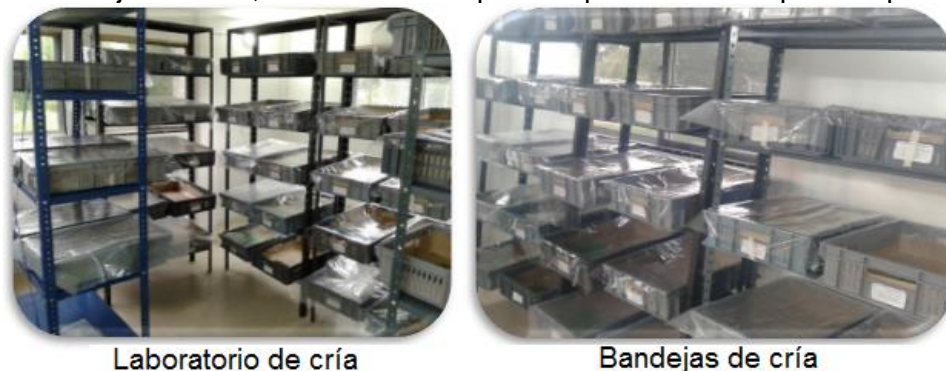
Figura 10. Incubación de los seis fenotipos de *B. mori*



Las condiciones ambientales al interior del cuarto de cría fueron controladas, manteniendo una temperatura entre 21 a 24°C y humedad relativa entre 70 a 80% según la etapa de cría; la información obtenida, se registró empleando un Data logger EasyLog USB-7 (Anexo C).

Cría de larvas: se manejaron en bandejas plásticas, de 90 cm de largo y 45 cm de ancho (Figura 11), donde se brindaron las condiciones óptimas de cría.

Figura 11. Bandejas de cría, cubiertas de un plástico protector en la parte superior



En el proceso de desinfección del laboratorio y de los utensilios de trabajo manejados durante la cría (canastillas, plásticos, pisos, paredes del laboratorio y herramientas), se utilizó: etanol al 70%, hipoclorito al 1% y Cloro Granulado 1% (Anexo B).

## 2.4 MANEJO DE ALIMENTACIÓN

Las larvas de *B. mori* se alimentaron empleando el protocolo modificado de Cifuentes y Sonh (1998), suministrando morera obtenida del cultivo ubicado en el Centro de Investigación (Figura 12), con un manejo agronómico que comprende podas cada 90 días, un programa de fertilización orgánica (600 g/planta al mes de realizada la poda) y control de arvenses mensual (Anexo D).

Figura 12. Proceso de alimentación con hoja de morera.



La alimentación de las larvas se realizó en tres raciones: la primera a las 7:00 a.m., la segunda a las 12:00 p.m., y la última a las 5:00 p.m., suministrando hojas picadas en el 1, 2 y 3 instar y enteras en el 4 y 5 instar; así mismo, se tuvo en cuenta el tiempo que tardan las larvas en terminar una ración y la deshidratación del forraje ocasionada por condiciones ambientales fluctuantes (temperatura y humedad relativa), proporcionando alimentaciones intermedias con el objetivo de mantener la nutrición óptima y evitar la desuniformidad en el crecimiento de larvas.

**Limpieza de cama:** a partir del tercer instar las larvas generalmente producen mayor cantidad de desechos orgánicos (orina y heces); y durante la cría, estos fueron retirados junto con el sobrante de morera (Figura 13) para prevenir presencia de enfermedades por acumulación tanto de toxinas como de humedad en la cama; en el tercer instar se realizó una vez, en cuarto cada dos días y en quinto a diario.

Figura 13. Fases de cambio de cama



**Aplicación de cal:** realizada con el objetivo de absorber la humedad generada por los desechos orgánicos que se acumulan en la cama; de una parte, evitar la presencia de problemas sanitarios y de otra, evitar la alimentación de larvas que mudan primero, de tal forma que, no se afectara el crecimiento uniforme de la población, la cantidad de cal aplicada por bandeja fue de 30g (Anexo E).

**Encapullado:** las larvas maduras se identificaban al evacuar el contenido gastrointestinal, en que se tornan de color crema translúcido; en esta etapa, se ubicaron cuerpos de rodalinas<sup>3</sup> dentro de la canastilla, donde las larvas construyeron los capullos en un periodo aproximadamente de tres días (Figura 14).

Figura 14. Proceso de formación de capullo en fenotipos de *B. mori*



## 2.5 CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA

Los fenotipos de *B. mori* se caracterizaron teniendo en cuenta los protocolos modificados de Basso *et al.* (2016); Singh & Gangopadhyay (2013) y Zanatta *et al.* (2009), registrando las siguientes variables (Tabla 6):

<sup>3</sup> Soporte donde la larva construye su capullo, son fabricadas en plástico y constan de un centro redondeado con un pequeño orificio en la mitad, por donde se pasa un alambre para unir las unidades, además posee una serie de dedos delgados (14 o 15 en total), donde se puede construir más de un capullo.

Tabla 6. Caracteres productivos evaluados en parentales de *B. mori*

Carácter	Unid. Medida	Fórmula
<b>Rendimiento capullo /10.000 larvas</b>	<i>kg</i>	$= \frac{\text{Peso capullo obtenido (Kg)}}{\text{Capullos de larvas después de 3ra muda (180)}} \times 10.000$
Longitud del capullo (LC)	cm	$= \frac{\text{Longitud de 15 capullos } \oplus + \text{ longitud de 15 capullos } \ominus}{30}$
<b>Porcentaje de seda cruda</b>	%	$= \frac{\text{peso de 30 cortezas}}{\text{peso de 30 capullos}} \times 100$
<b>Longitud del filamento</b>	<i>m</i>	$= \frac{\text{Long. de hilo devanado (8 – 10 capullos) por cada carrete}}{\text{No total de capullos devanados}}$

La variable rendimiento de la producción de capullo/10.000 larvas se midió cuando los capullos estaban desbarrados, el peso total obtenido se dividió por el número total de larvas caracterizadas. Con relación al porcentaje de seda cruda, en el sexto día después de iniciada la formación del capullo, se seleccionaron 30 cortezas y 30 capullos al azar, las cuales fueron empleadas para calcular el porcentaje de seda cruda de cada fenotipo; mientras que, para la longitud de capullo se midió utilizando un pie de rey digital de marca *Stainless Hardened* de 150 mm (Figura 15).

Figura 15. Medición de longitud de capullos



La variable longitud de filamento fue medida, teniendo en cuenta, los metros del hilado devanado por cada capullo, empleando una devanadora artesanal construida por el Proyecto de Sericultura Caucana (Figura 16).

## 2.6 DETERMINACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO

La duración del ciclo biológico fue registrada por etapas (Anexo F), desde el inicio de la eclosión de los huevos hasta la oviposición de los fenotipos de *B. mori*. La primera fue

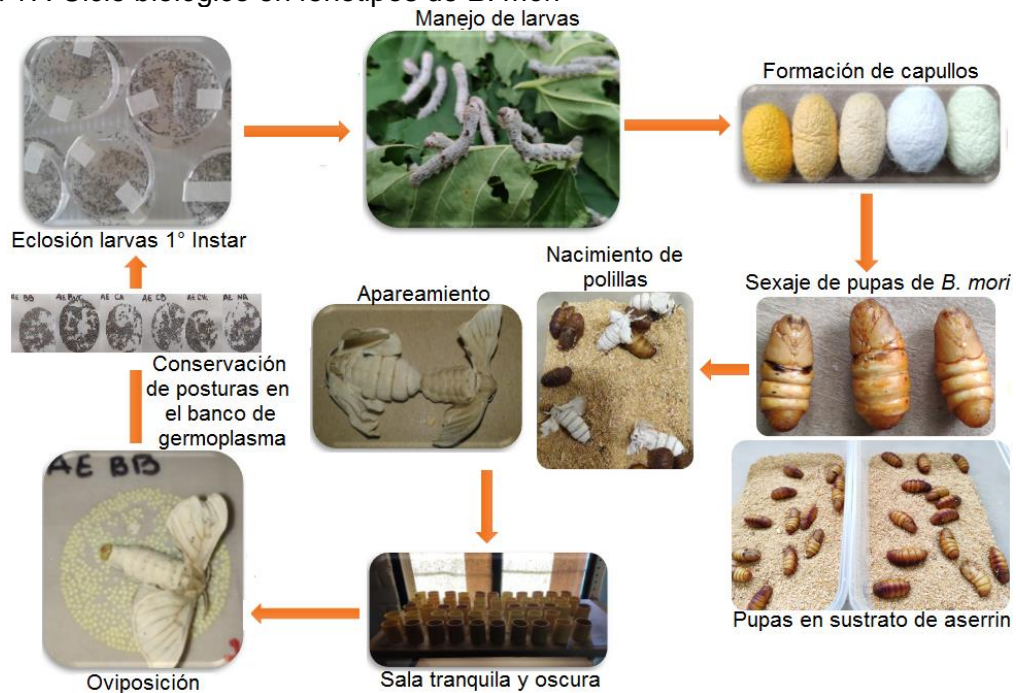


definida como larval e incluía la duración de cada instar y su respectiva muda; esta fue seguida por etapas como encapullado, emergencia de polillas y oviposición. Para la determinación de las dos últimas, fue necesario, seleccionar al azar 30 capullos (15 hembras y 15 machos) en el día sexto, posteriormente fueron sexados y llevados a recipientes separados con un sustrato en aserrín que garantizó las condiciones ambientales (Figura 17), el cual permitió observar el cambio entre pupa y adulto.

Figura 16. Proceso de devanado de capullos



Figura 17. Ciclo biológico en fenotipos de *B. mori*



En la etapa de emergencia de las polillas se aparearon 15 parejas por fenotipo, en un periodo de dos horas para garantizar la cópula, transcurrido este tiempo, las hembras fueron separadas y se colocaron de manera individual sobre papel pergamino, área de 10 cm x 10 cm, llevadas a una sala tranquila y oscura donde ovipositaron durante la primera noche.

Para determinar el inicio o final de cada instar y muda, se observaron los cambios morfológicos que caracterizaban los individuos; es decir, el inicio de la muda se caracterizó por el bajo consumo de morera, la piel se tornaba clara y brillante, tomaban una posición recta e inmóvil y se adherían a la hoja de morera mediante hilos de seda (Figura 18), cuando el 90% de los individuos presentaban estas características, la información era registrada en el respectivo formato, dando por iniciada la muda; por su parte, el final de esta, era determinado cuando las larvas liberaban la piel, presentaban movimiento constante y la cabeza se tornaba de color negro (Anexo G).

Figura 18. Larvas de *B. mori* en proceso de muda



Los registros se llevaron en formatos individuales para cada repetición, diligenciando hora y fecha de inicio y final para cada etapa del ciclo de vida.

## 2.7 IDENTIFICACIÓN DE FENOTIPOS DE *B. mori* POR DESEMPEÑO PRODUCTIVO

La evaluación de las características de interés productivo se realizó en el día 6 de la etapa de encapullado; los capullos se eligieron al azar, realizando las actividades de la tabla 7:

Tabla 7. Caracteres productivos a evaluar en *B. mori*

Carácter	Unid. Medida	Fórmula
<b>Peso capullo</b>	<i>g</i>	$= \frac{\text{Peso 15 capullos } \♂ + \text{Peso 15 capullos } \text{♀}}{30}$
<b>Peso de corteza</b>	<i>g</i>	$= \frac{\text{Peso de 15 cortezas de } \♂ + \text{Peso de 15 cortezas de } \text{♀}}{30}$

Para la medición de estas variables fue necesario desborrar<sup>4</sup> los capullos, con relación a peso de capullo, se pesaron 30 por repetición, igual número para el control Pilamo II. Para peso de corteza, se realizó un corte en la parte superior de los capullos y se extrajo la pupa, a continuación, se pesó la corteza en una balanza de precisión digital portátil de marca *USPS Shipping* con capacidad de 0,01 g (Figura 19). La información fue registrada en el respectivo formato (Anexo H).

Figura 19. Medición, peso de capullo y corteza.



## 2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación del material genético se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde se mantuvieron condiciones homogéneas tanto de manejo como ambientales, con seis fenotipos, tres repeticiones cada uno y 180 larvas por repetición, además, se contó con el control híbrido Pilamo II, de acuerdo con el siguiente modelo (Fischer, 1923 citado por Díaz, 2009):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad (\text{Ec. 1})$$

<sup>4</sup> Desborrado: proceso que consiste en retirar todo el hilo sobrante que se encuentra en la superficie del capullo, con el objetivo de dejarlo liso y limpio.

En donde:

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  fenotipos

$j = 1, 2, 3$  repeticiones

$Y_{ij}$  = variable de respuesta de la  $ij$ -ésima unidad experimental

$\mu$  = efecto de la media general

$\tau_i$  = efecto  $i$ -ésimo de los diferentes fenotipos

$\varepsilon_{ij}$  = efecto del error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental

Los datos evaluados en la caracterización productiva, determinación del ciclo biológico e identificación de potenciales parentales en caracteres como peso de capullo y peso de la corteza, fueron analizados mediante el test de Kruskal-Wallis, para determinar si existían diferencias significativas entre los fenotipos; adicionalmente, se empleó Dunnett no paramétrico del paquete nparcomp (Konietzschke *et al.*, 2015) que muestra las distribuciones entre los grupos, y hace una comparación múltiple entre los materiales y el control (Gómez, 2003; García 2012), con un nivel de significancia de ( $p < 0.05$ ).

El análisis estadístico se ejecutó en los programas Excel dinámico y Rstudio (Versión 3.5.2) entorno de desarrollo integrado para R.

### **Hipótesis:**

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$  Todas las muestras provienen de la misma población (distribución).

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$  Al menos una muestra proviene de una población diferente (distribución).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones ambientales al interior del laboratorio de cría, estuvieron acordes a las necesidades de la especie estudiada (Pescio *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2012; Chauhan & Tayal, 2017); la temperatura promedio registrada fue de 25 a 26°C y humedad relativa 70 a 80%.

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DE SEIS FENOTIPOS DE *B. mori*

Los resultados que se presentan a continuación, se enfocaron a identificar rangos de respuesta en variables productivas de los fenotipos (Tabla 8).

Tabla 8. Rangos productivos en fenotipos de *B. mori*

Fenotipo	Rendimiento /10.000 larvas (kg)		Longitud de capullo (cm)		Porcentaje de seda cruda (%)		Longitud de filamento (m)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
AEBB	16,8	17,2	2,87	3,99	15,9	23,1	1013	1206
AEBVC	15,8	18,1	3,00	3,94	15,2	23,3	981	1327
AECA	16,5	17,7	2,98	3,92	14,1	24,1	998	1229
AECB	15,3	17,1	3,03	3,89	13,7	22,7	1114	1241
AECVC	14,9	18,4	3,00	3,94	15,8	24,1	1098	1323
AENA	16,7	18	2,92	3,98	14,8	22,9	953	1203
PILAMO II	16,4	18	3,02	3,84	16,1	26,2	1025	1188

Min: mínimo; Max: máximo

**3.1.1 Rendimiento de la producción de capullo /10.000 larvas.** Los rendimientos de capullos obtenidos, fluctuaron entre 15,7 a 17,6 kg correspondientes a AECVC y AECA respectivamente, y los coeficientes de variación presentaron un rango mínimo y máximo entre 1,41 a 11,2% en los materiales AEBB y AECVC, donde se puede observar que AENA y AECA con 3,63 y 3,89%, manifestaron datos inferiores a los encontrados en los fenotipos y al híbrido comercial Pilamo II con 5,17%; resultados inferiores a los reportados por Kamrul & Rahman (2009), con coeficientes entre 20,21 y 20,44%, por lo tanto, los valores fueron mejores y acordes a lo que se manejan o referencian en otras zonas serícolas como la región de Bangladesh, con bajo nivel de dispersión en los datos y mayor homogeneidad en rendimiento (Tabla 9).

Tabla 9. Rendimiento (kg) de capullo en peso/10.000 larvas

Fenotipos	n	Rendimiento capullo/10.000 larvas			
		Media	DE	Mediana	CV
AEBB	3	17,0	0,241	17,0	1,41
AEBVC	3	17,1	1,18	17,2	6,91

Tabla 9. (Continuación)

Fenotipos	n	Rendimiento capullo/10.000 larvas			
		Media	DE	Mediana	CV
AECA	3	17,2	0,671	17,6	3,89
AECB	3	16,4	0,936	16,7	5,71
AECVC	3	16,3	1,83	15,7	11,2
AENA	3	17,3	0,630	17,3	3,63
PILAMO II	3	17,0	0,878	16,5	5,17

n: número de datos; DE: desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

Figura 20. Rango mínimo y máximo, fenotipos AECVC y AENA



Al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis para rendimiento de capullo, los datos mostraron que no existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), entre los fenotipos (Tabla 10).

Tabla 10. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis

Test de Kruskal-Wallis				
Variable	X <sup>2</sup>	gl	P-Valor	
Rendimiento capullo/10.000 larvas	2,846	6	0,8279	

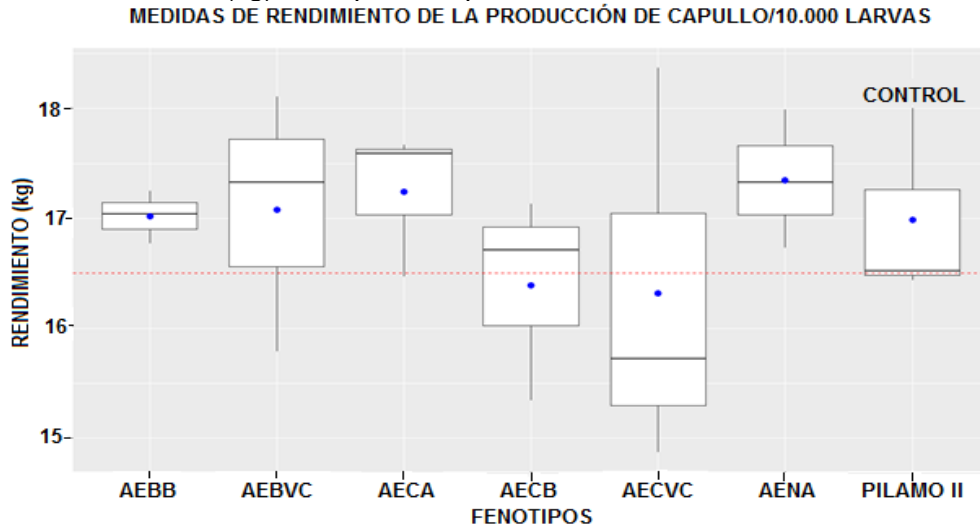
\*\*\*'  $p < 0.001$ ; '\*\*'  $p < 0.01$ ; '\*'  $p < 0.05$ ; 0.1; 1

Los fenotipos no presentaron diferencias significativas (Figura 21), sin embargo, los resultados son similares a los reportados por Mandal *et al.*, (2016); Bhat *et al.*, (2018), en investigaciones realizadas para evaluar, caracterizar y seleccionar líneas puras pertenecientes a regiones como China, Japón e India, donde manejan rendimientos entre 15 y 20 kg; adicionalmente, los investigadores señalan la importancia de evaluar los recursos genéticos, en los bancos de germoplasma, que posteriormente, pueden ser empleados como material parental para el mejoramiento de la producción de la seda.

Según Hasan *et al.*, (2011), al identificar líneas superiores en rendimiento de la producción de capullos, se debe estudiar la magnitud de la variabilidad genética asociada a la heredabilidad que se pueda presentar en este carácter, aumentando la información de los recursos genéticos conservados en los centros de investigación. Estas diferencias pueden

ser importantes y por esta razón, podrían ser evaluadas en generaciones subsiguientes, debido a que la variable de rendimiento es un factor que influye directamente en el valor de la cosecha, es decir, producciones superiores conlleva ingresos mayores al productor.

Figura 21. Rendimiento (kg) de capullo en peso/10.000 larvas



■ Media  
 - - - - - Mediana de los fenotipos  
 - - - - - Mediana del control  
 no significativo \* significativo \*\* y \*\*\* altamente significativo

**3.1.2 Longitud de capullo.** Los valores obtenidos para longitud de capullo, se puede observar que los rangos se movieron entre 3,37 a 3,57 cm pertenecientes a AENA y AEBVC. Y de acuerdo a los coeficientes de variación calculados en los materiales, Pilamo II obtuvo el menor coeficiente con 5,21%, reportando datos inferiores a los adquiridos por los fenotipos cuyos valores se movieron entre 5,94 y 6,40% correspondientes a los materiales AECA y AEBB, resultados inferiores a los reportados por Ahsan y Rahman (2010) en líneas evaluadas en la India, con coeficientes entre 11 a 15% (Tabla 11).

Figura 22. Rango mínimo y máximo, fenotipos AENA y AEBVC

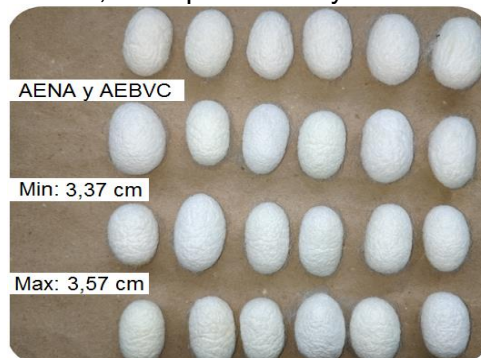


Tabla 11. Longitud de capullo (cm)

Fenotipos	n	Longitud de capullo			
		Media	DE	Mediana	CV
AEBB	3	3,43	0,220	3,43	6,40
AEBVC	3	3,53	0,219	3,57	6,20
AECA	3	3,51	0,208	3,52	5,94
AECB	3	3,47	0,208	3,46	5,98
AECVC	3	3,46	0,210	3,47	6,05
AENA	3	3,37	0,238	3,37	7,06
PILAMO II	3	3,41	0,178	3,40	5,21

n: número de datos

DE: desviación estándar

CV: Coeficiente de variación

El test de Kruskal-Wallis, permitió determinar que si existen diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ), entre los fenotipos; y al aplicar la prueba de Dunnett, dos fenotipos AEBVC y AECA, manifiestan diferencias altamente significativas al compararlos con el control Pilamo II (Tabla 12):

Tabla 12. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico

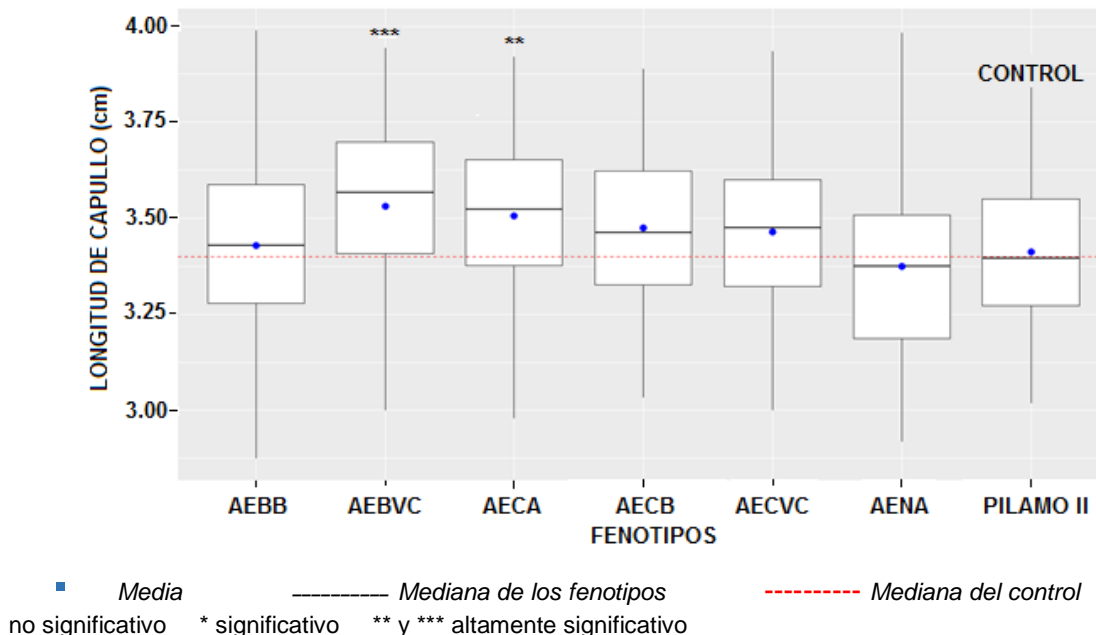
Test de Kruskal-Wallis			
Variable	X <sup>2</sup>	gl	P-Valor
Longitud de capullo	37,378	6	1,486x10 <sup>-6</sup> ***
Prueba de Dunnett no paramétrico			
Comparación de significancia		P-Valor	
Pilamo II, AEBB		0,97583	
Pilamo II, AEBVC		3,820x10 <sup>-4</sup> ***	
Pilamo II, AECA		5,957x10 <sup>-3</sup> ***	
Pilamo II, AECB		0,22504	
Pilamo II, AECVC		0,40737	
Pilamo II, AENA		0,49737	

\*\*\*' p < 0.001; '\*\*' p < 0.01; '\*' p < 0.05; 0.1; 1

Según la prueba de Dunnett (Tabla 12), se pudo identificar que los fenotipos AECA y AEBVC, mostraron valores de 3,52 y 3,57 cm respectivamente, siendo estas longitudes superiores en comparación al control Pilamo II con 3,40 cm (Figura 23), siendo materiales promisorios de alto valor productivo para esta variable. En este contexto, los resultados alcanzados se ubican por encima de los reportes de Basso *et al.*, (2017), para líneas obtenidas por selección recurrente, en materiales como Gaby, Alicia y Norma con 3,177, 3,014 y 2,932 cm cada uno; igualmente, son similares a los híbridos registrados por Basso *et al.* (2014), con valores comprendidos entre 3,449 y 3,596 cm, en cruces genéticos correspondientes a Rayadas x Negro y Negro x Rayadas, donde las longitudes referenciadas, dependen fundamentalmente del mejoramiento genético para lograr individuos superiores; así mismo, se encuentran en el límite superior a líneas, como Oro F8, Lucy F7, Silvia F7 y Ana F8 con valores de 3,08, 3,51, 3,38 y 3,31 cm, respectivamente, empleadas por Martos *et al.* (2014).



Figura 23. Longitud (cm) de capullo



Los fenotipos presentaron longitudes que concuerdan con investigaciones realizadas por Chandi *et al.*, (2009) en generaciones F1, quienes presentaron rangos entre 3,5 y 4 cm; además, coinciden con el reporte realizado por Martos (2010), quien señala valores entre 3,21 a 3,5 cm, en estudios de rendimiento en capullo y fibra de seda, en líneas pertenecientes al proyecto de sericultura de la Universidad Agraria de La Molina, para la Red Latinoamericana Andina de la Seda (RELASEDA), donde se realizan investigaciones sobre el comportamiento productivo de híbridos F1 como Ana F7 x Lucy F6 y Eva2 F7 x Lucy F6, con longitudes entre 3,41 y 3,62 cm, manifestando que los reportes obtenidas para estos individuos son aceptables para fines de producción comercial de capullo y seda cruda; igualmente, superaron los reportes de Zanatta *et al.* (2009) en estudios sobre la evaluación de caracteres de importancia económica, cuyos valores fluctuaron entre 3,5 a 3,7 cm en líneas como M102 y HA-B con 3,5 y 3,7 cm respectivamente.

La longitud de capullo expresada en los fenotipos evaluados son similares a los reportados por Hussain *et al.*, (2010); Bhat *et al.*, (2018), en regiones como Pakistán, Japón y Corea, zonas que manejan rangos entre 3,2 y 3,6 cm, cuyas investigaciones se dedican a evaluar el potencial genético de líneas puras para la producción de capullos y asegura la efectividad de utilizar materiales altamente productivos como parentales promisorios para estudios en mejoramiento genético; según Basso *et al.*, (2017), manifiestan que entre los caracteres de importancia económica, la longitud de capullo, el peso de capullo y peso de la corteza son indicadores de la cantidad aproximada de seda cruda que puede ser devanada, variando con el material genético, la estación de crianza y el manejo de la cría.

**3.1.3 Porcentaje de seda cruda.** En el carácter porcentaje de seda cruda se presentó un rango mínimo y máximo de 18,2 a 19,4% pertenecientes a AECB y AECVC. Además,

respecto a los coeficientes de variación hallados, se puede observar que los fenotipos fluctuaron entre 9,56 y 12,6% correspondientes a AECEB y AECA respectivamente, mientras que Pilamo II obtuvo 12,9% (Tabla 13); resultados similares a los reportados por Hasan *et al.* (2011) con valores de 10,73 y 10,86%, quienes destacan la importancia de estudiar la variabilidad genética de los recursos conservados en bancos de germoplasma con los cuales se desarrollarán investigaciones, que buscan básicamente: mejorar parámetros productivos e incrementar los beneficios de la sericultura al identificar y seleccionar líneas y/o híbridos con alto valor productivo.

Tabla 13. Porcentaje (%) de seda cruda

Fenotipos	n	Porcentaje de seda cruda			
		Media	DE	Mediana	CV
AECEB	3	19,3	1,85	18,7	9,59
AEBVC	3	19,2	2,03	19,2	10,6
AECA	3	18,4	2,31	18,2	12,6
AECEB	3	18,7	1,79	18,6	9,56
AECVC	3	20	2,10	19,4	10,5
AENA	3	18,7	2,09	18,5	11,2
PILAMO II	3	20,3	2,63	20,5	12,9

n: número de datos

DE: desviación estándar

CV: Coeficiente de variación

Al realizar el test de Kruskal-Wallis para el carácter porcentaje de seda cruda, permitió determinar diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los fenotipos. Por otra parte, la prueba de Dunnett, identificó que todos los materiales presentaron diferencias significativas al compararlos con el control Pilamo II (Tabla 14):

Tabla 14. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico

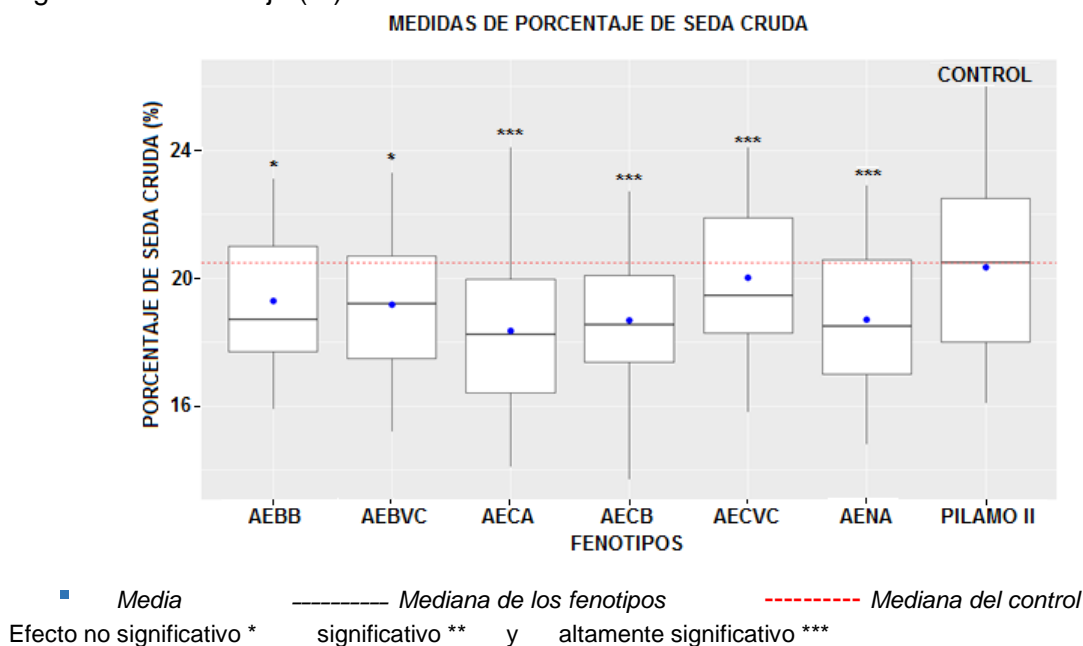
Test de Kruskal-Wallis			
Variable	X <sup>2</sup>	gl	P-Valor
Porcentaje de seda cruda	48,536	6	9,235x10 <sup>-9</sup> ***
Prueba de Dunnett no paramétrico			
Comparación de significancia		P-Valor	
Pilamo II, AECEB		0,03875*	
Pilamo II, AEBVC		0,01617*	
Pilamo II, AECA		2,400 x10 <sup>-6</sup> ***	
Pilamo II, AECEB		2,712 x10 <sup>-4</sup> ***	
Pilamo II, AECVC		0,008979***	
Pilamo II, AENA		6,984x10 <sup>-5</sup> ***	

\*\*\*' p< 0.001; '\*\*' p<0.01; '\*' p<0.05; 0.1; 1

La comparación de los fenotipos por medio de la prueba de Dunnett, permitió determinar diferencias significativas entre los fenotipos y el control, sin embargo, los estimadores estadísticos de tipo descriptivo, indicaron que ningún fenotipo supero el porcentaje obtenido por el control con 20,5%. No obstante, AEBVC y AECVC con valores de 19,2 y 19,4% respectivamente, se aproximan al híbrido comercial Pilamo II (Figura 24). De igual manera,

los resultados hallados se encuentran dentro del rango citado por Mandal *et al.*, (2016) en evaluaciones productivas para diferentes condiciones ambientales, entre 16 a 22%, correspondientes a las líneas BP y CSR2; además, son similares a líneas empleadas en Corea, con valores entre 18 y 19% pertenecientes a las líneas Jam 147 y Jam 148, material genético conservado en el Instituto Nacional de Ciencia, Agricultura y Tecnología, con el cual se trabaja el desarrollo de híbridos comerciales F1 (Kang *et al.*, 2004, citado por Martos *et al.*, 2014); igualmente, los datos encontrados superaron la respuesta conseguida por Singh & Gangopadhyay, (2013), quienes presentan un intervalo entre 16,4 y 18,8%, correspondientes a CSR4 y CSR2 en líneas puras para regiones tropicales.

Figura 24. Porcentaje (%) de seda cruda



El porcentaje de seda cruda obtenido por los fenotipos, son similares a las líneas trabajadas por Hussain *et al.*, (2010), quien reporta valores entre 20,14 % y 21,20 % correspondientes Pak-1 y PAK-3, respectivamente. Por su parte, Seshagiri *et al.* (2013), presentaron resultados de 21 a 22% para híbridos F1, criados en condiciones tropicales, recurso genético empleado comercialmente en la India, al ser una de la principales regiones productoras de seda a nivel mundial, indican que estos individuos, son los referentes productivos en la sericultura, por tal motivo se buscan materiales que sobresalgan para esta variable, confirmando el potencial del rendimiento en seda cruda, en líneas evaluadas con las cuales se desarrollan individuos F1 de buenas cualidades productivas.

Los valores obtenidos por los fenotipos son importantes para el Proyecto de Sericultura Caucana, porque se pudo observar el comportamiento productivo de los materiales, los cuales podrían utilizarse como material parental para esquemas de selección e hibridación; dado que superaron los reportes de Bhat *et al.*, (2018), investigadores que indican, la importancia de la caracterización de los recursos genéticos, aspecto fundamental en el

manejo del germoplasma, que determina el uso de las líneas puras en diversos programas de mejoramiento genético. En este contexto, se podría mejorar parámetros productivos e incrementar los beneficios de la sericultura, mediante la evaluación e identificación, dado que esta variable nos indica la cantidad de seda cruda que se podría obtener, y depende fundamentalmente de la relación corteza/capullo y de la calidad de los capullos obtenidos por el material genético empleado, es decir, que al aumentarla, se incrementarían los beneficios económicos para las familias campesinas del departamento del Cauca; además, sirve como un indicador en aspectos relacionados con la calidad de la seda.

Los resultados obtenidos para porcentaje de seda cruda, los ubica en el mismo nivel productivo de los híbridos colombianos como Konsota, Pilamo I y Pilamo II, pertenecientes al banco de germoplasma de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), los cuales contienen valores de 21,41; 21,31 y 21,33%, respectivamente, germoplasma de importancia económica para esta entidad, porque es empleado para fines comerciales en la producción de capullos y subproductos en la industria de aceites naturales y cosmetología.

**3.1.4 Longitud de Filamento.** Los fenotipos AENA y AEBB presentaron un rango mínimo de 986 m y máximo de 1205 m respectivamente (Figura 25); de igual manera, se pudo observar que los coeficientes de variación fluctuaron entre 5,42 y 14,9%, manifestando valores inferiores a los reportados por Hasan *et al.*, (2011) quienes obtuvieron valores de 19,75%; además, los resultados encontrados, muestran que AECEB es el único material que presentó un valor inferior al obtenido por el control Pilamo II con un coeficiente de 7,48% (Tabla 15).

Figura 25. Rango mínimo y máximo, fenotipos AENA y AEBB

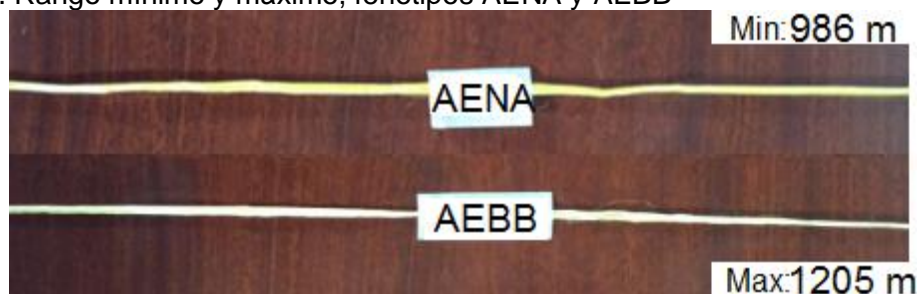


Tabla 15. Longitud (m) de filamento

Fenotipos	n	Longitud de Filamento			
		Media	DE	Mediana	CV
AEBB	3	1141	111	1205	9,74
AEBVC	3	1162	174	1178	14,9
AECA	3	1116	116	1122	10,4
AECEB	3	1175	63.7	1169	5,42
AECVC	3	1200	114	1180	9,49
AENA	3	1047	136	986	13,0
PILAMO II	3	1117	83.5	1138	7,48

n: número de datos

DE: desviación estándar

CV: Coeficiente de variación

El test de Kruskal-Wallis no identificó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), entre los fenotipos (Tabla 16).

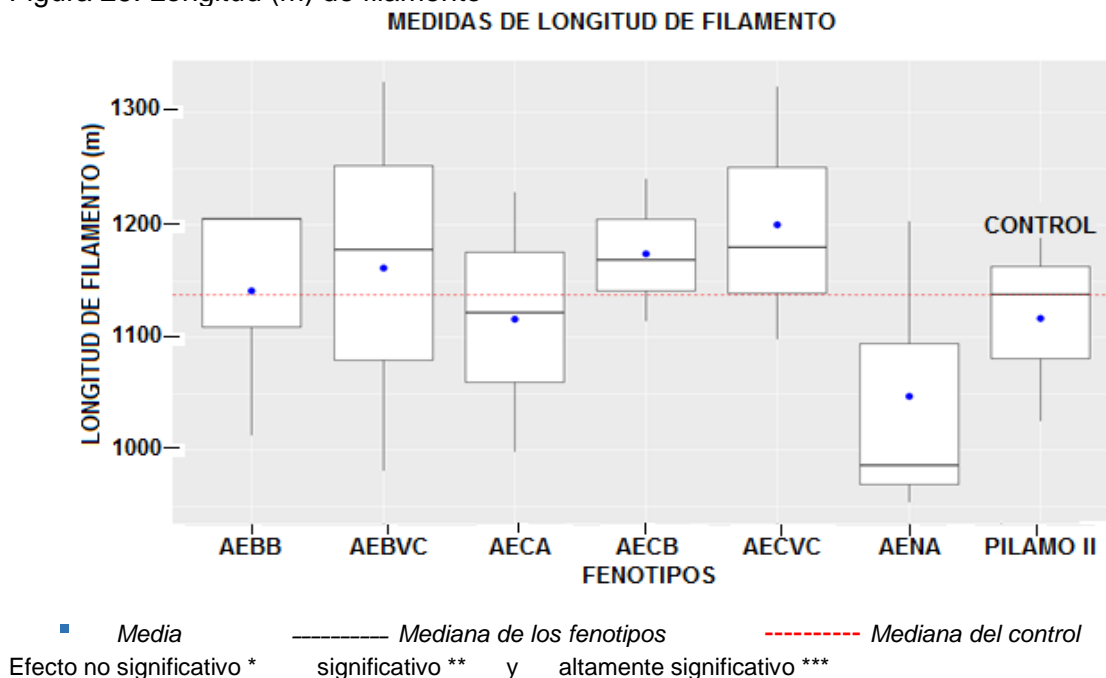
Tabla 16. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico

Test de Kruskal-Wallis			
Variable	X <sup>2</sup>	gl	P-Valor
Longitud de filamento	2,7013	6	0,8453

‘\*\*\*’  $p < 0.001$ ; ‘\*\*’  $p < 0.01$ ; ‘\*’  $p < 0.05$ ; 0.1; 1

No se presentaron diferencias significativas, sin embargo la respuesta de los fenotipos fueron superiores a lo reportado por Gowda *et al.*, (2013), con rangos entre 780 y 1123 m para híbridos F1, obtenidos en la evaluación y selección de líneas parentales con alto rendimiento en longitud de filamento, pertenecientes al banco de germoplasma del Instituto de Capacitación Mysore-570 008 en India; adicionalmente, se encuentran dentro del límite superior de los registrado por Mandal *et al.*, (2016) para líneas en zonas estacionarias, quienes reportan rangos de 979 hasta 1007 m, correspondientes a CSR5 y CSR2, material genético caracterizado por presentar longitudes con alto nivel productivo; además, sugieren que al emplear líneas con alto desempeño productivo en programas de hibridación, estas expresarán todo el potencial genético de sus parentales.

Figura 26. Longitud (m) de filamento



Los resultados obtenidos mostraron valores superiores a los reportes en híbridos evaluados por Dayananda *et al.*, (2016) para estudios de identificación de líneas con alto desempeño

productivo con rangos entre 920 m a 998 m correspondientes a los cruces genéticos de AGL3 x CSR4 y L14 x CSR50 respectivamente, estos individuos son empleados por la resistencia a altas temperaturas y enfermedades; de igual manera son similares a los reportes citados por Martos *et al.*, (2014), en líneas importadas pertenecientes a países como Japón y China con rangos productivos de 1000 a 1200 m. Según Basso *et al.*, (2017), manifiesta que la longitud de filamento es una variable económicamente importante, porque nos indica la cantidad de hilo que se puede obtener por cada capullo, así mismo, permite determinar la calidad del hilado de las madejas de seda obtenidas por el material genético empleado, de aquí la importancia de identificar y seleccionar líneas promisorias que presente cualidades productivas de interés para los investigadores en estudios de mejoramiento genético, beneficiando directamente a los productores serícolas.

En Colombia los híbridos Konsota, Pilamo I y Pilamo II registraron valores de longitud de filamento de 952, 1005 y 1100 m, respectivamente, evidenciando que los fenotipos estudiados presentan resultados similares a estos materiales, los cuales son empleados para la obtención de capullos en Colombia (UTP, 2018).

### 3.2 DETERMINACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO

El ciclo biológico de los fenotipos y las diferentes etapas, transcurrieron bajo condiciones ideales de temperatura y humedad relativa (25-26°C y 70-80%), y de acuerdo con Nunes *et al.* (2014), el control de las variables ambientales al interior del laboratorio de cría favorece el desarrollo óptimo del material genético.

Los resultados obtenidos permitieron determinar el tiempo que tarda cada fenotipo, desde el nacimiento de las larvas, hasta la oviposición de las polillas (Tabla 17).

Tabla 17. Determinación ciclo biológico de gusano de seda *B. mori*

Etapa Fenotipos (AE)	Ciclo biológico (días)						
	BB	BVC	CA	CB	CVC	NA	Pilamo II
<b>Duración del periodo de incubación</b>							
Incubación eclosión y nacimientos	10,125	9,029	8,875	8,904	8,904	8,904	9
<b>Duración del periodo larval</b>							
Nacimientos	1,125	0,875	0,875	1,25	1,25	1,25	1,166
1er instar	3,255	3,078	3,228	3,227	3,232	3,1375	3,042
1ra muda	1,56	0,951	0,944	0,911	1,144	1,045	1,255
2do instar	3,048	2,965	2,869	2,905	2,725	2,876	2,723
2da muda	1,204	1,201	1,132	1,3425	1,288	1,117	1,390
3er instar	2,986	2,033	2,682	2,214	2,523	2,268	2,621
3ra muda	1,008	2,164	1,34	2,065	1,838	1,748	2,005
4to instar	3,83	3,113	2,96	3,402	2,991	3,54	3,218

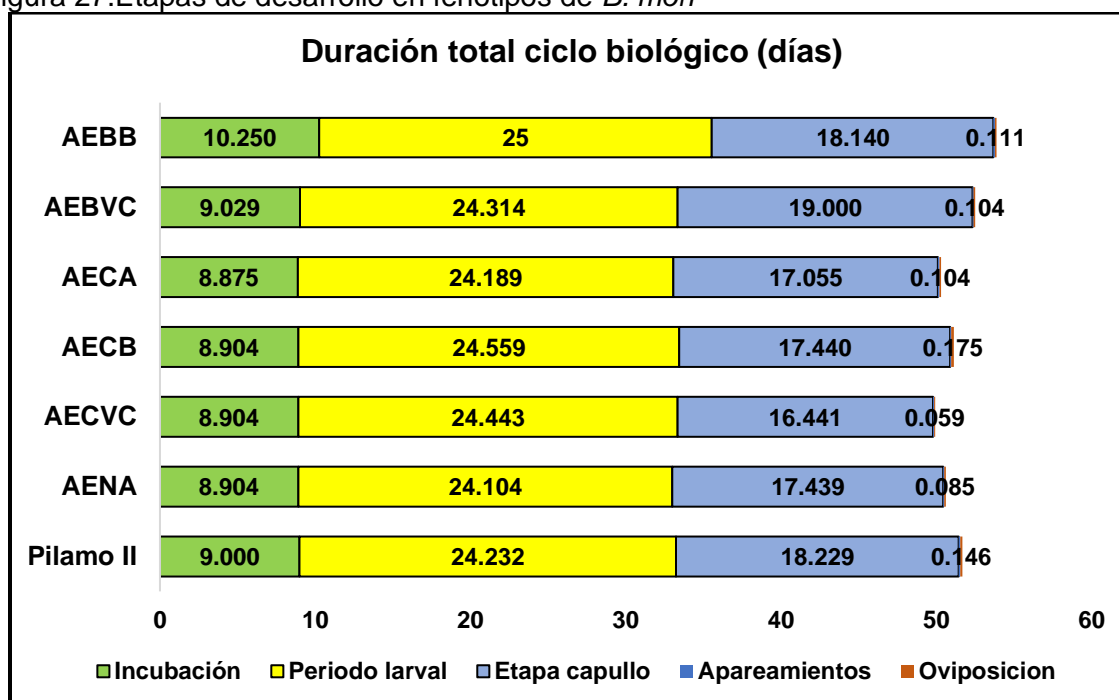
Tabla 17. (Continuación)

Etapa Fenotipos (AE)	Ciclo biológico (días)						
	BB	BVC	CA	CB	CVC	NA	Pilamo II
Duración del periodo larval							
4ta muda	1,896	2,695	2,811	2,062	2,300	2,219	1,876
5to instar	6,52	6,319	6,222	6,431	6,399	6,150	6,089
Total	25,310	24,314	24,189	24,559	24,443	24,104	24,232
Duración etapa, formación de capullo y pupa							
Formación de pupa	3	3	3	3	3	3	3
Emergencia de adultos	15,140	16	14,055	14,440	13,441	14,439	15,229
Total	18,14	19	17,055	17,44	16,441	17,439	18,229
Apareamientos							
Cópula	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Duración del período de oviposición							
Oviposición (puesta de huevos)	0,111	0,104	0,104	0,175	0,059	0,085	0,146
Duración total del ciclo Biológico							
Duración total ciclo, por fenotipo	54,9	53,4	51,5	52,4	51,2	51,9	52,8

La incubación de los huevos fue realizada a una temperatura constante de 25°C y humedad relativa entre 75 y 80%, donde se obtuvo un tiempo promedio de nueve días para la eclosión de todos los fenotipos. En este contexto, AECA, AECB, AECVC, AENA y Pilamo II, eclosionaron en 8,9 días y AEBB obtuvo el mayor tiempo con 10,1 días, resultados similares a los reportados por Furdui *et al.*, (2014) quienes reportaron rangos entre 9 a 10 días y Martos *et al.*, (2014) con 10 a 11 días. Al respecto, Alvites, (2014) indica que valores superiores a 12 días de incubación, generan inconvenientes en el ciclo biológico, alargando los tiempos en los diferentes estados, obteniéndose producciones prolongadas, y es difícil el mantenimiento del material genético.

El desarrollo larval transcurrió entre los 24 y 25 días, donde AENA presentó el menor tiempo con 24,1 días, mientras que AEBB obtuvo el mayor periodo con 25,3 días (Figura 27), ubicándose por debajo del tiempo reportado por Martos *et al.*, (2014) de 26 a 20 días. Así mismo, presentan semejanza con lo reportado por Kumari & Tripathi (2017) quienes reportan valores entre 23 a 25 días, en líneas como Pam 102 con 23,11 días y Jam 103 con 24,38 días, evaluadas con el objetivo de identificar y seleccionar parentales para ser incluidos en programas de hibridación, para resistencia y/o tolerancia a enfermedades, adaptación a condiciones agroclimáticas del trópico, aumento en la producción de capullos y ciclos biológicos cortos.

Figura 27. Etapas de desarrollo en fenotipos de *B. mori*



Los resultados encontrados en los periodos de formación de capullo, pupa, apareamientos y duración del periodo de oviposición de las polillas, indican que AECVC con 16,6 días presentó el menor valor, mientras que AEBB con 18,3 días obtuvo el mayor periodo, etapas similares a los reportes de Rodríguez *et al.*, (2012); Chauhan & Tayal, (2017), Nunes *et al.*, (2014) quienes describen tiempos de 15,2 días para estudios de diversidad genética.

Luego de determinar las diferentes etapas, se calcularon los ciclos biológicos totales por fenotipos, donde se pudo observar un rango mínimo y máximo entre 50,9 a 55 días pertenecientes a AECVC y AEBB. Por otra parte, de acuerdo a los coeficientes de variación, se presentó que Pilamo II con 0,0408% obtuvo valores inferiores a los conseguidos por los fenotipos, los cuales fluctuaron entre 0,0928 y 1,22%, pertenecientes a AENA y AECVC (Tabla 18).

Tabla 18. Resumen de resultados, identificación de ciclos biológicos

Fenotipos	n	Ciclo Biológico					
		Media	DE	Mediana	CV	Min	Max
AEBB	3	54,9	0,133	55,0	0,242	54,7	55,0
AEBVC	3	53,4	0,438	53,3	0,820	53,0	53,9
AECA	3	51,5	0,609	51,2	1,18	51,1	52,2
AECB	3	52,4	0,379	52,6	0,724	52,0	52,6
AECVC	3	51,2	0,625	50,9	1,22	50,8	51,9
AENA	3	51,9	0,0481	51,9	0,0928	51,8	51,9
PILAMO II	3	52,8	0,0216	52,9	0,0408	52,8	52,9

n: número de datos

DE: desviación estándar

CV: Coeficiente de variación



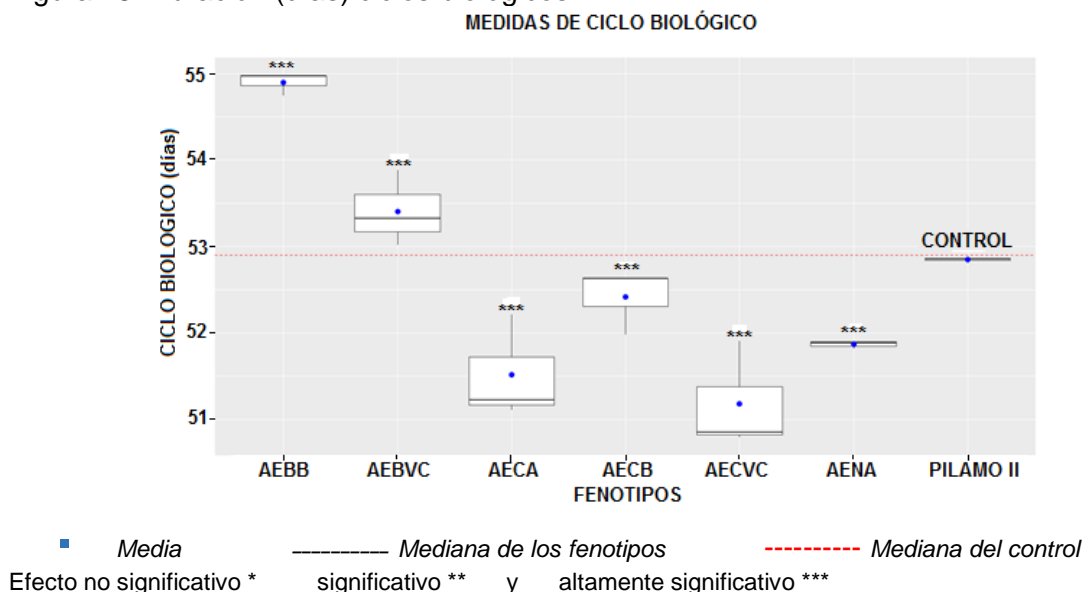
El test de Kruskal-Wallis, permitió determinar que los fenotipos presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la variable ciclo biológico; además, la prueba de Dunnett, indicó que todos los fenotipos mostraron diferencias significativas al compararlos con el control Pilamo II (Tabla 19):

Tabla 19. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico

Test de Kruskal-Wallis			
Variable	X <sup>2</sup>	gl	P-Valor
Duración ciclo biológico	18,344	6	5,427x10 <sup>-3***</sup>
Prueba de Dunnett no paramétrico			
Comparación de significancia		P-Valor	
Pilamo II, AEBB		6,451x10 <sup>-9***</sup>	
Pilamo II, AEBVC		8,875 x10 <sup>-6***</sup>	
Pilamo II, AECA		4,396 x10 <sup>-7***</sup>	
Pilamo II, AECB		1,535 x10 <sup>-5***</sup>	
Pilamo II, AECVC		3,456 x10 <sup>-9***</sup>	
Pilamo II, AENA		2,756 x10 <sup>-12***</sup>	

Según la prueba de Dunnett, los resultados en cuanto a las diferencias de la duración del ciclo biológico, muestran que AECVC, AECA, AENA y AECB, mostraron en los estimadores estadísticos de tipo descriptivo tiempos de 50,9, 51,2, 51,9 y 52,6 días, indicando ciclos cortos al obtenido por el control Pilamo II con 52,9 días (Figura 28). En este contexto estos materiales presentaron la mejor respuesta y son promisorios, cuyos valores son inferiores a los reportados por Martos (2010), enseñando valores de 58 y 60 días, correspondientes a las líneas Ana F8 y Eva2 F8, y las ubica dentro de un marco de selección con posibilidad de ser empleadas en crías simultáneas y procesos de hibridación.

Figura 28. Duración (días) ciclos biológicos



Los ciclos biológicos obtenidos por los fenotipos, son similares a los reportados por Martos *et al.* (2014) quienes referencian valores de 52 a 55 días, en la suma total de sus diferentes etapas de vida; además indican que estos materiales deben exhibir características productivas superiores; así mismo, presentan resultados inferiores a los reportados por Furdui *et al.* (2014) con valores de 56 a 60 días en estudios de caracterización fenotípica de líneas genéticas de diferentes orígenes geográficos; igualmente, se encuentran dentro de las referencias de Nunes *et al.*, (2014), en estudios del comportamiento de los ciclos biológicos en líneas empleadas en Brasil, con rangos entre 51 a 52 días. De igual manera se ubican dentro del rango en líneas empleadas para regiones tropicales, las cuales manejan resultados entre 50 a 54 días; al respecto Chandi *et al.* (2009), indican que el objetivo de identificar individuos con ciclos cortos, es lograr la máxima producción de seda con el mínimo consumo de morera.

La identificación de fenotipos que presenten ciclos biológicos cortos permitiría obtener producciones constantes, mayor número de crías por año y menor consumo de morera, especialmente en quinto instar donde *B. mori* consume el 88,6% del alimento total. En este contexto, AENA con 6,15 días de duración en quinto instar, se ubica dentro del reporte de Kumari & Tripathi (2017) quienes manejaron rangos entre 5,54 y 6,19 días, para estudios de diversidad genética, indicando que, al reducir el periodo larval, bajan los costos de mano de obra en las labores del cultivo de *Morus spp*, fortaleciendo la cadena de valor y potencializando el bienestar de la producción serícola. Por lo tanto, esto permitirá aumentar los ingresos económicos para las familias campesinas del departamento, dado que la sericultura se ha convertido en una fuente adicional de ingresos económicos, porque funciona como practica complementaria a otras labores agropecuarias realizadas por pequeños productores del departamento del Cauca.

### 3.3 IDENTIFICACIÓN DE FENOTIPOS DE *B. mori* CON ALTO DESEMPEÑO PRODUCTIVO

El éxito de cualquier programa de mejoramiento es la identificación de líneas superiores para determinar el nivel productivo de cada fenotipo estudiado (Hasan *et al.*, 2011). El peso de capullo y de corteza son dos variables de importancia económica en la evaluación o caracterización de líneas genéticas, porque sirven como indicador para medir el potencial productivo de los materiales como predictor del rendimiento que se quiere obtener en los descendientes (Basso *et al.*, 2017).

Tabla 20. Rangos productivos en fenotipos de *B. mori*

Fenotipos	Peso de capullo		Peso de corteza	
	Min	Max	Min	Max
AEBB	1,21	2,35	0,234	0,441
AEBVC	0,975	2,48	0,231	0,446
AECA	1,11	2,55	0,228	0,468
AECB	1,02	2,51	0,251	0,453
AECVC	1,25	2,43	0,266	0,452

Tabla 20. (Continuación)

Fenotipos	Peso de capullo		Peso de corteza	
	Min	Max	Min	Max
AENA	1,14	2,56	0,242	0,437
PILAMO II	1,3	2,5	0,3	0,43

Min: mínimo

Max: máximo

**3.3.1 Peso del capullo.** Los resultados obtenidos en esta variable, muestran un comportamiento en un rango mínimo y máximo de 1,72 a 1,84 g pertenecientes a AECEB y AECA respectivamente (Figura 29). Por otro lado, AECVC presentó el menor coeficiente de variación con 14,4%, resultado inferiores a los mostrados por el híbrido comercial (Pilamo II) con 15,4% (Tabla 21); similares a los reportados por Hasan *et al.*, (2011) con un valor de 14.76%, para líneas puras al realizar estudios de variabilidad genética y selección de parentales de *B. mori*.

Figura 29. Rango mínimo y máximos en fenotipos AECEB y AECA

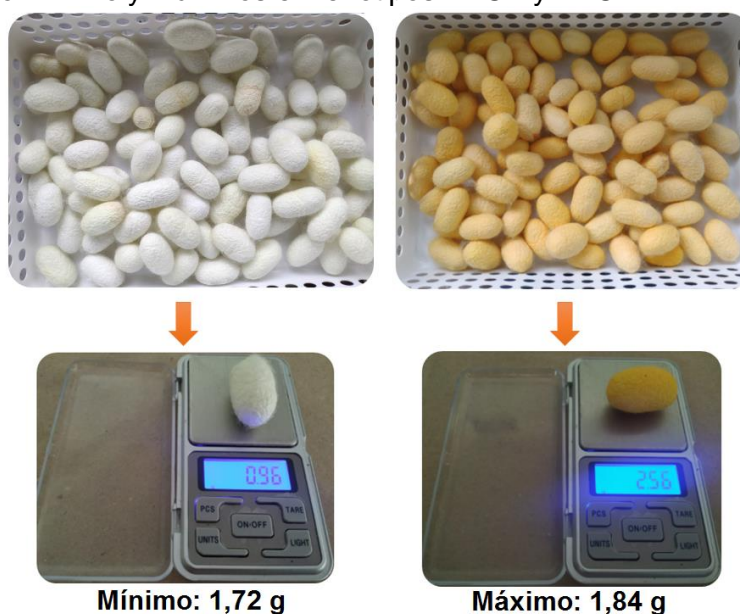


Tabla 21. Peso (g) de capullo

Fenotipos	n	Peso de capullo			
		Media	DE	Mediana	CV
AECEB	3	1,81	0,290	1,75	16,0
AECVC	3	1,83	0,335	1,73	18,2
AECA	3	1,83	0,322	1,84	17,6
AECEB	3	1,79	0,325	1,72	18,1
AECVC	3	1,84	0,265	1,80	14,4
AENA	3	1,83	0,321	1,83	17,6
PILAMO II	3	1,85	0,285	1,78	15,4

n: número de datos

DE: desviación estándar

CV: Coeficiente de variación

El test de Kruskal-Wallis, permitió observar que los fenotipos evaluados no presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), para la variable peso de capullo (Tabla 22).

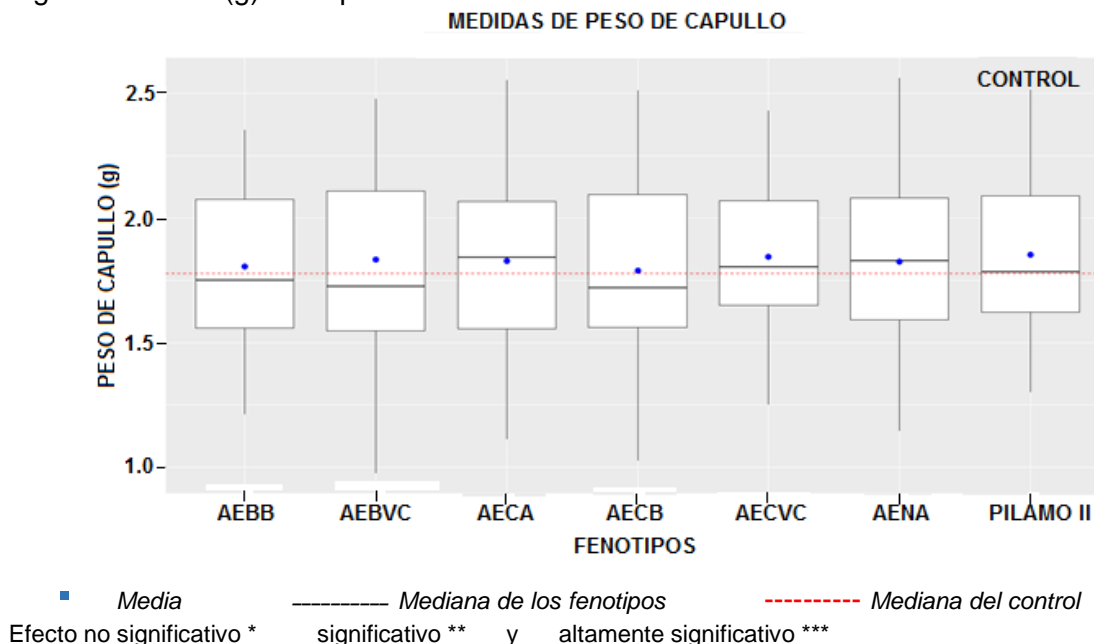
Tabla 22. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico

Test de Kruskal-Wallis			
Variable	X <sup>2</sup>	gl	P-Valor
Peso capullo	3,0828	6	0,7984

0 \*\*\*\*'  $p < 0.001$ ; \*\*\*'  $p < 0.01$ ; \*\*'  $p < 0.05$ ; 0.1; 1

Los fenotipos no presentaron diferencias significativas (Figura 30), sin embargo, los pesos de capullos obtenidos, se ubican por encima del reportado por Zanatta *et al.*, (2009), para líneas HA-B y HA-B con valores entre 1,7g y 1,7g, respectivamente, en estudios de evaluación de caracteres de importancia económica, de igual manera se encuentran dentro de límite superior de los registrados para líneas de zonas productoras de seda en condiciones estacionarias como Argentina (Basso *et al.*, 2017), región que maneja rangos entre 1,42 y 1,57 g. Por otra parte, superaron los resultados obtenidos por Reddy *et al.*, (2012), cuyos pesos fluctuaron entre 1,7 y 1,8 g, correspondiente a híbridos CSR6 x CSR26 y CSR2 x CSR27; además, los rangos son similares a los citados por Kumar & Bajpai, (2015), en programas para el desarrollo de líneas resistentes, logrando valores entre 1,2 y 1,9 g.

Figura 30. Peso (g) de capullo



Los resultados obtenidos por los fenotipos, presenta pesos de capullo superiores a los reportados por Seshagiri & Raju (2016), con rangos entre 1,52 y 1,97 g correspondientes a

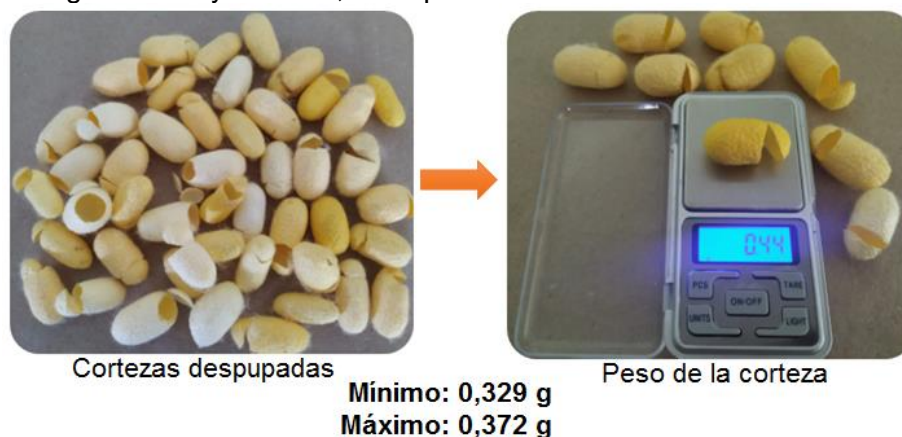
los cruces MBL4 x APDR115 y MBL3 x APDR115 respectivamente, en investigaciones de evaluación del potencial genético de líneas puras para programas de mejoramiento genético en la India; igualmente, fueron superiores a los referenciados por Basso *et al.*, (2014), en estudio de rendimiento para cuatro líneas endocriadas y seis híbridos F1, cuyos rangos se movieron entre 1,05 a 1,5 g. Sin embargo, fueron inferiores a los referenciados por Dayananda *et al* (2016), destacando los híbridos ND7 x CSR27 y NDV6 x CSR51 con 2,06 y 2,15 g.

Los valores identificados para peso de capullo, presentan resultados similares a los referenciados en líneas puras en zonas estacionarias con rangos entre 1,4 a 2,1 g, para investigaciones de evaluación e identificación de parentales (Nguku *et al.*, 2009). Además, son similares a los reportados por Rao *et al.*, (2006), cuyas referencias están acordes con el peso que presentan fenotipos adaptadas a las condiciones climáticas en regiones serícolas como Corea y Bulgaria con rangos entre 1,48 y 1,87 g. De igual forma, manifestaron resultados superiores a los citados por Seidavi *et al.*, (2014), en estudios de selección de líneas puras con rangos entre 1,5 y 1,8 g. A su vez, Chandi *et al.*, (2009) indican que el peso del capullo es un carácter de importancia en la evaluación de líneas genéticas, puesto que, aportan información para estimar aspectos productivos relacionados con la calidad y cantidad de seda.

En la Universidad Tecnológica de Pereira se mantienen conservados los híbridos Konsota, Pilamo I y Pilamo II, los cuales reportan pesos que varían entre 1,78, 1,82 y 1,80 g (UTP, 2018), resultados similares a los hallados en los seis fenotipos. Por su parte, Martos (2010), señala que al identificar materiales con producciones altas para este carácter se deben conservar en los bancos de germoplasma, ya que presentarían una fuente de genes de importancia para procesos de selección en programas de mejoramiento genético.

**3.3.2 Peso de la corteza.** La evaluación de los fenotipos respecto a esta variable, muestra que los valores fluctuaron en un rango mínimo y máximo de 0,329 y 0,372 g (Figura 31), pertenecientes a AECA y AECVC respectivamente.

Figura 31. Rango mínimo y máximo, fenotipo AECA



De igual manera se puede observar que respecto a los coeficientes de variación calculado, el control Pilamo II con 8,09%, presento resultados inferiores a los obtenidos por los materiales los cuales fluctuaron entre 11,4 y 16,3%, estos coeficientes son bajos al compararlos con los reportados por Hasan *et al.* (2011), quienes referencian valores entre 23,25 a 24,66%; además son similares a los registrados por Kamrul y Rahman (2009) con rangos entre 12,4 a 17,3% para el carácter porcentaje de seda cruda (Tabla 23).

Tabla 23. Peso (g) de la corteza

Fenotipos	n	Peso de corteza			
		Media	DE	Mediana	CV
AEBB	3	0,345	0,0458	0,346	13,3
AEBVC	3	0,349	0,0474	0,357	13,6
AECA	3	0,335	0,0544	0,329	16,3
AECB	3	0,343	0,0435	0,336	12,7
AECVC	3	0,379	0,0419	0,372	11,4
AENA	3	0,343	0,0413	0,34	12,0
PILAMO II	3	0,372	0,0301	0,37	8,09

n: número de datos

DE: desviación estándar

CV: Coeficiente de variación

El test de Kruskal-Wallis, permitió determinar que los fenotipos presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), en el carácter peso de la corteza. Por otra parte, luego de aplicar la prueba de Dunnett, se presentó que AECVC fue el único material que no mostro diferencias significativas al compararlos con el control Pilamo II (Tabla 24):

Tabla 24. Resultado de significancia, test de Kruskal-Wallis y comparación múltiple entre los fenotipos y el control, prueba Dunnett no paramétrico

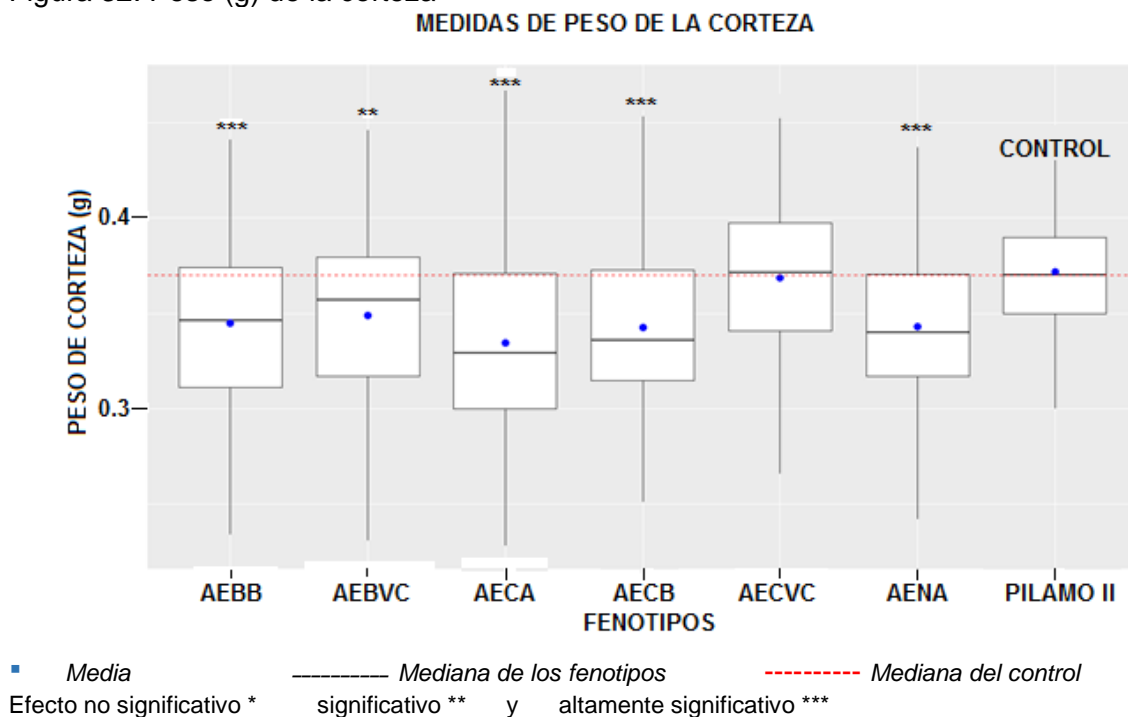
Test de Kruskal-Wallis			
Variable	X <sup>2</sup>	gl	P-Valor
Peso corteza	55,216	6	4,192x10 <sup>-10</sup> ***
Prueba de Dunnett no paramétrico			
Comparación de significancia	P-Valor		
Pilamo II, AEBB	2,867x10 <sup>-4</sup> ***		
Pilamo II, AEBVC	2,557x10 <sup>-3</sup> **		
Pilamo II, AECA	1,313x10 <sup>-6</sup> ***		
Pilamo II, AECB	7,944x10 <sup>-6</sup> ***		
Pilamo II, AECVC	0,0995167		
Pilamo II, AENA	6,774x10 <sup>-6</sup> ***		

0 '\*\*\*' p < 0.001; '\*\*' p < 0.01; '\*' p < 0.05; 0.1; 1

La prueba estadística indica que ningún fenotipo presento resultados superiores a los obtenidos por el control con 0,370 g, sin embargo AEBB y AEBVC, mostraron en los estimadores estadísticos de tipo descriptivo valores de 0,346 y 0,357 g, y aproximan al peso de la corteza adquirido por el Híbrido comercial; no obstante, AECVC es el único material que según la prueba de Dunnett, se encuentra en el mismo grupo donde se ubica Pilamo II (Figura 32), con todo y lo anterior, son materiales promisorios y sus valores superaron los reportes de Seshagiri y Raju (2016), en estudios de desarrollo y evaluación de generaciones

F1 de *B. mori* para cría con fines comerciales, que referencian 0,322 g, igualmente, son superiores a los registrados por Dayananda *et al.*, (2016), con 0,237 y 0,240 g pertenecientes a las líneas L14 y NDV6, material adaptado a la región sur de la India. No obstante, son inferiores a los promedios de Gowda *et al.*, (2013) quienes reportan valores de 0,360 g.

Figura 32. Peso (g) de la corteza



Los resultados obtenidos por los fenotipos, aunque no superaron la respuesta obtenida por el control Pilamo II, se encuentran dentro de los reportes de Reddy *et al.*, (2010), en estudios de selección de parentales, con el objetivo de mejorar la productividad en *B. mori* en zonas tropicales, con rangos entre 0,24 a 0,25 g correspondientes a las líneas Daba y Jata. Así mismo, los valores se encuentran al límite inferior en comparación con lo citado por Reddy *et al.*, (2012), cuyos pesos de cortezas fluctuaron entre 0,370 a 0,380 g, destacando los cruces genéticos de F2 x F2 y F4 x F4 respectivamente. La producción observada es similar a los reportados por Martos *et al.*, (2014) para líneas caracterizadas que mostraron rangos entre 0,25 y 0,35 g.

Los fenotipos presentaron diferencias significativas y algunos se aproximan al control Pilamo II, manifestando valores que podrían ser importantes para el Proyecto de Sericultura Caucana, donde se pudo comparar con diferentes investigadores como Bhat *et al* (2018), superando los rangos obtenidos por los autores, quienes señalan pesos de la corteza entre 0,334 y 0,39 g en materiales como AE29 y H304 respectivamente; además son similares a los referenciados por Mandal *et al.*, (2016), cuyos rangos se movieron entre 0,328 y 0,355 g, pertenecientes a MC4(O) y CSR-4 en 56 líneas evaluadas. Igualmente, superaron los

resultados alcanzados en líneas tropicales como ALICIA; GABY y NORMA con 0,19, 0,22 y 0,17 respectivamente (Basso *et al.*, 2017) y se encuentran en el límite superior de los reportes adquiridos por los híbridos desarrollados por Basso *et al.*, (2014) con valores entre 0,235 a 0,325 g.

Según Martos *et al.*, (2014) y Basso *et al.*, (2017), el peso de la corteza es el factor principal para indicar la calidad de los capullos. En este contexto, sirve como un indicador para medir el potencial productivo de los fenotipos; además, nos permite observar el comportamiento en relación con el rendimiento que se podría obtener en las generaciones subsiguientes, de igual manera, manifiestan que esta variable es fundamental para estudios de evaluación de líneas genéticas, puesto que, aportan información para estimar aspectos productivos relacionados con la calidad y cantidad de seda que se puede obtener por el material genético empleado.



#### 4. CONCLUSIONES

Los fenotipos AEBVC y AECVC presentaron la mejor respuesta en las variables longitud de capullo y porcentaje de seda cruda y podrían utilizarse como material parental, para ser incluidos en el programa de mejoramiento genético del proyecto de Sericultura Caucana, realizando procesos de selección y posteriores cruzamientos que puedan superar la respuesta productiva del único híbrido comercial de *B. mori* en Colombia.

AECVC, AECA, AENA y AECB podrían utilizarse en esquemas de selección por manifestar el menor tiempo en sus ciclos biológicos; además de destacar en el quinto Instar, etapa donde el sericultor presenta la mayor demanda en tiempo y mano de obra, lo que podría generar mayores ganancias y disminuir gastos en las labores del cultivo de morera y manejo de la cría comercial de *B. mori*.

AECVC es un fenotipo promisorio y podría ser utilizado como fuente de genes para estudios de investigación serícola o ser incluido en procesos de selección del programa de mejoramiento genético de la sericultura caucana; se destacó en tres variables productivas: porcentaje de seda cruda; duración de ciclo biológico y peso de la corteza, mostrando resultados y características superiores en comparación con los fenotipos evaluados.

## **5. RECOMENDACIONES**

Realizar nuevas evaluaciones productivas con los fenotipos, para medir el progreso genético de las generaciones subsiguientes, esperando mejorar aspectos productivos de los materiales, así como su resistencia y adaptación a las condiciones agroclimáticas del departamento del Cauca.

Conservar el material genético evaluado como reservorio de genes para ampliar la base genética del banco de germoplasma, uno de los componentes fundamentales del Proyecto de Sericultura Caucana.

## BIBLIOGRAFÍA

AHSAN, M.K. & RAHMAN, S.M. Genetic variation of some quantitative traits in ten exotic varieties of silkworm, *Bombyx mori*. En: University Journal of Zoology Rajshahi University, 2010, vol. 29, no. 1, DOI: 10.3329/ujzru.v29i1.9469.

ALVITES, S. R., & MORALES, E. N. Determinación del ciclo biológico del gusano de seda *Bombyx mori* L. bajo condiciones no controladas. En: Repositorio Institucional de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho Perú, 2014.

AMAT, M. Regulación de la diapausa y emergencia del ectoparásito aviar *Carnus hemapterus*: factores abióticos, microclima y mecanismos implicados. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. Departamento de Sanidad Animal. Murcia, España: 2014.

ANURADHA, J. H., SOMASUNDARAM, P., VISHNUPRIYA, S., & MANJULA, A. Storage protein-2 as a dependable biochemical index for screening germplasm stocks of the silkworm *Bombyx mori* (L.). En: Albanian Journal of Agricultural Sciences, 2012, vol. 11, no. 3.

BAENA G., D. Diseño de experimentos en investigación agropecuaria: planeación, análisis e interpretación de resultados. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Departamento de Ciencias Básicas. 2012. ISBN 9587611977.

BASSO, C.P.; BARTOLONI, N.; DOBLER, S.; GALLO, G.; FURLAN, I.; VALVERDE, A. & REYNA, M. Vigor híbrido en cruzamientos de líneas endocriadas de gusanos de seda (*Bombyx mori* L.). En: Archivos de zootecnia, 2016, vol. 65, no. 252, pág. 475-479.

\_\_\_\_\_ ; DE BARGAS, S. & DOBLER, S. Evaluación económica de la producción de seda en la zona de Realicó (La Pampa, Argentina). En: Archivos de zootecnia, 2017, vol. 66, no. 254, pág. 189-193.

\_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; BARTOLONI, N. & DOBLER, S. Evaluación de variedades sintéticas de gusanos de seda (*Bombyx mori*) obtenidas por selección recurrente. En: Agronomía & Ambiente, 2017, vol. 37, no. 1, pág. 65-71.

\_\_\_\_\_ ; DOBLER, S.; ZIEHER, X.L. & BARTOLONI, N. Híbridos y líneas endocriadas de gusanos de seda (Lepidoptera: *Bombyx mori* L.): resultados productivos preliminares. En: InVet, 2014, vol. 16, no. 1, pág. 31-38.

BHAT, S.A.; FAROOQ, M.; KHAN, I.L.; KUKILOO, F.A. & SAHAF, K.A. Selection of the Silkworm *Bombyx mori* L. Breeding resource material. Silkworm Breeding and Genetics Laboratory, Temperate Sericulture Research Institute Mirgund, SKUAST- Kashmir. En: International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences (IJCMAS), 2018, vol. 7, no. 2, pág. 1612-1617.

BULLOCK, K. & POLLAK, J. Beef symposium: The evolution of beef cattle genetic evaluation. En: Journal of Animal Science, 2009, vol. 87, suppl.

CASTEJÓN, J. Amarilla española número 2 "Sierra Morena". En: Boletín de la Asociación Entomológica de Asturias, 2013, vol. 5, no. 3, pág. 12. Asociación Española para la Recuperación, Conservación y Estudio del Gusano de Seda Autóctono (AERCEGSA),

CHANDI, L.; TZENOV, P.; SAVIANE, A. & CAPPELLOZZA, S. Evaluación del comportamiento biológico de tres razas de gusano de seda (*Bombyx mori*) de origen búlgaro, utilizando como alimento la dieta artificial a base de la hoja de morera (*Morus spp*) y hoja fresca de morera, en la producción de capullo de seda. Instituto Italo Latinoamericano (IILA). Red Latinoamericana Andina de la Seda (RELASEDA). Padova, Italy: 2009.

CHANDRAKANTH, N.; MOORTHY, S.M.; ANUSHA, P.; DAYANANDA, S.; KUMAR, V. & BINDROO, B. Evaluation of genetic diversity in silkworm *Bombyx mori* L. strains using microsatellite markers. En: International Journal of Biotechnology and Allied Fields, 2014, vol. 2, no. 3, pág. 73-83.

CHAUHAN, T.P.S. & TAYAL, M.K. Mulberry sericulture. In industrial entomology. Springer Eds. Singapore: 2017, pág. 197-263.

CHEN, Y. Conservation status of silkworm germplasm resources in China. En: ISC Congress Satellite Session (19: Expert consultation of global exchange of sericulture germplasm. Bangkok, Thailand: 1-25, septiembre, 2002).

CIFUENTES CORREA, C.A. & SOHN, K.W. Manual técnico de sericultura: cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico, Convenio Sena - CDTs, Pereira: 1998.

CORSEDA CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA SERICULTURA. Origen de la seda caucana [en línea]. CORSEDA: 2018 [citado junio, 2019]. Disponible en internet en: <http://corseda.com/origen-seda-caucana>. 2018.

\_\_\_\_\_. Sistematización de experiencias locales proyecto de apoyo al desarrollo de la microempresa rural PADEMER - La influencia de la integración de productores y artesanos

en el desarrollo de la corporación para el desarrollo de la sericultura del Cauca. CORSEDA. Popayán, Colombia: 2003.

DAYANANDA, V. & P. RAO. In-house evaluation of nex bivoltine hybrids of silkworm, *Bombix mori* L. Under large scale testing. En: Uttar Pradesh Journal of Zoology, 2009, vol. 29, no. 1, pág. 51-56.

\_\_\_\_\_; SIVAPRASAD, S.; KULKARNI, C. & PARAMESWARA, K. Identification of improved crossbreeds of silkworm, *Bombyx mori* L. suitable for southern India. Central Sericultural Research and Training Institute, Central Silk Board. En: Mysore, 2016, vol. 1, no. 4, pág. 16- 22.

DELGADO, J. Conservación y utilización de los Recursos Genéticos de Animales de Granja. En: Actas Iberoamericanas de Conservación Animal, 2012, vol. 2, pág. 19-23.

DÍAZ, M. Diagnóstico interno de la situación actual de la Corporación para el Desarrollo de la Sericultura del Cauca "CORSEDA". Primera aproximación. Tesis Administración de Empresas. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas. Popayán, Colombia: 2015.

FAO ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Conservation status of sericultural germplasm resources in the World. I. Conservation status of mulberry (*Morus spp*) genetic resources in the World. Roma: 2003.

\_\_\_\_\_. Draft guidelines on in vivo conservation of Animal Genetic Resources. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture [en línea]. FAO: 2012 [citado junio, 2019]. Disponible en internet en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/026/me879e.pdf>.

FURDUI, E.M.; MĂRGHITAȘ, L.A.; DEZMIREAN, D.S.; PAȘCA, I.; POP, I.F.; ERLER, S. & SCHLÜNS, E.A. Genetic characterization of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) breeding and hybrid lines with different geographic origins. En: Journal of Insect Science, 2014, vol. 14, no. 1, pág. 211.

GARZÓN, L.M. Identificación de líneas de investigación biotecnológicas para la sericultura en Colombia. Tesis Especialización en Biotecnología Agraria. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Popayán, Colombia: 2015.

GÓMEZ, M.; DANGLLOT-BANCK, C. & VEGA-FRANCO, L. Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas, ¿Cuándo usarlas?. En: Revista Mexicana de Pediatría, 2003, vol. 70, no. 2, pág. 91-99.

GONZÁLEZ, A. Métodos de selección en ganado lechero. Tesis Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Tamaulipas., Facultad de Veterinaria y Zootecnia "Norberto Treviño Zapata". México: 2000.

GOWDA, V.; KALPANA, G.V. & ASHWATH, S.K. Evaluation and identification of potential bivoltine silkworm hybrids of *Bombyx mori* L. En: Journal of Entomology and Zoology Studies, 2013, vol. 1, no. 6, pág. 39-43.

GUZMÁN, K. V. Apoyo en la elaboración del diagnóstico socioeconómico y empresarial de los sericultores del Cauca. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia: 2016.

HASAN, M.A.; RAHMAN, S.M. & AHSAN, M.K. Genetic variability, correlation, path analysis and construction of selection index in mulberry silkworm, *Bombyx mori* L, Genetic variability. En: University Journal of Zoology, 2011, vol. 30, pág. 33-36.

HENSON, E. Animal Production and Health FAO 99. The Need for Conservation. In situ conservation of livestock and poultry [en línea]. FAO: 1992 [citado 30, abril, 2012]. Disponible en internet en: <http://www.fao.org/docrep/004/t0559e/T0559E03.htm>

HODGES, J. Animal Production and Health FAO 104. Review of past and present activities and prospects for the future. The management of Global Genetic Resources [en línea]. FAO: 1992 [citado 8, agosto, 2019]. Disponible en internet en: <http://www.fao.org/docrep/006/t0665e/T0665E02.htm>

IRIONDO, J. & ALEGRÍA, M. Conservación de recursos fitogenéticos. En: González, F. & J.M. Pita Villamil (Eds.). Conservación y caracterización de recursos filogenéticos. Instituto Nacional de Educación Agrícola. Valladolid, España: 2001, pág. 15-31.

JALALI, E.V.; SEIDAVI, A. & LAVVAF, A. Hybrid and hybridization as appropriate tool for silkworm production improvement: a review. En: Journal of Food, Agriculture & Environment, 2011, vol. 9, no. ¾, pág. 992-997.

JINGADE, A.H.; VIJAYAN, K.; SOMASUNDARAM, P.; SRINIVASABABU, G.K. & KAMBLE, C.K. A review of the implications of heterozygosity and inbreeding on germplasm biodiversity and its conservation in the silkworm *Bombyx mori* L. En: J. of insect science, vol. 11, no. 1.

KANG, P.D.; SOHN, B.H.; LEE, S.U.; KIM, M.J.; JUNG, I.Y.; KIM, Y.S. & LEE, H.S. Breeding of a new silkworm variety, KumHwangJam, with a sex-limited cocoon color for spring rearing season. En: International Journal of Industrial Entomology, 2004, vol. 9, no. 1, pág. 89-93.

KONIETSCHKE, F.; PLACZEK, M.; SCHAARSCHMIDT, F. & HOTHORN, L. A. *nparcomp*: an R software package for nonparametric multiple comparisons and simultaneous confidence intervals. En: Journal of Statistical Software, 2015, vol. 64, no. 9, pág. 1-17.

KOSEGAWA, E. Estado de conservación de material genético, sericultura recursos en Japón. En: ISC Congress Satellite Session (19: Expert consultation of global exchange of sericulture germplasm. Bangkok, Thailand: 1-25, septiembre, 2002).

KUMAR, R. & BAJPAI, S. A study on the effective implementation of sericulture and silk development programs. En: International Journal of Advanced Research, 2015, vol. 2, no. 6.

KUMARI, A., & TRIPATHI N, K. Genetic diversity studies in six bivoltine races of *Bombyx mori* L., based on phenotypic characters. En: International Journal of Advanced Research, 2017, vol. 5, no. 1, pág. 1048-1054. DOI 10.21474/IJAR01/2851

KUMARI, S.S.; SUNIL, M.; RAO, M.S. & MURTY, U.S. Assessment of genetic divergence with Self-Organizing Maps (SOM) in silkworm *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) genotypes. En: Biotechnology, 2013, vol. 12, no. 5, pág. 189-201.

\_\_\_\_\_ ; VENKATA SUBBARAO, S.; MISRA, S. & SURYANARAYANA MURTYD, U. Screening strains of the mulberry silkworm *Bombyx mori*, for thermotolerance. En: Journal of Insect Science, 2011, vol. 11, no. 1.

LAGOS, T.; CRIOLLO, H. y CHECA, O. Divergencia genética y heterosis. En: Revista de Ciencias Agrícolas, 2003, vol. 20, no. 1, pág.10-26.

LAKSHMI, H.; BABU, M.R.; GOEL, A.K.; SAHA, A.K. & BINDROO, B.B. Genetic Analysis of Silk Technological Characters of Bivoltine Silkworm (*Bombyx mori* L.). En: Advances in Bioresearch, 2012, vol. 3, no. 4.

LIU, Y.Q.; QIN, L.; LI, Y.P.; WANG, H.; XIA, R.X. & QI, Y.H. Comparative genetic diversity and genetic structure of three Chinese silkworm species *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae), *Antheraea pernyi* Guérin-Meneville and *Samia cynthia ricini* Donovan (Lepidoptera: Saturniidae). En: Neotropical Entomology, 2010, vol. 39, no. 6, pág. 967-976.

LONDOÑO, P. & LOPEZ, G. Evaluación de la cría artesanal del gusano de seda *Bombyx mori* Insecta Bombycidae en el Departamento del Cauca. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Cauca: 2015.

LUZURIAGA, R. J. Evaluación del efecto de cuatro cantidades de hoja de morera (*Morus indica* Variedad Kanva 2), y tres áreas de alojamiento sobre la producción de capullo de gusano de seda (*Bombyx mori* Variedad Pilamo 1), durante la época lluviosa en Santo Domingo de los Colorados. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Escuela Politécnica del Ejército. Departamento de Ciencias de la Vida. Ecuador: 2009.

MANDAL, K. & MOORTHY, S.M. Evaluation and identification of superior bivoltine silkworm breeds of *Bombyx mori* L. Central Sericultural Research and Training Institute. En: Berhampore, 2016, vol. 7, no. 3, pág. 9-13.

MARTOS T., A. Evaluación morfológica, biológica y rendimientos en capullo y fibra de seda, de líneas e híbridos f1 de gusano de seda *Bombyx mori* L. Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Escuela de Posgrado. Perú: 2010.

\_\_\_\_\_ ; LARA, Z.P.; VARGAS, C.R. & CHUQUIJA, J.C. Híbridos F1 de gusano de seda *Bombyx mori* L. con altos rendimientos en capullo y fibra de seda cruda. En: Sciendo, 2014, vol. 15, no. 1, pág. 52 - 64.

MIRHOSSEINI, S. Z.; NEMATOLLAHIAN, S.; GHANIPOOR, M. & SEIDAVI, A. Comparison of phenotypic and genetic performance of local silkworm groups and two commercial lines. En: Biological research, 2010, vol. 43, no. 4, pág. 411-416.

MONEDERO, E. Banco genético de *Bombyx mori* en Valencia (España) [Blog]. Centro de recursos genéticos de *Bombyx mori*. España: 5, septiembre, 2013 [citado junio, 2019]. Disponible en internet en: <http://bombyx-mori-genetic.blogspot.com/>

NEZHAD, M.S.; MIRHOSSEINI, S.Z.; GHARAHVEYSI, S.; MAVVAJPOUR, M.; SEIDAVI, A.R. & NASERANI, M. Genetic diversity and classification of 51 strains of silkworm *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) germplasm based on larval phenotypic data using Ward's and UPGMA methods. En: African Journal of Biotechnology, 2010, vol. 9, no. 39, pág. 6594-6600.

NGUKU, E.K.; ADOLKAR, V.V.; RAINA, S.K.; MBURUGU, K.G.; MUGENDA, O.M. & KIMBU, D.M. Performance of six bivoltine *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) silkworm strains in Kenya. En: The Open Entomology Journal, 2009, vol. 3, no. 1, pág. 6.

NUNES J; RACHOR A, C; SCHULZ F; TENÓRIO E; TARACHUCKY E, B. Estudio del ciclo vegetativo del bicho da seda (*Bombyx mori*) para la producción de fibras textiles. En: Seminario de pesca, extensión e innovación de IFSC (1: Instituto Federal Santa Catarina. Brasil: 2014).



OSSA, G. & MANRIQUE. Programa nacional de mejoramiento genético en ganado bovino de carne, esquema general. En: Revista El cebú, 1998, vol. 302, pág. 56-74.

PÉREZ, L.M.; CASTAÑÓN, G. & MAYEK, N. Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum spp.*) de Tabasco, México. En: Cuadernos de biodiversidad, 2010, vol. 27, pág.11-22. ISSN 1575-5495.

PESCIO, F.; ZUNINI, H.; BASSO, C.P.; DIVO DE SESAR, M.; FRANK, R.G.; PELICANO, A.E. & VIEITES, C.M. Sericultura: manual para la producción. Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) e Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía (UBA). Argentina: 2008.

PORTO, A.J.; OKAMOTO, F.; CUNHA, E.A.; OTSUK, I.P. Caracterização de oito raças do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). Estação Experimental de Zootecnia de Gália. Instituto de Zootecnia, SAA-SP. En: Ciência Rural, 2004, vol. 34, no. 1, pág. 259- 264.

RALLS, K.; FRANKHAM, R. & BALLOU, J.D. Inbreeding and outbreeding. En: Encyclopedia of biodiversity, 2013, vol. 2, pág. 245–252.

RAO, C.G.P.; SESHAGIRI, S.V.; RAMESH, C.; BASHA, K.I. & NAGARAJU, H. Evaluation of genetic potential of the polyvoltine silkworm (*Bombyx mori* L.) germplasm and identification of parents for breeding programme. En: Journal of Zhejiang University Science, 2006, vol. 7, no. 3, pág. 215-220.

RED ANDINA DE LA SEDA. Líneas puras e híbridos generados en la Universidad La Molina. En: Boletín Latinoamericano de la Seda, 2011, vol. 20, pág. 5-6.

REDDY, N.M.; KUMAR, S.N.; NASEEMABEGUM, A.R.; MOORTHY, S.M. & QADRI, S.M.H. Performance of bivoltine silkworm hybrids of *Bombyx mori* L. involving parental foundation crosses of different generation. En: International Journal of Research in Zoology, 2012, vol. 2, no. 1, pág. 1-5.

REDDY, R. M., SINHA, M. K., & PRASAD, B. C. Application of parental selection for productivity improvement in tropical tasar silkworm *Antheraea mylitta* Drury: a review. J. Entomol, 7(3): 129-140, 2010.

RODRÍGUEZ ORTEGA, A.; MARTÍNEZ MENCHACA, A.; VENTURA MAZA, A.; VARGAS MONTER, J.; EHSAN, M. & LARA VIVEROS, F.M. Evaluación de variedades de morera en la alimentación del gusano de seda (*Bombyx mori*) en Hidalgo, México. En: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2013, vol. 4, no. 5, pág. 701-712.

RODRÍGUEZ ORTEGA, A.; PINO MORENO, J.M.; ÁNGELES CAMPOS, S.C.; GARCÍA PÉREZ, Á.; BARRÓN YÁNEZ, R.M. & CALLEJAS HERNÁNDEZ, J. Nutritional value of larvae and pupae of silkworm (*Bombyx mori*) (Lepidoptera: Bombycidae). En: Revista Colombiana de Entomología, 2016, vol. 42, no. 1, pág. 69-74.

RODRÍGUEZ, O.A.; VARGAS, M.J.; VENTURA, M.A.; MARTÍNEZ, M.A.; RODRÍGUEZ, M.J.; EHSAN, M. & LARA, V.F.M. Manual de Sericultura en Hidalgo, principios Básicos. 1a. ed. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, México: 2012.

RUALES, F.; MANRIQUE, C. & CERÓN, M. Fundamentos en mejoramiento animal. 1 ed. Vieco e Hija Ltda. Medellín, Colombia: 2007.

RUIZ, X. & ALMANZA, M. Implications of genetic diversity in the improvement of silkworm *Bombyx mori* L. Rn: Chilean Journal of Agricultural Research, 2018, vol. 78, no. 4, pág. 569-579.

SAVARAPU, S.K.; MISRA, S.; RAO, M.S., & MURTY, U.S. Genetic variation and divergence analysis using self-organizing maps (SOM) in silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) genotypes. En: Biotechnology, 2013, vol. 12, no. 5, pág. 189-201.

SEIDAVI, A. & GOLDSMITH, M.R. Comparison of phenotypic value changes in pure lines of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) during consecutive generations following initial selection on cocoon weight. En: Journal of Insect Science, 2014, vol. 14, no. 1, pág. 288.

SESHAGIRI, S.V., & RAJU, P.J. Development and Evaluation of Silkworm hybrids (Poly x Bivoltine) of *Bombyx mori* L. for commercial production. En International Journal of Cientific Engineering and Applied Science, 2016, vol. 2, no. 2, pág. 12 -24.

\_\_\_\_\_; SEETHARAMULU, J.; LAKSHMI, H.; NAIK, S.S. & RAJU, P.J. Breeding of new potential crossbreed (*Bombyx mori* L.), MSO3xAPS45 for tropical regions. En: International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 2013, vol. 3, no. 2, pág. 222-230.

SHABDINI, A.; SEIDAVI, A.R.; GHARAHVEYSI, S. & MIRHOSSEINI, S.Z. Genetic trend, phenotype trend, correlation, heritability, and breeding values of three oval cocoon silkworm pure lines under selection pressure using WOMBAT software. En: J. Food Agric. Environ, 2011, vol. 9, no. 1, pág. 609-617.

SINGH, R. & GANGOPADHYAY, D. Selection of polyvoltine breeds and polyvoltinex bivoltine hybrids of the silkworm, *Bombyx mori* L. Munis. En: Entomology & Zoology, 2013, vol. 8, no. 2, pág. 578-581.

THANGAVELU, K. Conservation Status of Silkworm Genetic Resources in India. En: Congress of International Sericulture Commission (19: Satellite session. Bangkok, Thailand: 21-25, septiembre, 2002).

TZENOV, P. Conservation status of silkworm germplasm resources in Bulgaria. En: International Sericultural Commission Congress (19: Conservation status of silkworm germplasm resources in the World II. Bangkok, Thailand: 21-25, septiembre, 2003).

\_\_\_\_\_. Sericulture germplasm in BACSA countries. En: Sericulture preservation and revival – Problems and Prospects (9: BACSA International Conference. Batumi, Georgia: 7-2008). Black, Caspian Seas and Central Asia Silk Association, BACSA.

UTP UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Conservación y mantenimiento de la colección de materiales de gusano de seda (*Bombix mori L*) del CDTS - Colombia con fines productivos y de investigación. CENBIOTEP, Centro de Biología Molecular y Biotecnología. Pereira, Risaralda: 2010.

\_\_\_\_\_. Reseña histórica [en línea]. Universidad Tecnológica de Pereira (UTP): 2018 [citado mayo, 2019]. Disponible en internet en: <http://www.utp.edu.co/granjaelpilamo/resena-historica>

VALLEJO, F. A. & ESTRADA, E.I. Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia. Talleres Gráficos Impresora Feriva S.A. Palmira, Colombia: 2002. ISBN 958-8095-11-5.

VILELA, J.L. Mejoramiento Genético en animales domésticos. Empresa editorial Macro E.I.R.L. Universidad Nacional Agraria, Lima, Perú. 2014.

ZANATTA, D.B.; BRAVO, J.P.; BARBOSA, J.F.; MUNHOZ, R.E. & FERNANDEZ, M.A. Evaluation of economically important traits from sixteen parental strains of the silkworm *Bombyx mori L* (Lepidoptera: Bombycidae). En: Neotropical Entomology, 2009, vol. 38, no. 3, pág. 327-331.

## ANEXOS

### ANEXO A. Manejo de fenotipos de *B. mori*

Tabla 1. Protocolos de manejo de fenotipos

Actividad	Materiales	Observaciones
Control de las larvas		Observar los estados de las larvas antes de ser alimentados, para evitar posible manifestación de enfermedades y larvas atrasadas.
Control de las variables ambientales		Mantener la temperatura y humedad relativa en el rango óptimo (24 a 25°C y 70 a 75%); además, buena iluminación para favorecer el ascenso de las larvas a la comida fresca, de igual forma una buena ventilación de flujo de aire constante.
Registros		Fecha, instar, alimentación, hora, temperatura, humedad relativa y observaciones, así como de otras actividades que se presenten durante la evaluación productiva.
Manipulación de larvas		Al trabajar, tener cuidado de no dañar las larvas, porque esta es una puerta de ingreso a enfermedades bacterianas
Eliminar gusanos enfermos	Pinza y frasco de vidrio	es importante retirar rápidamente aquellas larvas que presenten enfermedades o comportamientos extraños, la aparición de larvas muertas por enfermedades nos indicará que se debe prestar atención a las condiciones ambientales para que la enfermedad no se siga expandiendo, es aconsejable tomarnos con alguna pinza y no con las manos.
Manejo 1, 2 y 3° Instar		
Alimentación	Hoja de buena calidad	Suministro de hojas picadas
Distribución de las larvas	Canastillas	De manera uniforme se van distribuyendo a lo largo de la canastilla, aumentando el área progresivamente, observando el crecimiento de las larvas.
Manejo de la muda	Cal	De detecta una vez las larvas dejan de consumir alimento y presentan síntomas de muda, se aplica cal encima de las hojas de morera, para evitar el consumo de morera fresca, para que no halla consumo de las larvas que despierten primero y mantener una cría uniforme.

Tabla 1. (Continuación)

Actividad	Materiales	Observaciones
<b>Manejo 4 y 5° Instar</b>		
Alimentación	Hoja de buena calidad	Se suministra hojas con un periodo de 75 a 100 días de poda; además se alimentan con hojas enteras, es fundamental proporcionar las raciones adecuadas, para garantizar la calidad de los capullos
Limpieza de las canastillas	Cal	Se debe realizar a diario, la acumulación de residuos de morera, heces y orina, pueden generar la manifestación de enfermedades en las larvas. Luego de limpiar la cama, se debe aplicar cal para mantener condiciones idóneas al interior de las canastillas.
Distribución de las larvas	Canastillas	Se distribuyen alrededor de toda la canastilla, ya que en estas etapas las larvas crecen rápidamente, siendo necesario un espacio amplio y limpio.
Manejo de la muda	Cal	Se debe tener mucho cuidado con la última muda del ciclo larval, una vez las larvas dejen de consumir alimento, se debe aplicar cal encima de las hojas, con el objetivo de evitar el consumo de las larvas que despierte primero y mantener crías uniforme.
<b>Encapullado</b>		
Control de las variables ambientales		Se deben mantener rangos de temperatura y humedad relativa entre (23 a 25° y 65 a 70%, durante la etapa de encapullado para evitar que la calidad del hilo se afecte o se atrase la formación de la pupa; además de mantener flujo de aire constante.
Encapulladora	Rodalinas	Se deben colocar al interior de las canastillas, de acuerdo al porcentaje de larvas maduras, una vez cosechados los capullos se deben desinfectar para la próxima evaluación productiva.
Cosecha de capullos		En el día sexto se cosecha los capullos, cuando el cuerpo de la pupa se torna completamente marrón, si se realiza antes se puede dañar la corteza, afectando la calidad de los capullos.
Sexaje	Balanza analítica, cuchillas, aserrín y frascos para sexar	El sexaje se realiza exclusivamente para sacar generaciones siguientes, se separan las pupas hembras y machos, depositándolos en recipientes separados, los cuales contienen aserrín para brindar las condiciones ideales para terminar la metamorfosis.

Tabla 1. (Continuación)

Actividad	Materiales	Observaciones
Encapulado		
Apareamientos	Papel pergamino, tubos de pvc	Luego de la emergencia de las polillas, se toman una hembra y un macho y se aparean, con el objetivo de obtener posturas para conservar en el banco de germoplasma para posteriores estudios.

## ANEXO B. Protocolo de desinfección

Desinfección y limpieza del lugar: al iniciar y finalizar cada ciclo de cría, es fundamental la limpieza del lugar y de los elementos utilizados. La limpieza del lugar se puede realizar con el siguiente protocolo.

Tabla 1. Limpieza del laboratorio de cría

I	Retirar todos los elementos del laboratorio de cría (bandejas plásticas, rodalinas, plásticos, herramientas, camarotes, etc), barrer y lavar bien.
II	Lavar los elementos con cloro granulado al 1% y agua (1 g por litro de agua) y dejar sacar al sol. Es importante lavar con mucha atención las camas de cría.
III	Desinfectar con hipoclorito al 1° - 0,5%, en el laboratorio, pisos, paredes y camarotes.
IV	Entrar los elementos de trabajo.
V	Lavar cuartos de apareamientos, estantes, mesas (desinfección)

Recordar: estos productos son tóxicos, hay que prestar atención a su uso y aplicación. Siempre usa protección adecuada (protección de ojos, manos, cuerpo, etc.). No deben quedar al alcance de los niños o almacenarse con comida.

Figura 1. Desinfección del laboratorio de cría



**ANEXO C. Registro de variables ambientales, temperatura y humedad relativa**

Fecha	Hora	T (°C)	H R (%)	R1 Consumo x día (gr)	R2 Consumo x día (gr)	R3 Consumo x día (gr)
		Actual	Actual			



## ANEXO D. Manejo agronómico del cultivo de morera (*Morus spp*)

La variedad de morera empleada por el Proyecto de Sericultura Caucana para la alimentación de las larvas, durante la evaluación productiva fue la variedad Kanva 2, que es una planta que presenta hojas de tamaño medio, color verde intenso, de forma elíptica caudada, con base acunada y borde aserrado no pendular, de lámina de grosor y borde liso (Rodríguez *et al.*, 2012).

Figura 1. Morera, Variedad Kanva 2



Mantenimiento del cultivo: podas cada 90 días, control de arvenses mensual, fertilización orgánica; 600 g/planta al mes de realizada la poda (proveniente de la compostera del Centro de Estudios Vegetales La Rejoja) (Figura 34).

Figura 2. Manejo agronómico del cultivo de morera



Selección de Hojas: cada edad tiene particularidades en su alimentación, por lo que precisa diferentes tipos de hoja de morera. Las hojas localizadas en la parte superior de las ramas, más tiernas, tienen alto contenido de agua, proteína y carbohidratos, mientras que las hojas inferiores son más duras, y por lo tanto no aconsejables para las larvas jóvenes.

Chauhan & Tayal (2017), reportan que la cosecha de morera se debe realizar en las primeras horas de la mañana y en las últimas horas de la tarde, no es conveniente cosechar

las hojas a cualquier hora del día porque cuando hace mucho calor esta se marchita y se seca rápidamente; en consecuencia las larvas comen menos y se afecta principalmente la calidad y el tamaño del capullo, por el contrario cuando hay días lluviosos y se suministran hojas de morera mojadas favorece la aparición de enfermedades. Se trabajaron con hojas verdes, lotes de morera que comprendan tiempos entre 75 a 100 días después de la poda, ya que en este momento las hojas llegan a su máximo tamaño, si se cosechan más tarde, las plantas van a tener mayor cantidad de tallos y hojas maduras y amarillentas.

Para el 1° instar se tomaron las tres primeras hojas bien desarrolladas, contando desde el brote apical; para la 2° instar, las seis primeras, y para la 3° instar las doce primeras, estas son las que se encuentran en la parte del tallo que aún se mantiene verde, para el 4 y 5° instar se puede suministrar de cualquier parte del árbol.

Figura 3. Selección de hojas



Preferentemente evitar usar las últimas, es muy importante seleccionar bien las hojas para larvas jóvenes, el uso de hojas inadecuadas lleva a desuniformizar la evaluación productiva.

Depósito y conservación de hojas: las hojas se mantuvieron frescas, se almacenaron en una caseta construida por el Proyecto de Sericultura Caucana, la cual proporcione humedad, protección del viento y el sol; además, se cubrieron con un plástico o bolsa para evitar la deshidratación de las hojas.

Figura 4. Conservación de hoja de morera



Forma de alimentación: las larvas al nacer tienen un tamaño muy pequeño, por lo que si se suministran hojas enteras, aunque sean tiernas, tienen dificultades en alimentarse, para evitar esto se utilizaron las hojas picadas, se cortaron con un cuchillo de cocina bien afilado y limpio; haciendo una pequeña pila y picándolas en tiras finas. Este tipo de corte es aconsejado para las larvas de 1° Instar. Para el 2 y 3° Instar se puede realizar un corte en tiras más gruesas y en 4 y 5° Instar ya se entregan hojas enteras seleccionadas, ya que las larvas adultas no presentan ningún problema a la hora de alimentarse con hojas de tamaño grande.

Figura 5. Formas de alimentación



Hojas picadas



Suministro hojas picadas  
1, 2 y 3° Instar



Suministro hoja entera  
4 y 5° Instar

## ANEXO E. Clasificación de enfermedades en el *B. mori*

Control sanitario: en la cría de *B. mori*, no existe medidas curativas, siempre se trabaja con la prevención de las enfermedades, para esto hay que conocer cuáles son las condiciones que contribuyen a la manifestación de una enfermedad.

El cambio de cama fue fundamental en la evaluación productiva, en especial en el 5° Instar, donde se realizó esta actividad diariamente, con el objetivo de retirar los sobrantes de morera, que junto con las heces y la orina de las larvas pueden generar toxinas y presencia de enfermedades (por la alta humedad de la cama); sin embargo, se detectaron individuos enfermos o muertos. Luego de identificarlos se extrajeron de la cama y se procedió a aplicar cal en la superficie y en las paredes, como método preventivo de enfermedades.

Durante la evaluación productiva se detectaron larvas atrasadas, esta situación puede deberse a: larvas sanas, pero de tamaño menor que el resto, larvas lastimadas o golpeadas, larvas enfermas por intoxicación o enfermedades (Figura 39).

Figura 1. Larvas atrasadas



Las enfermedades más comunes que se pueden presentar son:

Tabla 1. Enfermedades en *B. mori*

Hongos	Bacterias	Virus
Generalmente requieren altas temperaturas y humedad para manifestarse, suelen ingresar por vía cutánea (piel), por eso es tan importante las condiciones ambientales en las que se crían los gusanos, las enfermedades producidas	Condiciones predisponentes son la alta temperatura, humedad relativa y moreras de mala calidad, a estas enfermedades se las llama flacherie, porque el cuerpo de la larva muerta es débil y la piel se abre fácilmente.	Aparecen en crías con alimentación deficiente o alimento de mala calidad.  La <i>poliedrosis nuclear</i> se produce cuando las larvas se infectan con hojas de morera contaminada, las larvas

Tabla 1. (Continuación)

Hongos	Bacterias	Virus
<p>por hongos se suelen llamas <i>muscardinas</i>. Los gusanos infectados toman un aspecto momificado y pulvurento. Los gusanos aparecen cubiertos de un micelio (hongo) de color variable, las condiciones favorables son de 30 a 35°C y humedad relativa mayor a 95%. Las esporas sobreviven más de un año dentro del local.</p>	<p>Las enfermedades más comunes son el <i>desmayo bacterial</i> y la <i>septicemia bacterial</i>.</p> <p>Ingresan a la larva por herida o sus espiráculos (aberturas del aparato respiratorio del gusano). A las 10 o 12 h de producida la infección, las larvas dejan de alimentarse, vomitan y pierden capacidad de agarre, las muertas se pudren muy rápidamente.</p> <p>Las enfermedades intestinal es producida por bacterias que atacan cuando el estado nutricional de las larvas es deficiente, los síntomas son perdida de aptito, diarrea; si la infección es muy grave, muere después de 2 o 3 días, si es leve se retrasa su crecimiento y generalmente mueren en el 5° Instar.</p>	<p>jóvenes son más susceptibles, los agentes de contaminación son los restos de los gusanos (por lo que se deben retirar rápidamente y con mucho cuidado).</p> <p>Las condiciones ambientales de cría son muy importantes, las temperaturas mayores a 30°C favorecen la multiplicación del virus, se puede conocer porque las larvas enfermas comienzan a hincharse, toman el aspecto de una caña de bambú y la larva camina serpenteando, la muerte puede producirse entre 1 día y 4 a 6 días después de la infección. La piel de la larva se rompe y se pierde hemolinfa (la sangre del gusano), que provoca el contagio a nuevos gusanos.</p>

**ANEXO F. Formato, cálculo del ciclo biológico de fenotipos de *B. mori***

Ensayo: \_\_\_\_\_ Evaluación Fenotípica

Incubación: \_\_\_\_\_

Genotipo	
----------	--

Nacimiento: \_\_\_\_\_

**REPETICIÓN**

Periodos de las etapas larvales			Duración	
	Inicio	Fin	Días	Horas
Primer instar				
Primera muda				
Segundo Instar				
segunda muda				
Tercer Instar				
Tercera muda				
Cuarto Instar				
Cuarta muda				
Quinto Instar				
Inicio de formación de capullo				
Finalización encapullado				
Total duración ciclo				

**ANEXO G. Formato, registro de alimentación para cría de *B. mori***

Lugar de cría: CRV - La Rejoja – Unicauca      Ensayo: Evaluación productiva, genotipo E

Fecha Incubación: \_\_\_\_\_ Fecha Inicio La Rejoja: \_\_\_\_\_ Fecha finalización: \_\_\_\_\_

Fecha	Instar Día	Hora	Ración (gr)			Observaciones (Por favor colocar claramente hora de inicio y finalización de muda, anotar debidamente larvas atrasadas, enfermas, mortalidad y cualquier información relevante de la cría)	Responsable
			Principal	Hora	Ración Suplementaria		
		a.m					
		m					
		p.m					
		a.m					
		m					
		p.m					
		a.m					
		m					
		p.m					
		a.m					
		m					
		pm					
		a.m					
		m					
		p.m					
		a.m					
		m					
		p.m					

**ANEXO H. Formato, evaluación capullo y registro de enfermedades de fenotipos de *B. mori***

<b>Ensayo:</b>	<b>Evaluación productivo, fenotipo E</b>					
<b>Genotipo</b>					Número de larvas	180 Larvas
Fecha de cosecha						
Descripción	No. De capullos	Peso (gr)	<b>Peso total (gr)</b>	Descripción	Número de larvas	Borra (gr)
Capullos buenos				Larvas sin encapullar		
Capullos dobles				Larvas enfermas		Observaciones
Capullos blandos y deformes				Larvas maduras sin encapullar		
Capullos manchados				<b>TOTAL</b>	0	
<b>TOTAL NO. CAPULLOS</b>	0					