

**ESTABLECIMIENTO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOCOLO DE CRÍA DE
GUSANO DE HARINA *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), COMO APOYO
AL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE LA RANA VENENOSA DORADA
Phyllobates terribilis (Anura: Dendrobatidae) EN EL BIOPARQUE WAKATÁ, PARQUE
JAIME DUQUE**

ANGIE PAOLA SARMIENTO

Cód. 35425648

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”

ZOOTECNIA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO

AMBIENTE ECAPMA

CCAV ZIPAQUIRÁ

2018

**ESTABLECIMIENTO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOCOLO DE CRÍA ii
DE GUSANO DE HARINA *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), COMO
APOYO AL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE LA RANA VENENOSA DORADA
Phyllobates terribilis (Anura: Dendrobatidae) EN EL BIOPARQUE WAKATÁ, PARQUE
JAIME DUQUE**

ANGIE PAOLA SARMIENTO

Cód. 35425648

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE ZOOTECNISTA

DIRECTOR:

John Carlos Ruiz

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”

ZOOTECNIA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO

AMBIENTE ECAPMA

CCAV ZIPAQUIRÁ

2018

Dedico este triunfo a mi familia, en especial, a mi amado sobrino Juan Pablo Sarmiento que desde el cielo ilumina mi camino para seguir adelante.

Agradecimientos

iv

Doy gracias a Dios que fortalece mi alma y mi corazón cada día de mi vida, a mi esposo e hijas por ser pacientes, a mis padres por su compañía, al Dr. Leonardo Arias, mi jefe y amigo por su apoyo incondicional, al Dr. Rafael Torres, por confiar en mis capacidades y darme esta gran oportunidad, a mi director de trabajo de grado, el profesor Jhon Carlos Ruiz, quien me acompañó en el desarrollo de este proyecto.

Los centros de conservación de animales silvestres, como los zoológicos y bioparques, enfrentan actualmente la necesidad de suplementar una dieta adecuada para los animales que tienen requerimientos nutricionales específicos. Uno de estos animales con estas necesidades es la rana venenosa dorada *Phyllobates terribilis* (Anura: Dendrobatidae), la cual es una especie amenazada en peligro crítico, que precisa de fuentes adicionales de alimento para su supervivencia. Por lo tanto, la producción de invertebrados surge como una alternativa dietaria adicional para su alimentación. Dentro de estos invertebrados se encuentra el gusano de Harina *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), el cual es un suplemento alimenticio propicio para este tipo de anuros, debido a los altos contenidos de grasas que poseen sus larvas. En este sentido, este trabajo tuvo como objetivo implementar un sistema de cría y producción de *T. molitor*, como principal alternativa alimenticia para *P. terribilis* en el Bioparque Wakatá (Parque Jaime Duque). Específicamente se estableció la infraestructura ideal para la producción de *T. molitor* y para la manutención de *P. terribilis*. Además se diseñó un protocolo de manejo para la cría de *T. molitor*. Por último se implementó un sistema de producción para la alimentación de *P. terribilis*. El estudio se llevó a cabo mediante una metodología que se dividió en cuatro fases; primero la adecuación de tres terrarios en el sector de anfibios y reptiles, en los cuales se introdujeron las ranas, realizando un examen médico y pesaje previo a cada espécimen; segundo se adecuó un espacio dentro del Bioterio del bioparque para establecer la producción de *T. molitor*, en condiciones controladas, teniendo en cuenta los puntos críticos de producción se estableció el protocolo de manejo, posteriormente se elaboró un cronograma para el seguimiento de consumo de larvas. Como resultado se establecieron los factores ambientales como la temperatura que osciló entre 28°C a 34°C con una humedad relativa del 40%, se diseñó un protocolo de manejo para la especie *T. molitor* donde se estandarizaron los procesos y la normatividad a seguir en cada uno de ellos, se obtuvo un ciclo de cinco meses y medio en el desarrollo de la producción, según la evaluación de receptibilidad se ofrecerán tres raciones semanales con 20 larvas de tenebrio (semana 4) por terrario, de esta manera se mantendrá un promedio de peso de 4,82g lo cual es favorable ya que el peso óptimo de cada rana debe oscilar en los 5g, según las indicaciones del zoo criadero de ranas exóticas, establecido en la Vega (Cundinamarca), del cual proviene el grupo de anuros. En conclusión la cría de gusano de harina

(*Tenebrio molitor*), establecida en el Bioterio del Bioparque Wakatá garantiza la permanente disponibilidad de alimento vivo para el grupo de *P. terribilis*.

vi

Palabras clave: Alimento vivo, Requerimientos nutricionales, Sistema de producción.

Wildlife conservation centers, such as zoos and bioparks, currently face the need to supplement an adequate diet for animals that have specific nutritional requirements. One of these animals with these needs is the golden poisonous frog *Phyllobates terribilis* (Anura: Dendrobatidae), which is a critically endangered species that needs additional food sources for its survival. Therefore, the production of invertebrates emerges as an alternative dietary alternative for their feeding. Within these invertebrates is the worm of flour *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), which is a suitable nutritional supplement for this type of anurans, due to the high contents of fats that its larvae have. In this sense, this work aimed to implement a system of breeding and production of *T. molitor*, as the main food alternative for *P. terribilis* in the Wakatá Biopark (Jaime Duque Park).

Specifically, the ideal infrastructure for the production of *T. molitor* and for the maintenance of *P. terribilis* was established. In addition, a management protocol for the breeding of *T. molitor* was designed. Finally, a production system for the feeding of *P. terribilis* was implemented. The study was carried out using a methodology that was divided into four phases; first the adaptation of three terrariums in the amphibian and reptile sector, in which the frogs were introduced, carrying out a medical examination and weighing before each specimen; second, a space was adapted within the Biopark Bioterio to establish the production of *T. molitor*, under controlled conditions, taking into account the critical production points the management protocol was established, later a chronogram was elaborated for the monitoring of larva consumption. As a result, environmental factors were established such as the temperature that oscillated between 28 °C to 34 °C with a relative humidity of 40%, a management protocol for the *T. molitor* species was designed, where the processes and regulations to be followed were standardized in each of them, a cycle of five and a half months in the development of the production was obtained, according to the evaluation of receptibility three weekly rations with 20 tenebrio larvae (week 4) per terrarium will be offered, in this way an Weight average of 4.82g, which is favorable since the optimum weight of each frog should vary in the 5g, according to the indications of the zoo of exotic frogs, established in La Vega (Cundinamarca), from which the group of anurans comes. In conclusion, the breeding of the flour worm, established in the Biopark of the Wakatá Biopark, guarantees the permanent availability of live food for the group of *P. terribilis*.

Key words: Live food, Nutritional requirements, Production system.

Tabla de contenido

Resumen	v
1 OBJETIVOS	7
1.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
2 MARCO TEORICO	8
2.1 Rana venenosa dorada <i>Phyllobates terribilis</i>	8
2.1.1 Historia natural	8
2.1.2 Situación actual y amenazas	9
2.1.3 Medidas de conservación tomadas	10
2.2 Gusano de harina <i>Tenebrio molitor</i>	10
2.2.1 Estadios de <i>T. molitor</i>	10
2.2.2 Utilidades de la larva de <i>Tenebrio molitor</i>	12
2.2.3 Ciclo de vida	12
2.2.4 Ecología del <i>Tenebrio molitor</i>	13
2.2.5 Estudio bromatológico de larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	13
2.2.6 Sexado en fase de pupa de <i>Tenebrio molitor</i>	15
2.2.7 Sexado en estado de adulto de <i>Tenebrio molitor</i>	15
2.2.8 Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> como transmisores mecánicos de patógenos	16
2.3 Insectos como fuente de proteína	17
2.5 Nutrición en anfibios	19
2.6 Dieta completa, balanceada	19
2.7 Suplementos	20
2.8 Horario de alimentación	20
2.9 Presentación/remoción	20
3 METODOLOGIA	21
3.1 Localización del proyecto	21
3.2 Llegada y alojamiento de las ranas (<i>Phyllobates terribilis</i>)	21

3.3	23
Adecuación del espacio dentro del bioterio, para establecer la producción del <i>Tenebrio molitor</i>	23
3.4 Inicio de la producción.....	24
3.4.1 Caja de reproductores.....	24
3.4.2 Caja de pupas o crisálidas	24
3.4.3 Ciclo rotativo	24
3.5 Estandarización del protocolo de manejo para la especie <i>Tenebrio molitor</i>	25
4 PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD	25
4.1 Diagrama de flujo para el manejo del protocolo de <i>Tenebrio molitor</i>	26
5 PUNTOS CRÍTICOS ESTABLECIDOS EN LA PRODUCCIÓN	26
6 IMPLEMENTACION DEL <i>Tenebrio molitor</i> EN LA DIETA DE LA RANA DORADA (<i>Phyllobates terribilis</i>)	27
6.1	28
Seguimiento para el control del alimento.	28
6.1.1 Seguimiento receptibilidad del alimento.....	29
6.1.2 Seguimiento de ganancia de peso	30
7 ANALISIS ECONOMICO	31
7.1 Costos de Producción.....	31
8 RESULTADOS OBTENIDOS	33
9 CONCLUSIONES	35
10 ANEXOS.....	36
Anexo 1. Estandarización del protocolo de manejo para la cría de <i>Tenebrio molitor</i> ..	36

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. RECOPIACIÓN, DIFERENTES MÉTODOS DE CRÍA PARA TENEBRIO MOLITOR	13
TABLA2. HELMINTOS EN LOS CUALES LA FAMILIA TENEBRIONIDAE ES HUÉSPED INTERMEDIARIO.....	17
TABLA 3. SEGUIMIENTO RECEPTIBILIDAD DEL ALIMENTO (*UNIDADES DE LARVAS)	29
TABLA 4. SEGUIMIENTO DE GANANCIA DE PESO	30
TABLA 5. MATERIAL INICIAL	31
TABLA 6. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO	31
TABLA 7. SALARIO DEL OPERARIO.....	31
TABLA 8. COSTO DE ENERGÍA UTILIZADA.....	32
TABLA 9. COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCIÓN.....	32
TABLA 10. RESULTADOS OBTENIDOS	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTADIO DEL GUSANO DE HARINA T. MOLITOR, DESDE HUEVO HASTA SU ESTADO ADULTO. .	11
FIGURA 2. DIFERENCIACIÓN DE SEXO EN ESTADIO DE PUPA.....	15
FIGURA 3. SEXADO DE ADULTOS. (A) IZQUIERDA HEMBRA Y (B) DERECHA MACHO.....	16
FIGURA 4. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL PARQUE JAIME DUQUE	21
FIGURA 5. LLEGADA Y ALOJAMIENTO DE LAS RANAS. (A) ACONDICIONAMIENTO DE LOS TERRARIOS;(B) EXAMEN CLÍNICO Y PESAJE; (C) ASPERSIÓN CONTROLADA DE AGUA;(D) INTERACCIÓN DE LAS RANAS CON EL TERRARIO;(E) UBICACIÓN DE LOS TERRARIOS EN LA ZONA DE ANFIBIOS.	23
FIGURA 6. ADECUACIÓN DEL ESPACIO DENTRO DEL BIOTERIO. (A) UBICACIÓN DEL ESTANTE Y CAJAS PLÁSTICAS; (B) ALIMENTO OFRECIDO;(C) PLACA ELÉCTRICA PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA. .	23
FIGURA 12. SUBSTRATO DE HARINA DE TRIGO.	24
FIGURA 8. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL MANEJO DE TENEBRIO MOLITOR.	26
FIGURA 19. PESAJE Y EXAMEN CLÍNICO DE CADA UNA DE LAS RANAS.....	28
FIGURA 10. PESAJE Y EXAMEN CLÍNICO DE CADA UNA DE LAS RANAS. (A)EXAMEN CLÍNICO, (B) PESAJE DE CADA INDIVIDUO, (C) ALIMENTACIÓN DE LA RANA CON LAS LARVAS DE TENEBRIO.....	28

INTRODUCCION

Las ranas de la familia Dendrobatidae son llamadas venenosas o de colores, debido a su coloración aposemática o de advertencia. Esta familia consta de 177 especies (Frost, 2013) y se distribuye desde Nicaragua hasta Brasil y el norte de Perú y Bolivia (Duellman, 1978, 1992). Son anfibios por lo general diurnos, existiendo una relación entre su condición aposemática y la capacidad para almacenar potentes toxinas en la piel como estrategia defensiva contra agresores potenciales o depredadores (Summers & Clough, 2001). Por otra parte, algunas especies presentan problemas de alimentación, principalmente en condiciones de conservación en zoológicos o bioparques, debido a la especificidad del alimento para suplir sus necesidades nutricionales (Schulte, 1995). Este es el caso de la rana dorada *Phyllobates terribilis* (Anura: Dendrobatidae), cuya dieta debe ser lo más similar a lo que comería en vida silvestre y debe ofrecer la mayor variedad posible. Por esta razón, surge la necesidad de buscar alternativas dietarias adicionales con la producción de invertebrados, específicamente de insectos del orden Coleoptera como *Tenebrio molitor* (Tenebrionidae), donde el contenido proteico de sus larvas destacándose los aminoácidos esenciales, son de suma importancia para el crecimiento, desarrollo y fertilidad de muchas especies (Chavez-Guitrón *et al.*, 2014).

Suplir las necesidades nutricionales de *P. terribilis* con larvas de *T. molitor*, radica en la importancia en la conservación y reproducción de este anuro, el cual según el Libro Rojo de los Anfibios de Colombia (Rueda-Almonacid, 2004), posee un rango de distribución muy estrecho en áreas donde la intervención en los bosques se ha incrementado fuertemente, especialmente para agricultura y minería; igualmente la entresaca del bosque para usos domésticos y de construcción, han ido disminuyendo la cobertura boscosa o han producido su fraccionamiento, llevando a la población a condiciones de estrés máximo. La presión directa sobre la población, mediante faenas de captura masiva e indiscriminada para comercializar individuos a los aficionados de mascotas y criadores en el exterior (especialmente Europa), sumado a su atractivo como especie de alta toxicidad para fines de experimentación y extracción de principios químicos farmacéuticos, son causas de inminente amenaza para su supervivencia. Más grave es pensar que pese a que hay algunas medidas restrictivas, existe un tratamiento indebido de la especie tanto en sus sitios de distribución natural como en sus destinos de exportación ilegal, lo cual parece ser imparabile.

Por esta razón el Parque Jaime Duque viene trabajando programas de conservación en torno a la fauna endémica, por lo que se piensa establecer un laboratorio de investigación sobre anfibios presentes en la costa del pacífico colombiano restringida a los bosques de la cuenca del río Saija, donde se creará una zona de exhibición de la rana dorada *P. terribilis*, en el Bioparque Wakatá, la cual servirá para sensibilizar al público sobre las amenazas que padece esta especie y su importancia en los ecosistemas (Rodríguez, 2017), ya que la rana dorada, es endémica de Colombia y por su atractivo color y su alta toxicidad es usada para fines de experimentación y extracción de principios químicos farmacéuticos, causas de inminente amenaza para su supervivencia. Se considera amenazada en peligro crítico (CR) por su rápida disminución poblacional (Castro-Herrera, 2010).

Este trabajo por lo tanto tuvo como objetivo general implementar un sistema de cría y producción de *T. molitor*, como principal alternativa alimenticia para *P. terribilis* en el Bioparque Wakatá (Parque Jaime Duque). Específicamente 1) se estableció la infraestructura ideal para la producción de *T. molitor* y para la manutención de *P. terribilis*, 2) se diseñó un protocolo de manejo para la cría de *T. molitor* y 3) se implementó un sistema de producción para la alimentación de *P. terribilis*.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de cría y producción del Gusano de Harina *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), como principal alternativa alimenticia para la rana venenosa dorada *Phyllobates terribilis* (Anura: Dendrobatidae) en el Bioparque Wakatá (Parque Jaime Duque).

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Establecer la infraestructura para la producción de *T. molitor* y para la manutención de *P. terribilis* en el Bioparque Wakatá.
- ✓ Diseñar un protocolo de manejo para la cría de *T. molitor*.
- ✓ Implementar un sistema de producción para la alimentación de *P. terribilis*.

2 MARCO TEORICO

2.1 Rana venenosa dorada *Phyllobates terribilis*

Especie de tamaño relativamente grande (hasta 47mm entre el hocico y el ano); cuerpo coloreado homogéneamente de amarillo o crema verdoso, pálido o brillante en el tronco, cabeza y extremidades; juveniles de color negro o negro con listas latero dorsales amarillas (Rueda-Almonacid, 2004). Presencia de dientes en el arco maxilar; comparando el primer dedo de la extremidad anterior con el segundo es ligeramente igual; la dilatación distal del tercer dedo anterior es 1,3 a 1,8 en ancho del dedo es su porción medial. Tegumento con glándulas densamente concentradas que producen esteroides alcaloides del grupo de las batraco toxinas (Guzmán, 2006).

Phyllobates terribilis es uno de los Dendrobátidos más grandes y el más toxico (Guzmán, 2006), diferenciaron esta especie de los otros dendrobátidos por que el cuerpo y las extremidades tienen una coloración homogénea de tonos amarillentos y verdoso muy claro, sin patrón de colores diferentes adicionales (se exceptúa a los juveniles cuyos cambios ontogénicos tienen otra consideración); la especie más relacionada a *P. terribilis* es *Phyllobates bicolor*, de la cual se distingue por tener un mayor tamaño y poseer en la región ventral y en las extremidades posteriores una pigmentación melanina en los adultos.

La distribución de esta especie es sobre la costa del pacifico colombiano restringida a los bosques de la cuenca del río Saija (Poole & Grow, 2008). El área corresponde a la localidad típica, en los alrededores de la Boca del Patía del norte (área de colina baja en 30 a 150 msnm), municipio de Timbeque, en el departamento del Cauca (Poole & Grow, 2008). Su hábitat es principalmente en los bosques tropicales húmedos sobre colinas bajas con terrazas; su actividad es esencialmente en el suelo, entre la hojarasca y vegetación de bosque de poco perturbado. Es frecuente ubicarlas en los parches claro al interior del bosque y se escapa dando continuos saltos a gran velocidad (Harwood, 1993).

2.1.1 Historia natural

Especie con actividad esencialmente diurna, entre la hojarasca, no relacionada a cuerpos de agua, dentro de bosques con cobertura e incluso en áreas con cierto grado de intervención

(Bhattacharya, 1970). Se ocultan con poca frecuencia entre la hojarasca o espacios dejados por raíces; son animales que ostentan coloración aposemática y una gran toxicidad en secreciones cutáneas; su coloración amarilla brillante, las hace perceptibles por sus saltos cortos y continuos; forman poblaciones relativamente dispersas y despliegan gran territorialidad por parte de los machos (Harwood, 1993).

Las posturas son depositadas entre la hojarasca húmeda, por las hembras, después de un cortejo breve y agresivo del macho dominante de un territorio, que incluye cantos insistentes, empujones sutiles y amplexas ligeros; los machos fertilizan las posturas mediante contacto opuestos de cloacas; el tamaño de postura oscila entre 8 a 15 huevos bicoloreados, en dos semanas salen las larvas que son cargadas por el macho y depositadas en sitios con agua, después de 60 días se llega a la metamorfosis (Poole & Grow, 2008).

El esfuerzo reproductivo en esta especie es sumamente costoso en energía y en éxito; en condiciones naturales solo se espera que menos del 30% del esfuerzo reproductivo de la población local pueda tener éxito, sin tomar en cuenta la extracción de adultos y que los machos participen de manera importante en alcanzar el estimado de supervivencia (Bhattacharya, 1970).

2.1.2 Situación actual y amenazas

La especie posee un rango de distribución muy estrecho en áreas donde la intervención en los bosques se ha incrementado fuertemente, especialmente para agricultura y minería; igualmente la entresaca del bosque para usos domésticos y de construcción, han ido disminuyendo la cobertura boscosa o han producido su fraccionamiento, llevando a la población a condiciones de estrés máximo. La presión directa sobre la población, mediante faenas de captura masiva e indiscriminada para comercializar individuos a los aficionados de mascotas y criadores en el exterior (especialmente Europa), sumado a su atractivo como especie de alta toxicidad para fines de experimentación y extracción de principios químicos farmacéuticos, son causas de inminente amenaza para su supervivencia. Más grave es pensar que pese a que hay algunas medidas restrictivas, existe un tratamiento indebido de la especie tanto en sus sitios de distribución natural como en sus destinos de exportación ilegal, lo cual parece ser imparabile (Castro-Herrera, 2010).

2.1.3 Medidas de conservación tomadas

No se conocen medidas de conservación en torno en esta especie o a su área de distribución, ni científicas ni tecnológicas. Se la ha ubicado en el Apéndice II de la CITES con poca efectividad hacia el mercado ilegal de vida silvestre. Gran parte del área de distribución de esta especie se encuentra dentro de territorios afroamericanos y reservas indígenas (Castro-Herrera, 2010).

Según, Rueda-Almonacid (2004), la consolidación, publicación y divulgación de los libros rojos ha permitido conocer, las especies de peces, aves, reptiles, invertebrados marinos y algunas familias de plantas que se encuentran amenazadas y que por ende irían hacia la extinción, si no se implementan medidas a nivel nacional y regional, que eviten dicho proceso. El ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial presentan el Libro rojo de anfibios de Colombia, para divulgar la situación de amenaza que registran las especies de anfibios Colombianos.

2.2 Gusano de harina *Tenebrio molitor*

Este gusano de harina es un insecto del orden Coleoptera de la familia Tenebrionidae, es de color castaño oscuro, casi negro, de aproximadamente 18 mm de largo y 4 mm de ancho; su cuerpo es compacto con bordes casi paralelos (Reyes & Melendez, 2013). Las larvas recuerdan los “gusanos alambre”; son cilíndricas, duras con pequeñas patas torácicas (Reyes & Melendez, 2013).

Vive en harinas y subproductos de granos, también consumen cuero y restos de carne seca. Es uno de los insectos más corpulentos que ataca granos almacenados (Reyes & Melendez, 2013).

2.2.1 Estadíos de *T. molitor*

Los diferentes estados del escarabajo molinero se presentan con detalle en la Fig. 1.



Huevo

- 10 días de incubación. Al primer día los huevos son translúcidos con una cubierta lisa muy frágil.



Larva

- La fase larval dura de 2 a 3 meses, creciendo hasta la madurez y cambiando de piel.



Pupa o ninfa

- 20 días el estado de ninfa endurecida, de forma triangular curvada y prácticamente inmóvil.



Escarabajo joven

- Las pupas se empiezan a desarrollar en escarabajos, viven aproximadamente de 2 a 3 meses, nacen color marfil y a los 2-3 días son negro marrón.



Escarabajo adulto

- El adulto es un escarabajo negro de hábito nocturno, sexualmente maduro a los 10 - 12 días.
- 5 meses completo su ciclo de vida.

Figura 1. Estadio del gusano de harina *T. molitor*, desde huevo hasta su estado adulto.

(Fuente: el autor)

2.2.2 Utilidades de la larva de *Tenebrio molitor*

Según el estudio realizado por Reyes y Meléndez, 2013; se destacan las siguientes utilidades de larvas de *Tenebrio molitor*:

- ✓ Mantenimiento de mascotas en hogares, como suplemento alimenticio (Tortugas, iguanas, serpientes, erizos, aves); entre otros.
- ✓ Recuperación de animales convalecientes.
- ✓ Desarrollo de gallos de pelea.
- ✓ En aves exóticas como Diamante de Gould (*Poephila gouldia*), sirve de ayuda en la época de cambio de plumas.
- ✓ Elaboración de harinas a partir de la larva.
- ✓ En peces, como reemplazo de lombrices y artemia (que no siempre están disponibles en el mercado).
- ✓ Producción de Quitosano (Se emplea como una ayuda en el crecimiento de las plantas, debido a sus propiedades que promueve la defensa contra infecciones producidas por hongos).
- ✓ Como presa para la pesca.
- ✓ El excremento de la larva es un excelente abono orgánico.

2.2.3 Ciclo de vida.

En condiciones de vida libre las hembras ovipositan alrededor de 580 huevos durante su vida (Meléndez-Guerrero, 2001); el período de ovoposición es variable, dependiente de las condiciones del medio y el alimento, fluctuando entre 25 y 140 días (Meléndez-Guerrero, 2001) Los huevos son dispuestos en grupos, éstos son blancos, de forma ligeramente arriñonada, semejante a un frijol de 1.8 mm de largo, cubiertos de una sustancia pegajosa a la cual se adhiere el sustrato (Meléndez-Guerrero, 2001). El período de incubación tarda entre 5 y 20 días dependiendo de la temperatura (5 días a 24°C y 20 días a 15°C) (Meléndez-Guerrero, 2001). Las larvas recién eclosionadas son activas, consumen harina y se desplazan libremente; adquieren su máximo desarrollo entre los 89 y 100 días, después de mudar entre 9 y 18 veces; en este estado permanecen activas consumiendo sustrato hasta mediados de primavera, cuando pupan libremente entre el sustrato (en Chile central desde mediados de octubre), (Meléndez-Guerrero, 2001). En este estado permanecen entre 12 y 16 días, luego emergen como adultos se produce

hasta fines de primavera. El ciclo completo de huevo a huevo, toma entre 300 y 350 días según las condiciones ambientales; pero en criadero el ciclo completo dura aproximadamente de 10 a 12 semanas (Castro-Herrera, 2010).

Por otra parte en condiciones de cría masal *T. molitor* a 28°C dura aproximadamente: 10 días la incubación, 10 semanas el período larval, 20 días el estadio larval y los escarabajos no suelen vivir más de 20 días (Chávez-Guitrón et al., 2014). Lo cual da un total de tres meses aproximadamente en completarse el ciclo (botanical-online, 1999). Los adultos no vuelan, las pupas casi no tienen movilidad. Por esta razón no hay disposiciones cuarentenarias expresas para la especie y su crianza se vuelve más fácil. Para su cría se han utilizado diferentes métodos cada uno posee ciertas diferencias mencionadas por sus autores, quienes las detallan en Tabla 1.

2.2.4 Ecología del *Tenebrio molitor*

Las temperaturas inferiores -12°C y superiores a 41°C son letales para la especie. En la zona central de Chile los adultos emergen a principios de noviembre. En general se estima una generación anual, pero bajo condiciones especiales, una generación puede tomar dos años, dilatando especialmente el tiempo de larva en último estadio. Tolera bien el ayuno. En todos los estados evitan la luz, prefiriendo lugares quietos y oscuros. Los tenebrios viven, crecen y se reproducen sin inconveniente cuando la temperatura se mantiene de 22° a 28°C. No se han registrado parásitos de importancia. Se estima que el ácaro *Caloglyphus mycophagus* actúa como depredador (Castro-Herrera, 2010).

2.2.5 Estudio bromatológico de larvas de *Tenebrio molitor*

Un estudio bromatológico de 100gramos de larvas de *Tenebrio molitor*, realizado por CENCON, 1999, determinaron los siguientes valores: Humedad: 58.02%, Proteína: (N x 6.25) 20.23%, Grasa: 16.00%, Fibra cruda: 4.28, Extracto libre de nitrógeno: 0.47%, Cenizas: 1.00%, Calcio: 57.37 Ppm, Fósforo: 0.27%.

Tabla 1. Recopilación, diferentes métodos de cría para *Tenebrio molitor*

MANEJO	TEMPERATURA (°C)	SUSTRATOS	FUENTES DE AGUA	AUTORES/PAIS
Recipientes de madera o vidrio, cubiertos con tela o tul, se limpia cuando el alimento se haya Consumido.	23	Harina integral de trigo, copos de cereales, maíz o arroz inflado, pan, galletas	Papel mojado, cortezas de árbol sumergidas en agua previamente	Petracini, 2007 Argentina.
Recipientes de madera, plástico o vidrio. Se. Se mantienen entre 4 y 6 °C para conservarlos por mucho tiempo.	16-18	25% harina de trigo, 25% harina de avena, 15% comida para pollos y 35% de salvado	Manzana, papa, zanahoria, diente de león.	Ibáñez, 2007 España.
Cajas plástica, no se les hace limpieza muy Seguido.	25	Mezcla en partes iguales de harina de trigo, salvado de trigo o avena, pan rallado, proteína de soja, concentrado para perros pan duro y galletas/jícama	Pepino, zanahoria, manzana	Ángel & Cabrera, 2011 Ayala, 2007 México.
Recipientes plástico con tapadera perforada, limpieza todas las semanas.	22	Salvado, pan rallado	Zanahoria, manzana	Calparsoro, 2008 Argentina.
Recipientes plásticos, creación de nuevas cajas cada tres meses limpieza dos veces al año.	28	Afrecho de trigo	Papa	Parque Zoológico Nacional de El Salvador, 2011

(Fuente: Reyes & Meléndez, 2013)

2.2.6 Sexado en fase de pupa de *Tenebrio molitor*

La determinación del sexo en el estado de pupa implica la observación del desarrollo de las estructuras genitales, que se encuentran en la parte ventral inmediatamente caudal al esternito. La hembra posee una mayor inflamación que diverge en dos papilas como pezón. En el macho la inflamación es considerablemente más pequeña y las papilas no divergen o sobresalen mucho. Las papilas del macho son tan discretas que son fáciles de perder. En la práctica del sexado de pupas, se determina directamente por la ausencia o presencia de las grandes papilas que en la hembra son notables (Bhattacharya, 1970) (Fig. 2).

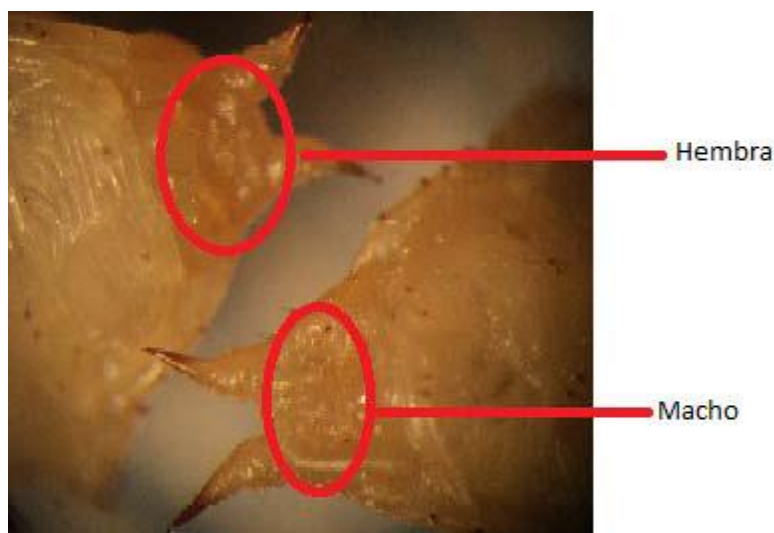


Figura 2. Diferenciación de sexo en estado de pupa
(Fuente: Sandoval, 2004)

2.2.7 Sexado en estado de adulto de *Tenebrio molitor*

La determinación de sexo en el estado adulto consiste en la observación de la cara ventral posterior del abdomen. En la hembra hay poca separación entre los tres esternitos posteriores (3°, 4° y 5°); mientras que en el macho las membranas entre segmentos son claramente visibles con una coloración más clara. Además el 5° esternito visible es bastante redondo en el macho y ligeramente puntiagudo en la hembra (Bhattacharya, 1970) (Fig. 3).



Figura 3. Sexado de adultos. (A) Izquierda hembra y (B) derecha macho.

(Fuente: Sandoval, 2004)

2.2.8 Larvas de *Tenebrio molitor* como transmisores mecánicos de patógenos

Todos los coleópteros necrófagos, de las cuales hay varias familias, son de cierta importancia potencial para la salud pública debido a sus hábitos de alimentación, ya sea como larvas, adulto o ambos, ya que se alimentan de animales muertos, piel u otros materiales animales, que pueden accidentalmente ponerlos en contacto con organismos patógenos. Pueden portar estos patógenos ya sea mecánicamente sobre las patas, partes bucales o cuerpo, o bien en sus excrementos después de alimentarse de materiales contaminados. Experimentalmente se inyectó bacilos de tuberculosis en larvas de *Tenebrio molitor* y los bacilos persisten infectivos de estadio a estadio (Harwood, 1993).

2.2.9 *Tenebrio molitor* como huésped intermediario de helmintos

Sin duda la relación común se debe a la variedad de hábitos alimenticios de los coleópteros que les permite ingerir material fecal en la que comúnmente se encuentran los huevecillos de los parásitos intestinales de los animales; así muchos coleópteros habitantes de tierra y estiércol se prestan fácilmente para esta función. Los grupos de helmintos que por lo común son transmitidos por los coleópteros son los nematodos, acantocéfalos y cestodos (Tabla 2).

Tabla 2. Helmintos en los cuales la familia Tenebrionidae es huésped intermediario

Nombre del parásito	Especies afectadas
<i>Gonglylonema pulchrum</i>	Cerdo y hombre
<i>Macrancanthorhynchus hirudinaceus</i>	Cerdo y hombre
<i>Echinorhynchus salmonis</i>	Peces
<i>Moniliformis moniliformis</i>	Ratas, perros y gatos
<i>Raillietina cesticiillus</i>	Aves
<i>Hymenolepis</i>	Patos y gallinas
<i>Hymenolepis diminuta</i>	Hombre y Ratas
<i>Polymorphus minutus</i>	Aves

Fuente: (Bhattacharya, 1970).

2.3 Insectos como fuente de proteína

Chavez-Guitrón et al. (2014), en su estudio sobre el *Contenido proteico en larvas de Tenebrio molitor alimentadas con diferentes sustratos*, una alternativa económica para solucionar la escasez de alimentos es la utilización de insectos. El estudio aporta cómo aprovechar el contenido proteico de larvas de *Tenebrio molitor*, e incluirlas como complemento alimenticio de alto valor nutritivo, pues contienen aminoácidos esenciales, benéficos para el crecimiento, desarrollo y fertilidad de muchas especies.

El Fondo de las Naciones Unidas para la Alimentación ha considerado esta biomasa como una fuente nutricional de alto valor biológico Chavez-Guitrón et al. (2014). Los insectos forman cuatro quintas partes del reino animal. Forman la mayor biomasa del planeta por su gran adaptabilidad y amplia distribución, en ocasiones cosmopolita. Éstos son una fuente proteica de excelente calidad. Se conocen 1,689 especies comestibles en el mundo, de las cuales 512 se localizan en México, por lo que representan una alternativa alimenticia muy prometedora Chavez-Guitrón et al. (2014). El *Tenebrio molitor*, conocido como escarabajo harinero, es un insecto que se utiliza en la alimentación de animales de ornato y de zoológicos, tales como peces, anfibios, reptiles y aves. El valor nutritivo que se adquiere con la alimentación a base de tenebrio

tiene aún más ventajas complementarias, por el hecho de ser una presa móvil, lo que interviene en el funcionamiento psicomotriz de los animales que las ingieren Chavez-Guitrón et al. (2014).

2.4 Importancia de los Bioterios en la producción de alimento vivo

Los bioterios son de gran importancia en los zoológicos o centros de conservación de fauna silvestre ya que tiene la función de satisfacer las demandas internas de la colección, además de ser una herramienta nutricional con la cual se cubren los requerimientos de muchas especies en los centros de conservación ex situ (Rubinstein, 2007).

Se caracterizan por ser un espacio físico con condiciones sanitarias, nutricionales y genéticas controladas donde se producen y reproducen diferentes vertebrados, micro mamíferos como rata, ratón, hámster y algunos invertebrados como grillos, tenebrios y cucarachas, los cuales hacen parte de la dieta en hábitat natural de algunas especies (Rubinstein, 2007)

El cuidado y mantenimiento de los animales en zoológicos o centros de conservación es una actividad que contempla aspectos como el manejo de las dietas de la colección, adquisición, almacenamiento, preparación y distribución del alimento (Dierenfeld, 1996). En el último decenio se evidencia un gran progreso en el campo de la nutrición de animales silvestres, donde se ha demostrado que aparte de cubrir las necesidades nutricionales y fisiológicas de los individuos, se deben cubrir las necesidades psicológicas que van de la mano con el comportamiento de varias especies (Dierenfeld, 1996). Estos aspectos han fomentado la implementación y uso de los bioterios como una herramienta que aporta fuentes nutricionales específicas para los diferentes grupos taxonómicos, brindando no solamente nutrientes sino también estímulos que desarrollen su comportamiento natural (Rubinstein, 2007), ya que una de las consideraciones más importantes en el mantenimiento de animales silvestres en cautiverio, es la de proporcionar dietas apropiadas para mantener a las especies saludables y con un potencial reproductivo adecuado (Cisneros, 2006).

Rachel Nuwer, (2012) menciona en uno de sus artículos de la revista *Oearth*, que los científicos Dennis GAB Oonincx (Departamento de Ciencias Vegetales de la Universidad de Wageningen, Wageningen, Países Bajos) y Imke JM de Boer (Departamento de Ciencia Animal de la Universidad de Wageningen, Wageningen, Países Bajos), que los insectos son una fuente más sostenible de proteínas que el pollo, la leche, la carne de cerdo o vaca. Según los investigadores, la producción de un kilogramo de proteína de los gusanos tomó menos de una

décima parte de la tierra que se necesita para hacer lo mismo con la carne vacuna. Además, los gusanos de harina crearon sólo 2,7 kilogramos de dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero.

Oonincx y Boer (2012) concluyen, "Este estudio muestra claramente que gusano de la harina debe ser considerado como una alternativa más sostenible a la leche, pollo, cerdo y carne de res".

2.5 Nutrición en anfibios

Las ranas venenosas necesitan grandes cantidades de alimento. Son predadores relativamente activos que viven en un clima constantemente cálido y cuyo metabolismo es muy elevado (Mundo Animalia, 2016).

Según Vicky A. Poole et al. (2008), y el Grupo Consultivo de Anfibios (ATAG) de la Asociación de Zoológicos y Acuarios (AZA) creadores de la Guía para el Manejo de Anfibios en Cautiverio en el 2008, su dieta debe ser lo más similar a lo que comería en vida silvestre y ofrecer la mayor variedad posible. La malnutrición de los anfibios pueden conducir a problemas de desarrollo y reproductivos, enfermedad ósea metabólica, tetania y parálisis, falla en el desarrollo y muerte. Cosas importantes a considerar en la selección de alimento para las ranas son: 1) la proporción calcio: fósforo, 2) contenido de lípidos (grasas) y 3) el tamaño de la presa, por esta razón se considera el Cultivo de Alimento Vivo, la ventaja es que le da control sobre la limpieza de los cultivos, y es un método rentable para de obtener insectos, otra forma es la captura de insectos de tamaño apropiado de la naturaleza, es una buena manera de suplementar la dieta de los animales, sin embargo, esto puede introducir parásitos y contaminantes químicos como los plaguicidas.

2.6 Dieta completa, balanceada

- ✓ Presa en general: La mayoría de los anfibios intentaran comer animales presa solo si estos están vivos y moviéndose. Los animales presa necesitan ser del tamaño correcto o no desataran una respuesta alimenticia. Se debe ofrecer una dieta variada para proveer un rango más amplio de nutrientes y simular mejor una dieta natural.
- ✓ Insectos: tenebrios, grillos, moscas de fruta, larvas de escarabajo, larvas de polillas de cera, cucarachas, etc.

2.7 Suplementos

La mayoría de insectos tendrán que ser espolvoreados con un suplemento vitamínico formulado para asegurarse de una proporción adecuada de calcio a fósforo (Ca: P) en la dieta, así como de la provisión de ciertas vitaminas, como la vitamina A.

2.8 Horario de alimentación

Varía dependiendo de las necesidades de los animales, pero usualmente es diario para insectívoros pequeños y menos frecuentes para anfibios más grandes (cada segundo o tercer día). La obesidad puede ser una consideración, especialmente en anfibios terrestres grandes, así que la frecuencia de ofrecimiento de comidas puede variar desde semanal a mensualmente; el ofrecer insectos vivos más pequeños entre comidas grandes promoverá el ejercicio.

2.9 Presentación/remoción

Idealmente, los animales de presa deberán de estar frescos y moviéndose. Si los animales de presa no se consumen dentro de 24 horas, deberán ser removidos para prevenir la contaminación del ambiente y la posible depredación – adversa sobre del anfibio. Algunos insectos como los grillos necesitan una fuente de alimento (un pequeño plato con dieta de grillos o comida para roedores) dentro del acuario del anfibio para prevenir que ataquen al mismo (Poole & Grow, 2008).

3 METODOLOGIA

3.1 Localización del proyecto

Este proyecto se llevó a cabo en las instalaciones del Bioterio del Bioparque Wakatá Parque Jaime Duque, ubicado en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca en el Km 34, vía Briceño. El Municipio de Tocancipá se encuentra localizado al norte de la ciudad de Bogotá, a una distancia de 47 kilómetros. Su ubicación geográfica esta sobre los 4° 58' latitud norte y los 73° 55' longitud oeste, su altura sobre el nivel del mar es de 2.606 metros y pertenece a la provincia de la Sabana Centro junto con los municipios de Cajicá, Cogua, Cota, Chía, Gachancipá, Guasca, La Calera, Nemocón, Sopó y Zipaquirá (Fig. 4). Su extensión total es de 73.51 Km² distribuidos en 0.62 Km² para su área urbana y 72.89 Km² para su área rural. Su temperatura promedio es de 16°C (Rozo, 2015).

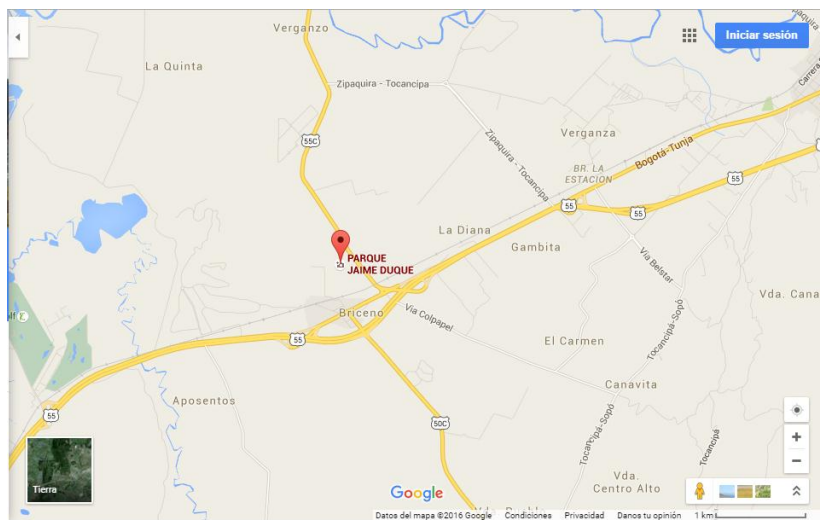


Figura 4. Localización geográfica del Parque Jaime Duque
(Fuente: <https://www.google.it/maps/place/PARQUE+JAIME+DUQUE/>)

3.2 Llegada y alojamiento de las ranas (*Phyllobates terribilis*)

Provenientes del zoo criadero de ranas exóticas, establecido en la Vega (Cundinamarca), se recibieron como donación en el Bioparque Wakatá, 15 ranas doradas de la especie *Phyllobates terribilis*, las cuales se alojaron en el sector de anfibios y reptiles, y posteriormente se dejaron en cuarentena. Siguiendo el protocolo indicado por el veterinario a cargo, se distribuyeron las 15

ranas en tres terrarios, colocando 5 ranas por terrario (recipientes de plástico: 40cm largo \times 30cm ancho \times 30cm profundidad). Se acondiciono el espacio, teniendo en cuenta sus necesidades, comportamentales, colocando, ramas, hojas grandes etc (Fig. 5 (A)).

Antes de ubicar las ranas en los terrarios establecidos, cada una de estas fue revisada físicamente, pesada y registrada en un formato establecido (Fig. 5 (B)). Después se manejó una aspersión controlada de agua con atomizador para conservar la humedad dentro de los terrarios (Fig. 5 (C)). Al terminar el acondicionamiento de los terrarios, se introducen las ranas para su interacción dentro del hábitat (Fig.5 (D)). Se ubican los terrarios en la zona de Anfibios, teniendo en cuenta las condiciones de humedad y temperatura óptimas para su desarrollo (Fig. 5 (E)).

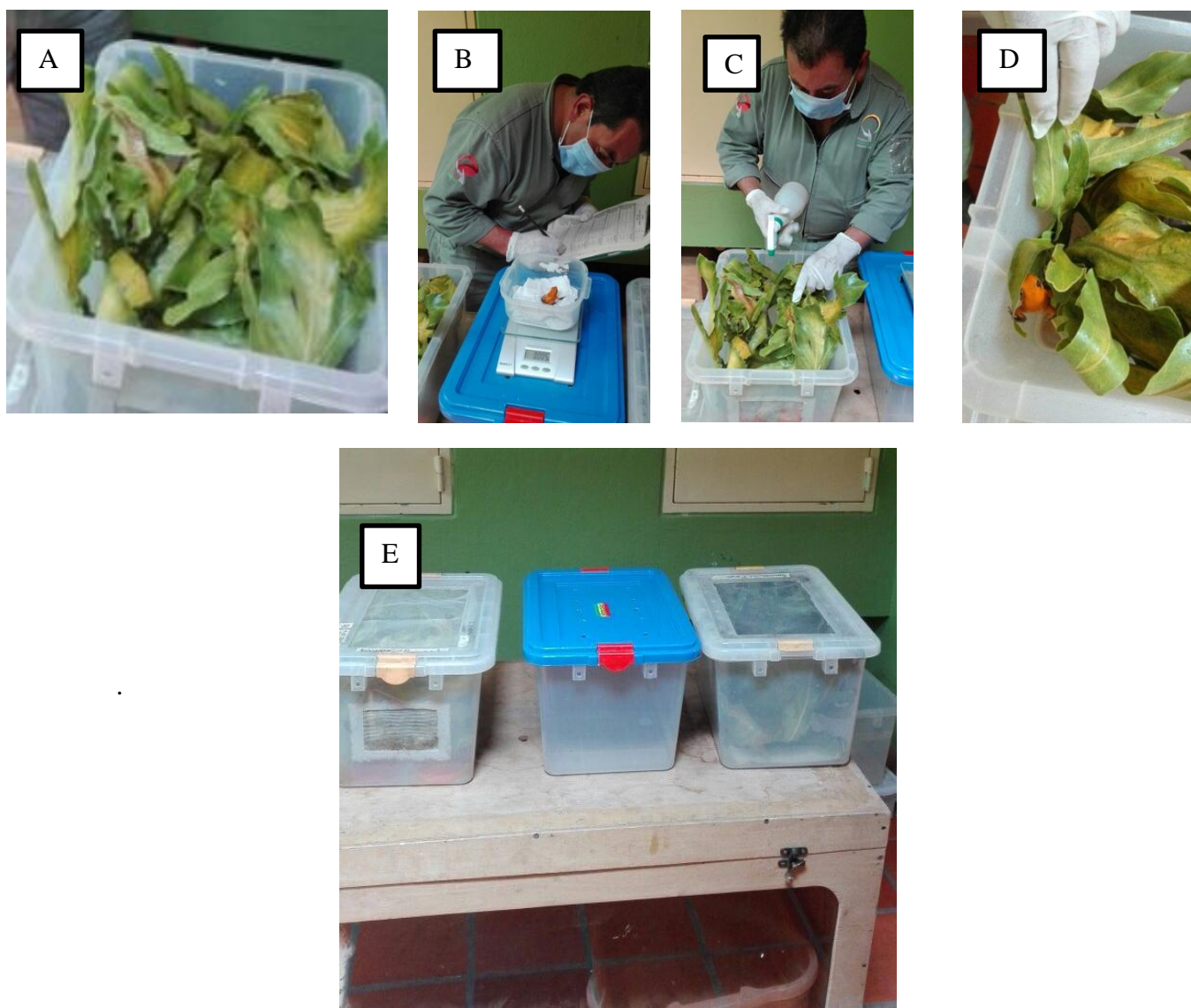


Figura 5. Llegada y alojamiento de las ranas. (A) Acondicionamiento de los terrarios;(B) Examen clínico y pesaje; (C) Aspersión controlada de agua;(D) interacción de las ranas con el terrario;(E) Ubicación de los terrarios en la zona de anfibios.

3.3 Adecuación del espacio dentro del bioterio, para establecer la producción del *Tenebrio molitor*.

Dentro del Bioterio del Bioparque Wakatá, se adecuó un estante metálico de 2m de alto \times 80cm de ancho, con 6 separaciones, en la sección de invertebrados, donde se ubicaron 12 cajas plásticas de 18cm de ancho \times 30cm de largo \times 15cm de alto (Fig. 6 (A)).

El sustrato utilizado para el manejo de los escarabajos y las larvas fue harina de trigo, colocando 1 Kg, en la caja de inicio. Según el estudio realizado por Reyes 2013, en la comparación de tres clases de alimento, es de gran importancia poder suministrar un alimento seco y un alimento que proporcione agua, siguiendo estas medidas, como alimento húmedo se ofrece 50 g de cáscaras de banano como fuente de agua, que se obtienen de la cocina del Bioparque y la harina de trigo como alimento seco (Fig. 6 (B)). Se llevó un control de la temperatura 2 veces al día (am/pm) con el fin de asegurar que sea óptima para el crecimiento y mantenimiento de las larvas, mediante la lectura de un termostato ubicado en la zona de invertebrados (Fig. 6 (C))



Figura 6. Adecuación del espacio dentro del bioterio. (A) Ubicación del estante y cajas plásticas; (B) alimento ofrecido;(C) Placa eléctrica para medición de temperatura.

3.4 Inicio de la producción

El día 15 de enero de 2017, se dio inicio a la primera línea de cría de *Tenebrio molitor* de la siguiente manera:

3.4.1 Caja de reproductores

En una caja plástica de 18cm de ancho X 30cm de largo X 15cm de alto, con tapa sellada con malla de ventilación para evitar asfixias y evitar escapes, se introdujo 1000 gramos de harina de trigo con 50gramos de escarabajos de *Tenebrio molitor* como reproductores, para la postura de huevecillos. Se les brindó 50grms de cascara de banano como alimento húmedo. Para evitar hongos se recomienda remover el alimento día de por medio. La caja debe rotularse con la fecha de inicio de postura. Al término de 15 días, se retiran los reproductores y el sustrato con los huevos se pasa a una segunda caja identificada con el #1 donde iniciará sus fases de crecimiento.

Se coloca de nuevo un kilo de harina de trigo en la caja de reproductores y se ubican nuevamente los reproductores, a los quince días se rota y se rotula nuevamente y así sucesivamente.

3.4.2 Caja de pupas o crisálidas

Se podrán identificar en la semana 20 (caja 10), la presencia de pupas o crisálidas sobre el sustrato de los tenebrios, las cuales se deben retirar y alojar sin alimento y con poco sustrato en una nueva caja. En un promedio de 10 a 14 días, la crisálida se transformará en un escarabajo joven, el cual se va tornando más oscuro. Este escarabajo se introduce en la caja de reproductores, para ser el reemplazo de los que ya han muerto e iniciar postura.

3.4.3 Ciclo rotativo

Teniendo una rotación de 15 días, tendremos un ciclo de 5 meses y medio para obtener escarabajos de *Tenebrio molitor* (Fig.7).

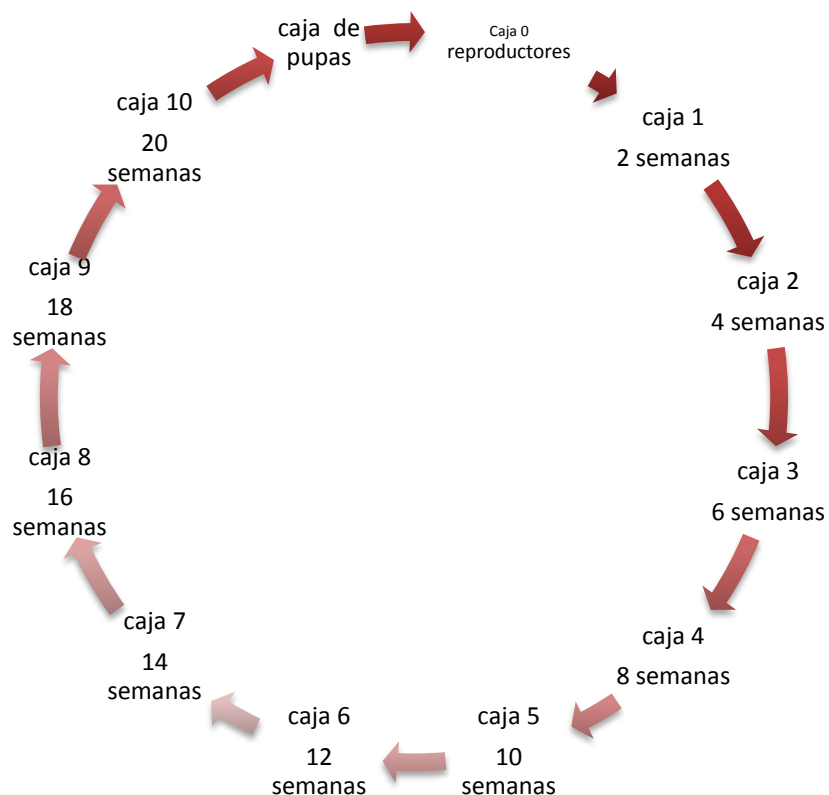


Figura 7. Ciclo rotativo del *Tenebrio molitor*.
Fuente: (el autor)

3.5 Estandarización del protocolo de manejo para la especie *Tenebrio molitor*.

El protocolo se estableció teniendo en cuenta los parámetros básicos, constituidos en la producción, con el fin de optimizar un sistema de cría, que garantice la permanente disponibilidad de alimento vivo para la colección de animales del bioparque, y de esta manera sirva como modelo de producción para otras entidades zoológicas (**Ver anexo 1**)

4 PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD

Para el manejo dentro de las instalaciones de la producción de *Tenebrio molitor*, se deben manejar parámetros de bioseguridad como:

Indumentaria: Overol, peto de caucho, guantes de látex, tapabocas desechable.

4.1 Diagrama de flujo para el manejo del protocolo de *Tenebrio molitor*

En el siguiente diagrama de flujo (Fig. 14), se observan los parámetros de seguimiento teniendo en cuenta la estandarización del protocolo.

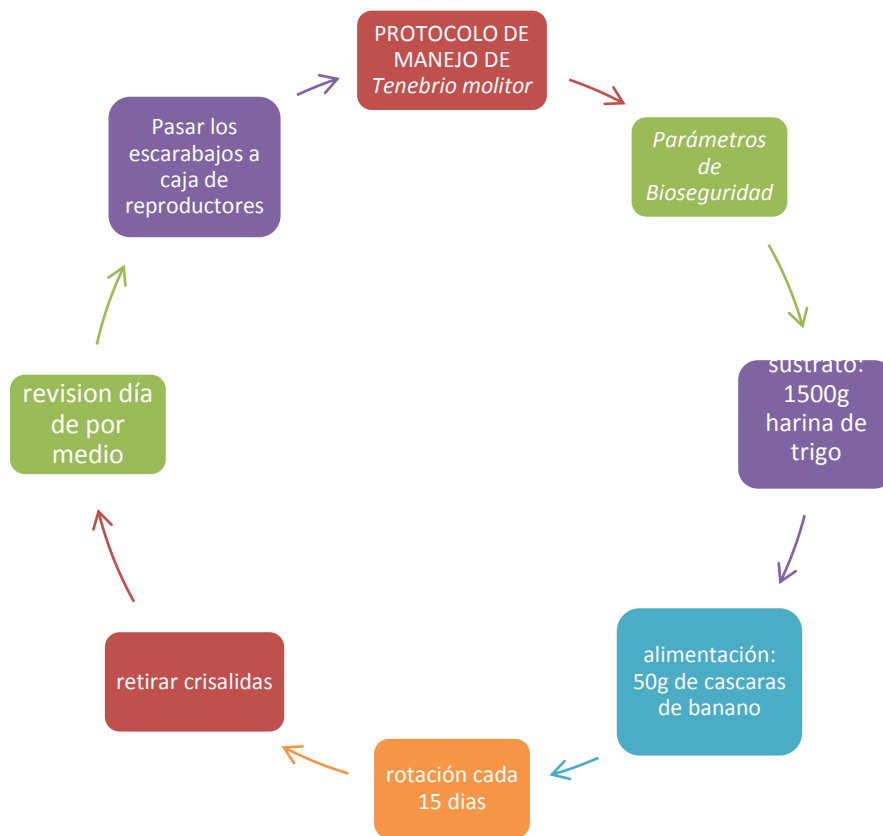


Figura 8. Diagrama de flujo para el manejo de *Tenebrio molitor*.

Fuente: (el autor)

5 PUNTOS CRÍTICOS ESTABLECIDOS EN LA PRODUCCIÓN

En el desarrollo del estudio se evidencian los puntos críticos, que se presentaron en el manejo de la producción de *Tenebrio molitor*, identificados a continuación:

- ✓ La revisión del proceso es fundamental para el desarrollo de la producción, es de suma importancia retirar el alimento húmedo no consumido para evitar la proliferación de hongos que puedan afectar la producción, dañando la larva, ya que los hongos comúnmente encontrados en alimentos son *Alternaria sp*, *Aspergillus ssp*, *Botrytispp sp*, *Cladosporium sp*, *Fusarium sp*, *Geotrichum sp*, *Monilia spp*, *Manoscu ssp*, *Mortierella sp* Algunos hongos causan reacciones alérgicas y problemas respiratorios. Y otros hongos, en las condiciones adecuadas, producen “micotoxinas”, sustancias venenosas que pueden enfermar la persona encargada y por ende la producción (USDA, 2013).
- ✓ Establecer los factores Ambientales como la humedad, temperatura, espacio físico y la disponibilidad de alimento.
- ✓ La temperatura es un factor primordial para el desarrollo y crecimiento larval, por esta razón se lleva un control de la temperatura 2 veces al día (am, pm) con el fin de asegurar que sea óptima para el crecimiento y mantenimiento de las larvas, mediante la lectura de un termostato ubicado en la zona de invertebrados.

6 IMPLEMENTACION DEL *Tenebrio molitor* EN LA DIETA DE LA RANA DORADA (*Phyllobates terribilis*)

Se tomó un grupo de 15 ranas de la especie (*Phyllobates terribilis*), que posteriormente se dividieron en tres terrarios colocando cinco ranas en cada uno de ellos.

Se registró el peso de cada una de las ranas, el peso promedio fue de 4,38gramos, posteriormente se realizó examen clínico, evaluando condición corporal donde se estableció llevar las ranas a 5g de peso. (Fig. 15)

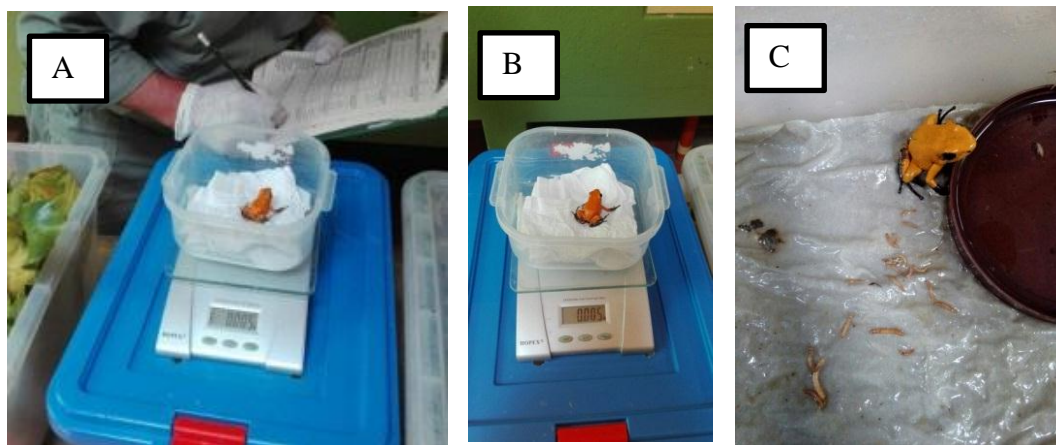


Figura 10. Pesaje y examen clínico de cada una de las ranas. (A)Examen clínico, (B) Pesaje de cada individuo, (C) Alimentación de la rana con las larvas de tenebrio.

Fuente: (el autor)

6.1 Seguimiento para el control del alimento.

Se estableció un cronograma para el seguimiento de consumo de las larvas (se toma por unidad de larva, ya que la miligramera no toma el peso), ofreciéndolas los días lunes, jueves y domingo por cinco (5) semanas de la siguiente manera:

- ✓ de 0 a 8 días se ofreció 5 unidades de larvas por terrario
- ✓ de 8 a 16 días se ofreció 10 unidades de larvas por terrario
- ✓ de 16 a 24 días se ofreció 15 unidades de larvas por terrario
- ✓ de 24 a 32 días se ofreció 20 unidades de larvas por terrario
- ✓ de 32 a 40 días se ofreció 25 unidades de larvas por terrario;

En esta evaluación, se observa que en las cuatro primeras semanas, ofreciendo 5, 10,15 y 20 larvas (semana 4), por terrario no se evidencia mayor cantidad de sobrantes, a diferencia de la quinta semana que ya se observa una cantidad considerable de sobrantes, por lo que se decide dejar las tres raciones semanales con 20 larvas de tenebrio por terrario, tal como se evidencia en la tabla 3.

En la tabla 4, se evidencia el seguimiento de pesos de cada una de las ranas por terrario, donde ha llegado a un promedio de peso de 4,82.

6.1.1 Seguimiento receptibilidad del alimento

Tabla 3. Seguimiento receptibilidad del alimento (*unidades de larvas)

SEGUIMIENTO ALIMENTICIO Y PALABILIDAD DE LA RANA DORADA (<i>Phyllobates terribilis</i>)													
# DE INDIVIDUOS	15	Rana Dorada (<i>Phyllobates terribilis</i>)											
# DE TERRARIOS	3												
# DE ANIMALES POR TERRARIO	5												
CANT. OFRECIDA	En Unidades (*)												
		8 días						16 días					
SEMANA 1	#IND	LUNES	Sobrante	JUEVES	Sobrante	DOMINGO	sobrante	LUNES	Sobrante	JUEVES	sobrante	DOMINGO	Sobrante
TERRARIO 1	5	5*	0	5*	0	5*	0	10*	0	10*	0	10*	1
TERRARIO 2	5	5*	0	5*	0	5*	0	10*	0	10*	0	10*	0
TERRARIO 3	5	5*	0	5*	0	5*	0	10*	0	10*	0	10*	0

24 días						32 días						40 días					
LUNES	Sobrante	JUEVES	sobrante	DOMINGO	Sobrante	LUNES	Sobrante	JUEVES	sobrante	DOMINGO	sobrante	LUNES	Sobrante	JUEVES	sobrante	DOMINGO	Sobrante
15*	0	15*	2	15*	0	20*	1	20*	0	20*	1	25*	4	25*	7	25*	5
15*	2	15*	0	15*	1	20*	0	20*	1	20*	0	25*	6	25*	4	25*	6

6.1.2 Seguimiento de ganancia de peso

Tabla 4. Seguimiento de ganancia de peso

SEGUIMIENTO DE GANANCIA DE PESO DE LA RANA DORADA							
# DE INDIVIDUOS	15	<i>Rana Dorada (Phyllobates terribilis)</i>					
# DE TERRARIOS	3						
# DE ANIMALES POR TERRARIO	5						
CANT. OFRECIDA EN GRAMOS	1						
	#IND	PESO INICIAL	8 DIAS	16 DIAS	24 DIAS	32 DIAS	40 DIAS
TERRARIO 1	5	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9
		4,3	4,3	4,4	4,5	4,7	4,9
		4,2	4,2	4,2	4,5	4,7	4,8
		4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9
		4,8	4,8	4,7	4,8	4,8	4,8
TERRARIO 2	5	4,2	4,2	4,3	4,4	4,7	4,8
		4,5	4,5	4,6	4,8	4,8	4,8
		4,1	4,1	4,2	4,3	4,6	4,8
		4,1	4,1	4,1	4,3	4,6	4,8
		4,6	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8
TERRARIO 3	5	4,7	4,7	4,7	4,7	4,9	4,9
		4,1	4,1	4,2	4,3	4,7	4,8
		4,4	4,4	4,3	4,3	4,7	4,7
		4,1	4,1	4,2	4,3	4,8	4,9
		4,1	4,1	4,1	4,2	4,7	4,7
	promedio	4,38	4,38	4,41	4,52	4,75	4,82

7 ANALISIS ECONOMICO

7.1 Costos de Producción

A continuación se presenta el resumen de los costos de producción que se generaron en el desarrollo de este Proyecto.

Tabla 5. Material inicial

MATERIAL INICIAL				
MATERIAL	PRESENTACIÓN	CATIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Cajas plásticas de 18cm de ancho X 30cm de largo X 15cm de alto	Unidad	2	\$ 19.000,00	\$ 38.000,00
Angeo (m)	Metros	1	\$ 2.300,00	\$ 2.300,00
Estantes und	Unidad	1	\$ 129.900,00	\$ 129.900,00
Sustrato de harina de * libra	Libra	4	\$ 900,00	\$ 3.600,00
Placa eléctrica	Unidad	1	\$ 189.900,00	\$ 189.900,00
Cascaras de banana		0	\$ -	\$ -
COSTO TOTAL				\$ 403.700,00

Tabla 4. Identificación del producto

Producto	<i>Tenebrio molitor</i>
gramaje	500

Tabla 5. Salario del operario

Dto laboral * mes	\$ 900.000,00
costo por dia	\$ 27.666,67
costo por hora	\$ 3.458,33

Tabla 6. Costo de energía utilizada

Costo de Energía			
Pago de factura/ mes	\$ 150.000,00	horas calculo	240
Maquinaria	Participación sobre el consumo	Costo por mes	Costo por libra
Calentador eléctrico	20%	\$ 30.000,00	\$ 600,00

Tabla 7. Costos unitarios de Producción

COSTOS DE PRODUCCIÓN	
Costo Inicial	\$ 403.700,00
Costo x 5 meses de producción	\$2.018.500
Costo de 1Kg larvas x mes	\$403,7

8 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos en el desarrollo de este trabajo, se aprecian en la tabla 11.

Tabla 8. Resultados obtenidos

Actividad	Resultados
Adecuación del espacio para la estadía de las ranas y la producción del <i>Tenebrio molitor</i> .	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El grupo de ranas de la especie <i>Phyllobates terribilis</i>, se ubicó en la zona de reptiles, bajo condiciones propicias para el manejo como la ubicación de los terrarios y la ambientación de cada uno de ellos. ✓ Se realizó un análisis previo dentro del Bioterio del Bioparque donde se establecieron para
Diseño del protocolo para la cria de larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En el desarrollo del estudio, se evidencian los puntos críticos, que se presentaron en el manejo de la producción de <i>Tenebrio molitor</i>, resaltando la necesidad de retirar el alimento húmedo no consumido para evitar la proliferación de hongos que puedan afectar la larva, ya que los hongos comúnmente encontrados en alimentos son <i>Alternaria</i>, <i>Aspergillus</i>, <i>Botrytis</i>, entre otros. ✓ Se establecieron los factores Ambientales como la temperatura que oscila entre 28°C a 34°C con no menos de 40% de humedad, fundamental para el desarrollo y crecimiento de las larvas, por lo cual se llevó un registro de temperatura 2 veces al día (am, pm), mediante la lectura de un termostato ubicado en la zona de invertebrados. ✓ Se diseñó un protocolo de manejo para la especie <i>Tenebrio molitor</i> donde se estandaricen los procesos y la normatividad a seguir en cada uno de ellos. ✓ Se establece un ciclo de cinco meses y medio en el desarrollo del escarabajo molinero.

<p>Alimentación con larva de <i>Tenebrio molitor</i>, de un grupo de Rana venenosa dorada (<i>Phyllobates terribilis</i>) de la colección del Bioparque Wakatá.</p>	<ul style="list-style-type: none">✓ Se implementó el alimento a un grupo de 15 ranas de la especie <i>Phyllobates terribilis</i>, divididas en tres terrarios, haciendo una evaluación de receptibilidad y seguimiento de peso por 40 días.✓ En la evaluación de receptibilidad de alimento, se observa que en las cuatro primeras semanas, ofreciendo 5, 10,15 y 20 larvas (semana 4), por terrario no se evidencia mayor cantidad de sobrantes, a diferencia de la quinta semana que ya se observa una cantidad considerable de sobrantes, por lo que se decide dejar las tres raciones semanales con 20 larvas de tenebrio por terrario.✓ El seguimiento de pesos de cada una de las ranas, llegó a un promedio de peso de 4.82 gramos, lo cual es favorable ya que el peso óptimo de cada rana debe oscilar en los 5g, según las indicaciones del zoo criadero de ranas exóticas, establecido en la Vega (Cundinamarca), del cual proviene el grupo de anuros.
---	--

9 CONCLUSIONES

La Cría de gusano de harina (*Tenebrio molitor*), se estableció en el Bioterio del Bioparque Wakatá, Parque Jaime Duque, con el fin de optimizar un sistema de cría, que garantice la permanente disponibilidad de alimento vivo para un grupo de Rana venenosa dorada (*Phyllobates terribilis*).

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos en el desarrollo de la producción, se determina que la temperatura adecuada para el crecimiento y desarrollo de las larvas es de 28°C a 34°C y una humedad del 40%.

Se determina que el tamaño de larva adecuada para ofrecer a las ranas es el de la semana 4, cuya medida oscila en los 5mm y su movimiento ha tenido un efecto positivo en la receptibilidad del alimento en el grupo de anuros.

El protocolo diseñado para la cría de larvas de *Tenebrio molitor*, garantiza el adecuado manejo de la producción, teniendo en cuenta aspectos generales como los elementos de bioseguridad que se deben utilizar para este proceso, la disposición de residuos etc.

La alternativa nutricional brindada a la rana dorada (*Phyllobates terribilis*) en la colección del Bioparque Wakatá, es adecuada ya que se llegó a obtener un peso promedio de 4.8 gramos, garantizando un correcto desarrollo de la especie trabajada.

10 ANEXOS

Anexo 1. Estandarización del protocolo de manejo para la cría de *Tenebrio molitor*

ACTIVIDAD	NORMA DE TRABAJO
INGRESO A LA ZONA DE BIOTERIO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El operario al ingresar al Bioterio, debe hacer uso del pediluvio al ingreso y salida de la zona. ✓ El operario debe hacer uso de sus elementos de protección personal (EPP)
INGRESO AL AREA DE INVERTEBRADOS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El operario revisará la temperatura ambiente, que debe oscilar entre 28°C a 34°C, indicada por el termostato (ubicado parte superior), y termómetro de Min/Max (ubicado en la parte inferior) ✓ En las tardes, al cierre del Bioterio se dejara prendido un calentador y se apagará al ingresar en la mañana.
CRONOGRAMA DE MANEJO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se hará la revisión y alimentación de la producción los días martes, jueves y sábado. ✓ Los días 15 y 30 se hará la respectiva rotación y se hará el registro correspondiente al pesaje. ✓ El día de la rotación se hará el cambio de cajas por limpias o antes de ser necesario.
INICIO DE ACTIVIDADES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizar mesa plegable ubicada en la zona de invertebrados ✓ Se iniciará la revisión, por la caja de reproductores, luego la secuencia de la caja 1 al 10, por último la caja de consumo de la línea de producción 1 y la línea de producción 2, hasta la línea 4, respectivamente. ✓ Los días de rotación, se iniciará con la alimentación y pesaje de las cajas de consumo. ✓ En cada revisión retirar las pupas, si las hay y ponerlas en el recipiente correspondiente, de igual forma si hay escarabajos, ubicarlos en las cajas de reproducción del grupo correspondiente.
	La rotación se hará los días 15 y 30 del mes de la siguiente manera:

<p>MANEJO Y ROTACION DE SUSTRATOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se inicia con las cajas de consumo, cerniendo la harina y apartando las larvas en un recipiente, pesarlas y llevar el registro, posteriormente poner sustrato y alimentar. ✓ Continuar con la caja 10, cerniendo la harina, dejando las larvas de <i>Tenebrio molitor</i> aparte en un recipiente y pesar el total de éstas, registrar el dato. ✓ Poner las larvas pesadas en la caja de consumo. ✓ La rotación inicia colocando el contenido de la caja 9 en la caja 10, el contenido de la caja 8 en la caja 9, y así sucesivamente hasta que el contenido de la caja 1 pase a la 2. ✓ El contenido de la caja de reproductores, que contiene los huevecillos pasa a la caja 1 para iniciar su crecimiento. Para este proceso se colocan los escarabajos aparte en un recipiente plástico y se pesan, registrar datos. ✓ Colocar 1500grms de harina de trigo en la caja de reproductores y poner los escarabajos para que inicien la postura de huevos. <p>Nota: se debe pesar y registrar las larvas desde la caja 4 a la 10; al igual que las cajas de consumo.</p>
<p>ALIMENTACION</p>	<p>Se retiran los residuos secos y se alimenta con 50 gramos de cascara de banano, zanahoria o manzana en rodajas (fuente de agua), el sustrato le servirá como alimento seco.</p>
<p>SUSTRATO</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El sustrato utilizado es harina de trigo, usando 1500grms por caja. ✓ El sustrato se cambiara en la fecha de rotación, o antes si es necesario.
<p>ASEO Y DESINFECCION DE LAS CAJAS</p>	<p>Las cajas serán lavadas con una solución de 20ml de jabón líquido (tomar la medida en el recipiente colgado del tarro del jabón) disueltos en 10lts de agua medidos en balde, utilizando esponja o cepillo, luego desinfectar por aspersion con una solución de 16ml de hipoclorito por cada litro de agua. (Tomar la medida con la jeringa respectivamente marcadas).</p>
<p>CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS</p>	<p>Los residuos que se generan son Biodegradables.</p>
<p>DISPOSICION FINAL DE LOS</p>	<p>Caneca verde grande: (lona blanca). Se depositaran los residuos Biodegradables, que resultan del cambio del contenido de los terrarios</p>

RESIDUOS	<p>(tierra, troncos, sustrato de coco, etc.); papel periódico, las cubetas de huevo, los residuos de alimento y la viruta que resulta del cambio de las camas de roedores. (La caneca verde está situada fuera del Bioterio y los residuos van para el compostaje).</p> <p>Caneca azul: (bolsa azul o negra). Se depositará todo lo que sea plástico como cajas rotas, tapitas deterioradas, bolsa del concentrado etc. (la caneca azul está situada dentro del Bioterio, al lado del mesón de lavado y desinfección).</p> <p>Caneca verde pequeña: (bolsa verde). Se depositaran los residuos ordinarios, es decir lo que no se puede reutilizar, como hojas de formatos, hojas de notas, etc.</p> <p>Caneca Blanca: se depositará vidrio como las botellas del bebedero de los roedores.. (la caneca de vidrio está situada en la zona de reciclaje que se encuentra al lado de la oficina de veterinaria)</p>
PEDILUVIO	<p>Se utilizará VIRGON´S, el cual se solicita en la clínica. Entregan bolsitas individuales con el químico, cada bolsita se debe incorporar en tres litros de agua, colocar la disolución en la caja negra, situada a la entrada del Bioterio.</p> <p>✓ USO DEL PEDILUVIO:</p> <p>Ingreso: se subirá la tapa del pediluvio con su pie derecho, luego lo introducirá dentro del recipiente, seguido del pie izquierdo, ingresara al Bioterio y cerrara el pediluvio nuevamente con el pie.</p> <p>Salida: se subirá la tapa del pediluvio con su pie derecho, luego lo introducirá dentro del recipiente, seguido del pie izquierdo, saldrá y cerrara el pediluvio nuevamente con el pie.</p>
REGISTRO DE PRODUCCION	<p>✓ En caso de alguna irregularidad, reportar por escrito en la carpeta ubicada en la clínica veterinaria y reportar directamente al veterinario encargado.</p> <p>✓ En cada rotación cernir la harina y pesar las larvas de las cajas de consumo y la caja 4 a la 10, de las cuatro líneas de producción, apuntar el peso y la fecha en el formato de registros, ubicado en la tabla colgada al lado del estante.</p>

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bhattacharya, A. y. (1970). *A Method for Sexing Living Pupal and Adult*. Obtenido de <http://chemistry.uwinnipeg.ca/dvanderwel/vanderwellabtour/sexingdiagrams.html>
- botanical-online. (1999). *El gusano de la harina como alimento*. Obtenido de <http://www.botanical-online.com/animales/gusano-tenebrio-alimento.htm>
- Castro-Herrera, F. B.-G. (2010). *Libro Rojo de ls anfibios del valle del cauca*. Cali-Colombia: Feriva impresores SA.
- Chávez-Guitrón, L., Cerón-Montes, G., Berenice, O.-C., & Salinas-Pérez, F. (16 de Junio de 2014). *Contenido proteico en larvas de Tenebrio molitor*. Obtenido de <http://132.248.9.34/hevila/Universodelatecnologica/2014/no18/4.pdf>
- Daly, J. (2002). Bioactive alkaloids of frog skin: Combinatorial bioprospecting reveals that pumiliotoxins have an arthropod source. *The National Academy of Sciences of the USA* 99. 1399.
- Darst, C. (2005). Evolution of Dietary Specialization and chemical Defense in Poison Frogs (Dendrobatidae): A Comparative Analysis. *The American Naturalist*. 654.
- Duellman. (1994). *Biology of Amphibians*. Jhons Hopkins. 660.
- Figueroa, J. L. (2013). Alimento en la dieta de peces. *CIENCIA Y DESARROLLO*.
- Frost, D. (2013). *Amphibian Species of the World: an Online Reference*.
- Guzmán, L. F. (2006). *Manual de practicas de animales de zoologico*. Obtenido de <http://www.uaa.mx/centros/cca/MVZ/M/9/Manualdepracticad4-13266.pdf>
- Harwood, R. J. (1993). *Entomología médica y veterinaria*. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/3536/1/13101364-1.pdf>
- Jose Vicente Rueda-Almonacid, J. D. (2004). *Libro Rojo de los Anfibios de Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de ciencias naturales.
- Meléndez-Guerrero. (2001). *Ecología trófica de la comunidad de Anuros del parque Nacional Yasuní en la Amazonía Ecuatoriana*. Disertación previa a la obtención del título de licenciado en ciencias biológicas. Quito-Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ci. 164.
- Morote Karen, V. J. (Noviembre de 2004). www.comfauna.org. Obtenido de <http://www.comfauna.org/wp-content/uploads/2012/PDFs-Manejofaunasilvestre/Iquitos->

- 2004/8_especies-introducidas-y-especies-plagas/695-702_kmorote_EstudioEscarabajoAmazonicoAlimentoVivo.pdf:
http://www.comfauna.org/wp-content/uploads/2012/PDFs-Manejofaunasilvestre/Iquitos-2004/8_especies-introducidas-y-especies-plagas/695-702_kmorote_EstudioEscarabajoAmazonicoAlimentoVivo.pdf
- Mundo Animalia. (Junio de 2016). *La alimentación de las ranas flecha*. Obtenido de http://www.mundoanimalia.com/articulo/La_alimentacion_de_las_ranas_flecha#
- Poole, V. A., & Grow, S. (2008). *Guia para el manejo de anfibios en cautiverio*. Obtenido de <https://www.aza.org/assets/2332/manualespanol.pdf>
- Reyes, L. A., & Melendez., G. K. (Abril de 2013). *Contenido de Proteina, Gracia, Calcio, Fosforo en larvas de escarabajo molinero*. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/3536/1/13101364-1.pdf>
- Saporito, R. (2004). Formicinae ants: an arthropod source for the pumiliotoxin alkaloids of dendrobatid poison frogs. The National Academy of Sciences of the USA.
- Shulter, R. (1995). El Manejo de Zophobas Morio(coleoptera:Tenebrionidae) en Climas Tropicales Húmedos. *Folia Amazónica Vol.8*, 48-52.
- Shulter, R. (1995). Manejo de Zophobas morio en clima tropical humedo. *folia amazonica*.
- Soto, H. (2003). *Gusano de la haina*. Obtenido de http://www.ornitouy.com/Gusanos_del_harina.pdf
- Spande, T. (1999). Occurrence and Significance of Decahydroquinolines from Dendrobatid Poison Frogs and a Myrmicine Ant: Use of ¹H and ¹³C NMR in Their conformational Analysis. *Journal of Natural Products*.
- SUMERS, K. (2001). The evolution of coloration and toxicity in the poison frog family (Dendrobatia). The National Academy of Sciences of the USA. 6227.

