



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**ANÁLISIS SOBRE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO LARVAL A
TRAVÉS DE DIETAS EN *Rhinella bella* EN CONDICIONES DE
INVERNADERO.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

LÓPEZ SALDARRIAGA JORGE LUIS

TUTOR ACADÉMICO:

Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc.

2026

UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

**ANÁLISIS SOBRE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO LARVAL A
TRAVÉS DE DIETAS EN *Rhinella bella* EN CONDICIONES DE
INVERNADERO.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

LÓPEZ SALDARRIAGA JORGE LUIS

DOCENTE TUTOR

Blgo. XAVIER PIGUAVE PRECIADO M.Sc.

PERÍODO ACADÉMICO

2026

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular “ANÁLISIS SOBRE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO LARVAL A TRAVÉS DE DIETAS EN *Rhinella bella* EN CONDICIONES DE INVERNADERO.” elaborado por Jorge Luis López Saldarriaga estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista

Atentamente



Blgo. Xavier Piguave Preciado M.Sc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0913435046

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “ANÁLISIS SOBRE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO LARVAL A TRAVÉS DE DIETAS EN *Rhinella Bella* EN CONDICIONES DE INVERNADERO.” elaborado por **Jorge Luis López Saldarriaga**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Blga. Julia Vélez Moreira, Mgt. *

DOCENTE DE ÁREA

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, Jorge Luis López Saldarriaga, me responsabilizo por los datos y resultados en mi Trabajo de Integración Curricular.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual de este trabajo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, reglamento y normativa intelectual vigente.

Atentamente

Jorge López S.

Estudiante

C.I. 2450275322

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a:

Mis padres Jorge López Soriano y Angélica Saldarriaga Alzate, quienes son mi mayor ejemplo de lucha, mis pilares y fuentes de inspiración por todo el sacrificio que me otorgaron en tantos años de mi vida, gracias por creer en mí y no dejarme caer, gracias por la paciencia y comprensión, gracias a ustedes soy la persona que soy, mis valores, mi carácter, mi empeño y perseverancia lo formaron ustedes con su amor incondicional y sus palabras de aliento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme tener salud y fortaleza, gracias a mi familia por el apoyo fundamental que me brinda día a día, por apoyarme en las decisiones que he tomado en todos estos meses de proyecto y mi etapa universitaria.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutor, el Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc., por demostrar una calidad profesional y humana excepcional. Su valiosa guía, orientación y conocimientos compartidos desde el primer momento, sumados a su constante dedicación, fueron fundamentales para culminar con éxito este trabajo de titulación.

Mi sincera gratitud a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, mi alma mater, por abrirme las puertas a la superación profesional durante cinco años. Gracias también al cuerpo docente por guiar mi trayectoria universitaria y aportar los conocimientos clave que impulsaron mi éxito académico.

Gracias a mis amigos Anthony Robles, Luigui González y Luigui Barzola por su tiempo y acompañamiento durante este proceso, en especial a Melanie Clemente por su disponibilidad, paciencia y participación en el desarrollo de esta tesis.

Gracias al Blgo. Marco Xavier Guncay Jaramillo, Mgtr., por ayudarme con el proceso de identificación de especie en el Laboratorio de Biología.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **JORGE LUIS LÓPEZ SALDARRIAGA**, como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular APROBADO el: 12/08/2026



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc

**DIRECTOR/A DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Blga. Julia Vélez Moreira, Mgt.

**DOCENTE DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc.

**DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.

**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ldo. Pascual Roca Silvestre, M.Sc.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMÁTICA.....	4
3. JUSTIFICACIÓN	6
4. OBJETIVOS	8
4.1 OBJETIVO GENERAL	8
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	8
5. HIPÓTESIS.....	9
6. MARCO TEÓRICO.....	10
6.1 Generalidades de los anfibios y la fase larval	10
6.2 Alimentación larvaria.....	11
6.3 Influencia de la dieta sobre el crecimiento, desarrollo y supervivencia	12
6.4 Factores ambientales que afectan el desarrollo larval.....	12
6.5 Crecimiento larval en anfibios	14
6.6 Metamorfosis en anuros	15
6.7 Escala de Gosner como herramienta evaluativa del desarrollo.....	15
6.8 Supervivencia larval y sus factores determinantes.....	16
6.9 Cría de anfibios en condiciones controladas.....	16
6.10 Biología y ecología de <i>Rhinella bella</i>	17
6.10.1 Clasificación taxonómica	17
6.10.2 Distribución geográfica.....	17
6.10.3 Hábitat.....	18
6.10.4 Reproducción	19
6.10.5 Desarrollo larval.....	19
6.10.6 Estado de conservación	20
7. METODOLOGÍA	21
7.1 Enfoque y tipo de investigación.....	21
7.2 Área de estudio.....	21
7.3 Extracción y Reintroducción.....	22
7.4 Diseño de la investigación	23
7.5 Población y muestra	24

7.5.1 Población.....	24
7.5.2 Muestra.....	25
7.6 Técnicas de recolección de datos	27
7.6.1 Crecimiento larval: Medido mediante morfometría (peso y longitud). ...	27
7.6.2 Supervivencia: Registro de mortalidad durante el experimento.	27
7.6.3 Desarrollo: Evaluado con la tabla de Gosner (1960), observando los estadios metamórficos.....	28
7.6.4 Calidad del agua, Temperatura	28
7.7 Análisis estadístico.....	29
7.7.1 Análisis Kruskal-Wallis	29
7.7.2 Análisis de supervivencia.....	30
7.7.3 Análisis de metamorfosis (Kaplan-Meier).....	30
7.8 Consideraciones éticas	30
8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	32
8.1 Implementación de dietas bajo condiciones controladas.	32
8.2 Dietas, medidas morfométricas y tasa de supervivencia.....	35
8.2.1 Longitud total de los renacuajos de <i>Rhinella bella</i>	35
8.2.2 Longitud del cuerpo	41
8.2.3 Peso	46
8.3 Tasa de Supervivencia.....	52
8.3.1 Evolución de la supervivencia por tratamiento	52
8.4 Duración del desarrollo larval hasta la metamorfosis en cada tratamiento alimenticio, a través del índice de Gosner.	53
9. DISCUSIONES.....	64
9.1 Influencia de la calidad nutricional sobre el desarrollo larval	64
9.2 Efecto de la alimentación sobre la supervivencia larval	64
9.3 Diferencias en el avance de los estadios Gosner.....	65
9.4 Implicaciones ecológicas y de conservación para <i>Rhinella bella</i>	65
10. CONCLUSIÓN	66
11. RECOMENDACIÓN.....	68
12. BIBLIOGRAFÍA.....	69
13. TABLAS Y ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la longitud total por tratamiento.....	49
Figura 2. Evolución de la longitud total del grupo control.....	50
Figura 3. Evolución de la longitud total de Dieta 1.....	51
Figura 4. Evolución de la longitud total de Dieta 2.....	52
Figura 5. Evolución de la longitud total de Dieta 3.....	53
Figura 6. Evolución de la longitud del cuerpo por tratamiento.....	54
Figura 7. Evolución de la longitud corporal en el grupo control.....	55
Figura 8. Evolución de la longitud corporal en Dieta 1.....	56
Figura 9. Evolución de la longitud corporal en Dieta 2.....	57
Figura 10. Evolución de la longitud corporal en Dieta 3.....	58
Figura 11. Evolución del peso por tratamiento.....	59
Figura 12. Evolución del peso en el grupo control.....	60
Figura 13. Evolución del peso en Dieta 1.....	61
Figura 14. Evolución del peso en Dieta 2.....	62
Figura 15. Evolución del peso en Dieta 3.....	63
Figura 16. Evolución de la supervivencia en cada tratamiento.....	64
Figura 17. Curvas de Kaplan-Meier de los cuatro grupos experimentales...	65
Figura 18. Duración del desarrollo larval hasta la metamorfosis.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dietas experimentales sometidas a la alimentación de las larvas de <i>Rhinella</i> bella durante el período de estudio.....	46
--	----

Tabla 2. Seguimiento fotográfico de los estadios de <i>Rhinella bella</i> desde el estadio 25 hasta el estadio 46 de Gosner.....	70
Tabla 3. Longitud total de cada tratamiento por las tres réplicas.....	87
Tabla 4. Longitud corporal de cada tratamiento por las tres réplicas.....	87
Tabla 5. Peso de cada tratamiento por las tres réplicas.....	88
Tabla 6. Supervivencia registrada en cada tratamiento.....	88
Tabla 7. Temperatura registrada en cada tratamiento.....	88
Tabla 8. Concentración de amonio (NH_4^+) en cada tratamiento.....	88
Tabla 9. Valores de pH registrados en cada tratamiento.....	88

GLOSARIO

Amplexo: Comportamiento reproductivo característico de los anuros en el cual el macho sostiene a la hembra para facilitar la fecundación de los huevos durante el desove.

Anuro: Orden de anfibios que comprende ranas y sapos, caracterizados por la ausencia de cola en su etapa adulta.

Bioindicador: Organismo cuya presencia, abundancia o condición biológica permite evaluar la calidad ambiental de un ecosistema.

Cautiverio: Mantenimiento de organismos vivos bajo condiciones controladas fuera de su ambiente natural con fines de investigación, conservación o reproducción.

Desarrollo larval: Conjunto de cambios morfológicos y fisiológicos que ocurren desde la eclosión hasta la metamorfosis.

Dieta mixta: Régimen alimenticio que combina recursos de origen animal y vegetal para proporcionar una mayor diversidad de nutrientes.

Escala de Gosner: Sistema estandarizado compuesto por 46 estadios que describe el desarrollo embrionario, larval y metamórfico de los anuros.

Estadio larval: Etapa del ciclo de vida de los anfibios comprendida entre la eclosión del huevo y el inicio de la metamorfosis.

Grupo control: Grupo experimental que recibe las condiciones de referencia y permite comparar los efectos de los tratamientos evaluados.

Invernadero: Estructura acondicionada que permite mantener condiciones ambientales controladas para el desarrollo de organismos o experimentos biológicos.

Kaplan-Meier: Método estadístico utilizado para estimar y comparar la ocurrencia de un evento a través del tiempo, en este caso la metamorfosis larval.

Kruskal-Wallis: Prueba estadística no paramétrica utilizada para comparar tres o más grupos cuando los datos no presentan distribución normal.

Longitud corporal: Distancia medida desde el extremo del hocico hasta la base de la cola del renacuajo.

Longitud total: Distancia medida desde el extremo del hocico hasta el final de la cola del renacuajo.

Metamorfosis: Proceso biológico mediante el cual una larva se transforma en un individuo juvenil o adulto mediante cambios anatómicos y fisiológicos profundos.

Morfometría: Conjunto de mediciones cuantitativas utilizadas para evaluar el tamaño y la forma de los organismos.

Ontogenia: Desarrollo de un organismo desde la fecundación hasta su estado adulto.

Réplica experimental: Unidad experimental independiente sometida a las mismas condiciones de un tratamiento con el fin de aumentar la confiabilidad de los resultados.

Renacuajo: Larva acuática de los anuros caracterizada por poseer cola y respiración principalmente branquial.

Supervivencia larval: Proporción de individuos que permanecen vivos durante el período experimental hasta completar la metamorfosis.

Tratamiento dietético: Tipo específico de alimentación suministrada a un grupo experimental para evaluar sus efectos sobre determinadas variables biológicas.

Unidad experimental: Elemento mínimo al cual se aplica un tratamiento de forma independiente dentro de un diseño experimental. En este estudio corresponde a cada réplica o recipiente experimental.

RESUMEN

Análisis sobre el desarrollo y crecimiento larval a través de dietas en *Rhinella bella* en condiciones de invernadero

Autor: Jorge Luis López Saldarriaga

Tutor: Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc.

Rhinella bella es una especie de anuro recientemente descrita para el occidente ecuatoriano, cuya ontogenia larval refleja una escasa información científica. El presente estudio evaluó el efecto de los diferentes tratamientos dietéticos aplicados en base al crecimiento, desarrollo metamórfico y supervivencia larval de *Rhinella bella*, bajo condiciones controladas de invernadero. El estudio estuvo dispuesto por 84 larvas en estadio 26 de acuerdo a la tabla de Gosner, siendo distribuidos por cuatro grupos alimenticios: una dieta de control (origen natural), una dieta proteica, otra vegetal y una mixta (proteica y vegetal). Calculamos su evolución física mediante su peso, longitud total y corporal, en cuanto al desarrollo se controló a través de una revisión de sus avances en los estadios larvarios según designa Gosner, por último, la supervivencia fue calculada mediante la tasa de mortalidad. Los resultados evidenciaron variaciones claras entre los grupos de estudio. El grupo constituido por la dieta mixta logró un mayor crecimiento corporal (longitud total: 1,80 cm; longitud corporal: 0,88 cm; peso: 0,602 g), además de completar la etapa larval en un menor tiempo al estipulado. Cabe destacar que ninguna larva presentó mortalidad en lo que abarcó todo el tiempo del experimento. Esto prueba que la combinación de alimentos tanto vegetales como animales son capaces de optimizar el balance energético para favorecer el crecimiento, alcanzando una metamorfosis más rápida y eficiente. Esta información resulta ser muy importante para la conservación y el manejo ex situ de la especie, y así entender mejor cómo viven las larvas de *Rhinella bella*.

Palabras clave: *Rhinella bella*, desarrollo, metamórfico, crecimiento, dieta, estadios de Gosner, supervivencia, conservación.

ABSTRACT

Analysis of Larval Development and Growth Through Dietary Treatments in *Rhinella bella* Under Greenhouse Conditions

Author: Jorge Luis López Saldarriaga

Advisor: Blgo. Xavier Piguave Preciado, M.Sc.

Rhinella bella is a recently described anuran from western Ecuador, and limited scientific information is available regarding its larval ontogeny. This study evaluated the effect of different dietary treatments on larval growth, metamorphic development, and survival of *Rhinella bella* under controlled greenhouse conditions. We evaluated a total of 84 larvae at Gosner stage 26, partitioning them into four distinct dietary groups: a natural control diet, a protein-rich diet, a plant-based diet, and a mixed diet. To track physical growth, we recorded weight alongside total and body length, while developmental progress was assessed via Gosner stage advancements. Survival was monitored through daily mortality tracking. The resulting data revealed stark variations among the treatments. Notably, the mixed diet cohort exhibited the most pronounced somatic growth, reaching a total length of 1.80 cm, a body length of 0.88 cm, and a weight of 0.602 g, while also shortening the larval period prior to metamorphosis. Larval mortality was zero across all experimental groups. These findings indicate that blending plant and animal resources optimizes energy allocation for growth, driving a faster and more efficient metamorphic transition. This evidence provides essential baseline data for ex-situ conservation programs and broadens our understanding of larval biology in this species.

Keywords: *Rhinella bella*, development, metamorphosis, growth, diet, Gosner stages, survival, conservation.

1. INTRODUCCIÓN

Los anfibios forman parte de uno de los grupos de vertebrados más vulnerables ante las alteraciones ambientales, siendo reconocidos como bioindicadores para los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres. Debido a su ciclo de vida bifásico, que comprende una fase larval acuática y una fase adulta terrestre, expuestos a una gama amplia de factores tanto bióticos como abióticos que afecten al desarrollo, crecimiento y supervivencia (AmphibiaWeb, 2023). Ecuador, es un país megadiverso con más de 600 especies de anfibios registradas, varias de ellas son endémicas, sin embargo, esta riqueza biológica está expuesta a múltiples amenazas tales como la pérdida del hábitat, contaminación en los cuerpos de agua, cambio climático e incluso enfermedades emergentes (Rivera et al., 2022).

La falta de estudios que abordan la etapa larval de diversas especies limita la comprensión de los ciclos de vida y dificulta el saber qué medidas de conservación son efectivas. Una de ellas es la especie de *Rhinella bella*, cuya población está ubicada al oeste del Ecuador, siendo un sapo recientemente investigado por Menéndez-Guerrero et al. (2024).

Dicha especie demuestra que los anfibios son un grupo singularmente dinámico en términos de evolución, con un sinfín de descubrimientos de especies crípticas que desafían las delimitaciones tradicionales de la taxonomía, uno de estos hallazgos más recientes y relevantes es la nueva especie del sapo *Rhinella bella*, perteneciente al grupo de *Rhinella marina*. Su descubrimiento fue la combinación de análisis genéticos, bioacústicos, morfológicos y ecológicos en donde los autores

identificaron una divergencia genética del 4.5% en el gen mitocondrial 16S entre *R. bella* y *R. horribilis*, que ante diferencias morfológicas y de canto, justificó su reconocimiento como una especie válida (Pereyra et al., 2021).

Investigación que incluyó muestreos de diferentes provincias del Ecuador como Santa Elena, Guayas, Esmeraldas, Manabí, entre otras, evidenciando su distribución amplia en zonas específicas como bosque tropical seco, bosque montano occidental y matorral interandino. Parte de su distribución tiene más frecuencia en áreas abiertas artificiales como los campos agrícolas, pastizales y hábitats urbanos y suburbanos, con poca frecuencia en bosques no perturbados.

Esta especie es morfológicamente similar a *Rhinella horribilis* y *Rhinella marina*, sin embargo, *R. bella* se la diferencia ante las poblaciones de *R. horribilis* por un tamaño corporal pequeño, un fémur más grande, cabeza ancha y una tibia grande, a la par con *R. marina*, diferenciadas por su cráneo principalmente alrededor de los huesos premaxilares, nasales y la región occipital. En cuanto a su acústica el número es claramente inferior de notas por llamado en *R. bella* en relación con otras especies dentro del grupo *R. marina* es significativo (Armijos-Ojeda et al., 2021).

Su reproducción tiene lugar en estanques, pantanos y ríos en los cuales su actividad reproductiva consiste en parejas amplexantes que principalmente se aparean en los meses de abril, junio y julio. Cuyos huevos se depositan en cuerdas en el agua que al eclosionar sus renacuajos son netamente acuáticos y tienen buena resistencia con las altas temperaturas de hasta 42,5 °C (Pintanel et al., 2022).

Para la etapa larval de los anfibios es fundamental su supervivencia y una reproducción exitosa, parte de este periodo los renacuajos experimentan transformaciones fisiológicas y morfológicas que terminan en su metamorfosis que da paso a la forma adulta. Por lo que el crecimiento y desarrollo de las larvas están influenciadas en diversos factores, principalmente en las dietas ya que una alimentación adecuada no solo puede garantizar un desarrollo óptimo, sino también en la supervivencia, resistencia de enfermedades y una capacidad de adaptarse al entorno. Para ambientes controlados como los invernaderos o laboratorios, una dieta apropiada es esencial para replicar sus condiciones naturales y así asegurar el bienestar de los organismos estudiados.

Por tal motivo, el presente estudio abarca dentro de la necesidad de ampliar el conocimiento sobre *Rhinella bella*, específicamente en el enfoque al estudio del desarrollo larval y su supervivencia bajo distintos tratamientos alimenticios. Para el cual se utiliza el índice de Gosner como una herramienta que permite evaluar de forma ontogenética, estableciendo una comparación entre los estadios larvales y el efecto de variables nutricionales sobre el crecimiento de los individuos. Proporcionando un enfoque experimental en busca de aportar datos para la comprensión biológica del desarrollo de la especie, a la par que establecer un diseño de estrategias para su conservación en ambientes controlados.

2. PROBLEMÁTICA

Ecuador es reconocido como uno de los países más biodiversos del planeta, sin embargo, a pesar de esa riqueza, la información sobre las etapas larvales de muchas especies es escasa, lo que puede limitar la comprensión de sus ciclos de vida y dificulta realizar un diseño para estrategias de conservación que sea efectiva. Por lo que esta brecha reside críticamente a especies recientes como *Rhinella bella*, un sapo del grupo de *Rhinella marina*. La etapa larval de los anfibios es un periodo muy delicado, influido por factores ambientales como su calidad de agua, temperatura y dieta, que determinan tanto su crecimiento como supervivencia (CVAMIVET, 2025).

Las condiciones en ambientes naturales están sujetos a variaciones constantes de presión antrópica como la fragmentación, contaminación y expansión agrícola en zonas como Santa Elena y Guayas, es por eso que se opta por invernaderos que se rigen a condiciones controladas, con una posibilidad de aislar tantas variables y evaluar su impacto de forma precisa. De acuerdo a estudios como el de Camacho Pazmiño (2015) indica que la dieta afecta la metamorfosis, el peso y la supervivencia de los renacuajos. Como también en investigaciones en el Centro Jambatu y el Bioparque Amaru de igual forma evidencian que es esencial una alimentación adecuada para la reproducción de especies amenazadas como *Atelopus ignescens*. Estos hallazgos transmiten la importancia de realizar estudios experimentales en especies poco investigadas como *R. bella*, para fines de conservación.

Bionda et al. (2012) realizó un estudio sobre *Rhinella arenarum* revelando que la dieta larval ayuda como bioindicador de la calidad ambiental, puesto que los renacuajos expuestos a contaminación no reflejan significativamente alguna condición corporal y diversidad alimenticia.

Por tal motivo el presente estudio propone evaluar el efecto de un grupo control y tres tratamientos alimenticios sobre el crecimiento, desarrollo y supervivencia larval de *Rhinella bella* en condiciones de invernadero con el propósito de mejorar la calidad de vida de los anfibios y asegurar su reintroducción a su hábitat de origen. Por ello viene la pregunta sobre ¿Los diferentes tratamientos alimenticios influyen en el crecimiento, desarrollo y supervivencia larval de *Rhinella bella* bajo condiciones controladas de invernadero?

3. JUSTIFICACIÓN

El estudio de investigación en base al desarrollo larval de los anfibios toma poco a poco relevancia creciente en los últimos años, en especial ante la conservación de especies amenazadas y el entendimiento de sus requerimientos ecológicos. Por lo que la elección de *Rhinella bella* como objeto de estudio responde a la necesidad de aumentar el conocimiento sobre una especie recientemente descrita (Menéndez-Guerrero et al., 2024), cuya biología es aún poco comprendida, particularmente en su fase larval, la cual influye a su supervivencia y éxito reproductivo.

La dieta durante la fase larval de los anfibios no solo influye en lo que es su crecimiento y velocidad de metamorfosis, sino también a su condición física, resistencia inmunológica y adaptación al entorno postmetamorfosis (Jacobson et al., 2017). Además, las investigaciones realizadas por la FAO (2025) resaltan un dato importante con las dietas mixtas, ya que combinan tanto fuentes vegetales como animales, causando un incremento en las tasas de supervivencia y crecimiento en larvas de especies acuáticas, por el hecho de tener un mayor valor nutricional y biodisponibilidad de nutrientes esenciales para ellos. Este aspecto es sumamente relevante en condiciones controladas como lo son, los invernaderos; espacios donde favorecen el ajuste de las variables ambientales para la obtención de resultados más precisos y confiables.

Los anfibios cobran importancia por su sensibilidad ante los cambios ambientales y su ciclo de vida bifásico que los convierte en organismos bioindicadores para la salud de los ecosistemas, por lo que comprender cómo estos factores, como la dieta,

provocan un efecto ante su desarrollo larval que aporta valiosas estrategias de conservación sobre todo para un contexto de creciente presión antrópica y el cambio climático (Soto et al., 2025).

El presente estudio busca complementar la literatura científica en base a *Rhinella bella*, acorde a un enfoque experimental que permite evaluar su impacto a través de diferentes tratamientos alimenticios de su etapa larval. Esta investigación no solo proporcionará conocimiento biológico a la especie, sino que proporcionará herramientas prácticas para su gestión en cautiverio previo a su eventual reintroducción en hábitats naturales.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el efecto de las diferentes dietas sobre el crecimiento y desarrollo larval de *Rhinella bella*, a través de cambios metamorfóticos en cada tratamiento, evidenciando qué dieta es eficiente en condiciones de cautiverio.

4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Implementar cuatro grupos experimentales bajo condiciones controladas, correspondientes a un grupo control y tres tratamientos dietéticos.
- Comparar el efecto de las dietas suministradas mediante medidas morfométricas y tasa de supervivencia en cada uno de los tratamientos.
- Determinar la duración del desarrollo larval hasta la metamorfosis en cada tratamiento alimenticio, a través del índice de Gosner.

5. HIPÓTESIS

Hipótesis H₁= Los diferentes grupos experimentales, conformados por un grupo control y tres tratamientos dietéticos (proteico, vegetal y mixto), influyen en el desarrollo y crecimiento larval de *Rhinella bella* bajo condiciones controladas.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Generalidades de los anfibios y la fase larval

Los anfibios son vertebrados ectotermos que se presentan en la mayor parte de los anuros, con un ciclo de vida bifásico, es decir, por una fase larval netamente acuática y una fase adulta que frecuentemente es más terrestre. Esto implica que los individuos pasen por cambios morfológicos, fisiológicos y ecológicos desde la fecundación del óvulo (cigoto) hasta su forma adulta y muerte, siendo la fase larval protagonista de un ciclo vital más crítico (Womack, M. C., 2020).

En la fase larval, los renacuajos necesitan esencialmente de las condiciones ambientales del medio acuático, por el motivo de recibir energía suficiente para procesos de mantenimiento, crecimiento corporal y desarrollo morfológico. Estudios recientes dan a conocer que perturbaciones que se presenten pueden afectar el tiempo de desarrollo y el tamaño alcanzado al momento de tener su metamorfosis, que por último es influyente en el desempeño de los individuos (Albecker et al., 2023).

Sus larvas presentan hábitos alimenticios especialmente omnívoros o micrófagos, consumiendo algas, detrito, microorganismos y partículas orgánicas suspendidas, aunque la dieta bien puede variar dependiendo de la especie, estadio de desarrollo y recursos disponibles (Gonçalves et al., 2023).

Estudios experimentales demuestran que la disponibilidad y calidad del alimento durante su fase larval afectan directamente a tasas de crecimiento y desarrollo, acelerando o retrasando su metamorfosis según las condiciones nutricionales que presenten. Debido a esta sensibilidad a factores bióticos la fase larval es modelo

utilizado para investigaciones que evalúan el efecto de variables controlables como dieta, desarrollo y crecimiento, en condiciones de laboratorio o invernadero (Manenti et al., 2023; Youngquist & Boone, 2021).

6.2 Alimentación larvaria

Los anfibios durante su etapa larval, la mayoría de las especies son herbívoras u omnívoras, alimentándose principalmente de materia vegetal en descomposición, algas y otros microorganismos que se encuentran en el medio. La disponibilidad de alimentos durante esta fase es fundamental para su crecimiento y metamorfosis ya que aporta vitaminas y minerales esenciales para su crecimiento, en algunos casos, los renacuajos prefieren específicamente alimentarse de algas ya que tiene una mejor absorción para su rápido desarrollo.

Diferentes especies de renacuajos presentan una alimentación omnívora, abarcando un alimento tanto de materia vegetal como de pequeños invertebrados. Esto les beneficia en conseguir una diversidad más amplia de recursos alimenticios, lo que incrementa las posibilidades de supervivencia en ambientes que constan con recursos deficientes. La habilidad de abastecerse tanto de materia vegetal como animal, les brinda una mayor flexibilidad nutricional, mejorando su resistencia. Por lo tanto, la dieta de los anfibios que comprende toda su fase larval, toma protagonismo y se convierte en un elemento clave. (Medina Malqui, 2023).

Cuando ya está completa la metamorfosis su dieta es mayormente carnívora, su transición se basa en la necesidades energéticas y nutricionales para su reproducción y su supervivencia. Gil, C. T. (2017).

6.3 Influencia de la dieta sobre el crecimiento, desarrollo y supervivencia

La tasa de supervivencia, el ritmo de desarrollo y las dimensiones físicas de los anfibios juveniles dependes estrictamente de las condiciones nutricionales de su etapa larval, debido a que la dieta suministra el combustible metabólico necesario para síntesis de tejidos y cambios anatómicos de la metamorfosis, lo que significa que cualquier variación en la abundancia o calidad del alimento altera la duración del periodo del renacuajo (Youngquist & Boone, 2021). Por otro lado, las restricciones alimenticias generan una disminución de crecimiento, retrasan el desarrollo larval y aumenta su vulnerabilidad frente a enfermedades o factores ambientales adversos, en respuesta a esto los renacuajos prolongan su periodo larval para compensar su escasez de recursos, mientras que otros completan su metamorfosis, pero con tamaños corporales reducidos, afectando su supervivencia y desempeño reproductivo (Manenti et al., 2023; Altig et al., 2007).

6.4 Factores ambientales que afectan el desarrollo larval

El desarrollo larval de los anuros está condicionado por diversos factores ambientales que inciden en su crecimiento, supervivencia y proceso de metamorfosis. Entre los más relevantes se encuentra la temperatura del agua, ya que regula el ritmo del desarrollo; temperaturas adecuadas favorecen un crecimiento más rápido, mientras que valores demasiado bajos o elevados pueden retrasar el desarrollo o incrementar la mortalidad (Kentwood D. Wells, 2007).

La disponibilidad y calidad del alimento también desempeñan un papel fundamental, debido a que una nutrición adecuada permite un crecimiento óptimo y una metamorfosis exitosa. En contraste, la escasez de recursos alimenticios puede reducir la tasa de crecimiento y prolongar el período larval; otro factor determinante es la calidad del agua, la cual depende de variables como el pH, el oxígeno disuelto, la salinidad y la presencia de sustancias contaminantes. Alteraciones en dichos parámetros, afectan bastante al desarrollo fisiológico de los renacuajos, incrementando su susceptibilidad a muchos tipos de enfermedades e incluso ocasionando deformaciones o mortalidad en ellos (Duellman & Trueb, 1994; Wells, 2007).

En cuanto a la duración de los cuerpos de agua temporales, también denominado como hidroperiodo, afecta directamente al éxito de un eficiente desarrollo larval. Cuando las charcas empiezan a secarse antes de que las larvas alcancen su metamorfosis, la supervivencia de ellos se ve muy comprometida, aunque ciertas especies cuentan con mecanismos que aceleran su desarrollo en respuesta a estas condiciones (Wells, 2007).

La densidad poblacional forma parte como otro factor importante puesto que un elevado número de individuos provoca una mayor competencia por el abastecimiento de alimento, espacio y oxígeno, lo que puede afectar su crecimiento y retrasar la metamorfosis. De igual manera con la presencia de depredadores que modifican el comportamiento de los renacuajos, reduciendo sus actividades y

tiempo de alimentación como una estrategia de defensa y supervivencia (Duellman & Trueb, 1994; Wells, 2007).

Por último, lo que implica la cobertura vegetal, la radiación solar, la incidencia de enfermedades y los efectos del cambio climático también influyen significativamente sobre el desarrollo de las larvas. Estos factores alteran las condiciones del hábitat, la disponibilidad de refugio y alimento, así como la estabilidad de los ecosistemas acuáticos donde se desarrollan las primeras etapas del ciclo de vida de los anuros (Wells, 2007; Dodd, 2010).

6.5 Crecimiento larval en anfibios

A diferencia del desarrollo larval que describe cambios ontogénicos el crecimiento larval se refiere al incremento progresivo del tamaño corporal, un proceso cuantitativo que normalmente se evalúa con variables morfométricas como la longitud corporal total, longitud y peso. Procesos que se encuentran relacionados, aunque no ocurran de forma paralela, puesto que, hay larvas que avancen en su desarrollo sin alcanzar grandes tamaños o crecen lentamente mientras prolongan su periodo larval (Park et al., 2023).

El tamaño corporal es determinante para la supervivencia y desempeño postmetamórfico, brindando ventajas para enfrentar condiciones adversas. Este crecimiento es influenciado por la dieta, en donde a mayor calidad y diversidad nutricional aumentan la longitud y peso de los renacuajos (Ethier et al., 2024).

6.6 Metamorfosis en anuros

La metamorfosis de los anuros implica una reestructuración orgánica interna capaz de transicionar de una fase larvaria puramente acuática a un estado juvenil adaptado al entorno terrestre. Este cambio para ocupar nuevos nichos ecológicos les exige modificar drásticamente su conducta y sus funciones fisiológicas. A nivel anatómico, este proceso se traduce en la diferenciación de los miembros locomotores, la regresión paulatina de la cola, la reorganización del tracto digestivo y el reemplazo del sistema branquial por el aparato pulmonar. Todo este conjunto de transformaciones está estrictamente sincronizado por vías endocrinas, donde el eje de las hormonas tiroideas actúa como el principal modulador del cronograma metamórfico (Wells, 2007; Duellman & Trueb, 1994). Las dimensiones físicas alcanzadas al concluir la metamorfosis y la duración de este periodo dependen estrechamente del contexto ambiental, siendo la disponibilidad de comida, la temperatura y la competencia intraespecífica los factores más determinantes. Una nutrición de alta calidad se interpreta como un desarrollo larvario más veloz, permitiendo que estos organismos puedan completar una transición espontánea junto con una talla corporal destacable (Wells, 2007; Kupferberg, 1997).

6.7 Escala de Gosner como herramienta evaluativa del desarrollo

Para el análisis que consta con el desarrollo ontogénico en anuros, la tabla de Gosner (1960) se mantiene como el marco de referencia estándar más importante e influyente en la literatura científica. Mediante 46 fases diagnósticas basadas en rasgos anatómicos específicos, ordenando de forma cronológica los cambios

morfológicos que ocurren desde su fase larval hasta la metamorfosis. La gran ventaja metodológica de este índice reside en su capacidad de clasificar el avance madurativo de manera totalmente independiente al peso, el tamaño o la edad del ejemplar. Esta característica es clave, ya que facilita la replicabilidad y comparación de datos con precisión en campos como la biología evolutiva, la ecotoxicología y la ecología de anfibios (Köhler & Thammachoti, 2023; Wells, 2007).

6.8 Supervivencia larval y sus factores determinantes

El éxito biológico en los anfibios está condicionado por la supervivencia de sus larvas, es decir, por el porcentaje de renacuajos que logran alcanzar la metamorfosis de forma exitosa. Las fases tempranas de estos organismos actúan como un verdadero cuello de botella demográfico debido a los altos índices de mortalidad natural, por lo tanto, la viabilidad a largo plazo de sus poblaciones depende de una compleja red de factores ambientales y nutricionales que interactúan entre sí. Variables como el estrés térmico, las propiedades fisicoquímicas del agua, la presión por depredación y el hacinamiento juegan un rol crítico; no obstante, cuando el alimento escasea, se detona una intensa competencia intraespecífica que segrega la población, elevando la mortalidad principalmente en los ejemplares rezagados en talla (Ethier et al., 2024; Wells, 2007).

6.9 Cría de anfibios en condiciones controladas

El mantenimiento de anfibios en entornos artificiales regulados es una práctica consolidada en la investigación biológica, la gestión *ex situ* y los planes de preservación de especies. El valor que implica en estos entornos controlados radica principalmente en la capacidad de manipular operativamente las variables como el

fotoperiodo, las propiedades del agua, la temperatura y el régimen alimentario. Al aislar directamente a los ejemplares de las fluctuaciones externas, permite evitar cualquier interferencia que pueda afectar el diseño experimental ya establecido. Trabajar en espacios tales como laboratorios o invernaderos, ofrecen una estabilidad que puede facilitar el registro constante de datos como el crecimiento y las tasas de supervivencia. De este modo, se estandarizan los tratamientos y asegura que los resultados se puedan replicar con precisión (Dodd, 2010; ACAP, 2024).

6.10 Biología y ecología de *Rhinella bella*

6.10.1 Clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Subfilo: Vertebrata

Clase: Amphibia

Orden: Anura

Familia: Bufonidae

Género: *Rhinella*

Especie: *Rhinella bella*

6.10.2 Distribución geográfica

Menéndez-Guerrero et al. (2024) señalan que *Rhinella bella* es una especie de anuros recientemente descrita que pertenece al grupo de especies de *Rhinella marina*, con distribución geográfica principalmente en el occidente del Ecuador,

extendiéndose al noroeste del Perú. Especie con amplia variedad de ecosistema con elevada tolerancia ecológica.

Según AmphibiaWeb (2026), *Rhinella bella* se encuentra presente en varias provincias entre ellas Santa Elena, Guayas, Manabí, etc. Su hábitat comprende una vasta diversidad de regiones, desde bosques húmedos, bosques deciduos y matorrales secos de la Costa, hasta bosques piemontanos y montanos occidentales. Especie registrada en zonas cercanas al nivel del mar hasta aproximadamente los 2600 m s. n. m., ocupando charcas o cuerpos de agua temporales y semipermanentes utilizados netamente para la reproducción.

6.10.3 Hábitat

La distribución geográfica de *Rhinella bella* se limita principalmente a los ecosistemas tropicales y subtropicales del occidente del Ecuador y el noroccidente del Perú. Este bufónido alcanza adaptarse ante una gran variedad de hábitats, partiendo desde los bosques secos y deciduos hasta las zonas de montañas occidentales, formando parte también de entornos que son alterados por la acción del ser humano. Su plasticidad ecológica le permite establecerse con éxito en paisajes alterados, tales como campos de cultivo, pastizales y núcleos urbanos o suburbanos. Para sus eventos reproductivos, la especie depende de reservorios acuáticos temporales o semipermanentes, donde deposita sus puestas y se lleva a cabo el desarrollo de las larvas (Menéndez-Guerrero et al., 2024; AmphibiaWeb, 2026).

6.10.4 Reproducción

La actividad reproductiva coincide de manera estrecha con el periodo de precipitaciones, época en la que proliferan los reservorios acuáticos idóneos para el desove. El proceso ocurre a través de amplexo, un comportamiento sociosexual donde el macho abraza a la hembra para coordinar la expulsión e inseminación de los gametos. Las puestas se disponen en el medio acuático en forma de cordones gelatinosos continuos. Tras la eclosión, los renacuajos inician una fase de vida estrictamente acuática que se prolonga hasta la culminación de la metamorfosis, un intervalo sumamente vulnerable donde las fluctuaciones del entorno condicionan directamente el éxito del reclutamiento poblacional (Pintanel et al., 2022; Duellman & Trueb, 1994).

6.10.5 Desarrollo larval

Su desarrollo larval corresponde a procesos ontogénicos en el que las larvas experimentan una serie de cambios morfológicos y funcionales desde la eclosión del huevo hasta el final de su metamorfosis. Entre este periodo suceden cambios progresivos en estructuras clave principalmente en la cola, sistema digestivo y extremidades, que preparan al organismo a una transición a la fase adulta. La velocidad y trayectoria del desarrollo larval no son fijas en cambio presentan alta plasticidad fenotípica motivo por el cual las larvas responden variaciones en las condiciones ambientales.

Uno de los sistemas más utilizados para la clasificación del desarrollo larval es la escala de Gosner, que permite asignar estadios de desarrollo de forma comparativa entre individuos y especies, incluso en variaciones de tamaño corporal o edad

cronológica. Usado en estudios recientes como referencia principal para evaluar cambios ontogénicos (Köhler & Thammachoti, 2023).

La disponibilidad y calidad del alimento determinan el desarrollo larval, influyendo directamente a la eficiencia de su metamorfosis. Con una buena nutrición se acelera el avance entre estadios, mientras que las restricciones tróficas retrasan el crecimiento y extiende su periodo larval. Limitaciones nutricionales que resultan en individuos con estadios menos avanzados (Youngquist & Boone, 2021).

6.10.6 Estado de conservación

Como su descripción formal es muy reciente, el conocimiento exacto acerca de la estructura demográfica y las tendencias poblacionales de *Rhinella bella* sigue siendo limitado. No obstante, su amplio rango de distribución geográfica y su recurrencia en entornos fuertemente antropizados sugieren una notable plasticidad y resiliencia ecológica. A pesar de esta aparente adaptabilidad, este bufónido no está exento de los tensores ambientales que diezman a otros anfibios neotropicales, tales como el cambio climático, las patologías emergentes, la degradación química del agua y la fragmentación del hábitat por dinámicas agrícolas. Estas perturbaciones representan una amenaza crítica para las fases tempranas del desarrollo, periodo en el que las poblaciones exhiben su mayor vulnerabilidad y sensibilidad a la mortalidad ambiental (ACAP, 2024; AmphibiaWeb, 2023).

7. METODOLOGÍA

7.1 Enfoque y tipo de investigación

A continuación, el estudio adoptó un enfoque cuantitativo y experimental. Como enfoque cuantitativo, permitió la recolección de datos numéricos precisos, tales como el peso, la longitud, los estadios de desarrollo y la tasa de supervivencia, cuyos análisis se realizaron mediante pruebas estadísticas como ANOVA, Tukey y Kaplan-Meier, con el objetivo de establecer relaciones significativas entre las variables evaluadas.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación experimental se caracteriza por la intervención directa del investigador sobre las variables independientes, lo que permite observar su efecto sobre variables dependientes controladas. En concordancia con ello, el presente tipo de investigación adoptó estas características, debido a la manipulación deliberada de las condiciones alimenticias en cuatro grupos experimentales diferenciados, con el objetivo de observar sus efectos sobre las larvas en un entorno controlado.

7.2 Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo con larvas de *Rhinella bella* recolectadas en el río de la comuna Dos Mangas, provincia de Santa Elena, Ecuador ($1^{\circ}49'28.6''\text{S}$; $80^{\circ}41'01.9''\text{W}$) (Anexo 2). Posteriormente, los individuos fueron trasladados a las instalaciones de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena ($2^{\circ}14'00.5''\text{S}$; $80^{\circ}52'34.9''\text{W}$), donde se desarrolló el experimento bajo condiciones controladas de invernadero.

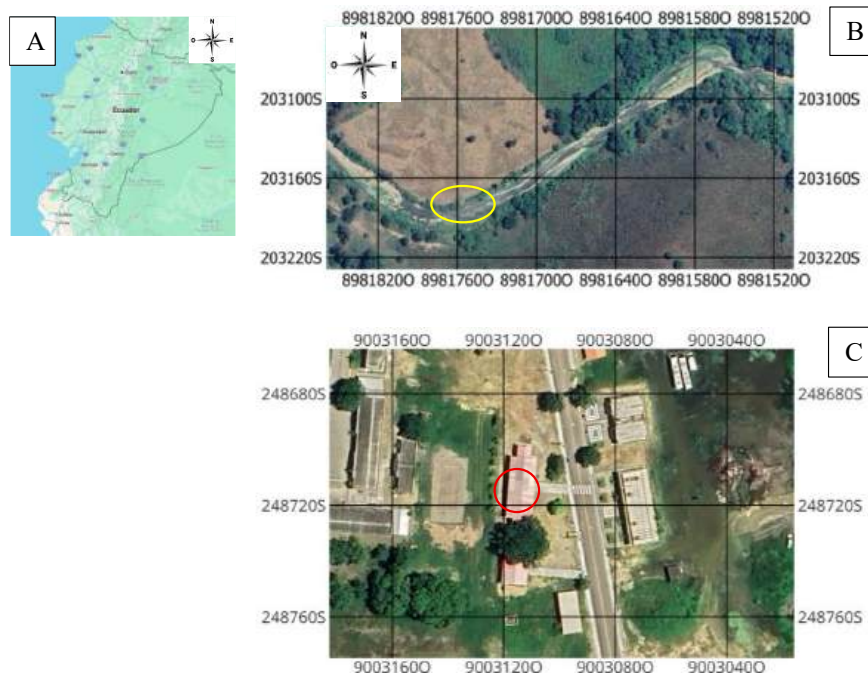


Imagen 1: A Ecuador; B Zona de extracción de los metamorfos en la Comuna Dos Mangas, Santa Elena; C Laboratorio de la Universidad Península de Santa Elena donde se instaló el sistema de invernadero. **Fuente:** QGIS, 2025

7.3 Extracción y Reintroducción

Como parte del protocolo operativo, la recolección de los ejemplares se efectuó de manera cuidadosa, utilizando redes pequeñas y recipientes limpios, evitando el contacto directo con las manos (Anexo 3). Con el fin de mitigar el estrés mediante la manipulación de los renacuajos donde se les implementó prácticas de manejo responsable. Para ello, se mantuvieron condiciones ambientales estables (temperatura, pH y oxigenación), el uso de agua del sitio de origen para el transporte, y el empleo de material estéril como guantes de nitrilo, fundas plásticas y un recipiente isotérmico para prevenir la transmisión de patógenos o cambios de temperatura (Anexo 5). De la misma forma, tomamos nota de las coordenadas y

características ambientales que presenta el sitio de captura para poder facilitar a una reincorporación precisa, segura y adecuada. En cuanto al traslado, implementamos el agua extraída del hábitat de origen y se mantuvo un flujo constante y estable de oxígeno.

En la reincorporación, aclimatamos a los ejemplares de forma progresiva en sectores que consten con una abundante vegetación y un número disminuido de depredadores, lo que permitió facilitar el monitoreo de su adaptación y supervivencia, asegurando el éxito de las metas de conservación propuestas (Anexo 14).

7.4 Diseño de la investigación

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado conformado por cuatro grupos experimentales: Un grupo control con una dieta natural y tres tratamientos dietéticos correspondientes a una dieta proteica (Dieta 1), una dieta vegetal (Dieta 2) y dieta mixta (Dieta 3). Cada grupo contó con tres réplicas, y en cada réplica se introdujeron siete individuos en estadio larval 26 (Gosner, 1960). Las condiciones ambientales como temperatura e iluminación son muy importantes para este tipo de experimentación según Mejia Patiño O. (2023). (temperatura, calidad del agua e iluminación) se mantuvieron constantes para todos los tratamientos.

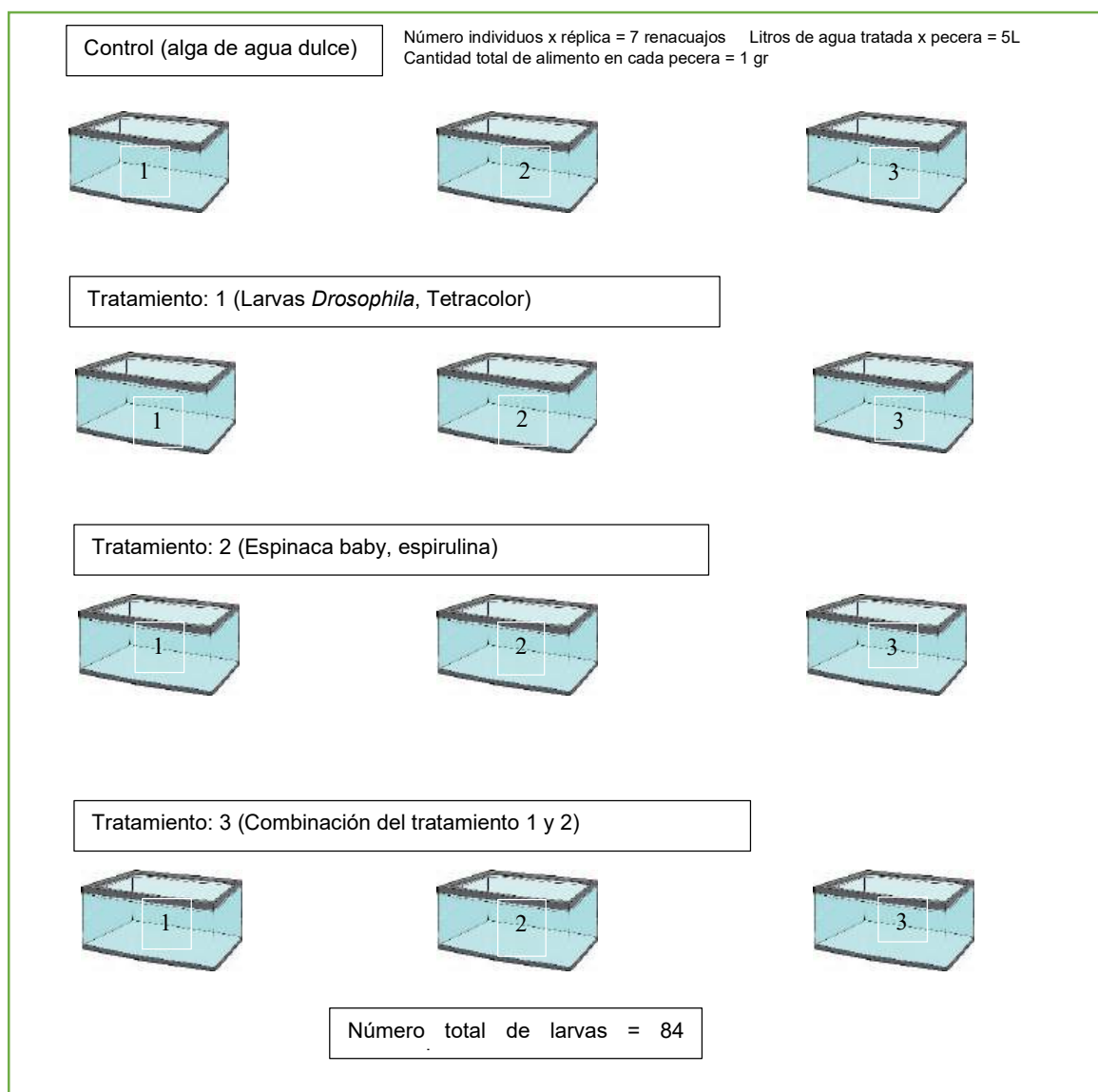


Imagen 2: Diseño experimental y sus tratamientos.

7.5 Población y muestra

7.5.1 Población

La población de estudio estuvo constituida por larvas de *Rhinella bella* presentes en cuerpos de agua dulce localizados en la comuna Dos Mangas, provincia de Santa Elena, Ecuador. Especie seleccionada por su reciente descripción taxonómica y limitada información sobre su biología durante su fase larval, resaltando en temas

relacionados con el crecimiento, desarrollo y supervivencia bajo condiciones controladas.

7.5.2 Muestra

La muestra estuvo compuesta por 84 larvas de *Rhinella bella* recolectadas en estadio 26 de la escala de Gosner (Anexo 1), etapa que corresponde al desarrollo larval inicial que permitió con el seguimiento de su proceso de crecimiento y metamorfosis. La búsqueda se efectuó por medio de recorridos visuales en la parte de las orillas y zonas de baja profundidad donde se encontraron agregaciones larvales. Los individuos fueron capturados mediante red entomológica de malla fina para posteriormente transferirlos cuidadosamente a un recipiente térmico para conservar la temperatura con su agua de origen para disminuir el estrés ocasionado por la manipulación. Su selección en un mismo estadio garantizó la homogeneidad inicial de la muestra y disminuir posibles sesgos derivados de diferencias en el desarrollo individual.

Se aplicó un muestreo no probabilístico e intencional, puesto que los metamorfos fueron seleccionados de manera directa según criterios previamente establecidos para el experimento, como lo fueron el buen estado físico, ausencia de malformaciones externas y mantenerse en el margen del estadio de desarrollo larval.

Distribuida en tres tratamientos más un grupo control, con tres réplicas cada uno y siete individuos por réplica. La dieta control recibió una dieta similar a los recursos alimenticios que disponía su ambiente natural, compuesta principalmente por alga

que fue recolectada en cuerpos de agua naturales de la zona de estudio, lavada con agua declorada para eliminar impurezas y posteriormente suministrada fresca; las larvas de dípteros recolectados en ambientes acuáticos seleccionados manualmente y administrados después de la colecta. El primer tratamiento correspondió a una dieta proteica basada en larvas de *Drosophila* sp., que se obtuvo mediante cultivos en recipiente de plástico que contenía como medio nutritivo a base de fruta madura en fermentación cuyo caso fue el guineo; y alimento comercial Tetracolor triturado hasta obtener partículas de tamaño adecuado para el consumo de los renacuajos y almacenado en recipiente hermético hasta su utilización. El tratamiento 2 consistió en dieta vegetal elaborada por espinaca baby que fue lavada con agua potable hirviendo para ablandar y desinfectas para posteriormente triturarla facilitando su ingestión; y espirulina comercial en polvo usado directamente, mezclándose con la espinaca triturada antes de su suministro. Mientras que el tratamiento 3 recibió una dieta mixta, se aplicó una combinación de los componentes de las dietas proteica y vegetal. El alimento fue pesado y dosificado en proporciones iguales de 1 g por réplica (Aguilar, 2021).

El estudio se llevó a cabo a lo largo de tres meses del año 2026, durante los cuales semanalmente se administró el respectivo alimento durante tres días y, de manera alternada, en los otros tres días se realizó el recambio de agua.

7.6 Técnicas de recolección de datos

7.6.1 Crecimiento larval: Medido mediante morfometría (peso y longitud).

La recolección e ingreso de las larvas a las instalaciones de la universidad, se registró su masa corporal utilizando una balanza digital GRAM FS-120. Para ello, se colocó un vaso plástico de 5 onzas con agua sobre la balanza y, una vez tazada, se aisló un renacuajo mediante el uso de una pipeta de plástico de 12 ml. Este procedimiento se repitió de manera individual hasta finalizar la fase experimental, incluyendo a los individuos que alcanzaron la metamorfosis.

La longitud total y del cuerpo fue registrada desde el extremo del hocico hasta el final de la cola y del extremo del hocico hasta el final del cuerpo o donde inicia la cola, empleando un calibrador digital Mitutoyo CD-6"ASX y una regla milimétrica de 30 cm, bajo observación con lupa CARSON Optical y un estereomicroscopio de tipo BLD, según el tamaño del individuo.

7.6.2 Supervivencia: Registro de mortalidad durante el experimento.

La supervivencia se determinó mediante las especies que no registraron mortalidad durante toda la fase experimental, a pesar que los renacuajos completaron su metamorfosis en sus respectivos tratamientos, permanecieron bajo observación con el fin de identificar posibles decesos posteriores, los cuales pudieron estar asociados a deficiencias nutricionales durante la etapa larval.

7.6.3 Desarrollo: Evaluado con la tabla de Gosner (1960), observando los estadios metamórficos.

El desarrollo morfológico de los renacuajos se determinó mediante la tabla de estadios de Gosner (1960) para la identificación de los estadios de desarrollo de los anfibios (Anexo 1). El seguimiento se realizó mediante observación directa, colocando las peceras a nivel ocular y comparando rasgos de cada individuo con los criterios de la guía. En los primeros estadios larvales, fue necesario el uso de lupa CARSON Optical y un estereomicroscopio de tipo BLD para una correcta identificación.

7.6.4 Calidad del agua, Temperatura

La calidad del agua se evaluó considerando los parámetros de amonio y pH, los cuales fueron medidos mediante pruebas colorimétricas utilizando el Freshwater Master Test Kit de la marca API. En cuanto a la temperatura, se mantuvo la temperatura ambiental característica de la provincia de Santa Elena, procurando que no existieran variaciones significativas entre el lugar de origen de los renacuajos y las instalaciones de la universidad.

Los recambios de agua se ejecutaron de manera parcial, de manera simultánea con la administración de las dietas, efectuándose tres veces por semana.

7.7 Análisis estadístico

El análisis de los datos inició con la evaluación del supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para las variables con comportamiento normal, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de comparar las medias en los grupos experimentales que fueron de tres o más grupos; en caso contrario, se recurrió a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Adicionalmente, las variaciones en el tiempo de metamorfosis entre los distintos tratamientos se examinaron a través de un análisis de supervivencia con curvas de Kaplan-Meier

7.7.1 Análisis Kruskal-Wallis

Para el análisis de las variables morfométricas (peso, longitud total y longitud corporal) se utilizó la prueba no paramétrica de **Kruskal-Wallis**, debido a que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad requerido por las pruebas paramétricas. Esta prueba permitió comparar las medianas de los diferentes tratamientos alimenticios y determinar si existían diferencias significativas en el crecimiento larval de *Rhinella bella* entre los grupos experimentales.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^K \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

7.7.2 Análisis de supervivencia

La supervivencia larval fue analizada, con el propósito de estimar la probabilidad de supervivencia de las larvas de *Rhinella bella* bajo los diferentes tratamientos alimenticios. Este método permitió monitorear la permanencia de los individuos a lo largo del experimento y detectar posibles diferencias entre tratamientos.

$$SR_{g,i}^k = \frac{\sum_{t=1}^m P_{g,i}^t}{E_g^k} * 100$$

7.7.3 Análisis de metamorfosis (Kaplan-Meier)

Este método resultó adecuado porque permitió estimar la proporción de individuos que permanecieron en estado larval a lo largo del experimento y comparar la velocidad de metamorfosis entre los diferentes tratamientos alimenticios. Además, las curvas de Kaplan-Meier facilitaron la visualización del patrón temporal de desarrollo de las larvas y la identificación de diferencias en el tiempo de metamorfosis entre grupos

$$\hat{S}(t) = \prod_{i: t_i \leq t} \left(1 - \frac{d_i}{n_i}\right)$$

7.8 Consideraciones éticas

El manejo de la fauna silvestre se implementó bajo un marco ético que garantiza el bienestar animal y el respeto que constituye su entorno. El diseño experimental implementó los principios de las 3R (Russel y Burch), que influyen en la sustitución y disminución del número de individuos para la optimización de técnicas que

mitigan el dolor, asegurando que los beneficios científicos superaran los posibles riesgos que puedan presentarse en las poblaciones naturales, mediante criterios de manejo humanitario. Estas acciones se adecuaron a los lineamientos internacionales que dictan e indican la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE).

En cuanto al marco legal ecuatoriano, la gestión que forma parte de la fauna silvestre estuvo controlado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), y la validación de comités de bioética institucionales. Además, se contó con el permiso correspondiente al presidente designado de la comuna Dos Mangas, al tratarse de un área de reserva ecológica propio de allá.

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

8.1 Implementación de dietas bajo condiciones controladas.

En la investigación realizada con larvas de *Rhinella bella* se distribuyeron cuatro grupos experimentales (un grupo control y tres tratamientos dietéticos) durante el período de estudio. Estos grupos fueron diseñados para comparar la influencia de cada estrategia alimenticia sobre el crecimiento y desarrollo larval de la especie (tabla 1).

Tabla 1. Dietas experimentales sometidas a la alimentación de las larvas de *Rhinella bella* durante el período de estudio.

TRATAMIENTO	TIPO DE DIETA	COMPONENTES	Descripción de la implementación
CONTROL	DIETA NATURAL	Alga de río (<i>Spirogyra</i> sp.), larvas de dípteros	Se utilizó referencia ecológica simulando su alimentación natural. Con insectos acuáticos que aportan proteínas completas, lípidos, quitina. Algas que contribuyen con carbohidratos, fibra, minerales, pigmentos y antioxidantes.
DIETA-1	DIETA PROTEICA ANIMAL	Larvas de <i>Drosophila</i> sp., alimento para peces (Tetracolor)	Aporta alta densidad proteica y energética. Altamente digestibles y ricas en aminoácidos esenciales, con alimento Tetracolor que complementa micronutrientes,

			ácido grasos esenciales (omega 3 y 6).
DIETA-2	DIETA VEGETAL	Espinaca baby, Espirulina	La espinaca aporta fibra, antioxidantes y minerales. La espirulina incrementa contenido proteico añadiendo ficocianina, carotenoides y aminoácidos esenciales.
DIETA-3	DIETA MIXTA	Combinación Dieta 1 y Dieta 2	Integra fuentes animales y vegetales que combina proteínas de alto valor biológico con antioxidantes, fibra, micronutrientes proporcionando un perfil nutricional completo.

La tabla refleja un diseño experimental en base a diferentes tratamientos alimenticios con el objetivo de evaluar el efecto nutricional sobre el desarrollo de los organismos en estudio. El tratamiento control se constituyó en una dieta natural compuesta por algas (*Spirogyra* sp.) y larvas de dípteros que son recursos alimenticios habituales en ambientes acuáticos (Anexo 9). Funcionó como referencia biológica que permitió comparar el desempeño de los individuos alimentados con dietas formuladas respecto a los que se disponen de condiciones

naturales, aportando una combinación de nutrientes tanto de origen vegetal y animal, aunque en proporciones menos controladas y variadas.

La Dieta 1 siendo proteica de origen animal, integrada por larvas de *Drosophila* sp. y alimento para peces, formulación que busca una elevada cantidad de proteínas y aminoácidos esenciales cuyos elementos favorecen a la síntesis de tejidos y su crecimiento corporal (Anexo 10). Por su composición esta dieta favoreció su tasa crecimiento y un desarrollo más óptimo para los metamorfos, puesto que las proteínas son nutrientes indispensables para las etapas tempranas del ciclo de vida, pero al estar enfocado netamente en aporte proteico, favoreció poca diversidad de micronutrientes en comparación con otras dietas.

Para la Dieta 2 se basó con componentes vegetales como la espinaca baby y espirulina, cuya combinación caracterizó un aporte de vitaminas, minerales y antioxidantes que contribuyeron a procesos fisiológicos importantes (Anexo 11). La espirulina destacó por su contenido proteico y su presencia de pigmentos antioxidantes, mientras que la espinaca aportó vitaminas y minerales mejorando la condición general de los organismos; aunque la dieta no pudo aportar la misma cantidad de proteínas animales que la Dieta 1, ya que ofrece solo un perfil nutricional orientado a la salud y metabolismo.

Por último, la Dieta 3 denominado como dieta mixta, integró componentes de dietas proteica y vegetal, en una perspectiva nutricional presentó la propuesta más equilibrada por su combinación de proteínas de alto valor biológico con vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes (Anexo 12). La complementariedad de nutrientes permitió una gama más amplia de requerimientos fisiológicos, puesto que los

metamorfos presentaron un mejor desempeño general en términos de crecimiento y desarrollo.

8.2 Dietas, medidas morfométricas y tasa de supervivencia

8.2.1 Longitud total de los renacuajos de *Rhinella bella*

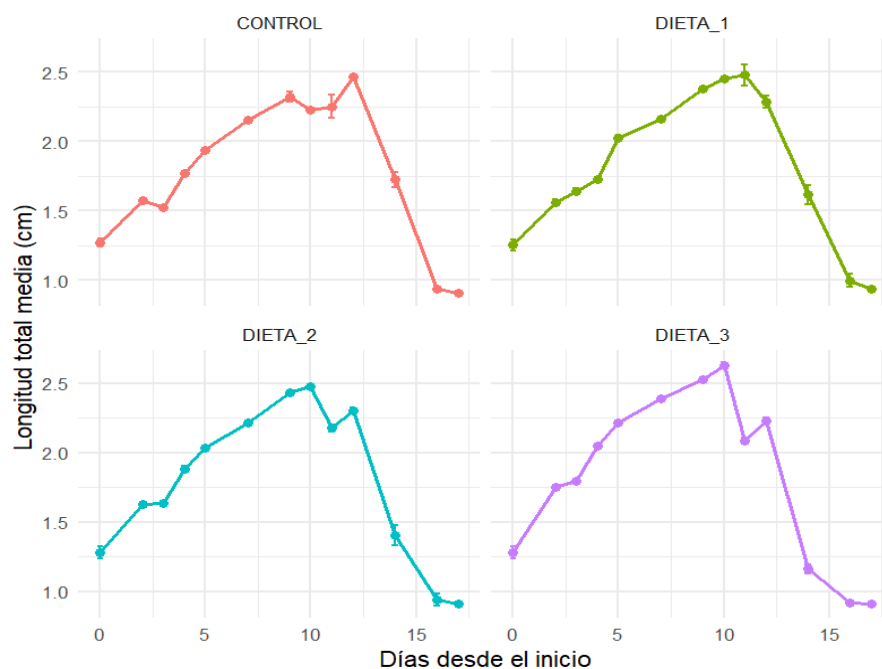


Figura 1: Evolución de la longitud total por tratamiento.

Esta **Figura 1** muestra la evolución de la longitud total media de las larvas de *Rhinella bella* en los cuatro grupos experimentales (Control, Dieta 1, Dieta 2 y Dieta 3) a lo largo del período de estudio.

Los cuatro tratamientos parten de una longitud total inicial muy similar, alrededor de 1.25 - 1.28 cm al día 0, lo que confirma que los grupos experimentales fueron homogéneos al inicio del experimento. A partir de este punto, las curvas siguen un patrón común en forma de campana invertida que es característico del desarrollo

larvario de los anuros: las larvas crecen progresivamente durante las primeras fases del desarrollo (estadios de Gosner 25-38 aproximadamente), alcanzan un pico de longitud total, y luego experimentan una reducción marcada asociada a la reabsorción de la cola durante la metamorfosis.

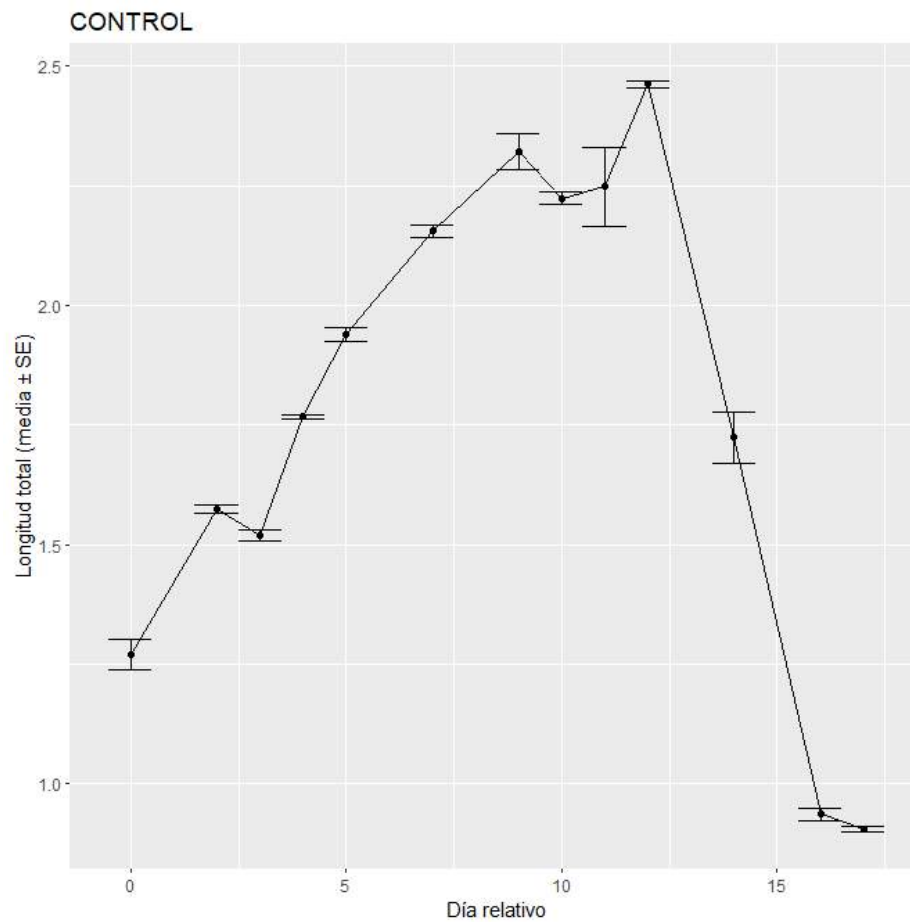


Figura 2: Evolución de la longitud total del grupo control.

En el grupo Control, la longitud total aumenta de manera gradual desde 1.27 cm iniciales hasta registrar un pico de 2.49 cm cerca del día 12. Posterior a este máximo, la curva desciende de forma pronunciada que redujo la medida a 0.91 cm hacia el cierre del experimento. Este descenso equivale a una pérdida de 1.58 cm

(63.5% de reducción desde el pico), evidencia el proceso de reabsorción completa de la cola característico de la metamorfosis. La caída más severa ocurrió entre los días 12 y 17, periodo que coincide con el avance hacia los estadios de Gosner más avanzados (42-46).

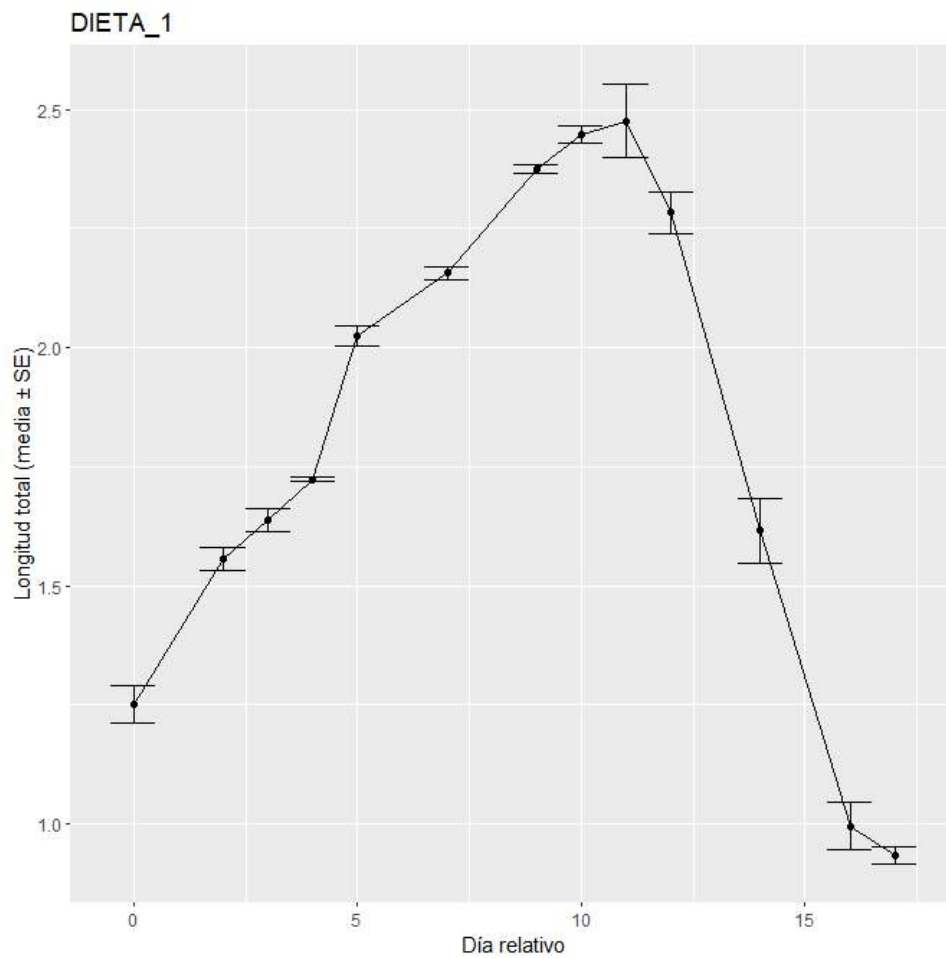


Figura 3: Evolución de la longitud total de Dieta 1.

En cuanto a la Dieta 1, se muestra un patrón similar al grupo Control, con un crecimiento progresivo hasta alcanzar un pico máximo de 2.63 cm en el día 11; es decir, un día antes que el Control. Este pico ligeramente apunta a que este tratamiento nutricional podría estimular un desarrollo somático más eficiente

durante la fase de crecimiento activo. La caída posterior es igualmente abrupta, que situó la longitud en 0.93 cm al final. Metodológicamente, las barras de error son relativamente pequeñas durante la fase de crecimiento, lo que demuestra la homogeneidad entre las réplicas, ensanchándose de manera sutil durante la fase de descenso.

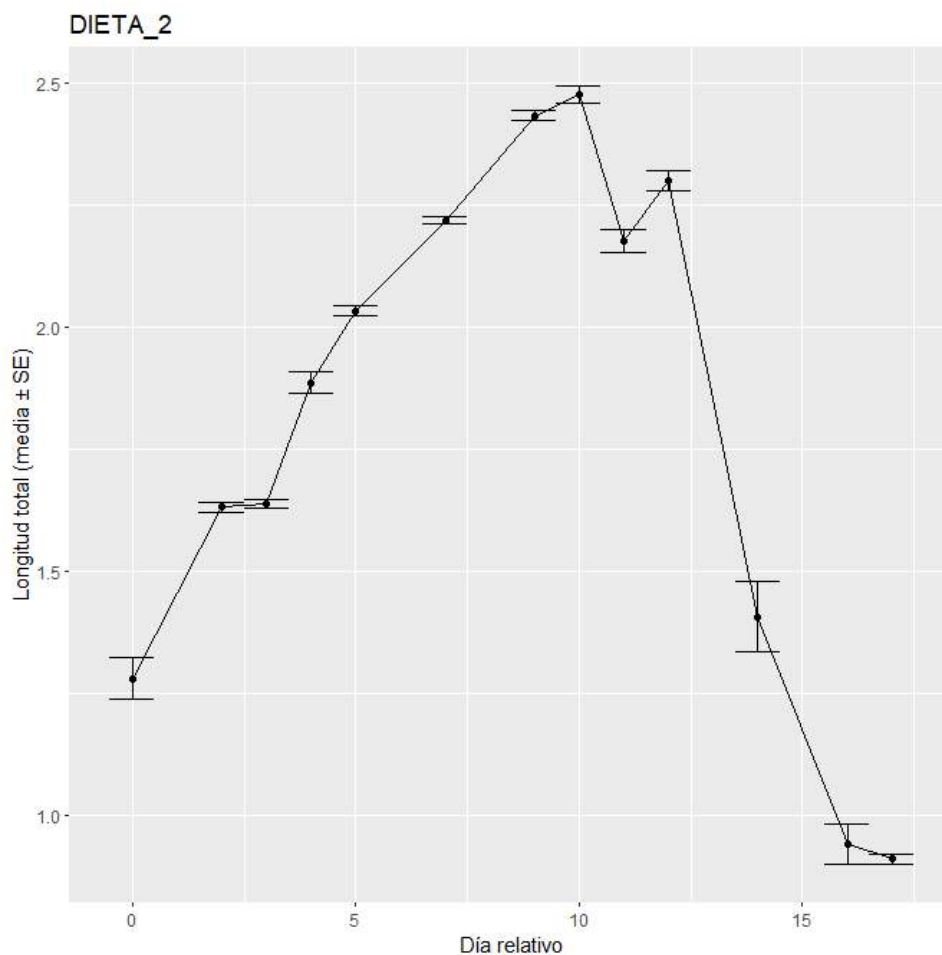


Figura 4: Evolución de la longitud total de Dieta 2.

En cuanto a la Dieta 2, el incremento inicial del tamaño corporal resultó marcadamente ser más rápido que en las primeras fases: Iniciando con una curva que asciende con una mayor pendiente durante la primera semana, registrando

valores similares a los que el grupo Control refleja varios días después. Este tratamiento nutricional mostró un valor máximo de 2.50 cm en el décimo día, adelantándose dos fechas completas que no cuenta el grupo Control. La etapa regresiva fue inicialmente presentada de una forma anticipada y con mayor velocidad, alcanzando la longitud total desde los 2.50 cm hasta los 0.91 cm. Este adelanto temporal en el pico guarda coherencia con el patrón obtenido mediante las curvas de Kaplan-Meier, donde las larvas bajo la Dieta 2 reflejaron una tendencia (aunque no significativa) hacia un desarrollo metamórfico más temprano.

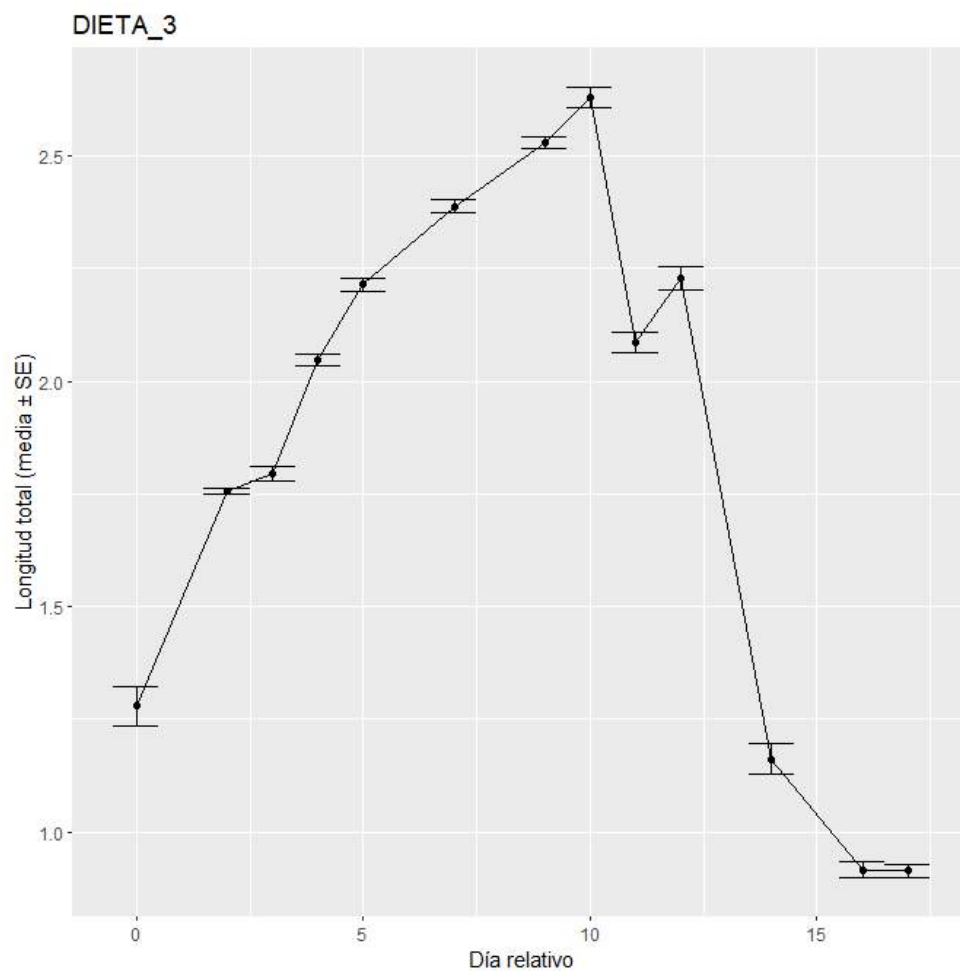


Figura 5: Evolución de la longitud total de Dieta 3.

El grupo alimentado con la Dieta 3 registró el valor máximo de crecimiento somático de todo el experimento (2.67 cm), alcanzando este techo en el día 10, al igual que la Dieta 2. Esta variante nutricional indujo la tasa de desarrollo inicial más veloz de los cuatro tratamientos, de hecho, para el día 5 los ejemplares ya superaban la barrera de los 2 cm de longitud total. La fase de descenso comenzó de forma anticipada y se convirtió en el más extenso prolongándose desde el día 10 hasta el día 17. Esto es consistente con el hallazgo previo de que Dieta 3 dinamiza el desarrollo larvario. La longitud final (0.91 cm) es similar a la de los demás grupos experimentales, indicando que, sin importar el régimen alimenticio recibido, las larvas alcanzan un tamaño corporal postmetamórfico comparable.

Cabe destacar que las barras de error asociadas en la Dieta 3 tienden a ser más amplias durante el periodo de descenso (días 12 al 16). Esta tendencia refleja una mayor variabilidad en el momento exacto de la reabsorción de la cola entre réplicas, un comportamiento que concuerda con la mayor dispersión registrada en los tiempos individuales de metamorfosis de este tratamiento.

8.2.2 Longitud del cuerpo

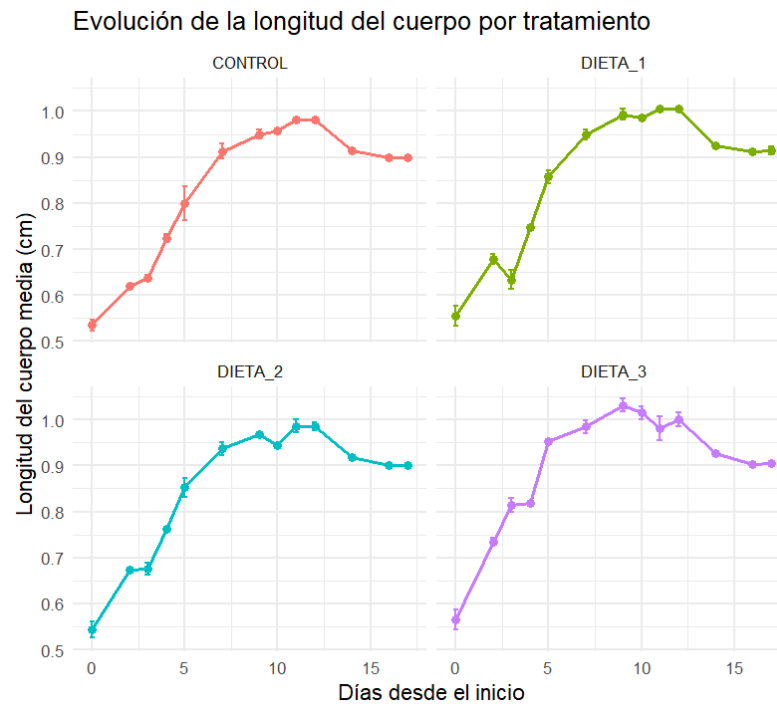


Figura 6: Evolución de la longitud del cuerpo por tratamiento.

La longitud del cuerpo (sin incluir la cola) ofrece una perspectiva complementaria al reflejar el crecimiento del cuerpo propiamente dicho, independiente de la dinámica de la cola. Este parámetro es especialmente informativo porque, a diferencia de lo que nos presenta la longitud total, esta no se ve drásticamente afectado por la reabsorción de la cola durante la etapa de la metamorfosis.

Los cuatro grupos alimenticios partieron de una longitud corporal media de 0.535-0.565 cm, justificando una vez más la uniformidad preexistente de los datos. La curva de crecimiento del cuerpo presenta una forma sigmoideal diluida: una rápida expansión inicial, subsecuentemente a una fase donde la velocidad presenta un declive al acercarse al máximo, y luego se estabiliza o refleja un leve retroceso en la etapa conclusiva.

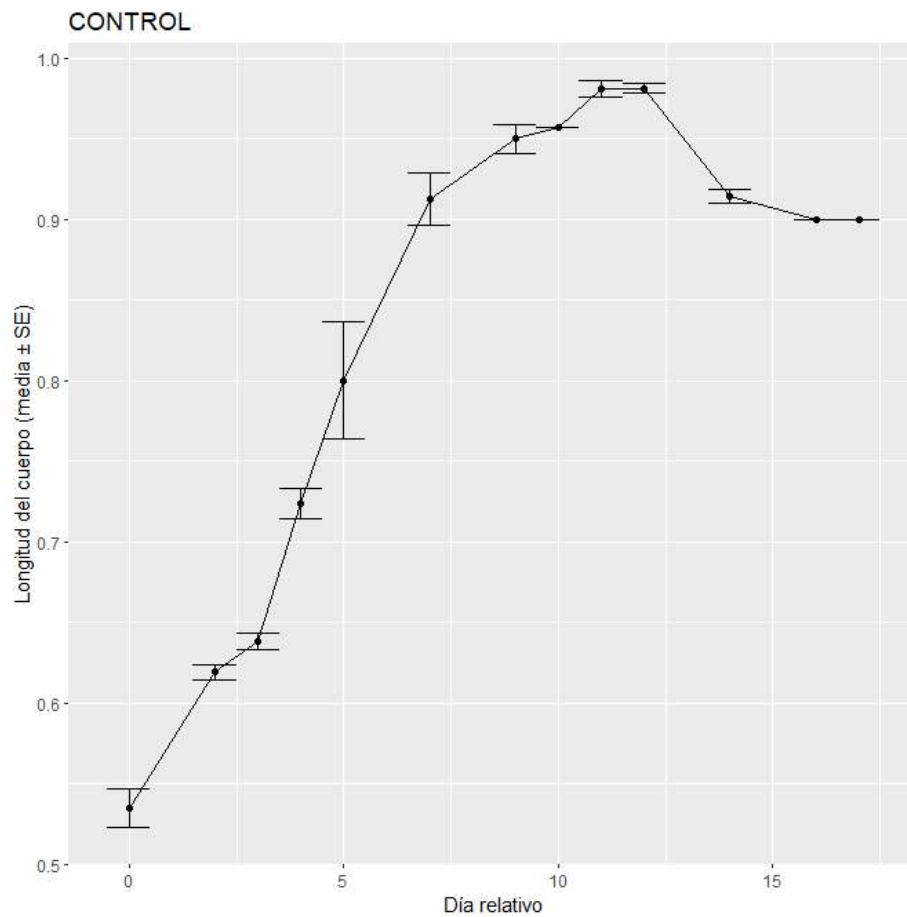


Figura 7: Evolución de la longitud del cuerpo en el grupo control.

En el grupo Control, la longitud del cuerpo muestra un aumento inicial, desde los 0.54 cm hasta un pico de 0.99 cm alcanzado aproximadamente al noveno o undécimo día. Esto representa un incremento del 83%. Posteriormente, la longitud del cuerpo se estabiliza y cae un poco, hasta los 0.90 cm para cuando culmina la observación. Esta reducción final, cercano al 9% es bastante menor que la observada en la longitud total, lo que confirma que la reducción de la longitud total proviene primordialmente de la cola y no a una reducción del tamaño corporal. Las barras de error son relativamente extensas en lo que abarca los primeros días,

insinuando variabilidad entre los ensayos que muestran la velocidad inicial del desarrollo.

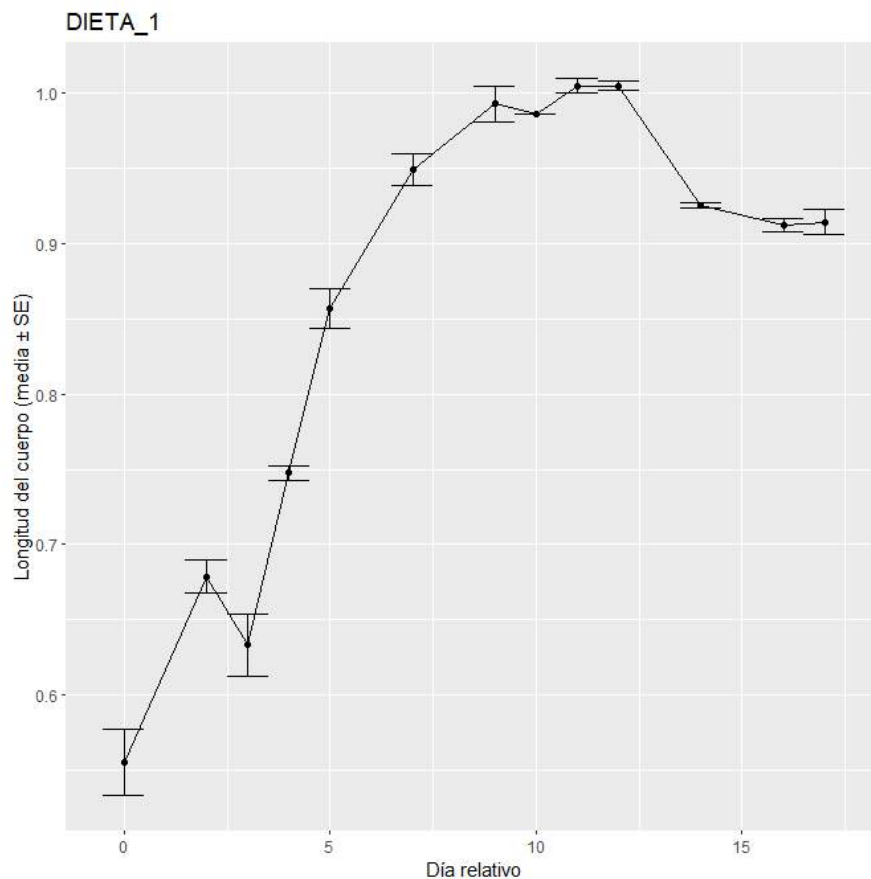


Figura 8: Evolución de la longitud del cuerpo en la Dieta 1.

La Dieta 1 presenta un crecimiento corporal que alcanza un máximo no tan superiormente significativo (1.03 cm) en lo que fue el día 9 hasta el día 11, con un patrón temporal levemente igual al grupo Control. La longitud final del cuerpo dio como 0.91 cm. La similitud que tienen estos dos tratamientos refuerza la conclusión que nos presentó el análisis de Kaplan-Meier indicando que la Dieta 1, no produce diferencias significativas ante el grupo Control en el desarrollo larval.

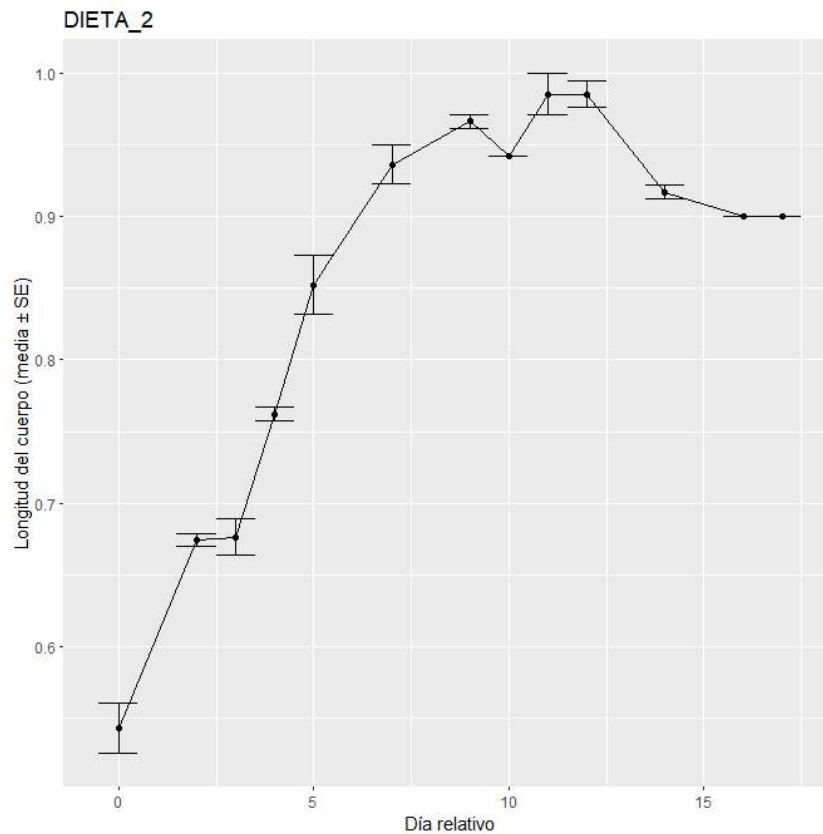


Figura 9: Evolución de la longitud del cuerpo en la Dieta 2.

La Dieta 2 parte con un crecimiento corporal acelerado en lo que fueron los primeros días, llegando a un máximo de 1.00 cm alrededor del día 7, aproximadamente 2-4 días antes que el grupo Control. Después del pico, la longitud corporal conserva relativamente una estabilidad alrededor de 0.90-0.95 cm, con una leve fluctuación que desciende. El adelanto en el pico de crecimiento corporal es consistente con el adelanto ya observado en lo que fue la longitud total y esto sugiere que la Dieta 2 promueve un desarrollo somático más optimizado y rápido.

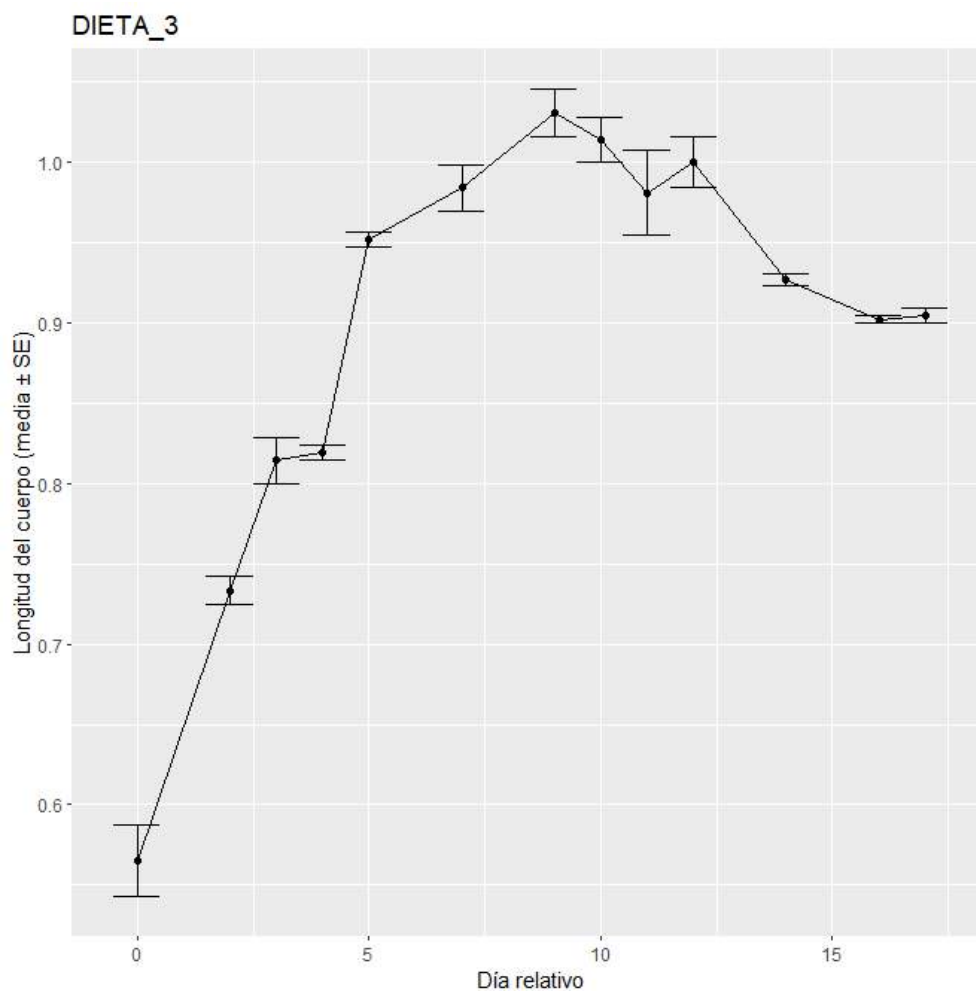


Figura 10: Evolución de la longitud del cuerpo en la Dieta 3.

El tratamiento Dieta 3 presenta el máximo de longitud corporal más registrada en todos los regímenes, aproximando 1.07 cm y lo alcanza alrededor del noveno día de experimentación. La curva de crecimiento es la más pronunciada y dinámica de los cuatro grupos durante el lapso inicial de cinco días. Para el tercer día, las larvas rozan los 0.80 cm de longitud, mientras que el Control apenas alcanza 0.70 cm en el mismo punto. Posteriormente este ápice de crecimiento, se aprecia un descenso gradual hasta 0.91 cm al final del estudio. Las barras de error evidencian una mayor amplitud durante el periodo intermedio del ensayo, entre los días 7 y 12, sugiriendo

una heterogeneidad previamente notada en los periodos de finalización de la metamorfosis.

8.2.3 Peso

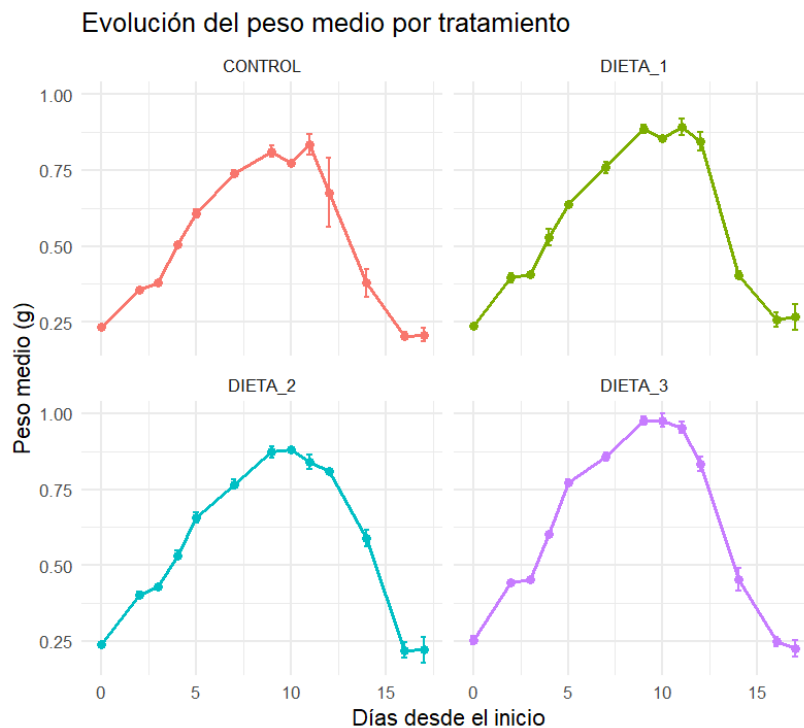


Figura 11: Evolución del peso por tratamiento.

Evolución del peso medio por tratamiento

Esta gráfica muestra la trayectoria del peso medio (en gramos) de las larvas de *Rhinella bella* a lo largo del desarrollo larval para cada tratamiento alimenticio, promediando las tres réplicas experimentales y las tres peceras por tratamiento. Las barras de error nos indican el error estándar de la media.

A la par que la longitud total, el peso mantiene un patrón de campana o sombrero característico del desarrollo larvario de los renacuajos: una fase de ganancia de

masa durante el crecimiento activo, que alcanza un pico máximo, y luego una pérdida significativa de peso durante la metamorfosis, que va de la mano con la reabsorción de la cola, la reestructuración de órganos y el ayuno metamórfico.

Los cuatro tratamientos presentaron pesos bastante similares (0.233-0.253 g), justificando una homogeneidad de los grupos experimentales al comienzo. Sin embargo, las trayectorias divergen drásticamente desde el día 3 al 5.

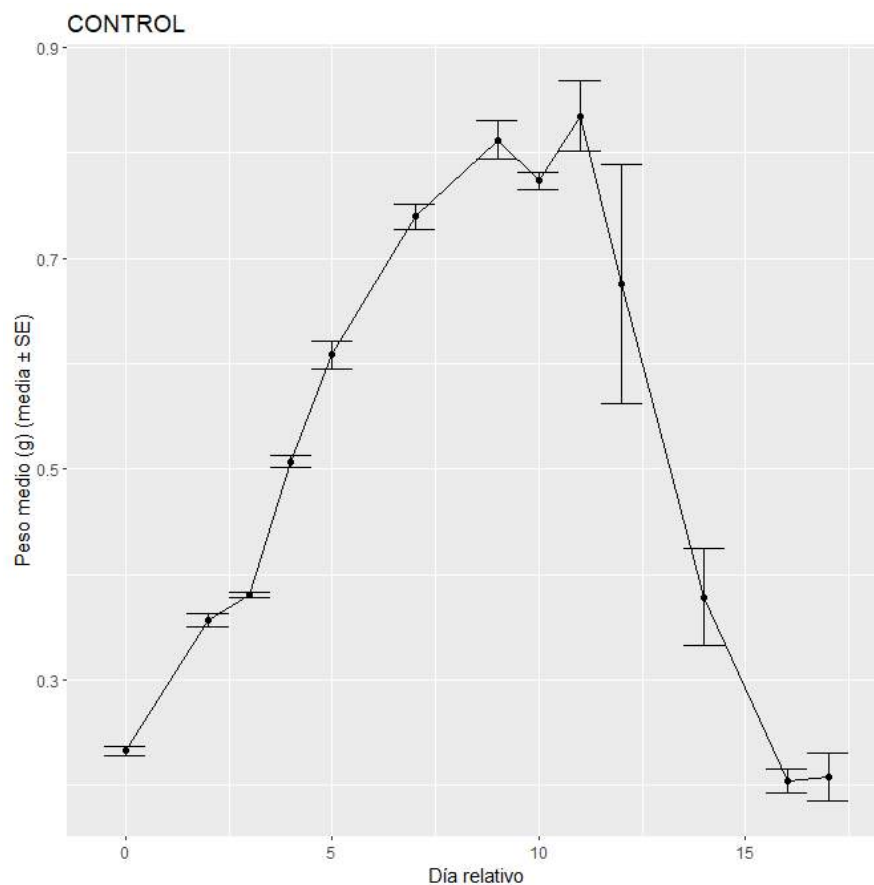


Figura 12: Evolución del peso en grupo control.

En el grupo Control, el peso experimenta un incremento gradualmente desde 0.233 g hasta culminar en un pico 0.941 g, el cual se observa en el día 12. Si bien la

ganancia de peso es sostenida, exhibe una progresión pausada en contraste con otros tratamientos, y la curva muestra una pendiente de ascenso moderada durante los primeros nueve días. Tras el pico, se alcanza a observar una disminución del peso que llega hasta los 0.208 g al final del experimento, un declive que se entiende como una pérdida del 77.9% de acuerdo al peso máximo. Las barras de error se las observa notablemente alrededor del pico (entre los días 9 y 12), interpretándose como una variabilidad entre réplicas justo en el momento exacto de la mayor concentración de biomasa.

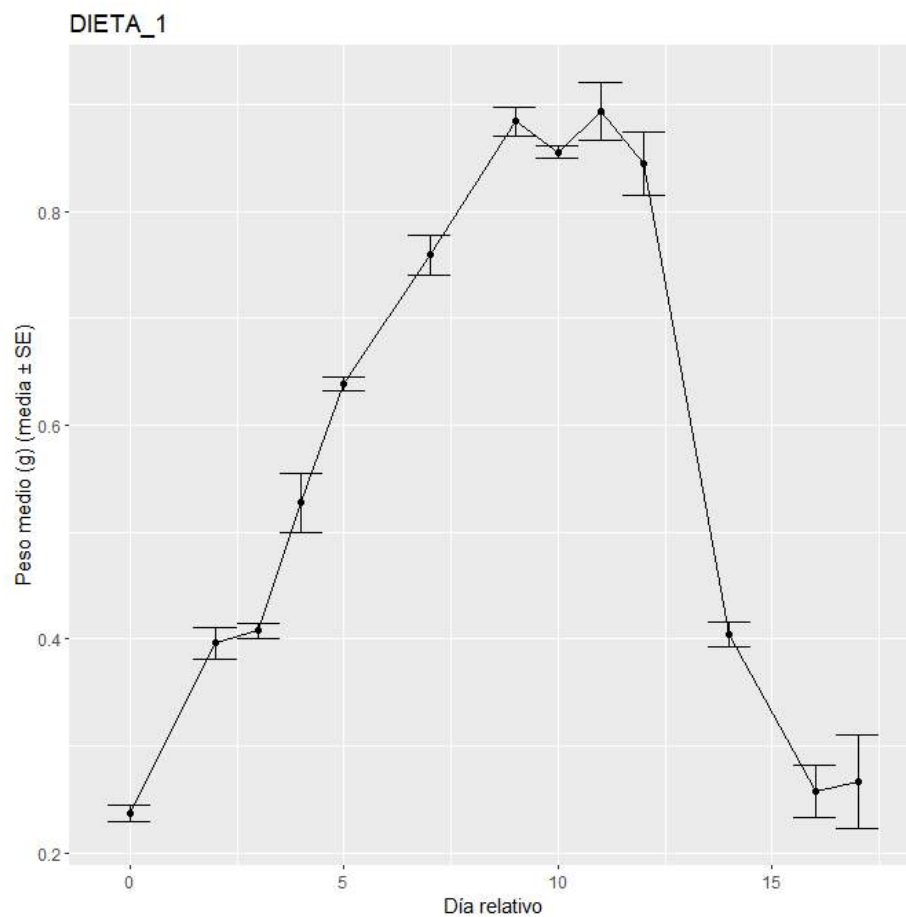


Figura 13: Evolución del peso en dieta 1.

La Dieta 1 exhibe un patrón que llega a compararse con el grupo Control, alcanzando un peso máximo de 0.973 g también en el día 12. Sin embargo, su etapa de desarrollo es ligeramente más acelerada; las larvas consiguen aproximadamente 0.75 g para el séptimo día, superando al Control en el mismo punto temporal. Tras el pico, se produce una disminución de peso del 72.6%, la cifra más baja entre los cuatro tratamientos, concluyendo en 0.267 g. Este peso final más alto podría sugerir que la Dieta 1 provee una reserva energética ligeramente mayor para la transición postmetamórfica, lo cual podría tener trascendencia en la supervivencia de los juveniles que acaban de transformarse.

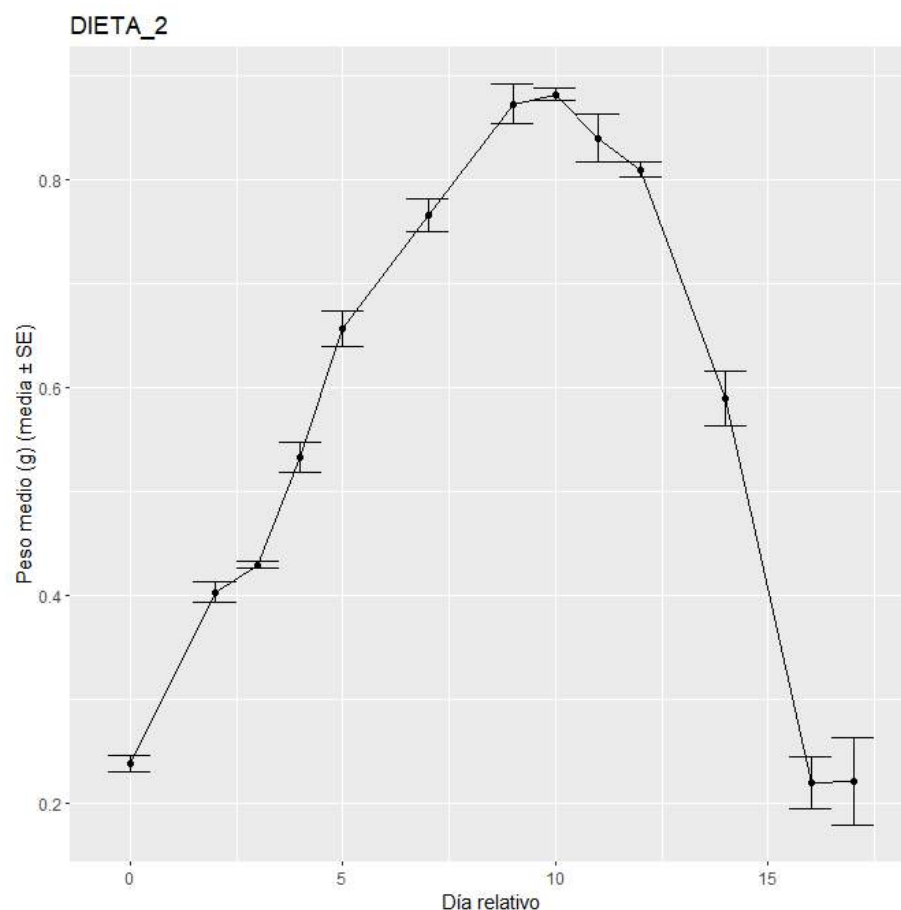


Figura 14: Evolución del peso en dieta 2.

En cuanto a la Dieta 2, se alcanza a identificar que obtiene un pico de peso máximo de 0.917 g en el día 9, justo tres días antes que el grupo Control y la Dieta 1. Esto se entiende como una aceleración significativa en la etapa de acumulación de su masa. La curva de ascenso es sumamente pronunciada que se logra notar en los primeros 5 días, con las larvas duplicando su peso inicial para el día 3. A pesar de ello, su pico absoluto llega a ser el menos pronunciado entre los cuatro grupos alimenticios, sugiriendo que, aunque la Dieta 2 acelera el crecimiento, esta no favorece a la acumulación total de su masa. La reducción postpico indica que es del 75.8%, terminando en 0.222 g.

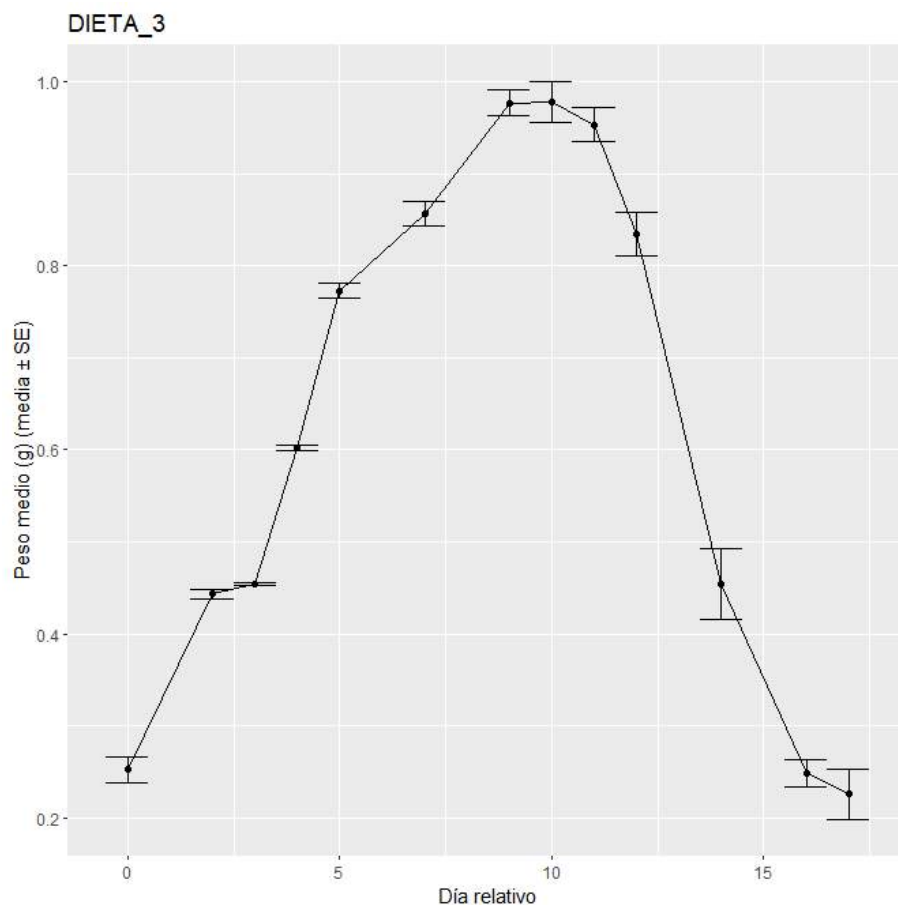


Figura 15: Evolución del peso en dieta 3.

La Dieta 3 exhibe el peso máximo con mayor frecuencia de entre todos los tratamientos con 1.020 g, siendo la única que supera el gramo. Este pico se alcanza en el día 10, con una diferencia de dos días antes que el grupo Control. La curva de crecimiento inicial es muy pronunciada, que se puede traducir como la más rápida de los cuatro grupos, con un ascenso marcado entre los días 0 y 7 que lleva a las larvas desde 0.253 g hasta aproximadamente 0.90 g. Esto indica que la Dieta 3 proporciona los nutrientes óptimos que facilita maximizar tanto la velocidad como la magnitud del crecimiento larvario. Tras el pico, la caída es abrupta: el peso llega a reducirse en un 77.8%, terminando con un peso de 0.226 g. Las barras de error son particularmente amplias durante la fase del declive (días 11-15), consistente

con la mayor heterogeneidad en los tiempos de metamorfosis que se observó previamente en el análisis de Kaplan-Meier.

8.3 Tasa de Supervivencia

8.3.1 Evolución de la supervivencia por tratamiento

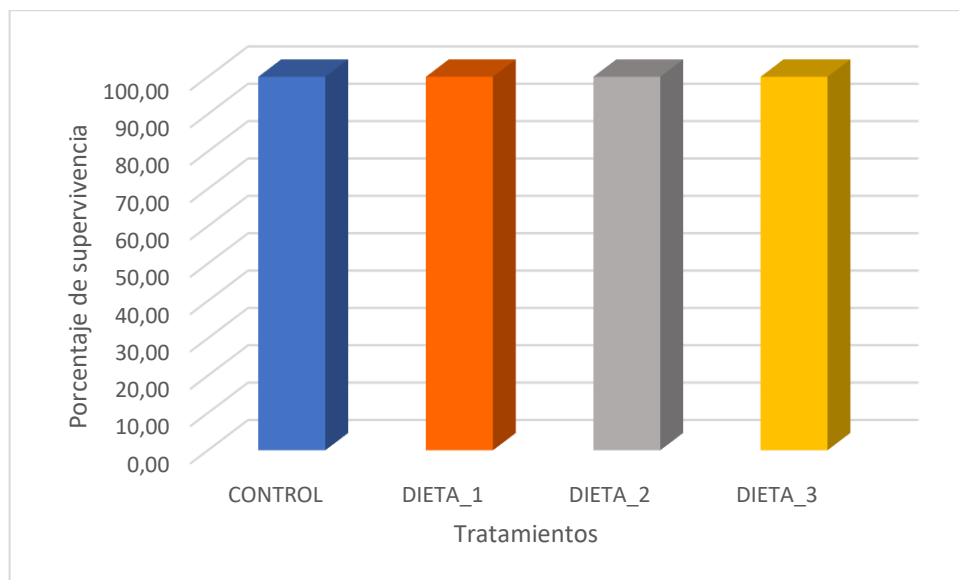


Figura 16: Evolución de la supervivencia en cada tratamiento.

La gráfica muestra la supervivencia larval (%) a lo largo del desarrollo para cada tratamiento alimenticio. El resultado es inequívoco: la supervivencia fue del 100% en los cuatro grupos durante todo el experimento, sin registrarse mortalidad en ninguna de las tres réplicas por grupo.

Las líneas se mantuvieron constantes en el 100% desde el inicio hasta la finalización del estudio, evidenciando que todos los individuos completaron su metamorfosis.

Esto significa que los 84 individuos que iniciaron el experimento (7 larvas $\times$ 3 réplicas $\times$ 4 grupos experimentales) sobrevivieron y completaron la metamorfosis.

El hecho de que no se registrara mortalidad larval confirma que las condiciones ambientales, la alimentación y el manejo del agua y la temperatura fueron los adecuados para el desarrollo de los renacuajos de *Rhinella bella*.

8.4 Duración del desarrollo larval hasta la metamorfosis en cada tratamiento alimenticio, a través del índice de Gosner.

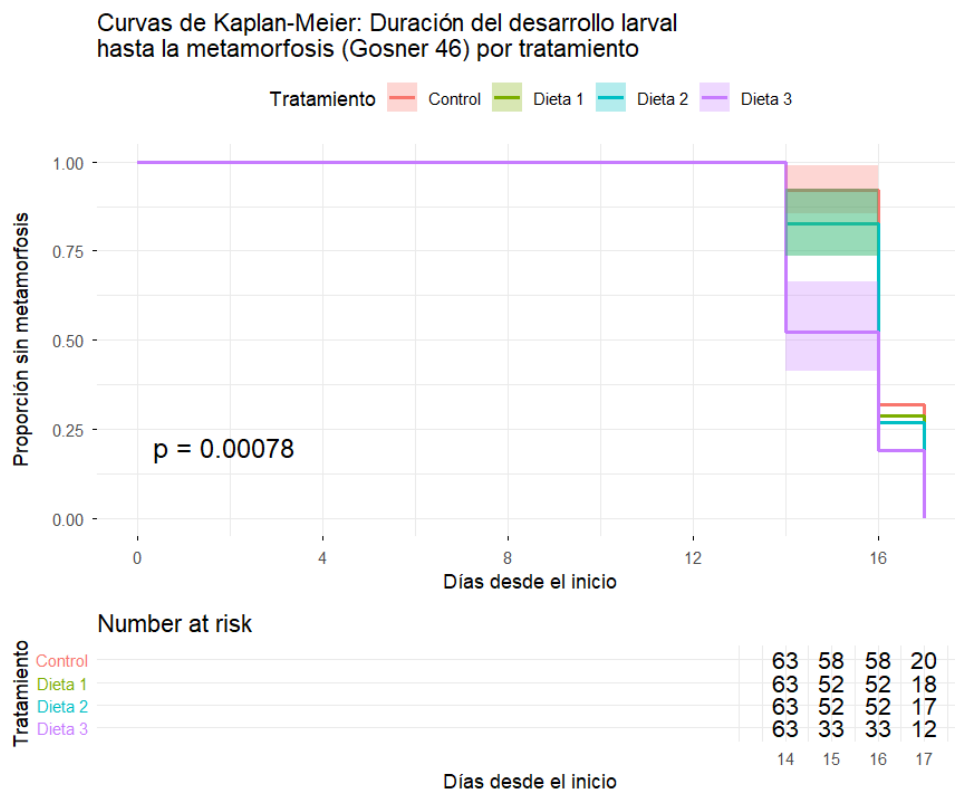


Figura 17: Curvas de supervivencia combinadas (4 tratamientos superpuestos)

El primer gráfico presenta las curvas de Kaplan-Meier de los cuatro tratamientos alimenticios (Control, Dieta 1, Dieta 2 y Dieta 3) superpuestas en un mismo plano, lo que permite una comparación visual directa del tiempo que tardan las larvas de *Rhinella bella* en alcanzar la metamorfosis completa, definida como el estadio 46 del índice de Gosner. El eje Y representa la proporción de individuos que aún no han completado la metamorfosis (es decir, que permanecen en fase larval), mientras que el eje X muestra los días transcurridos desde el inicio del experimento. La tabla de riesgo inferior denota la cantidad de sujetos bajo observación en cada momento del estudio.

Durante los primeros 12-13 días del experimento, las cuatro curvas se mantienen enteramente superpuestas al 100%, esto significa que ningún individuo, dentro de cualquier terapia, ni un solo ha llegado a metamorfosear en ese período. Este comportamiento es esperable, dado que para que los renacuajos evolucionen, requieren un tiempo mínimo para progresar a través de los estadios intermedios de Gosner antes de llegar al estadio 46.

La discrepancia entre los tratamientos se manifiesta a partir del día 14, donde las curvas marcan el inicio de una separación absoluta de las trayectorias ya observadas. En este punto, el comportamiento de la curva de Dieta 3 presenta un descenso significativo, transitando del 100% al 52.4%, lo que significa que casi la mitad (47.6%) de las larvas alimentadas mediante la formulación de la Dieta 3 ya habían alcanzado su metamorfosis. Por otra parte, el grupo Control solo presenta

un descenso al 92.1% (apenas el 7.9% transformado), mientras que Dieta 1 y Dieta 2 presentan descensos intermedios similares entre sí, cada una alcanzando el 82.5% (17.5% transformado).

Entre los días 14 y 16, todas las curvas descienden abruptamente. Al día 16, la proporción de larvas sin metamorfosis se reduce a 31.7% en el Control, 28.6% en Dieta 1, 27.0% en Dieta 2 y 19.0% en Dieta 3. La Dieta 3 continúa liderando el proceso, con la menor proporción de individuos pendientes de metamorfosear. Para el día 17, la totalidad de los individuos en los cuatro grupos alimenticios han completado la metamorfosis (0% restante), lo que significa que no hubo censura por mortalidad ni individuos que quedaran sin poder completar el proceso de transformación.

El test estadístico de log-rank, con un valor p de 0.00078 que se visualiza en el gráfico, confirma la significancia estadística entre las curvas de supervivencia ($\chi^2 = 16.8$, $gl = 3$). La tabla de riesgo evidencia visualmente la siguiente interpretación: para el día 14, mientras que el grupo Control aún consta con 58 de sus 63 individuos sin completar la metamorfosis, la Dieta 3 solo retiene 33 individuos, es decir, casi la mitad ya terminaron su desarrollo. Esta diferencia en el número de individuos en riesgo es lo que impulsa en los momentos críticos, lo que confiere al test de su significancia estadística.

Los rangos de confianza al 95% (bandas sombreadas) son algo angostos para la mayoría de las curvas, lo que presentó una precisión apreciable en las estimaciones. Sin embargo, la banda de confianza de Dieta 3 es ligeramente más extensa, esta se notó mucho en el día 14, lo que refleja una mayor dispersión en el momento justo de la metamorfosis dentro de este grupo, posiblemente debido a que los ejemplares de Dieta 3 iniciaron su metamorfosis de modo más escalonado.

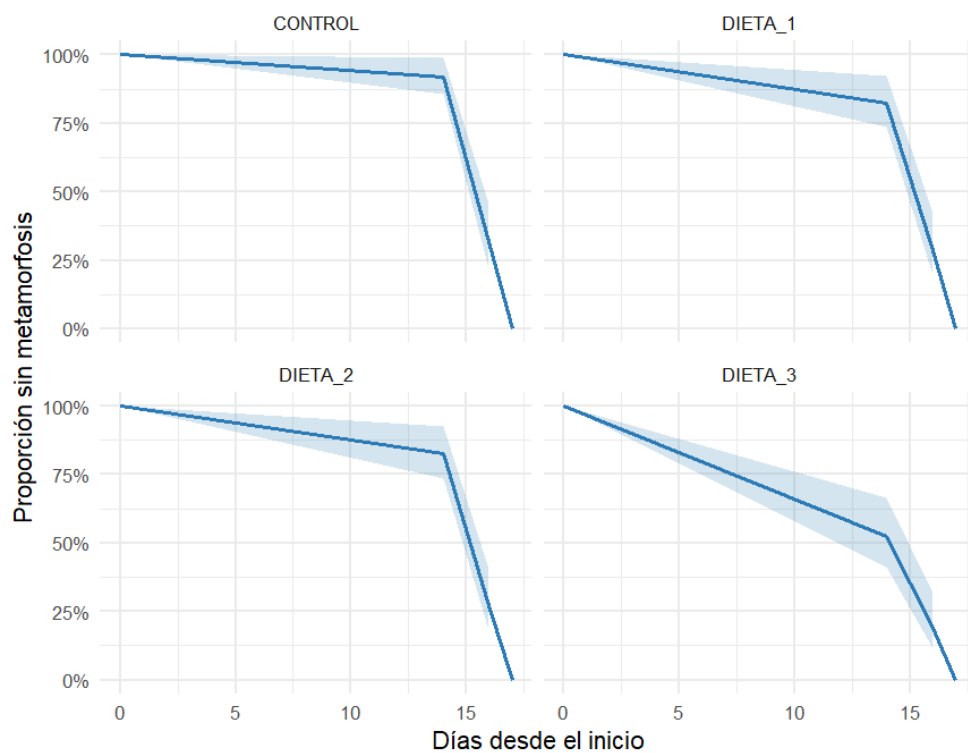


Figura 18: Duración del desarrollo larval hasta la metamorfosis (Gosner 46)

El segundo gráfico divide los datos en cuatro paneles independientes, uno para cada grupo alimenticio, lo que facilita apreciar la cronología de la metamorfosis para cada grupo.

En cuanto a lo que refleja el panel de grupo Control: La curva permanece plana en el 100% hasta llegar al día 14, donde disminuye ligeramente al 92.1%. El descenso

más pronunciado pasa entre los días 14 y 17, concentrándose especialmente entre los días 16 y el 17. Este patrón nos muestra que la gran mayoría de las larvas del grupo Control completaron la metamorfosis sincronizadamente, con un desarrollo larval más prolongado en cuanto a los tratamientos restantes. El intervalo de confianza que se presenta es estrecho durante la fase de estabilidad y se expande levemente durante su descenso, lo cual es entendible debido a que la varianza de la estimación de Kaplan-Meier se incrementa con la ocurrencia de los eventos.

Para el panel de la Dieta 1: Se exhibe un patrón muy similar al del grupo Control, su curva presenta niveles elevados hasta el día 14, donde desciende al 82.5%. Esto quiere decir que un 17.5% de las larvas ya había cumplido su metamorfosis para ese momento, una proporción ligeramente mayor que la del grupo Control. La caída posterior es igualmente abrupta, alcanzando 28.6% al día 16 y 0% al día 17. La similitud con el Control sugiere que la Dieta 1 no tiene un efecto sustancial sobre la aceleración del desarrollo larval, lo cual es consistente con la comparación por pares donde la diferencia Control vs Dieta 1 no resultó significativa ($p = 1.00$ con corrección de Bonferroni).

Panel Dieta 2: Prácticamente indistinguible de la Dieta 1 en cuanto a patrón y porcentajes (82.5% al día 14, 27.0% al día 16). La curva muestra una forma casi idéntica, con la metamorfosis concentrada entre los días 14 y 17. Las bandas de confianza tienen una amplitud similar. Esto confirma que Dieta 1 y Dieta 2

producen resultados muy semejantes en cuanto a la duración del desarrollo larval ($p = 1.00$ en la comparación por pares).

Panel Dieta 3: Este panel muestra el patrón más diferenciado de los cuatro. La curva desciende al 52.4% que comprende el día 14, lo que representa un descenso casi tres veces mayor que la del grupo Control en el mismo punto temporal. Esto justifica que la Dieta 3 aceleró significativamente el inicio de la metamorfosis, con casi la mitad de los individuos que completaron su proceso al menos 2-3 días antes que en los demás tratamientos. Al día 16, solo el 19.0% de los individuos no cumplían con su metamorfosis, siendo esta la proporción más baja entre todos los grupos. Además, la banda de confianza es más amplia que en los otros paneles, particularmente entre los días 14 y 16, presentando una mayor heterogeneidad en los tiempos de metamorfosis: ciertos individuos lograron completar el proceso tempranamente como el día 14, mientras otros tardaron hasta el día 17, provocando una dispersión mayor dentro del grupo.

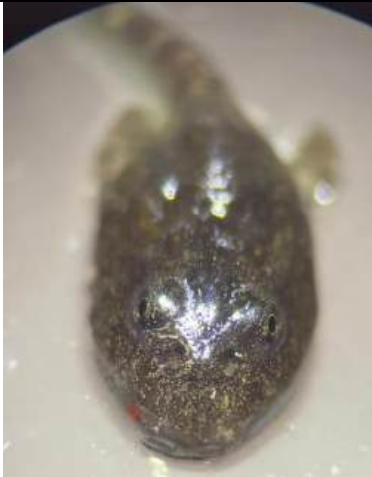
Tabla 2. Seguimiento fotográfico de los estadios de la especie *Rhinella bella* hasta su metamorfosis (Estadio= 25 hasta 46).

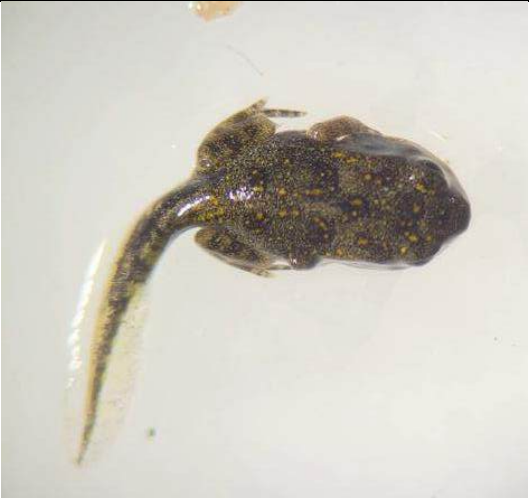
FOTO	ESTADIO	Gosner indicaciones

	25 Tardío	- Primer estadio larval funcional que marca la transición entre el desarrollo embrionario y su período de alimentación libre. Aún no presenta brotes visibles de las patas posteriores.
	26	Aparición de los brotes de las patas posteriores; Visible como una protuberancia a cada lado de la región cloacal.
	27	Brotes de patas posteriores ligeramente más largos; longitud del brote supera su anchura basal.
	28	Extremo distal del brote ensanchado.

	29 - 30	Aparición de una ligera constricción que indica previa articulación del tobillo; primer esbozo de los dedos del pie.
	31	Regiones distinguibles: muslo y segmento distal. Los dedos comienzan a individualizarse.
	32 - 35	Desarrollo progresivo de los dedos del pie cada vez más diferenciados. Incremento notable de la longitud de la extremidad.
	36	Dedos más largos y separados. La pata adquiere aspecto similar al de un anuro juvenil.

	37	Extremidades posteriores alcanzan aproximadamente la mitad del tamaño definitivo.
	38	Extremidades posteriores más desarrolladas; articulaciones evidentes.
	39	Dedos completamente formados; la pata sigue creciendo.
	40	Patas posteriores casi completas; tamaño cercano al definitivo previo a la metamorfosis. Opérculo presenta color notable, significa desarrollo de patas anteriores.

	41	Patas posteriores totalmente desarrolladas; las patas anteriores están formadas, pero permanecen cubiertas por el opérculo.
	42	Emerge una extremidad anterior (generalmente la izquierda primero); comienza el clímax metamorfofítico.
	43	Desarrollo de la boca entre la fosa nasal previo al atrofio de la cola. Extremidades anteriores visibles, su cola aún es larga.

	44	Aparición del aspecto corporal de un pequeño sapo (boca debajo del ojo). Reabsorción de la cola.
	45	Cola reducida a un pequeño remanente; boca posterior al ojo. El animal pasa más tiempo fuera del agua o cerca de la orilla.
	46	- Cola totalmente reabsorbida. - Metamorfosis finalizada. - Juvenil completamente formado.

9. DISCUSIONES

9.1 Influencia de la calidad nutricional sobre el desarrollo larval

Los resultados obtenidos sugieren que la calidad nutricional de la dieta destaca un determinante papel ante el desarrollo larval de *Rhinella bella*, evidenciado por las diferencias observadas en el avance de los estadios de Gosner entre tratamientos. Un patrón que coincide con lo que señaló Kupferberg (1997), quien demostró que los regímenes alimenticios ricos en proteínas aceleran el crecimiento y la metamorfosis de los anuros, concluyendo con los nutrientes del alimento que regulan directamente la energía requerida para la formación de tejidos y transformaciones fisiológicas de la etapa larval.

Asimismo, Altig, Whiles y Taylor (2007) señalan que los renacuajos ocupan distintas posiciones tróficas y necesitan un espectro nutricional diverso para cubrir gastos energéticos, por esta razón, la calidad del recurso alimentario impacta directamente en su desarrollo físico y su tasa de mortalidad.

9.2 Efecto de la alimentación sobre la supervivencia larval

La supervivencia observada en distintos tratamientos alimenticios sugiere que también influye en la capacidad de los individuos para mantener sus funciones fisiológicas esenciales durante su desarrollo, ya que se presentaron mayores porcentajes de supervivencia. Ethier et al. (2024) encontraron que, a una mayor diversidad alimentaria, esta incrementa significativamente la supervivencia hasta la metamorfosis, favoreciendo crecimiento y acelerando el desarrollo, demostrando que dietas más variadas presentan más probabilidades de sobrevivir que aquellos con recursos alimenticios limitados.

9.3 Diferencias en el avance de los estadios Gosner

Las diferencias registradas en los estadios de Gosner entre tratamientos presentaron evidencias diferenciales de las larvas frente a los recursos alimenticios suministrados, puesto que un avance más rápido en la escala de Gosner indica que los organismos fueron capaces de completar eficientemente los procesos morfológicos y fisiológico necesario para la metamorfosis. Manenti et al. (2023) demostraron que restricciones alimenticias reducen significativamente la velocidad de desarrollo y retrasan su llegada a estadios más avanzados, argumentando que la escasez de recursos obliga a los organismos a priorizar funciones básicas de supervivencia antes que sus procesos de crecimiento y diferenciación.

9.4 Implicaciones ecológicas y de conservación para *Rhinella bella*

Los resultados obtenidos tienen relevancia para la conservación de la especie, debido a que su alimentación influye directamente sobre variables clave del desempeño biológico como el crecimiento, desarrollo y supervivencia larval. Etapas tempranas son críticas para la dinámica poblacional de los anfibios, cualquier alteración puede repercutir en el reclutamiento de individuos hacia las poblaciones adultas.

A nivel global, Amphibian Conservation Action Plan (ACAP, 2024) reconoce que el éxito de estrategias de conservación depende de una considerable comprensión de los factores ecológicos que afectan la supervivencia y desarrollo de las especies durante toda su etapa en su ciclo de vida, resaltando como prioridad la generación de información ecológica que permite fundamentar decisiones de manejo basadas en evidencia científica.

10. CONCLUSIÓN

La implementación de diferentes tratamientos alimenticios bajo condiciones controladas de invernadero demostró que la composición de la dieta influyó con el crecimiento corporal y su velocidad ante su desarrollo larval de *Rhinella* bella, presentando diferencias entre tratamientos. Sin embargo, careció de diferencias en la supervivencia, puesto que, todos los individuos sobrevivieron hasta completar con su metamorfosis.

Conforme a los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis de investigación (H1), que establecía diferentes grupos experimentales formados por un grupo control y tres tratamientos dietéticos influyen en el desarrollo y crecimiento larval de *Rhinella bella* bajo condiciones controladas. Cuya dieta mixta presentó un destacable desempeño biológico, aportando tanto al crecimiento morfométricos como una metamorfosis más espontánea en comparación con el resto de tratamientos.

Respecto al primer objetivo, la implementación exitosa de los cuatro grupos experimentales bajo condiciones controladas, mantuvo estabilidad en los parámetros ambientales con temperatura de (26-27 °C), pH (7.1-7.4) y amonio entre 0.1 y 0.2 mg/L, condiciones que evaluaron objetivamente el efecto de cada tratamiento.

La relación del segundo objetivo, con la comparación de sus variables morfométricas evidenció mayores valores promedio de crecimiento en la **Dieta 3 (mixta)**, con una longitud corporal de **0.88 cm** y un peso promedio de **0.60 g**, superando el resto de tratamientos. En cuanto a la supervivencia, reflejó datos del

100% en todos los grupos experimentales, comprometiendo la viabilidad de las larvas durante el estudio en base a sus dietas.

Respecto al tercer objetivo, su duración del desarrollo larval hasta su metamorfosis fue influenciado por el tratamiento alimenticio. De acuerdo con el análisis de Kaplan-Meier mostró diferencias estadísticas muy significativas entre tratamientos (**Log-rank $\chi^2 = 16,8$; gl = 3; p = 0,00078**), mostrando que la Dieta 3 aceleró su proceso metamorfofítico. Para el día 14, el 47.6% de los individuos en el tratamiento ya completaron la metamorfosis, en cuanto al grupo control solo lo hizo con el 7.9%, evidenciando la transición más rápida hasta el estadio 46 de Gosner.

11. RECOMENDACIÓN

Con base en los resultados, se recomienda incorporar la dieta mixta como una estrategia alimenticia para futuras investigaciones y programas de conservación de *Rhinella bella*, por sus resultados más que favorables en términos de crecimiento corporal, ganancia de peso y aceleración del desarrollo larval.

Se recomienda ampliar el tiempo de evaluación de futuros estudios para incluir el seguimiento de los individuos incluso durante la etapa postmetamórfica, con el fin de determinar si las ventajas que se obtuvieron se mantienen en crecimiento, condición corporal, supervivencia y adaptación de los juveniles.

Es recomendable realizar un análisis bromatológico que detalle a cada uno de los componentes que fueron usados en las dietas experimentales, con el fin de identificar con precisión el aporte de proteínas, lípido, carbohidratos, vitaminas y minerales que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las larvas.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Vásquez, V. N. (2021). Influencia de la dieta en el desarrollo de renacuajos de la rana cohete de Cuenca “*Hyloxalus vertebralis*” para el manejo en cautiverio [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Institucional UPSE.
<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/43074a0a-c226-4204-bb96-e58662c559d2/content>
- Albecker, M. A., Strobel, S. M., & Womack, M. C. (2023). Developmental plasticity in anurans. *Integrative and Comparative Biology*.
<https://academic.oup.com/icb/article/63/3/714/7190628>
- AmphibiaWeb. (2023). Amphibian declines. University of California, Berkeley.
<https://amphibiaweb.org/amphibian/declines.html>
- Armijos-Ojeda, D., Székely, D., Székely, P., Cogălniceanu, D., Cisneros-Heredia, D. F., Ordóñez-Delgado, L., Escudero, A., & Espinosa, C. I. (2021). Amphibians of the equatorial seasonally dry forests of Ecuador and Peru. *ZooKeys*, 1063, 23–48. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1063.69580>
- Bionda, C., Gari, N., Luque, E., Salas, N., Lajmanovich, R., & Martino, A. (2012). Ecología trófica en larvas de *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) en agroecosistemas y sus posibles implicaciones para la conservación. *Revista de Biología Tropical*, 60(2), 771-779.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442012000200021

Camacho Pazmiño, M. S. (2015). Evaluación de tres tipos de dietas para la alimentación de renacuajos de *Gastrotheca riobambae*. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UTC. Latacunga.
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2807>

CVAMIVET. (2025). Factores que influyen en la reproducción de anfibios. Recuperado de <https://cvamivet.es/factores-que-influyen-en-la-reproduccion-de-anfibios/>

Ethier, J. P., et al. (2024). Rearing density and food variety impact growth and development. *Zoo Biology*.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/zoo.21848>

FAO. (2025). 5.2 Alimentación y Nutrición.
<https://www.fao.org/4/y5720s/y5720s0a.htm>

Gonçalves, I. M., et al. (2023). Feeding ecology of neotropical tadpoles. *Austral Ecology*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/aec.13302>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Jacobson, B., Cedeño-Vázquez, J. R., González Solís, D., & Espinoza Ávalos, J. (2017). Efecto de la dieta sobre el crecimiento y la metamorfosis de los renacuajos de *Tripion petasatus*. FAO AGRIS Database.

Köhler, G., & Thammachoti, P. (2023). Comparative study of the larval development of anuran species. *Raffles Bulletin of Zoology*. <https://lkcnhm.nus.edu.sg/wp-content/uploads/sites/10/2023/02/RBZ-2023-0003.pdf>

Manenti, R., et al. (2023). Larval development and trophic resource availability. *Journal of Evolutionary Biology*. <https://academic.oup.com/jeb/article/36/3/529/7326108>

Menéndez-Guerrero, P. A., Lima dos Santos, S. P., Salazar-Nicholls, M.-J., Green, D. M., & Ron, S. R. (2024). Diversidad críptica en sapos del grupo de especies *Rhinella marina* (Anura, Bufonidae) con una nueva especie subjetivamente hermosa del oeste de Ecuador. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 202(3). <https://doi.org/10.1093/zoolinlean/zlad197>

Park, J.-K., Park, W.-B., & Do, Y. (2023). Tadpole growth rates and developmental stages. *PLOS ONE*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10553268/>

Pereyra, M. O., Blotto, B. L., Baldo, D., Chaparro, J. C., Ron, S. R., Elias-Costa, A. J., Iglesias, P. P., Venegas, P. J., Thomé, M. T. C., Ospina-Sarria, J. J., Maciel, N. M., Rada, M., Kolenc, F., Borteiro, C., Rivera-Correa, M., Rojas-Runjaic, F. J. M., Moravec, J., De La Riva, I., Wheeler, W. C., Castroviejo-Fisher, S., Grant, T., Haddad, C. F. B., & Faivovich, J. (2021). Evolution in the Genus *Rhinella*: a total evidence phylogenetic analysis of neotropical true toads (Anura: Bufonidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 447(1), 1-156. <https://doi.org/10.1206/0003-0090.447.1.1>

Pintanel, P. A. G., Tejedo, M. E. T. R. O., Merino-Viteri, A. Y., otros. (2022). La variabilidad climática local y altitudinal predice la amplitud térmica de los renacuajos tropicales de montaña. *Ecografía*, e05906.

Rivera, D., Prates, I., Firreno, T. J. Jr, Rodrigues, M. T., Caldwell, J. P., & Fujita, M. K. (2022). Phylogenomics, introgression, and demographic history of South American true toads (*Rhinella*). *Molecular Ecology*, 31(3), 978-992. <https://doi.org/10.1111/mec.16280>

Soto, E. R., Sallaberry, M., Núñez, J. J., & Méndez, M. A. (2025). Desarrollo larvario y estrategias reproductivas en anfibios. Universidad Austral de Chile. ResearchGate.

Womack, M. C., et al. (2020). State of the Amphibia 2020. *Ichthyology & Herpetology*. <https://www.ichthyologyandherpetology.org/h2022005>

SARAH J. KUPFERBERG, The Role of Larval Diet in Anuran Metamorphosis, *American Zoologist*, Volume 37, Issue 2, April 1997, Pages 146–159. <https://doi.org/10.1093/icb/37.2.146>

Altig, R., Whiles, M. R., & Taylor, C. L. (2007). What do tadpoles really eat? Assessing the trophic status of an understudied and imperiled group of consumers in freshwater habitats. doi:10.1111/j.1365-2427.2006.01694.x

Ethier et al. (2024) Rearing density and food variety impact growth, development, and survival of larvae in the declining amphibian, *Pseudacris maculata*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/zoo.21848>

Raoul Manenti, Nadiah Kristensen, Paola Cogliati, Benedetta Barzaghi, Andrea Melotto, Gentile Francesco Ficetola, Larval development and poor trophic resource availability: Local adaptations and plasticity in a widespread amphibian species, *Journal of Evolutionary Biology*, Volume 36, Issue 3, 1 March 2023, Pages 529–541, <https://doi.org/10.1111/jeb.14155>

IUCN SSC Amphibian Specialist Group (2024). Amphibian conservation action plan: A status review and roadmap for global amphibian conservation. Wren, S., Borzée, A., Marcec-Greaves, R. & Angulo, A. (Eds.). IUCN SSC Occasional Paper, No 57. Gland, Switzerland: IUCN.

Womack, M. C., et al. (2020). State of the Amphibia 2020. Ichthyology & Herpetology. <https://www.ichthyologyandherpetology.org/h2022005>

Medina Malqui, F. V. (2023). Influencia de dietas y temperaturas en el desarrollo larvario de *Ranitomeya sirensis* (Anura: Dendrobatidae), Tingo María - Perú [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS.

Gil, C. T. (2017). Desarrollo de un programa nutricional preliminar para mantenimiento de *Dendropsophus padreluna* y rana saltona *Rheobates palmatus* en condiciones controladas en la Fundación Zoológico Santacruz. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.14625/25846>

Duellman, W. E., & Trueb, L. (1994). *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press.

Dodd, C. K. (Ed.). (2010). *Amphibian Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford University Press.

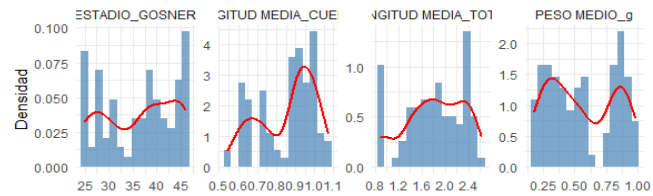
Wells, K. D. (2007). *The Ecology and Behavior of Amphibians*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/9780226893334>

Youngquist, M. B., & Boone, M. D. (2021). *Effects of food availability on larval amphibian development*.

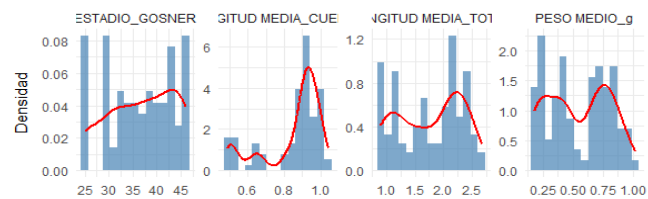
13. TABLAS Y ANEXOS

Prueba de normalidad

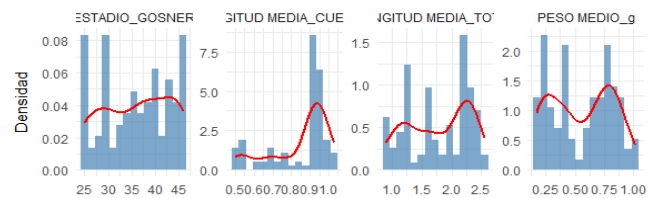
Hoja 1



Hoja 2



Hoja 3



Longitud total de cada tratamiento por las tres replicas.

LONGITUD_TOTAL				
TRATAMIENTO	REPLICA_1	REPLICA_2	REPLICA_3	PROMEDIO
CONTROL	1,79	1,75	1,78	1,77
DIETA_1	1,80	1,77	1,77	1,78
DIETA_2	1,80	1,75	1,76	1,77
DIETA_3	1,81	1,79	1,81	1,80

Longitud del cuerpo en cada tratamiento por las tres replicas.

LONGITUD_CUERPO				
TRATAMIENTO	REPLICA_1	REPLICA_2	REPLICA_3	PROMEDIO
CONTROL	0,83	0,84	0,81	0,82
DIETA_1	0,86	0,85	0,85	0,85
DIETA_2	0,85	0,83	0,84	0,84
DIETA_3	0,89	0,89	0,88	0,88

Peso en cada tratamiento por las tres replicas.

PESO				
TRATAMIENTO	REPLICA_1	REPLICA_2	REPLICA_3	PROMEDIO
CONTROL	0,51	0,46	0,54	0,50
DIETA_1	0,55	0,56	0,54	0,55
DIETA_2	0,56	0,58	0,57	0,57
DIETA_3	0,62	0,60	0,58	0,60

Supervivencia en cada tratamiento por las tres replicas.

TRATAMIENTO	DIA 0	DIA 14	DIA 16	DIA 17
CONTROL	100%	92,1%	31,7%	0%
DIETA1	100%	82,5%	28,6%	0%
DIETA2	100%	82,5%	27,0%	0%
DIETA3	100%	52,4%	19,0%	0%

Temperatura en cada tratamiento por las tres replicas.

TEMPERATURA				
TRATAMIENTO	REPLICA_1	REPLICA_2	REPLICA_3	PROMEDIO
CONTROL	27	26	26	26
DIETA_1	27	26	27	27
DIETA_2	27	26	27	27
DIETA_3	27	26	27	27

Amonio (NH₄⁺) en cada tratamiento por las tres replicas.

Amonio (NH ₄ ⁺)				
TRATAMIENTO	R1 (mg/L)	R2 (mg/L)	R3 (mg/L)	Promedio
CONTROL	0,1	0,2	0,1	0,1
DIETA_1	0,2	0,2	0,2	0,2
DIETA_2	0,2	0,3	0,2	0,2
DIETA_3	0,2	0,2	0,2	0,2

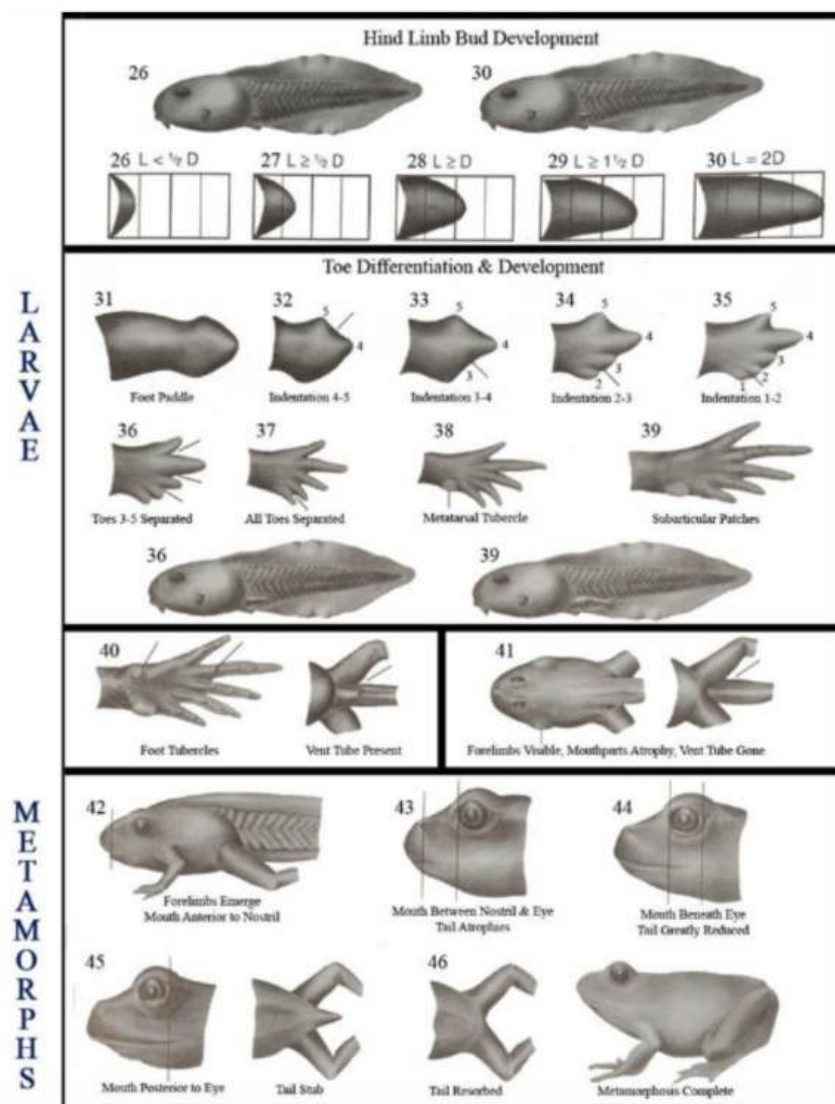
pH (Potencial de hidrógeno) en cada tratamiento por las tres replicas.

pH

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	Promedio
CONTROL	7,2	7,3	7,2	7,2
DIETA_1	7,4	7,5	7,4	7,4
DIETA_2	7,1	7,2	7,0	7,1
DIETA_3	7,3	7,2	7,4	7,3

Anexo 1

Tabla larval y metamorfoica del Índice de Gosner.



Anexo 2

Renacuajos de la especie *Rhinella bella* en su lugar de origen-lugar de extracción.



Anexo 3

Recolección de renacuajos de *Rhinella bella*.



Anexo 4

Recolección de alimento de origen natural para el Grupo control.



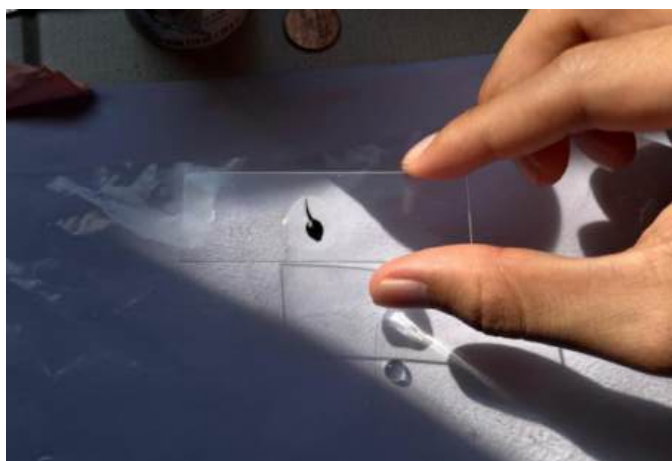
Anexo 5

Recipiente isotérmico para el transporte a las instalaciones del Laboratorio de Biología.



Anexo 6

Renacuajo en estadio 25, en las instalaciones de laboratorio en la facultad.



Anexo 7

Lugar situado para el invernadero ya instalado.



Anexo 8

Instalación de los recipientes con sus respectivos tratamientos del grupo control, Dieta 1, Dieta 2, Dieta 3.



Anexo 9

Dieta grupo control.



Anexo 10

Dieta proteica del grupo 1.



Anexo 11

Dieta vegetal del grupo 2.



Anexo 12

Dieta mixta del grupo 3.



Anexo 13

Instalación de recipientes, renacuajos y aplicación de dietas terminada.



Anexo 14

Reintroducción a su hábitat de origen de los individuos ya cumplida su metamorfosis.





CERTIFICADO

La Libertad, 05 de julio de 2026

Señor
Ing. Villon Moreno Jimmy Agustin, MSc
Director de la carrea de Biología
Universidad Estatal Península de Santa Elena
En su despacho. –

De mi consideración:

Por medio de la presente me dirijo a usted de manera cordial, informando que he brindado mi apoyo en la certificación de las especies de anuros registradas por parte del tesista **Jorge Luis López Saldarriaga**, con C.I. **2450275322**, con su tema de tesis de grado titulado: **ANÁLISIS SOBRE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO LARVAL A TRAVÉS DE DIETAS EN *Rhinella bella* EN CONDICIONES DE INVERNADERO.**, el cual se realizó en el periodo de enero a marzo del 2026, con la supervisión de su tutor de tesis Blgo. Xavier Piguave, M. SC.

Autorizo al peticionario hacer el uso que bien tuviere al presente documento.

Sin otro particular, agradezco su atención brindada.

Atentamente,



Validar documento en PíxelQR:
Escaneando el código QR
MARCO XAVIER GUNCAY JARAMILLO

Blgo. Marco Xavier Guncay Jaramillo, Mgtr.
Especialista en Herpetofauna

Dirección: La Libertad – prov. Santa Elena – Ecuador
Teléfono: 0999333377
Correo: xaviergun1360@hotmail.com

**Oficio de solicitud de autorización para realizar trabajo de Integración curricular en la
comuna Dos Mangas**

Santa Elena, 26 de enero del 2026

Señor
Danilo Ángel Vera López
Presidente de la comuna Dos Mangas
en su despacho

de mi consideración:

Yo, **Jorge Luis López Saldarriaga**, portador de la cédula de identidad No **2450275322**, estudiante de **Octavo** semestre la carrera de **Biología** en la **Universidad Estatal Península de Santa Elena**, me dirijo a usted con el debido respeto para solicitar su autorización con el fin de desarrollar mi trabajo de Integración curricular (tesis) con el tema:

**“ANÁLISIS SOBRE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO LARVAL A TRAVÉS DE
DIETAS EN *Rhinella bella* EN CONDICIONES DE INVERNADERO.”**

El presente trabajo tiene un enfoque experimental que permite evaluar su impacto a través de diferentes tratamientos alimenticios sobre su desarrollo larval. Esta investigación no solo proporcionará conocimiento biológico a la especie, sino también proporcionará herramientas prácticas para el manejo en cautiverio previo a su eventual reintroducción en hábitats naturales.

En caso de aprobación durante la presente Asamblea Comunal, se deja constancia de la autorización mediante la firma del presidente del cabildo.

Agradezco sinceramente la posibilidad de colaborar con la comuna en el desarrollo de este estudio.

Atentamente,

Jorge López Saldarriaga
C.I. 2450275322



Danilo Ángel Vera López
Presidente de la Comuna Dos Mangas



Ministerio de
Ambiente y Energía

PRONUNCIAMIENTO FAVORABLE No. MAE-ARSFC-2026-0132

Sr. LOPEZ SALDARRIAGA JORGE LUIS,

Una vez que la propuesta para Autorización de Recolección de Especímenes de la Diversidad Biológica Sin Fines Comerciales para Investigación Científica, ha sido analizada, el Ministerio de Ambiente y Energía en uso de las atribuciones que le confiere el Acuerdo Interministerial SENESCYT-MAE N°001 aprueba el Proyecto **Análisis sobre el desarrollo y crecimiento larval a través de dietas en *Rhinella bella* en condiciones de invernadero.**, al haber cumplido con los parámetros técnicos, administrativos y legales, establecidas en la ley.

En base a lo dispuesto en el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria.

Atentamente,

BAQUERO GONZALEZ JUDITH DENNIS

DIRECCIÓN DE BIODIVERSIDAD