

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“TOLERANCIAS TÉRMICAS EN ANFIBIOS DE LA ESTACIÓN  
BIOLÓGICA LOS AMIGOS, MADRE DE DIOS, PERÚ”**

Presentada por:

**ANDREA SUSANA GUTIÉRREZ DELGADO**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGA**

Lima – Perú

**2023**

---

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	Andrea Susana Gutiérrez Delgado Tesis.pdf (D171602311)
<b>Submitted</b>	2023-07-01 03:25:00
<b>Submitted by</b>	Liz Zaida Castañeda Córdova
<b>Submitter email</b>	lizcastaneda@lamolina.edu.pe
<b>Similarity</b>	0%
<b>Analysis address</b>	lizcastaneda.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

---

### Entire Document

---

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE CIENCIAS "TOLERANCIAS TÉRMICAS EN ANFIBIOS DE LA ESTACIÓN BIOLÓGICA LOS AMIGOS, MADRE DE DIOS, PERÚ" Presentada por: ANDREA SUSANA GUTIÉRREZ DELGADO Tesis para Optar El Título Profesional de: BIÓLOGA Lima – Perú 2023

\_\_\_\_\_ La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE CIENCIAS "TOLERANCIAS TÉRMICAS EN ANFIBIOS DE LA ESTACIÓN BIOLÓGICA LOS AMIGOS, MADRE DE DIOS, PERÚ" Presentada por: ANDREA SUSANA GUTIÉRREZ DELGADO Tesis para Optar el Título Profesional de: BIÓLOGO Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

\_\_\_\_\_ Ph.D. Diana Zulema Quinteros Carlos  
Maest. CS. Juan Jesús Torres Guevara PRESIDENTA MIEMBRO \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Dr. Edgar Hugo Sánchez Infantas Mg. Sc. Liz Zaida Castañeda Córdova  
MIEMBRO ASESORA

DEDICATORIA A mi madre Susana Delgado, mi ángel, mi fuerza, mi aliento y mi inspiración para siempre. A mi padre, por su amor incondicional, respeto y paciencia. A mis profesores y amistades, por alentarme y aconsejarme.

AGRADECIMIENTOS A Rudolf von May, PhD de California State University Channel Islands por su consideración, enseñanza en campo y laboratorio, por su paciencia, por sugerirme ideas de tesis y por la confianza para llevar a cabo este proyecto. A ACCA (Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica), por la Beca de investigación que cubría la estadía, alimentación y pasaje y por permitirme participar en un proyecto enfocado en la ecología de anfibios y reptiles. A Valia Herrera y Juan Carlos Cusi del Museo de Historia Natural de la UNMSM, por acompañarme en algunos de los momentos durante el trabajo de campo. Agradezco de todo corazón a la profesora Liz Castañeda, por su paciencia, dedicación y por los consejos que ayudaron a formarme como profesional y ser humano. También, agradezco al grupo de herpetología de CORBIDI por infundir en mí la curiosidad por los anfibios y permitirme expandir mis conocimientos en la rama de herpetología. Al profesor Abelardo Calderón por su amistad, recomendaciones y por darme el último impulso para culminar mis estudios en la Universidad Agraria La Molina. A mis padres por darme un buen ejemplo y apoyarme a lo largo de toda mi vida.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“TOLERANCIAS TÉRMICAS EN ANFIBIOS DE LA ESTACIÓN  
BIOLÓGICA LOS AMIGOS, MADRE DE DIOS, PERÚ”**

Presentada por:

**ANDREA SUSANA GUTIÉRREZ DELGADO**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGA**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

Ph.D. Diana Zulema Quinteros Carlos  
PRESIDENTE

---

Maest. Cs. Juan Jesús Torres Guevara  
MIEMBRO

---

Dr. Edgar Hugo Sánchez Infantas  
MIEMBRO

---

Mg. Sc. Liz Zaida Castañeda Córdova  
ASESORA

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Susana Delgado, mi ángel, mi fuerza, mi aliento y mi inspiración para siempre.*

*A mi padre, por su amor incondicional, respeto y paciencia.*

*A mis profesores y amistades, por alentarme y aconsejarme.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Rudolf von May, PhD de California State University Channel Islands por su consideración, enseñanza en campo y laboratorio, por su paciencia, por sugerirme ideas de tesis y por la confianza para llevar a cabo este proyecto.

A ACCA (Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica), por la Beca de investigación que cubría la estadía, alimentación y pasaje y por permitirme participar en un proyecto enfocado en la ecología de anfibios y reptiles.

A Valia Herrera y Juan Carlos Cusi del Museo de Historia Natural de la UNMSM, por acompañarme en algunos de los momentos durante el trabajo de campo.

Agradezco de todo corazón a la profesora Liz Castañeda, por su paciencia, dedicación y por los consejos que ayudaron a formarme como profesional y ser humano.

También, agradezco al grupo de herpetología de CORBIDI por infundir en mí la curiosidad por los anfibios y permitirme expandir mis conocimientos en la rama de herpetología.

Al profesor Abelardo Calderón por su amistad, recomendaciones y por darme el último impulso para culminar mis estudios en la Universidad Agraria La Molina.

A mis padres por darme un buen ejemplo y apoyarme a lo largo de toda mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 LA TEMPERATURA Y LOS ANIMALES .....	3
2.2 CAMBIO CLIMÁTICO.....	4
2.3 ANFIBIOS.....	9
2.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ANFIBIOS .....	9
2.3.2 ALIMENTACIÓN.....	9
2.3.3 REPRODUCCIÓN .....	10
2.4 EL IMPACTO DE LA TEMPERATURA EN LA VIDA DE LOS ANFIBIOS.....	11
2.4.1 DECLIVE MUNDIAL DE ANFIBIOS .....	13
2.4.2 ESTRÉS TÉRMICO .....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	19
3.2 MATERIALES DE CAMPO Y LABORATORIO .....	21
3.3 METODOLOGÍA DE CAPTURA .....	22
3.4 PARA LA DETERMINACIÓN DE ESPECÍMENES .....	23
3.5 PROTOCOLO EXPERIMENTAL .....	23
3.6 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE DATOS .....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
4.1 COMPOSICIÓN DE ESPECIES.....	29
4.2 RANGO TÉRMICO DE ESPECIES .....	30
4.3 COMPARACIÓN DE LAS TEMPERATURAS AMBIENTALES CON LOS LÍMITES DE TOLERANCIA TÉRMICA FISIOLÓGICOS (CTmax y CTmin).....	37

4.3.1	Análisis General de comparación entre CTmax, CTmin y temperaturas ambientales: .....	38
4.3.2	Comparación entre CTmax, CTmin y temperaturas ambientales por especie. ....	41
4.4	CORRELACIÓN ENTRE LOS CTmin, CTmax Vs. SVL Y PESO.....	64
4.5	COMPARACIÓN DE LOS LÍMITES DE TOLERANCIA TÉRMICA.....	66
4.5.1.	COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DE ANFIBIOS CON ANÁLISIS ANOVA PARA CTmax.....	66
4.5.2.	COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DE ANFIBIOS CON ANÁLISIS ANOVA PARA CTmin .....	70
4.6	DISCUSIÓN.....	72
V.	CONCLUSIONES.....	74
VI.	RECOMENDACIONES .....	76
VII.	BIBLIOGRAFÍA .....	77
VIII.	ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición de especies por familia y cantidad de individuos por especie. ....	29
Tabla 2: Prueba de Correlación de Pearson de SVL vs. CTmin .....	64
Tabla 3: Prueba de Correlación de Pearson de PESO vs. CTmin .....	65
Tabla 4: Prueba de Correlación de Pearson de SVL vs. CTmax .....	65
Tabla 5: Prueba de Correlación de Pearson de PESO vs. CTmax.....	65
Tabla 6: Test de Fisher de especies, CTmax .....	67
Tabla 7: Test de Fisher de especies, CTmin.....	71



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cambio en la temperatura de la tierra proyectado hasta el año 2100. ....	5
Figura 2. Anomalías anuales globales de temperatura de 1880 al 2010 de cuatro diferentes fuentes con la misma tendencia. ....	7
Figura 3. Diversidad de especies de anfibios a nivel global. ....	13
Figura 4. Mapa de ubicación del Centro de investigación y Capacitación río Los Amigos (CICRA). ....	20
Figura 5. Mapa de tipo de vegetación y cuerpos de agua en los alrededores del Centro de investigación y Capacitación río Los Amigos (CICRA). ....	21
Figura 6. Bolsas con anfibios recolectados y envases de plástico donde eran reubicados. ....	24
Figura 7. Recipientes con sustrato de hojas y humedecidos albergando anfibios. ....	24
Figura 8. Recipiente grande conteniendo un recipiente pequeño con anfibio. ....	25
Figura 9. Cocina a gas con olla y jarra para contener el agua caliente. ....	25
Figura 10. Anuro sobre su dorso sin movimientos después de ser sometido a aumento de temperatura. ....	26
Figura 11. <i>Ctenophryne geayi</i> apoyado en rama mientras se repone luego del experimento. ....	27
Figura 12. Cantidad de individuos de anuros por familia. ....	30
Figura 13. Rango térmico de especies que poseen datos de $CT_{min}$ y $CT_{max}$ . ....	31
Figura 14. Tamaño del rango térmico de 15 especies. ....	31
Figura 15. Coloración inicial de <i>Phyllomedusa vaillantii</i> . ....	34
Figura 16. Comparación de las temperaturas ambientales registradas durante 37 días con los límites de tolerancia térmica fisiológicos ( $CT_{max}$ y $CT_{min}$ ). ....	39
Figura 17. Andamio de madera para cruce peatonal en trocha inundable. ....	40
Figura 18. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a $CT_{max}$ y $CT_{min}$ de <i>Rhinella marina</i> . ....	41

Figura 19. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Dendropsophus minutus</i> . .....	43
Figura 20. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Pristimantis reichlei</i> . .....	44
Figura 21. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Pristimantis toftae</i> . .....	44
Figura 22. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Pristimantis buccinator</i> . .....	45
Figura 23. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Phyllomedusa vaillantii</i> . .....	46
Figura 24. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Ameerega hahneli</i> . .....	47
Figura 25. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Adenomera sp.</i> .....	47
Figura 26. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Allobates femoralis</i> .....	48
Figura 27. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Ameerega trivittata</i> .....	49
Figura 28. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Allobates trilineatus</i> . .....	50
Figura 29. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Ctenophryne geayi</i> . .....	51
Figura 30. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Engystomops freibergi</i> .....	52
Figura 31. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Edalorhina perezii</i> .....	53
Figura 32. Formación de espuma durante el apareamiento de <i>Edalorhina perezii</i> en la trocha 13 de Playa. ....	53
Figura 33. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Hamptophryne boliviana</i> .....	54

Figura 34. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Hypsiboas lanciformis</i> .	55
Figura 35. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Hypsiboas maculateralis</i> .	55
Figura 36. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Leptodactylus bolivianus</i> .	56
Figura 37. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Leptodactylus leptodactyloides</i> .	57
Figura 38. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Leptodactylus petersii</i> .	58
Figura 39. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Oreobates cruralis</i> .	59
Figura 40. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Oreobates quixensis</i> .	60
Figura 41. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Phyllomedusa palliata</i> .	61
Figura 42. Sendero donde se encontró a <i>Phyllomedusa palliata</i> afectado por el tránsito humano, con presencia de pasto por secciones.	61
Figura 43. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Rhinella margaritifera</i> .	62
Figura 44. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Scinax cf. ictericus</i> .	63
Figura 45.. Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de <i>Scinax ruber</i> .	64
Figura 46. Desprendimiento de capa blanquecina de <i>Hamptophryne boliviana</i> frente a alta temperatura.	69

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha general de datos recolectados.....	92
Anexo 2: Tabla de hábito, distribución y categoría de amenaza por especie.....	97
Anexo 3: Prueba de normalidad de errores para Análisis ANOVA para CTmax. ....	100
Anexo 4: Análisis de Varianza CTmax.....	100
Anexo 5: Prueba de homogeneidad de varianzas para Análisis ANOVA para CTmax.....	101
Anexo 6: Figura de comparación de medias de CTmax producto del análisis ANOVA .....	101
Anexo 7: Prueba de normalidad de errores para Análisis ANOVA para CTmin. ....	102
Anexo 8: Análisis de varianza CTmin. ....	102
Anexo 9: Prueba de homogeneidad de varianzas para Análisis ANOVA para CTmin,.....	103
Anexo 10: Figura de comparación de medias de CTmin producto del análisis ANOVA, .....	103
Anexo 11: Fotos de la mesa de trabajo dentro del laboratorio. Estación Biológica Los .....	104
Anexo 12: Fotos de especies colectadas y resguardadas dentro del laboratorio. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.....	105
Anexo 13: Trochas de captura de anfibios. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016. ....	106
Anexo 14: Figura de las temperaturas ambientales máximas absolutas, durante el Periodo de los años 2000 al 2016, con línea de tendencia. ....	109
Anexo 15: Figura de las temperaturas ambientales mínimas absolutas, durante el Periodo de los años 2000 al 2016, con línea de tendencia. ....	110
Anexo 16: Figura de las temperaturas ambientales promedio, durante el Periodo de los años 2000 al 2016, con línea de tendencia. ....	110

Anexo 17: Figura de la precipitación media mensual durante el Periodo de los años 2000 al 2016 .....	111
Anexo 18: Análisis de Componentes Principales (PCA).....	112

## RESUMEN

El cambio climático puede alterar factores como la temperatura que es clave para la supervivencia de todos los organismos, generando impactos negativos que afecten la susceptibilidad de ectotermos como los anfibios. Por tal motivo, es importante conocer las limitaciones fisiológicas de este grupo en áreas tropicales de selva baja donde existe escasa información. En ese marco, el objetivo principal de esta investigación fue describir las tolerancias térmicas en anfibios de la Estación Biológica CICRA ubicada en Madre de Dios. Para ello se obtuvieron los límites de tolerancia térmica CTmax y CTmin de un total de 93 anuros vivos, pudiéndose definir el rango térmico de 15 especies. Además, se describió las variaciones de temperatura durante el periodo de estudio y se pudo comparar estos con los límites fisiológicos mediante gráficos de dispersión. Asimismo, la obtención de CTmax y CTmin permitió a través de ANOVA comparar estos límites entre algunas especies. Como resultados se encontró que un bufónido, *R. marina* y un hílido, *H. lanciformis* tuvieron los rangos de tolerancia más amplios, mientras que *A. trilineatus* fue la especie con el rango más estrecho con 21.2°C. Además, se observó que el CTmax de una *R. marina* superó la temperatura ambiental más alta registrada en el estudio en 1.5°C y una *P. vaillantii* alcanzó el CTmin más bajo con 4.9°C un valor que fue inferior a la temperatura ambiental más baja. También, las medias de *P. reichlei* y *D. minutus* formaron una agrupación con mayor cercanía estadística mientras que la media de CTmin de *P. vaillantii* evidenció una mayor disimilitud del resto de especies. Finalmente, se concluyó que todas las especies poseían rangos de tamaño y extremos distintos; mientras que los CTmax estaban próximos a las temperaturas ambientales máximas y que los anfibios mostrarían una mayor ventaja para enfrentar eventos fríos.

**Palabras clave:** Anfibios, temperatura, CTmax, CTmin, tolerancia térmica, Madre de Dios.

## ABSTRACT

Climate change can alter factors such as temperature, key to the survival of all organisms, generating negative impacts to the susceptibility of ectotherms such as amphibians. For this reason, it is important to know the physiological limitations of this group in lowland tropical areas, where there is little information. In this framework, the main objective of the study was to describe the thermal tolerance of amphibians from the CICRA Biological Station located in Madre de Dios, Peru. Therefore, the thermal tolerance limits (CT<sub>max</sub> and CT<sub>min</sub>) of 93 living anurans were obtained, being able to define the thermal range of 15 species. In addition, temperature variations during the study period were described and compared with physiological limits using scatter plots. Likewise, obtaining CT<sub>max</sub> and CT<sub>min</sub> allowed to compare them between some species through an ANOVA. As results, it was found that a bufonid (*R. marina*), and a hylid (*H. lanciformis*) had the widest tolerance ranges, while *A. trilineatus* was the species with the narrowest range with 21.2°C. Furthermore, it was observed that the CT<sub>max</sub> of *R. marina* exceeded the highest environmental temperature recorded in the study by 1.5°C, and *P. vaillantii* reached the lowest CT<sub>min</sub> with 4.9°C, a value that was lower than the lowest environmental temperature. Thus, the means of *P. reichlei* and *D. minutus* formed a group with greater statistical closeness, while the mean CT<sub>min</sub> of *P. vaillantii* showed greater dissimilarity from the rest of the species. Finally, it was concluded that all species had different ranges and extreme values, while CT<sub>max</sub> values were close to the maximum environmental temperatures, so that the amphibians would show a greater advantage to face cold events.

**Keywords:** Amphibians, temperature, CT<sub>max</sub>, CT<sub>min</sub>, thermal tolerance, Madre de Dios.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 25 años, muchas poblaciones de anfibios han disminuido en gran medida o han desaparecido por completo (Carey, 2000). Y este grupo es uno de los más amenazados en la actualidad en comparación con los mamíferos y aves y casi un 41 % de todas las especies de anfibios figuran en la lista de especies amenazadas de extinción según, la Red List de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Esta situación se ha atribuido a diversos factores y a lo largo de los años muchas investigaciones han convergido en señalar que están involucrados la pérdida de hábitats naturales o su contaminación, el avance del hongo Quitridio y el cambio climático, factores que lejos de actuar independientemente podrían estar actuando en una inquietante sinergia. Es así como uno de los más controversiales en la actualidad es el cambio climático, cuyos efectos se han evidenciado con el retroceso de los glaciares, aumento de la temperatura global y otros cambios dramáticos. Por ejemplo: Heyer *et al.* (1988) sugirieron que una severa helada causó el declive y la extinción local de muchas ranas en el sureste de Brasil. Siendo la disminución de las poblaciones de anfibios un indicador preocupante de la salud del medio ambiente, ya que estos animales son sensibles a cambios en el clima y la calidad del agua (Boone, 2018).

Cabe señalar que la susceptibilidad de una población, especie o comunidad de recibir un impacto negativo debido al cambio climático dependerá de la combinación de dos factores: en primer lugar, la sensibilidad de los organismos, controlada por factores intrínsecos como los límites de tolerancia térmica fisiológicos (CT<sub>max</sub> y CT<sub>min</sub>) y en segundo lugar, la cantidad y variación en la exposición a factores ambientales extrínsecos con la capacidad de generar estrés, como temperaturas extremas (Deutsch *et al.*, 2008; Williams *et al.*, 2008; Duarte *et al.*, 2012; Foden *et al.*, 2013).

A pesar de que las zonas de los trópicos están caracterizadas por una alta biodiversidad podrían estar enfrentando un escenario incierto donde las temperaturas ambientales sobrepasen lo habitualmente reconocido para un área determinada perjudicando o favoreciendo la diversidad biológica de esa área, donde muchos organismos tienden a



vivir cerca de sus límites críticos de tolerancia a las altas temperaturas. Y no hay que olvidar que el Perú tiene una gran área de Selva Baja donde suelen reportarse olas de calor. A pesar de ello existe escasa información acerca de los límites de tolerancia térmica en especies de estas zonas.

Por todo lo anterior, el interés científico de la presente investigación, se basa en la importancia de describir las tolerancias térmicas en anfibios dentro de un centro de investigación en un área de conservación enfocado al servicio de la sociedad a través de actividades de investigación, educación, ecoturismo y servicios ambientales, que pueda proporcionar un ambiente apropiado para el estudio, caso específico en La Estación Biológica Los Amigos (CICRA), estación amazónica ubicada en la selva baja del departamento de Madre de Dios.

Adicionalmente, el presente estudio permitirá conocer el rango térmico de tolerancia para algunas especies. Así como se describirán las características ecológicas de la estación biológica para comparar las temperaturas ambientales con las temperaturas críticas fisiológicas de los anfibios encontrados. También se comparará los límites de tolerancia térmica entre especies de anfibios y de esta forma contribuir a dar un punto de referencia en la historia térmica de las especies de la zona.

### **Objetivo principal**

Describir las tolerancias térmicas en anfibios dentro de la Estación Biológica CICRA

### **Objetivos específicos**

- Definir el rango térmico de tolerancia para algunas especies
- Describir las características ecológicas de la estación biológica para comparar las temperaturas ambientales con las temperaturas críticas fisiológicas de los anfibios encontrados.
- Comparar los límites de tolerancia térmica entre especies de anfibios del centro de investigación.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 LA TEMPERATURA Y LOS ANIMALES

Scientific American (1979) se refirió al concepto de temperatura como la cantidad de calor por unidad de masa o grado de concentración del calor en cualquier escala que se mida.

La temperatura ambiental es un factor de gran relevancia biológica que puede variar entre límites más amplios que los compatibles con la vida, limitando la distribución de animales y alterando su actividad, además, manifiesta mayores oscilaciones en el medio terrestre que en el acuático (Barber & Ponz, 1998).

Una propiedad fundamental de la temperatura es que determina la dirección de la transferencia de calor (Hill, Wyse y Anderson, 2006). Es así, que el sistema para poder controlar la temperatura se denomina termorregulación. La termorregulación implica el mantenimiento de una temperatura tisular relativamente constante (Hill *et al.*, 2006).

La temperatura corporal de un animal es la consecuencia de la evaluación de diferentes factores, como es la suma del calor producido más el calor transferido, entendiéndose a este último como la diferencia entre el calor ganado y el calor perdido (Alfaro *et al.*, 2005). El origen del control de la temperatura corporal es tardío en la historia de los animales vertebrados y el desarrollo de la capacidad para controlar la temperatura pudo suponer un conjunto de sistemas orgánicos existentes con la finalidad secundaria de intervenir en el control térmico (Scientific American, 1979).

De acuerdo a su capacidad de endotermia los animales se clasifican en ectotermos y endotermos. Los primeros son aquellos donde las condiciones de temperatura fuera de su cuerpo determinan la temperatura de su cuerpo; en el segundo caso, se refiere a los animales que calientan su cuerpo mediante la producción de calor por procesos metabólicos (Hill *et al.*, 2006). A algunos animales ectotermos también se les denomina poiquilotermos debido a que tienen temperaturas corporales variables (Hill *et al.*, 2006). M. Williams (comunicación personal, 17 de febrero de 2022) sugiere que lo que define a un endotermo es que puede mantener su temperatura corporal interna a un nivel metabólicamente favorable a través del

calor generado a partir de su metabolismo rutinario. Por el contrario, en un ectotermo hay una dependencia casi completa del calor ambiental para determinar su temperatura corporal.

En otras palabras, la temperatura corporal en los endotermos se determina y controla por el metabolismo. En los ectotermos, por el contrario, la temperatura corporal se mantiene por mecanismos conductuales y es un proceso neuronal (M. Williams, comunicación personal, 17 de febrero de 2022).

Dos ejemplos claros de regulación de la temperatura en ectotermos reptilianos se pudieron observar en *Holbrookia texana* de las montañas del sudoeste de U.S.A que posee una temperatura corporal de 38.5 °C que el 75 por ciento del tiempo conserva la temperatura dentro de unos límites de 1.8 grados con respecto a la mencionada anteriormente. Otro caso es el de *Liolaemus multiformis*, un lagarto que habita a 4450 m.s.n.m con una temperatura del aire alrededor de los 0°C y sin embargo tiene una temperatura corporal de 31°C (Scientific American, 1979).

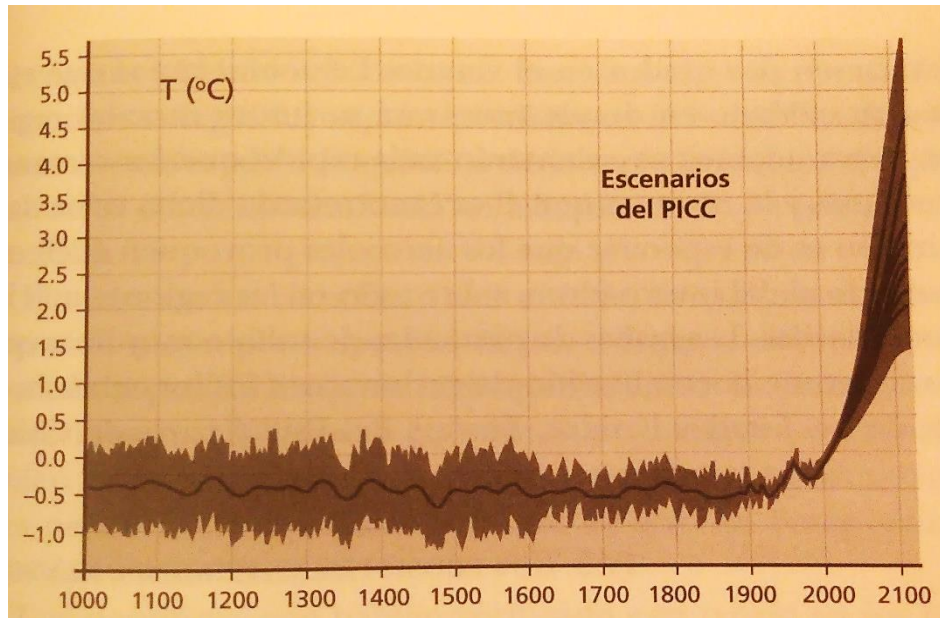
En animales poiquilotermos la regulación se presenta como una amortiguación fisiológica de los efectos térmicos, de esta forma mantienen su actividad modificando de modo compensatorio su metabolismo; esos cambios compensatorios varían entre especies por su genoma, el hábitat o historia térmica anterior; adicionalmente, los mecanismos de ajuste son principalmente de carácter bioquímico celular, neuroendocrino y de comportamiento y es evidente tanto en las condiciones naturales (adaptación climática) como en las experimentales (aclimatación) (Barber & Ponz, 1998). Y es a este grupo al que pertenecen los anfibios, objetos de estudio de esta investigación.

## **2.2 CAMBIO CLIMÁTICO**

Schifter (2005) señala que algunos modelos climáticos han pronosticado un aumento del calentamiento global que va de 1 hasta 5.4 grados Celsius entre 1990 y el año 2100.

El tema del cambio climático ha cobrado gran interés a nivel mundial en las últimas décadas y como consecuencia se han ido generando definiciones a lo largo del tiempo. Por ejemplo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su primer artículo, define el cambio climático como un cambio de clima que es adjudicado directa o indirectamente a la actividad humana que modifica la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima percibida durante períodos de tiempo comparables (Naciones Unidas, 1992). Flores *et al.* (2012) definieron el cambio climático

como una alteración de las características ambientales y su variabilidad en el clima promedio que se presenta en una región, que implicaría tanto condiciones de calentamiento como de enfriamiento.



**Figura 1.** Cambio en la temperatura de la tierra proyectado hasta el año 2100. Adaptado de “La Tierra tiene fiebre”; por I. Schifter & C. Gonzales, 2005.

Con respecto al enfriamiento, Ganopolski *et al.* (1998) señala que la combinación de un forzamiento orbital relativamente débil y la larga vida atmosférica del carbono antropogénico podría generar un período interglacial más largo de lo que se ha visto en los últimos 2,6 millones de años.

El IPCC (2014b) afirmó que el cambio climático puede ser propiciado por procesos naturales internos o por influencias externas como la regulación del ciclo solar, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos permanentes en la composición atmosférica o en el uso del suelo (García, 1994). Una tendencia supuestamente climática puede ser parte de un ciclo climático y que todas las evidencias disponibles tienen que ser consideradas en conjunto para que se llegue a decisiones razonables referente al patrón del clima del pasado. Además, el mismo autor, indica que las evidencias de climas pasados pueden ser agrupadas en las biológicas, litogenéticas y morfológicas.

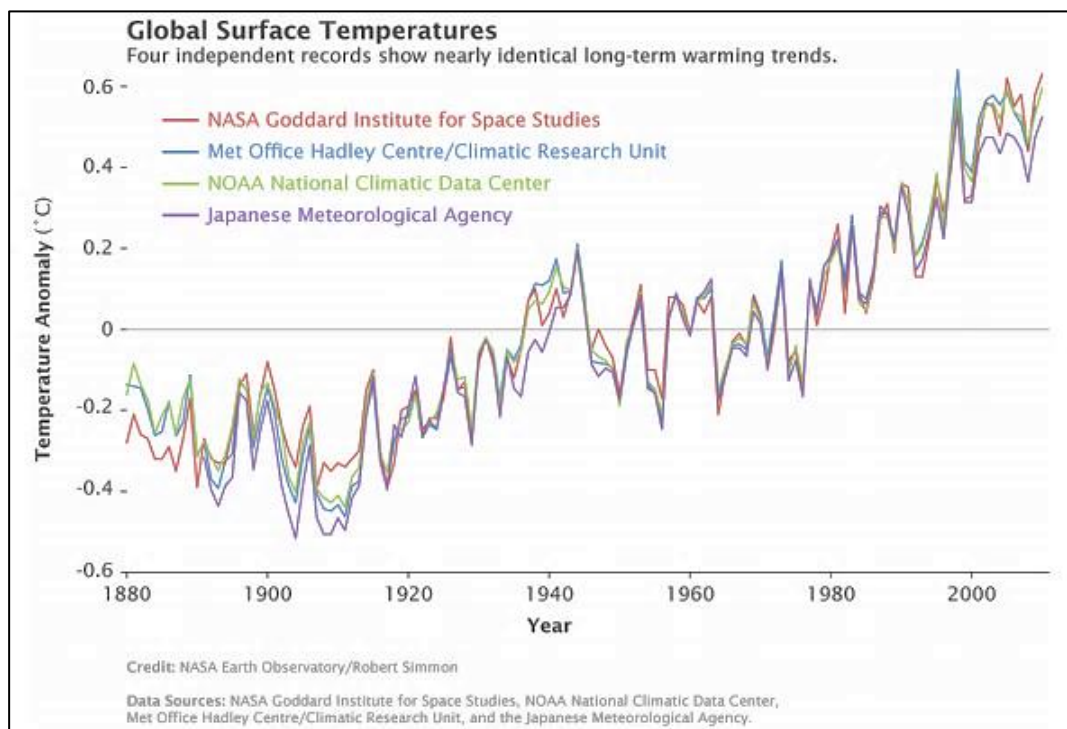
Hoy en día, un componente relevante del cambio climático es el calentamiento global generado por las actividades humanas desde finales del siglo XVIII (Flores *et al.*, 2012). El calentamiento del sistema climático es decir el calentamiento global es inequívoco (IPCC, 2007a).

Roberts (2001) señala que los países industrializados son los responsables del cambio climático debido a su alto porcentaje de producción de gases de efecto invernadero y que produjeron aproximadamente el 80% de emisiones en el pasado.

Oxfam (2007) enfatiza que los países ricos tienen un papel histórico como desencadenantes del problema del cambio climático y que dichos países tienen deberes que cumplir como son dejar de dañar el planeta al reducir significativamente sus emisiones de gases de efecto invernadero y ayudar mediante la retribución de fondos a forma de resarcir y ayuden a los países pobres a adaptarse al cambio climático antes de que tengan que soportar la intensidad de este. Además, Oxfam (2007) sugiere que se debe poner fin a los subsidios a los combustibles fósiles ya que a finales de la década de los noventa, los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) subvencionaron la producción y el consumo nacional de combustibles fósiles mediante cantidades de dinero que oscilaron entre los 10.000 y 57.000 millones de dólares anuales y en La Ley de Energía del 2005 Los Estados Unidos concedió a los productores de combustibles fósiles una exención de los royalties sobre el petróleo y el gas del Golfo de México durante cinco años por valor de 7.000–28.000 millones de dólares.

Aunque, en el informe Oxfam 104 se haya mencionado a los países ricos como desencadenantes del problema del cambio climático en el diario New York Times, Shear (2017) publicó sobre las declaraciones del ex presidente Donald Trump de Estados Unidos anuncia que debe cumplir con el deber solemne de proteger a Estados Unidos y a sus ciudadanos y que Estados Unidos se retirará del acuerdo climático de París, pero emprenderá negociaciones para reincorporarse o entrar en un nuevo acuerdo en términos que sean justos para Estados Unidos. Días después de estas declaraciones la canciller alemana Angela Merkel declaró que la decisión anunciada por Trump no puede ni debe detener a todos los que se sienten obligados a proteger esta Tierra además la líder agregó que Alemania, Europa y el resto del mundo juntarán sus fuerzas para enfrentar a los grandes retos para la humanidad, como el cambio climático, y para dominar con éxito estos retos (The New York Times, 2017).

El hecho de que más de 4 conjuntos de evaluaciones distintas arrojen resultados similares con respecto al calentamiento, es indicador de certidumbre (Agosta & Carm, 2011), esto se aprecia en la siguiente figura:



**Figura 2.** Anomalías anuales globales de temperatura de 1880 al 2010 de cuatro diferentes fuentes con la misma tendencia.

**FUENTE:** NASA, NOAA, Met National Climatic Data Center y Japanese Meteorological Agency. En: Agosta & Carn, 2011.

De acuerdo con Earls (2008:113) “el impacto del calentamiento es más pronunciado en las zonas circumpolares del planeta y en las montañas altas tropicales”. Los resultados de Vuille *et al.* (2015) muestran una significativa tendencia al calentamiento entre 1950 y 2010 para los Andes tropicales, mientras que la región al sur de 18 ° S ha experimentado el enfriamiento durante el mismo tiempo.

Earls (2008:114) señala sobre Perú que “el país contiene el 70% de los glaciares tropicales andinos”. Los efectos del calentamiento global son evidentes en el retroceso de los glaciares peruanos y el aumento de los niveles ecológicos (Earls, 2008). Además el análisis de las tendencias de la temperatura tropical andina en función de la elevación indica que las elevaciones más altas han visto un calentamiento continuo, mientras que se ha observado un cambio distinto desde un calentamiento fuerte hasta temperaturas estancadas o incluso enfriamiento a lo largo de las zonas costeras (Vuille *et al.*, 2015).

Según Vargas (2009) en el Perú, los principales efectos climáticos del aumento de la temperatura global están relacionados al retroceso glaciar, el aumento de la frecuencia e intensidad del Fenómeno de El Niño y aumento del nivel del mar.

Otros impactos del cambio climático incluyen cambios en las características físicas y biológicas de los lagos y ríos de agua dulce y sus efectos en muchas especies de agua dulce; mientras que en las zonas costeras la disponibilidad de agua se deteriorará debido al aumento del nivel del mar y al aumento de la salinización de los suministros de agua subterránea (Vargas, 2009)

De acuerdo con Earls (2008:115) “La variabilidad climática se asocia con la ocurrencia de los eventos extremos”. En el Perú los eventos extremos se presentan como inundaciones, huaycos, friajes, sequías, etc.; dichos eventos se entienden como fluctuaciones típicas locales, sin embargo algunas investigaciones sugieren que ha habido un incremento en la frecuencia y en la magnitud de estos eventos en todo el país (Earls, 2008). Araujo (2008) indicó que el ciclo laboral ha cambiado debido al cambio climático y que se ha desestructurado la correlación entre actividades ceremoniales, laborales e incluso musicales, adicionalmente menciona que dada la megadiversidad y alta vulnerabilidad del país, la regionalización y descentralización, debe posibilitar el establecimiento a nivel local de planes de prevención de riesgo climático que respondan a las distintas realidades.

Perú es en parte un país agrícola y según Flores *et al.* (2012) comprender el impacto del calentamiento global en la actividad agrícola se complica por la dificultad de predecir las interacciones entre el aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y el incremento de la temperatura sobre la vegetación terrestre. Un ejemplo de manejo agrícola de la incertidumbre climática se encuentra en la cuenca del Titicaca donde un sistema de campos elevados conocidos como camellones son utilizados en las pampas inundables a las orillas del lago, de forma que cuando el lago aumenta un metro de un año al otro, los cultivos sembrados en los camellones no sufren inundación. (Earls, 2008). De acuerdo a Earls (2008:123) “la incertidumbre de la precipitación es compensada por la coordinación entre las personas y las unidades sociales a niveles de escala sucesivamente mayores”. Aunque es reconocida la capacidad de los modelos climáticos globales para replicar condiciones climáticas, es necesario reducir su escala, para aumentar la resolución de los datos a nivel regional (Flores *et al.*, 2012).

Por otro lado, es relevante considerar que las comunidades deben ganar un mayor protagonismo en la protección frente a el cambio climático dado que la adaptación es un proceso inherentemente local (Oxfam, 2007)

## 2.3 ANFIBIOS

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ANFIBIOS

Como expresan Puddington & Muzio (2013) el estudio del grupo de los anfibios es fundamental para descifrar la historia evolutiva de los humanos, ya que constituyen un modelo vivo de los primeros vertebrados terrestres ya extinguidos.

El origen de los anfibios a juicio de Nadal (2001), debió darse en zonas tropicales, con un ambiente húmedo con escasa diferencia térmica entre el agua y el aire, lo que favoreció la salida del agua y el paso a tierra firme.

Los anfibios forman la clase Amphibia, que divide a los anfibios existentes en tres órdenes: Anura (ranas y sapos), Urodela o Caudata (salamandras y tritones) y Gymnophiona o Apoda (cecilias) (Puddington & Muzio, 2013)

Los anfibios son tetrápodos poiquiloterms, básicamente pentadáctilos con una piel húmeda y sin escamas, respiración branquial en las larvas y pulmocutánea en los adultos, con algunas excepciones, además poseen un cráneo que se articula por dos cóndilos a la primera vertebra, corazón con tres cámaras, anamniotas, con un desarrollo postembrionario que requiere metamorfosis en algunos casos (Nadal, 2001).

### 2.3.2 ALIMENTACIÓN

Referente al tema de alimentación en anfibios, empleando las palabras de Parker & Bellairs (1975), antes de la eclosión la única fuente de alimento es el vitelo del huevo, posterior a la eclosión gran parte de los renacuajos tienen dos sistemas de nutrición, el primero consiste en un sistema de remolino centrífugo y filtros que permiten captar el plancton y los detritos orgánicos, consecutivamente viene la dentición larvaria de mandíbulas corneas y de filas de dientes raspadores.

Sin importar cuál sea el modo de nutrición, el sistema de las larvas es mixto por tanto la microfagia es hacia fito y zooplancton (Parker & Bellairs, 1975).

Todos los anuros salvo escasas excepciones reemplazan la lengua no muscular de los renacuajos por una masa muscular, plana y móvil; la lengua se hace adhesiva gracias al producto de una glándula en la parte anterior del techo de la boca; en algunas especies devoradoras de hormigas o termites la lengua es subcircular y está fijada a su centro, de



manera que si la boca se abre la lengua puede extenderse para envolver a la presa (Parker & Bellairs, 1975).

Dicho con palabras de Parker & Bellairs (1975) la única rana que cuenta con dientes en las dos mandíbulas es *Amphignathodon*, ya que gran parte de las especies tienen dientes en la mandíbula superior y de forma genérica, dos cortas filas dentales sobre el paladar, sin embargo, gran cantidad de especies del género *Bufo*, *Dendrobates*, *Phyllobates*, *Microhélidos*, *Pseudophryne*, carecen totalmente de dientes, pero es necesario resaltar que la ausencia de verdaderos dientes puede ser equilibrado con pseudodientes que son producciones óseas pero no sufren reabsorción, pérdida o sustitución ni poseen esmalte.

### 2.3.3 REPRODUCCIÓN

El apareamiento de los anfibios suele darse en el agua y es diferenciado entre ápodos y anuros, en los primeros la fecundación es interna e incluso existe un pene, mientras que en el segundo grupo la fecundación es externa, donde los machos abrazan dorsalmente a las hembras en posición inguinal, axial o collar, sin embargo en dos géneros *Ascaphus* y *Nectophrynoides* la fecundación es interna, incluso en machos de *Ascaphus* se encuentra un apéndice cloacal que se introduce en la cloaca femenina (Nadal, 2001).

Un elemento importante en el apareamiento de ranas y sapos es su voz. Los anfibios tienen la capacidad de hacer vibrar las cuerdas vocales haciendo pasar el mismo volumen de aire de la faringe a los pulmones y de los pulmones a la faringe gran cantidad de veces, algo que puede ocurrir también bajo el agua (Parker & Bellairs, 1975).

Como expresan Parker & Bellairs (1975), cada especie tiene su llamada sexual característica y los machos suelen adquirir un sistema amplificador que consta de sacos vocales inflables de paredes delgadas que provienen de la evaginación del suelo de la boca, estos sacos ofrecen la ventaja de aumentar el volumen de aire que se podrá usar para vocalizar en el curso de los vaivenes, sino que también actúan como resonadores.

Como lo hacen notar Parker & Bellairs (1975), las notas del trino de la rana *Eleutherodactylus sonans* tienen una duración determinada separada por intervalos y esta duración está en función de la temperatura del aire, que para esta especie se dio en 19°C.

## 2.4 EL IMPACTO DE LA TEMPERATURA EN LA VIDA DE LOS ANFIBIOS

Más del 99% de las especies son ectotérmicas (Pincheira-Donoso *et al.*, 2008), en las que el metabolismo es impulsado principalmente por el tamaño corporal y la temperatura ambiental (Brown *et al.*, 2004).

Las temperaturas del aire están aumentando más rápido que las temperaturas oceánicas esto implica que los taxones terrestres se enfrentan a un calentamiento más rápido pero con menos capacidad de aclimatación que taxones acuáticos (IPCC, 2014a).

Como dice Barquero (2016) es necesario considerar características morfológicas, fisiológicas, preferencias ecológicas, pero también patrones conductuales y de historia de vida, ya que las especies pueden resultar susceptibles a alteraciones en consonancia a las variaciones del entorno climático en el que se desarrollan.

La hipótesis del filtro ambiental plantea que las especies que coexisten son más similares entre sí de lo que se esperaría por casualidad porque las condiciones ambientales actúan como filtros, posibilitando que solo algunos rasgos persistan (Zobel, 1997).

Cuando los patrones de temperatura y de precipitaciones son alterados pueden causar desorden en las condiciones micro y macro climáticas (Pounds *et al.*, 1999). Asimismo, se ha planteado la hipótesis de que un aumento de la temperatura ambiental, de la estación seca y de la variabilidad inter-anual de las precipitaciones podría perturbar el ciclo reproductivo de los anuros neotropicales (Donnelly & Crump, 1998).

Así mismo el cambio climático puede alterar los patrones locales de precipitación, que es crucial para la reproducción en la mayoría de las especies. El cambio en la precipitación total, o su distribución estacional, afecta negativamente a las poblaciones de anfibios (McNemanin *et al.*, 2008). Donnelly & Crump (1998) afirman que las especies con desarrollo directo pueden experimentar aumento de la mortalidad debido a condiciones más secas y más cálidas. Con menos precipitación o con sequías prolongadas, los huevos y los renacuajos serían vulnerables a la mortalidad por sequedad.

El éxito de apareamiento en los anfibios también puede verse afectado debido a que la frecuencia de las llamadas de apareamiento es influenciada directamente por la temperatura (Gerhardt & Mudry 1980). “La temperatura también interfiere en la aparición de la metamorfosis ya que su descenso puede retardar su inicio y el frío atenuar, pero no frenar el crecimiento de las larvas” (Nadal, 2001, p 537).

Nadal (2001) revela que a bajas temperaturas los mecanismos hormonales se alteran debido a que se desarrollan a menor velocidad, un ejemplo de ello es que en los lagos pirenaicos situados a unos 2000m de altura se han advertido renacuajos de *Alytes* de hasta diez años, con lo que alcanzan gran tamaño, ya que la fase de metamorfosis no ha iniciado aún; “la acción combinada de la temperatura y el fotoperiodo explica el efecto del clima sobre el desarrollo larvario y la metamorfosis” (Nadal, 2001, p 537).

Como afirma Nadal (2001) en zonas templadas y frías, las ranas y sapos suelen pasar por una etapa en la que su actividad cesa, usando tácticas como hundiéndose en el barro o escondiéndose en grietas del suelo o bajo piedras. En otras palabras, el comportamiento de los anfibios cambia acorde a la temperatura y llegado determinado nivel térmico los animales se dirigen hacia lugares sombreados (Nadal, 2001).

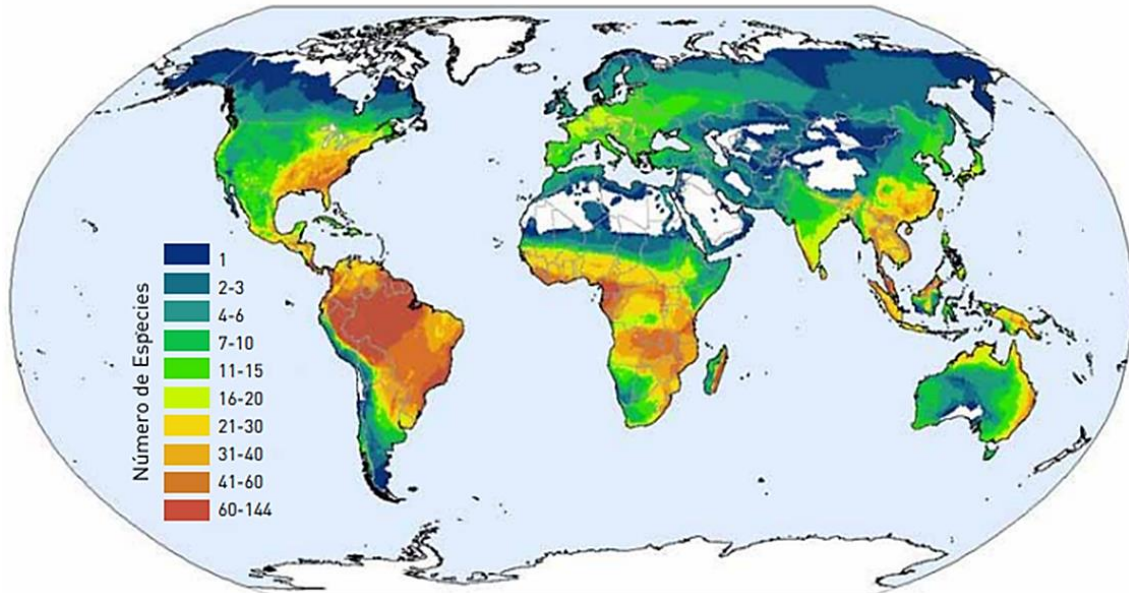
Algo similar ocurre en el caso de tritones ya que cuando se rebasa cierta temperatura su actividad depende básicamente de la disponibilidad de agua, de modo que en verano buscan refugio en el limo o incluso debajo de la corteza de algunos árboles (Nadal, 2001).

La tasa actual de aumento de la temperatura es sin precedentes y más rápido que los eventos de cambio climático anteriores (Houghton, 1997). A ese ritmo hay una gran probabilidad que las especies vean superada su capacidad para adaptarse o evolucionar con esta tasa de cambios en las condiciones ambientales (Markham 1996; Kingsolver 2009). Sin embargo, Navas (2008) sugiere que la fisiología térmica de los anuros, parece ser fenotípicamente plástica y susceptible a la evolución adaptativa. Se ha evidenciado que la tolerancia térmica de numerosos organismos resulta proporcional a la magnitud de los cambios de temperatura que enfrentan en sus ambientes (Deutsch *et al.*, 2008).

Bickford *et al.* (2010) sugieren que las prioridades de investigación para el futuro deberían tener enfoques experimentales para determinar los efectos del aumento de las temperaturas y la variabilidad de las lluvias en el crecimiento, reproducción, ecología de la alimentación y comportamiento de anfibios y reptiles.

### 2.4.1 DECLIVE MUNDIAL DE ANFIBIOS

Actualmente el Perú es uno de los países más ricos en diversidad de anfibios con más de 600 especies.



**Figura 3.** Diversidad de especies de anfibios a nivel global.

**FUENTE:** Global Amphibian Assessment.

Y como se observa en la Figura 3, desde hace años el Perú tiene un alto número de especies comparado con otros países, data que va actualizándose constantemente. Sin embargo, los anfibios se consideran el grupo de vertebrados más amenazado a nivel mundial (Wake & Vredenburg, 2008). Durante los últimos 25 años, muchas poblaciones de anfibios han disminuido en gran medida o han desaparecido por completo (Carey, 2000).

Al menos el 42% de todas las especies de anfibios están disminuyendo a nivel poblacional, lo que indica que el número de especies amenazadas aumente en el futuro (IUCN, 2008). En contraste, menos del uno por ciento de las especies experimentan aumentos de la población (IUCN, 2008). Si estas disminuciones no se comprenden y revierten rápidamente, se espera que numerosas especies de anfibios desaparezcan en las próximas décadas (Angulo et al., 2006). (Angulo *et al.*, 2006).

En Costa Rica, se ha informado que las densidades de población de anfibios y reptiles están disminuyendo en sitios emblemáticos como la Estación Biológica La Selva debido al cambio climático. (Whitfield *et al.*, 2007).

Pounds et al. (2006) refirieron la presunta extinción del 67% de las especies de ranas del género *Atelopus*, dedujeron que el cambio climático ha incrementado la frecuencia de enfermedades y pandemias en estos anfibios, acrecentándose considerablemente las tasas de mortalidad. Sabemos que el clima está cambiando y que ha sido en gran parte resultado de las actividades humanas (IPCC, 2007b). Incluso, Root *et al.* (2003) refieren que en la última centuria la temperatura media de la Tierra a aumentado 0.6 grados centígrados aproximadamente.

Gran parte de los modelos de tasas de extinción se fundamentan en proyecciones de pérdida de hábitat, ya sea como resultado directo de la actividad humana o del cambio climático. (Thomas *et al.*, 2004). Pero, según Barquero (2016) aunque diversos factores podrían haber contribuido a la extinción de los anfibios, el calentamiento global parece jugar un papel trascendental. Es así como este factor ha causado cambios significativos en los patrones de distribución de especies, la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y la sincronización de los procesos biológicos.

#### 2.4.2 ESTRÉS TÉRMICO

Primeramente, Selye (1977) postula que el termino *stress* es atribuible al estado que se presenta en los animales expuestos a estímulos reales o potencialmente perjudiciales. Y cuando se habla de estrés térmico, este se encuentra vinculado a la presión que puede enfrentar un organismo cuando este sujeto a experimentar temperaturas desproporcionadamente frías o calientes. En consecuencia, es importante comprender la tolerancia térmica de un organismo a su entorno, ya que puede hacer saber las restricciones de temperatura que limitan su distribución geográfica. (McConnachie et al. 2007).

Tambien la tolerancia térmica es la temperatura corporal más alta o más baja que un organismo puede mantener para llevar a cabo sus procesos fisiológicos (Willmer et al. 2000). De manera similar Paez (2022) define a la tolerancia térmica como el rango entre los límites de las temperaturas críticas máximas y mínimas.

Además, los estudios de tolerancia térmica ayudan a definir los límites térmicos máximos y mínimos de una especie para poder predecir los cambios en la distribución, alteraciones fisiológicas, nuevas adaptaciones de las especies y la aptitud que posee la especie para adaptarse a los nuevos entornos (Willmer *et al.* 2000). Determinar estos límites podría prevenir llegar a la letalidad de los organismos en pruebas de laboratorio. Citando a Cowles

y Bogert (1944), la temperatura letal se refiere a la temperatura elevada que produce daños corporales irreversibles y mortales.

Para esta investigación el interés está centrado en los anfibios que se encuentran dentro del grupo de los ectotermos y probablemente el parámetro más fiable para llevar a cabo estudios comparativos macrofisiológicos en ectotermos sea el máximo térmico crítico ( $CT_{max}$ ) (Cowles & Bogert, 1944; Lutterschmidt & Hutchison, 1997a), y el más adecuado para explorar cómo las tolerancias superiores pueden evolucionar y cómo puede variar a través de latitudes para predecir qué taxones y comunidades serán impactadas más severamente en un futuro próximo (Deutsch *et al.*, 2008; Huey *et al.*, 2009; Somero, 2010). La tolerancia térmica en los ectotermos se calcula determinando la temperatura crítica máxima ( $CT_{max}$ ) donde la temperatura es incrementada progresivamente hasta que se alcanza un punto crítico que se basa en la pérdida de equilibrio o muerte (Gonzales, 2010).

Conforme a Gutiérrez (2016) para hacer estudios de tolerancia térmica se pueden usar dos métodos, el método estático y el método dinámico; el primero consiste en la determinación de la temperatura letal ( $LT_{50}$ ) exponiendo a los individuos a una serie constante de temperaturas de aclimatación, calculando la tolerancia térmica a partir del tiempo de exposición a las que un cincuenta por ciento de la población sobrevive a las distintas temperaturas experimentales; mientras que en el segundo método consiste en exponer a los individuos a una tasa de calentamiento o enfriamiento hasta observar respuestas que pueden ser espasmos musculares, inmovilidad y finalmente la muerte. De acuerdo con Lutterschmidt & Hutchinson (1997b) algunos trabajos han demostrado la idoneidad de utilizar el comienzo de los espasmos musculares como la respuesta a observar para marcar el final del ensayo de prueba de tolerancia térmica. Gutiérrez (2016) sugiere que el empleo de inmovilidad como criterio, puede ser ventajoso debido a que resulta fácilmente observable y medible en diferentes tipos de organismos, inclusive se puede encontrar la misma respuesta cuando los organismos se exponen tanto a bajas como altas temperaturas, haciendo ambos límites térmicos comparables bajo el mismo criterio. Además, las tasas de calentamiento tradicionalmente empleadas oscilan entre los  $0.5^{\circ}\text{C}$  a  $1.5^{\circ}\text{C}$  por minuto (Gutiérrez, 2016).

En los últimos años ha surgido mayor interés por saber cómo los cambios de temperatura extrema podrían estar afectando al grupo de los anfibios en los diversos ecosistemas que habitan como son las áreas principalmente tropicales de tierras bajas y altas. En efecto hay registros de regiones templadas de especies de anfibios que han cambiado sus rangos de

elevación coincidentes con aumentos de temperatura, pero hay muchos menos ejemplos de los trópicos (Moritz *et al.*, 2008; Raxworthy *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2009).

Existe evidencia de que los anfibios de las tierras bajas han experimentado disminuciones a largo plazo en al menos un bosque de las tierras bajas de América Central (Whitfield *et al.* 2007). Aunque las causas potenciales de la disminución siguen sin estar claras, Von May, Siu-Ting, Jacobs, Medina-Müller, Gagliardi-Urrutia, Rodríguez, Donnelly (2009) sugieren que el mismo fenómeno podría afectar potencialmente a los anfibios de las tierras bajas de América del Sur.

También se han observado cambios climáticos en los rangos geográficos, por ejemplo; tres especies de anuros en los Andes peruanos tropicales han colonizado hábitats recientemente desglaciados en elevaciones récord para anfibios en todo el mundo (Blaustein *et al.* 2010; Seimon *et al.*, 2007).

Hay que destacar que la naturaleza física de altas elevaciones tropicales limita las oportunidades para la termorregulación del comportamiento en los anfibios y aumenta la importancia de los ajustes fisiológicos a tolerar un amplio rango térmico (Navas, 1996). En cambio, las especies tropicales en latitudes más bajas tienen un rango más estrecho de tolerancia que las especies templadas. (Tejedo *et al.*, 2012). Con más motivo hay que rescatar que las temperaturas térmicas letales para la mayoría de la herpetofauna tropical se encuentran entre 38-42 °C, mientras que las tolerancias térmicas de las especies de las tierras altas son más bajas (Brattstrom 1968; Snyder & Weathers 1975).

Para continuar entendiendo como los anfibios enfrentan el estrés térmico se mencionan los aportes de algunas investigaciones:

Es así como en la investigación realizada por Catenazzi *et al.* (2013) indicaron que los anfibios tropicales de tierras bajas, a pesar de estar protegidos del hongo patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis* por temperaturas más altas, son vulnerables al estrés por cambio climático.

En los resultados presentados por Katzenberger (2014) indicó que las especies de las comunidades cálidas tropicales y subtropicales son más vulnerables a sufrir de estrés agudo (tolerancia al calentamiento) y crónico (márgenes de seguridad térmica) debido a las mayores temperaturas ambientales locales. Además, según Duarte *et al.* (2011) es probable

que los anfibios ya se enfrenten a temperaturas ambientales relativamente cálidas, de tal manera que sus tolerancias de calentamiento podrían ser relativamente pequeñas.

Sin embargo, Tejedo *et al.* (2012) sugieren la hipótesis de que las especies tropicales y subtropicales corren un mayor peligro de experimentar un calentamiento intenso y que estos picos de calor ocurren con mayor imprevisibilidad, lo que habría hecho posible desarrollar mecanismos fisiológicos para el hardening a corto plazo, en tanto que las especies templadas no lo harían. Las opciones fisiológicas para mitigar los efectos del calentamiento global incluyen respuestas compensatorias como la adaptación a corto plazo o hardening y la adaptación a largo plazo. (Bowler, 2005; Loeschcke & Sorensen, 2005). El término de *hardening* ha sido empleado en estudios de otros taxones, como en semillas de plantas. En la investigación de Sánchez *et al.* (2001) acerca de los tratamientos pregerminatorios de hidratación-deshidratación en semillas, mencionó que estos tratamientos de hidratación parcial se conocen en la literatura científica internacional con el término de robustecimiento de semillas *seed hardening*. Asimismo, según (Henckel 1964, 1982) los tratamientos robustecedores pretenden incrementar la tolerancia de las plantas resultantes de las semillas tratadas a condiciones adversas del medio como la sequía, las altas temperaturas, la salinidad y otros factores desfavorables del ambiente.

En los estudios de Tejedo *et al.* (2012) concluyeron que las comunidades de larvas de anfibios subtropicales que se reproducen en ambientes de altas temperaturas, presentan, una vulnerabilidad más grande de sufrir estrés térmico agudo, a pesar de presentar valores más altos de tolerancia térmica, y un mayor grado de compensación por aclimatación rápida.

En los experimentos de tolerancia térmica en anfibios a distintas tasas de calentamiento en renacuajos de *Hyla meridionalis* realizados por Tejedo *et al.* (2012) los resultados mostraron, primeramente, que la tasa de calentamiento disminuye el  $CT_{max}$  cuando este calentamiento se realiza a tasas lentas, lo cual se adecua a la predicción de una mayor acumulación de estrés térmico sujeto a tasas de calentamiento naturales. En segundo lugar, este efecto reductor de la tolerancia se produce únicamente a bajas temperaturas de aclimatación y desaparece a las temperaturas de aclimatación más altas (20°C y 25°C).

Los datos obtenidos por Von May *et al.* (2017) indicaron que la distancia entre  $CT_{max}$  y la temperatura máxima operativa de las especies de alta elevación es mayor que la de especies distribuidas en elevaciones más bajas. A propósito, la temperatura operativa de acuerdo a Vitt y Cadwell (2009) se refiere a la temperatura de equilibrio para un animal en un ambiente



particular. Además, en este último estudio se resalta la alta variabilidad observada en tanto  $CT_{max}$  y  $CT_{min}$  entre especies estrechamente relacionadas y esto apoya la idea de que los rangos térmicos en ectotermos pueden ajustarse a través del tiempo evolutivo. Por esta razón, Von May *et al.* (2017) sugieren moderación al asumir la inflexibilidad de los límites térmicos puesto que de acuerdo con Wiens *et al.*, 2010 algunos estudios asumen la suposición que los nichos climáticos no han cambiado a lo largo de la historia de las especies. Sin embargo, Gunderson & Stillman (2015) indican que la plasticidad en la tolerancia térmica puede ser evolutivamente limitada y Von May *et al.* (2017) sugieren que los límites térmicos pueden cambiar rápidamente en la escala de tiempo de la formación de nuevas especies y plantea una pregunta sobre si la fisiología térmica será capaz de mantener el ritmo con el futuro cambio climático global que puede ser más rápido que en el pasado (Gunderson & Stillman, 2015).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 ÁREA DE ESTUDIO**

La zona donde se realizó el proyecto se encuentra junto a la Concesión de Conservación del Río Los Amigos, esta área está comprendida dentro de la Ecorregión Bosque Tropical Amazónico Húmedo de la Amazonía Sur Occidental, en la sub – Ecorregión Bosques húmedos de llanura del Departamento de Madre de Dios y es la primera concesión para conservación otorgada en el Perú (MINAGRI, 2013).

El estudio se llevó a cabo en la estación biológica del Centro de investigación y Capacitación Río los Amigos (CICRA). El Centro de Investigación Los Amigos se encuentra en la provincia de Manu departamento de Madre de Dios, en el sur de Perú (Von May *et al.*, 2009). El acceso es por vía terrestre y fluvial, de Lima a Puerto Maldonado, luego 45 minutos por carretera hacia el Puerto Laberinto, en dicho puerto, se abordó una lancha para navegar por el río Madre de Dios durante 5 horas.

La Concesión de Conservación Los Amigos fue creada para proteger la biodiversidad de la región y sus objetivos son similares a los de un área protegida oficial. La diferencia es que Los Amigos es administrado por una organización sin fines de lucro, que obtuvo una concesión por 40 años para ayudar al gobierno peruano a proteger y gestionar 145, 918 ha de bosque de tierras bajas (Pitman, citado por von May *et al.*, 2009).

La Estación fue establecida hace diecisiete años. Ubicada en la cuenca del río Los Amigos con las coordenadas 12°34'8.51"S 70°5'57.73"W (Cairampoma & Martel, 2012). La estación Los Amigos se administra en coordinación con el área de concesión adyacente.

El área de estudio está representada en su mayoría por una vegetación con áreas de bosque de terraza alta, bosques de terraza baja, pacales y aguajales.

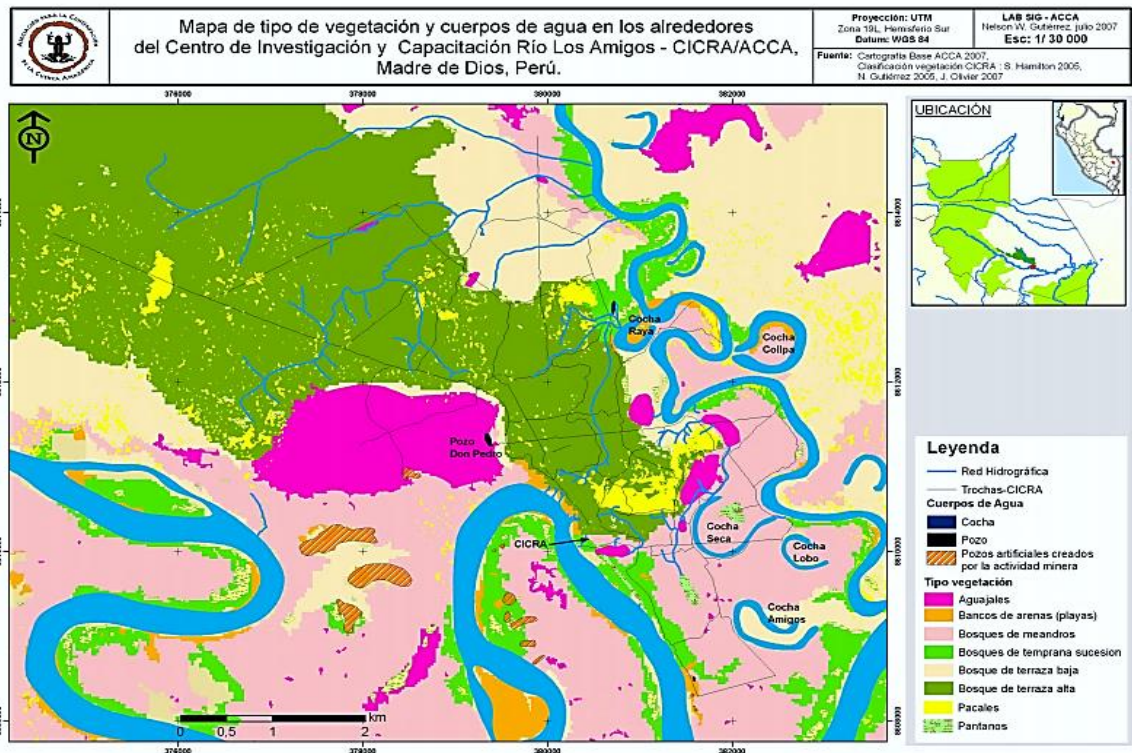
Se encuentra entre los 230 y 270 m de elevación (Cairampoma & Martel, 2012). La temperatura media anual y la precipitación son 24°C y 2648 mm, respectivamente. (Ascorra *et al.*, 1999). Es un área estacionalmente inundable principalmente en las terrazas bajas. Para conocer el comportamiento de la temperatura y la precipitación del área de estudio ver los

anexos del 14 al 17, donde se aprecia una línea de tendencia creciente de la temperatura durante el periodo de tiempo del año 2000 al 2016.

La duración del estudio fue desde el 8 de marzo del 2016 hasta el 13 de abril del 2016, durante la estación húmeda. Una parte del trabajo fue en campo y la otra se desarrolló dentro de una habitación ambientada como laboratorio dentro de la estación biológica.



**Figura 4.** Mapa de ubicación del Centro de investigación y Capacitación río Los Amigos (CICRA).  
**FUENTE:** Asociación para la conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA).



**Figura 5.** Mapa de tipo de vegetación y cuerpos de agua en los alrededores del Centro de investigación y Capacitación río Los Amigos (CICRA).  
**FUENTE:** Asociación para la conservación de la Cuenca Amazónica (ACCA).

### 3.2 MATERIALES DE CAMPO Y LABORATORIO

- 2      Linternas de cabeza
- 1      GPS Garmin E-trex
- 30     Pares de pilas AA Duracell
- 2      Libretas de campo y cuaderno
- 2      Mapas impresos y enmicados
- 1      Caja de lápiz
- 1      Ciento de bolsas plásticas
- Drizas
- 1      Rollo de Cinta Flagging
- 3      lapiceros
- 3      Plumones indelebles delgados
- 1      Machete
- 1      Caja de bolsa Ziploc
- 1      Vernier
- 2      Termómetros digitales: 1COMARK PDT300 y 1 WEBER
- 1      Balanza eléctrica

- 1 Ciento de tapers de plástico con tapa capacidad 1L
- 2 tapers de 8onz
- 2 tapers 5.5onz
- 1 Pinza metálica
- 1 Cuchara de metal
- 1 Cocina a gas
- 1 Balón de gas
- 1 Manguera con válvula de cocina
- 1 Paquete de fósforos
- 1 Jarra de plástico
- 1 Olla de metal
- 1 Papel toalla
- 1 Cinta adhesiva
- 2 Guantes de cuero
- 1 Caja de guantes de látex
- 1 Laptop

### **3.3 METODOLOGÍA DE CAPTURA**

Para la captura de especímenes se utilizó los métodos de transecto, evaluación por registro visual o Visual Encounter Survey (VES) y búsqueda libre durante el horario nocturno. Este último método ayudó a mejorar las expectativas de colecta. Las evaluaciones se realizaron entre las 7 pm-2:00 am. Ya que un muestreo diurno hubiera sido menos efectivo debido a que la mayor parte de anfibios son nocturnos. Los muestreos contaron con dos personas o tres personas en algunos casos y en otros fueron en solitario. Se registraron datos de fecha, hora de encuentro, presencia de precipitación, coordenadas y longitud hocico-cloaca (SVL) en mm, sexo, masa (g), sustrato y altura desde el suelo (cm).

En el caso de los transectos, los observadores recorrieron una franja de 50 m y 4 m de ancho registrando el contacto con individuos a uno y otro lado del transecto recorrido.

Para realizar los VES, los observadores realizaron una búsqueda intensiva de varias áreas determinadas, registrando cualquier cuerpo (arbustos, montículos de hojas, piedras, etc.) que pudiera albergar algún individuo por el lapso de 30 minutos.

También se realizaron parcelas cuya área en forma de cuadrado midió 5mx5m y se ubicaron a 3m de los transectos.

Adicionalmente se aplicó la técnica de búsqueda libre: Esta técnica es también conocida como “Inventario total de especies” (Scott, 1994). Consiste en caminatas libres realizadas por colectores experimentados, buscando anfibios y reptiles sin restricciones o reglas de búsqueda (con excepción de revisar todos los micro hábitats disponibles), obteniendo así, la mayor cantidad de especies en el tiempo más corto posible (Scott, 1994). Sin embargo, para el presente proyecto solo se colectaron anfibios. Esta metodología se utilizó como respaldo para aumentar el número de individuos.

### **3.4 PARA LA DETERMINACIÓN DE ESPECÍMENES**

La determinación de las especies se verificó utilizando las descripciones de las especies del libro Cusco amazónico, *The lives of Amphibians and Reptiles in an Amazonian Rainforest*, escrito por William E. Duellman y la guía de campo titulada *Anfibios de los Amigos, Manu y Tambopata, Perú*, descrita por R. von May, J. Jacobs, R.D. Jennings, A. Catenazzi y L.O. Rodríguez. Adicionalmente, en algunos casos se consultó con otros investigadores experimentados en la rama de herpetología que estuvieron presentes durante la expedición.

### **3.5 PROTOCOLO EXPERIMENTAL**

- a. El protocolo experimental consistió en someter a los especímenes a un cambio progresivo de temperatura.
  - Para  $CT_{max}$ , se realizó un aumento progresivo de temperatura, aproximadamente de 25 a 42°C a una velocidad de 0,5- 1 ° C / 1min.
  - Para  $CT_{min}$ , se realizó una disminución progresiva de temperatura aproximadamente de 25 a 4°C a una velocidad de 0,5 - 1 ° C / 2min. Se utilizó dos minutos para  $CT_{min}$  debido a que el hielo tardaba en disolverse en el recipiente uniformemente.
- b. Luego de la captura, los anfibios fueron colocados inmediatamente en bolsas de plástico debidamente rotuladas con el nombre de la zona de colecta, datos de fecha, hora de encuentro, sustrato y la especie si era determinado de inmediato. A continuación fueron llevados a un laboratorio de campo donde eran colocados dentro de un recipiente plástico de 1L de capacidad que tenía agujeros de aproximadamente 5mm en el área lateral con una tapa que también tenía agujeros pequeños para facilitar el flujo de aire. El interior del

recipiente estuvo recubierto con hojas y una capa delgada de agua para mantener la humedad. Los individuos eran alojados de esa forma durante 10 a 24 horas antes de iniciar las mediciones.



**Figura 6.** Bolsas con anfibios recolectados y envases de plástico donde eran reubicados. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.



**Figura 7.** Recipientes con sustrato de hojas y humedecidos albergando anfibios. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

- c. Posteriormente, el anfibio se colocó en un recipiente circular de menor capacidad (250ml) con una tapa a la que previamente se le realizó varios agujeros con un tamaño menor al del anfibio, esto sirvió para evitar el escape durante el experimento. El recipiente contenía una capa de agua hasta una altura de medio centímetro aproximadamente, de manera que el cincuenta por ciento del cuerpo del espécimen estuviera en contacto con el agua a temperatura ambiente y el recipiente era cerrado con la tapa.

- d. Luego ese recipiente cerrado con el anfibio en su interior, fue colocado dentro de otro recipiente más grande sin tapa, donde se colocó agua a temperatura ambiente hasta la altura de un centímetro.



**Figura 8.** Recipiente grande conteniendo un recipiente pequeño con anfibio. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

- e. Se esperó un minuto y se tomó la temperatura dentro del envase, presionando el termómetro digital con punta de sonda delgada (la precisión estaba en el rango de  $0,1^{\circ}\text{C}$  a  $1^{\circ}\text{C}$  como máximo y el termómetro poseía una respuesta rápida, no mayor de 6 segundos) contra el cuerpo del animal y sumergido en la capa delgada de agua. Para esta parte se usó el termómetro de marca PDT300-COMARK con medidas entre  $-50$  a  $150^{\circ}\text{C}$ , debido a que este tipo de instrumento ha sido usado en otra tesis sobre ecología termal en un ectotermo como *Microlophus tigris*, una especie de lagartija, realizada por Diego Olivera en el 2015.
- f. Se calentó agua en una olla de metal hasta el punto de ebullición para luego depositar el agua en una jarra o termo.



**Figura 9.** Cocina a gas con olla y jarra para contener el agua caliente. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.



- g. Seguidamente se añadió y distribuyo uniformemente una pequeña cantidad de agua previamente calentada entre el envase pequeño y grande. Pasado un minuto, se midió la temperatura dentro del envase más pequeño, presionando el termómetro contra el cuerpo del animal y sumergido en la capa delgada de agua, haciendo uso de dos termómetros digitales. En algunos casos cuando ocurrió un escape del individuo durante el experimento, fue retirado y se llevó a reposo por tres horas, para posteriormente repetir el experimento.
- h. A continuación se colocó rápidamente al anfibio sobre su dorso con ayuda de una pinza o cuchara y se anotó si existía una respuesta, que consistió en volver a la posición inicial sobre su vientre. Este procedimiento se repitió hasta que el animal ya no mostrara respuesta después de más de 5 segundos.



**Figura 10.** Anuro sobre su dorso sin movimientos después de ser sometido a aumento de temperatura. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

- i. Finalmente se retiró al anfibio del experimento cuidadosamente a un recipiente con agua a temperatura ambiente para facilitar la reanimación, donde permaneció en reposo por una hora, adicionalmente se colocaba un palito que sirviera de apoyo para que no se ahogara en el agua debido a que no todos se encontraban completamente lucidos y activos saliendo del experimento, todo esto bajo supervisión para evitar el escape. Después era colocado en su recipiente inicial donde reposaría por 24 horas. Luego el anfibio era llevado a la zona donde fue capturado para ser liberado.



**Figura 11.** *Ctenophryne geayi* apoyado en rama mientras se repone luego del experimento. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

### 3.6 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

El procedimiento de análisis de datos se llevó a cabo con el uso de los siguientes programas:

- a. INFOSTAT: Para Comparar los límites de tolerancia térmica en algunas especies de anfibios del CICRA.

Se utilizó el diseño experimental de Análisis de Varianza (ANOVA) para realizar la comparación de medias de temperatura crítica máxima y mínima ( $CT_{max}$  y  $CT_{min}$ ) obtenidos entre las especies registradas que tengan tres o más repeticiones. Este diseño permitió observar el error en cada uno de los casos, cumpliendo previamente con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

- Para analizar la relación de parejas de variables.

Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre parejas de variables tamaño y peso frente a valores de límites fisiológicos.

- b. PAST: Para definir el rango térmico para algunas especies.

Se utilizó el programa Past, para delimitar mediante un diagrama de barras horizontales los rangos producidos por las diferencias entre  $CT_{max}$  y  $CT_{min}$  que caracterizaron a las especies de anfibios registrados.

- Para explorar y ver el comportamiento entre variables.

Se utilizó el programa Past, para delimitar mediante un Análisis de componentes principales el comportamiento de las variables  $CT_{max}$ ,  $CT_{min}$ , SVL y peso (Anexo 18).

- c. EXCEL: Para comparar las temperaturas ambientales referenciales máximas y mínimas con los límites de temperatura en los anfibios estudiados.

Mediante el programa Excel se realizaron dos matrices básicas de datos, una correspondiente a datos ambientales y la otra a datos fisiológicos (CTmax y CTmin). Posteriormente se realizó una integración gráfica de las matrices en un gráfico de dispersión y de esta forma establecer si las temperaturas ambientales estaban superando los límites críticos de los anfibios.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

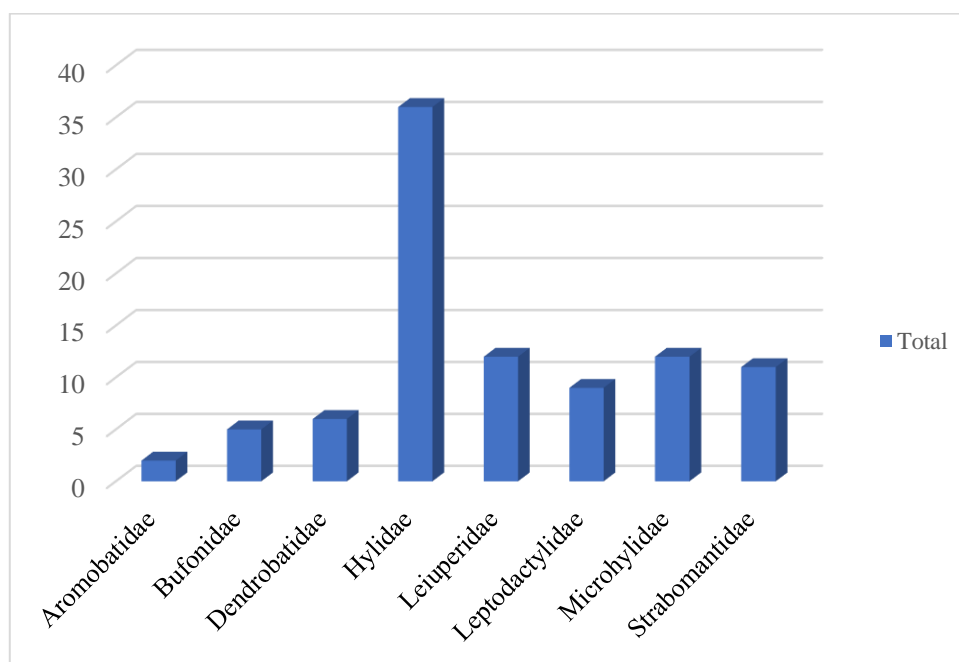
### 4.1 COMPOSICIÓN DE ESPECIES

Durante el estudio efectuado en el interior del Centro de investigación y Capacitación Rio los Amigos (CICRA) se capturó 103 anfibios y se evaluaron 93 individuos de estos, debido a que algunos sujetos por diversos factores como muerte (antes o durante el experimento) o fuga no pudieron ser tomados en cuenta.

**Tabla 1:** Composición de especies por familia y cantidad de individuos por especie. Puerto Maldonado, Marzo a Abril 2016.

<b>Familia</b>	<b>Genero</b>	<b>Especie</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Hylidae</b>	Dendropsophus	<i>Dendropsophus minutus</i>	19
<b>Leiuperidae</b>	Engystomops	<i>Engystomops freibergeri</i>	7
<b>Strabomantidae</b>	Pristimantis	<i>Pristimantis reichlei</i>	7
<b>Microhylidae</b>	Ctenophryne	<i>Ctenophryne geayi</i>	6
<b>Microhylidae</b>	Hamptophryne	<i>Hamptophryne boliviana</i>	6
<b>Hylidae</b>	Phyllomedusa	<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	6
<b>Dendrobatidae</b>	Ameerega	<i>Ameerega hahneli</i>	5
<b>Leiuperidae</b>	Edalorhina	<i>Edalorhina perezii</i>	5
<b>Hylidae</b>	Hypsiboas	<i>Hypsiboas maculateralis</i>	5
<b>Bufonidae</b>	Rhinella	<i>Rhinella margaritifera</i>	4
<b>Leptodactylidae</b>	Leptodactylus	<i>Leptodactylus bolivianus</i>	3
<b>Leptodactylidae</b>	Leptodactylus	<i>Leptodactylus petersii</i>	3
<b>Leptodactylidae</b>	Adenomera	<i>Adenomera sp.</i>	2
<b>Aromobatidae</b>	Allobates	<i>Allobates trilineatus</i>	1
<b>Leptodactylidae</b>	Leptodactylus	<i>Leptodactylus leptodactyloides</i>	1
<b>Hylidae</b>	Scinax	<i>Scinax cf. ictericus</i>	2
<b>Hylidae</b>	Scinax	<i>Scinax ruber</i>	2
<b>Aromobatidae</b>	Allobates	<i>Allobates femoralis</i>	1
<b>Dendrobatidae</b>	Ameerega	<i>Ameerega trivittata</i>	1
<b>Hylidae</b>	Hypsiboas	<i>Hypsiboas lanciformis</i>	1
<b>Strabomantidae</b>	Oreobates	<i>Oreobates cruralis</i>	1
<b>Strabomantidae</b>	Oreobates	<i>Oreobates quixensis</i>	1
<b>Hylidae</b>	Phyllomedusa	<i>Phyllomedusa palliata</i>	1
<b>Strabomantidae</b>	Pristimantis	<i>Pristimantis buccinator</i>	1
<b>Strabomantidae</b>	Pristimantis	<i>Pristimantis toftae</i>	1
<b>Bufonidae</b>	Rhinella	<i>Rhinella marina</i>	1
<b>TOTAL:</b>			<b>93</b>

Además, se determinaron 26 especies, 15 géneros y 8 familias de anfibios como se describe en la tabla 1.



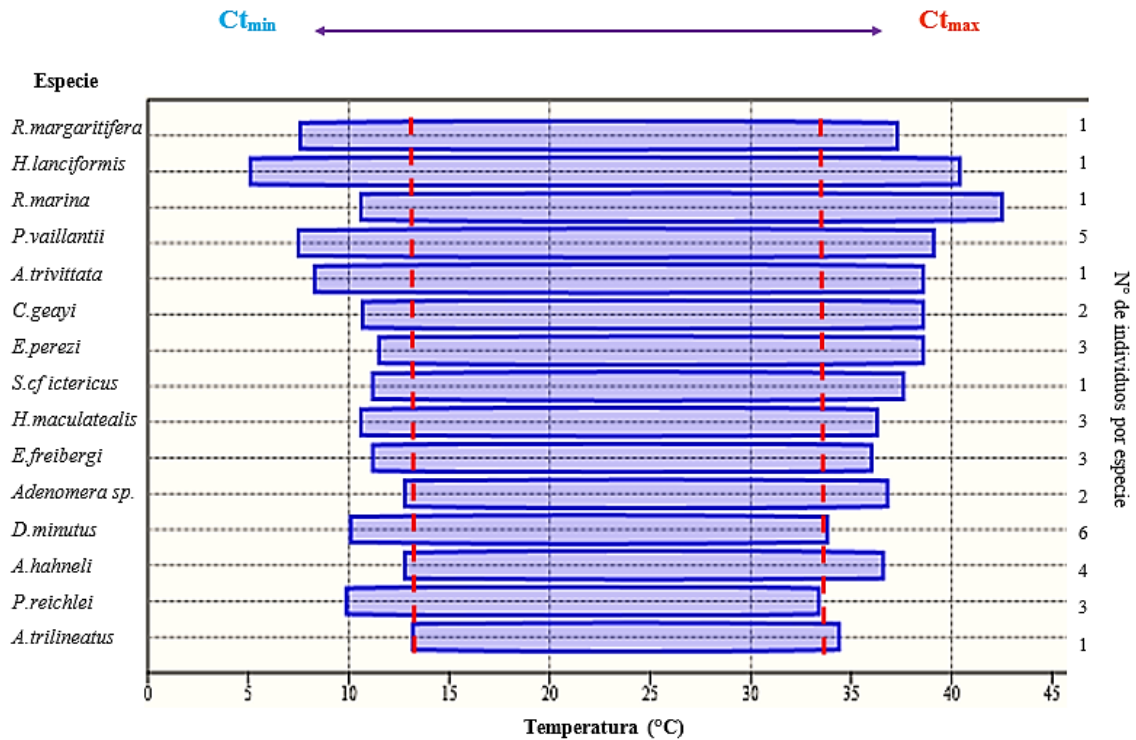
**Figura 12.** Cantidad de individuos de anuros por familia.

De acuerdo a la Figura 12 fueron 8 familias en total. La familia Hylidae fue la que tuvo mayor cantidad de representantes con 36 individuos, seguido por las familias Leiuperidae y Microhylidae con la misma cantidad de anfibios, 12. En tercer lugar se encontró el grupo Strabomantidae con 11 individuos. En cuarto lugar, la familia Leptodactylidae obtuvo 9 anuros. La familia Dendrobatidae tuvo 6 individuos, mientras que la familia Bufonidae y Aromobatidae con 5 y 2 individuos respectivamente.

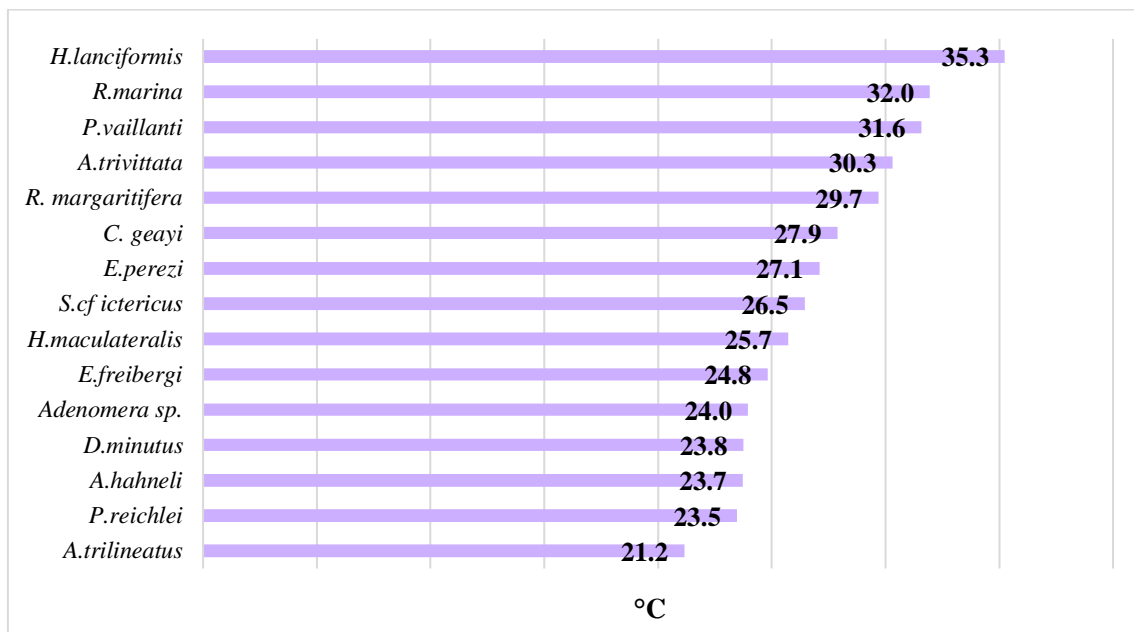
## 4.2 RANGO TÉRMICO DE ESPECIES

Con relación al análisis del rango puede ser apreciado gráficamente en la Figura 13, donde están representados los rangos térmicos de 15 especies. Para hallar este rango se basó en Tejedo *et al.* (2012) que afirmaron que el rango de tolerancia ( $CT_{max} - CT_{min}$ ) definiría el nicho térmico fundamental, incluso mencionaron que los límites de tolerancia térmica posibilitan analizar hipótesis biogeográficas como la de Janzen (1967) que predice que las especies tropicales tendrán un rango más estrecho de tolerancia térmica con menos variación térmica que las especies templadas.

Por lo tanto, para este estudio, se tomó como rango de tolerancia al producto de la diferencia entre  $CT_{max}$  y  $CT_{min}$  para los individuos que tuvieron ambos datos disponibles, que fueron un total de 37 anfibios.



**Figura 13.** Rango térmico de especies que poseen datos de Ctmin y Ctmax.



**Figura 14.** Tamaño del rango térmico de 15 especies.

Así mismo, es importante indicar que para obtener los datos de límites críticos máximos y mínimos se usó el promedio de estos por especie, teniendo cada especie un número diferente de individuos capturados que figuran al lado derecho de la Figura 13.

No todos los individuos colectados pudieron obtener datos de Ctmin, principalmente debido a que el hielo era un material escaso en la estación biológica, obteniéndose de una única

congeladora compartida para toda la estación, donde también se guardaba las carnes y otros alimentos para abastecer la alimentación del personal, investigadores y visitantes. Adicionalmente, se logró conseguir hielo de los recipientes donde traían la carne para abastecer la estación y que eran desembarcados en el muelle ubicado en la parte baja de la estación, al lado del río a aproximadamente un par de cientos de metros por debajo de donde se encontraban los laboratorios.

Sin duda, el trabajo de investigación in situ requiere muchas veces de echar mano del ingenio y buen aprovechamiento de los recursos que estén disponibles en zonas aisladas como fue en este caso.

Otros autores han considerado esta opinión:

La escasez de infraestructura y tecnología adecuadas para realizar investigaciones de biodiversidad en el Perú, además de la necesidad de un mayor apoyo por parte de entidades gubernamentales, son los principales obstáculos que tienen que ser superados para seguir desarrollando el conocimiento de la biodiversidad peruana (Von May *et al.*, 2012, p.355).

Las especies registradas en la Figura 14 son: *A. trilineatus*, *P. reichlei*, *A. hahneli*, *D. minutus*, *Adenomera sp.*, *E. freibergi*, *H. maculateralis*, *S.cf ictericus*, *E. perezii*, *C. geayi*, *R. margaritifera*, *A. trivittata*, *P. vaillantii*, *R. marina* y *H. lanciformis*. Estas poseen un tamaño variado de rango térmico cuyos valores son: 21.2, 23.5, 23.7, 23.8, 24.0, 24.8, 25.7, 26.5, 27.1, 27.9, 29.7, 30.3, 31.6, 32.0 y 35.3 grados centígrados respectivamente. Dicha diversidad de valores de rangos puede explicarse porque “la temperatura es un factor ambiental al que los anuros presentan adaptaciones ontogénicas y geográficas que se conoce como plasticidad fenotípica, como una estrategia de su historia natural, sobreviviendo dentro de amplios intervalos de tolerancia a la temperatura” (Manjarrez, 2017, p. 79). No obstante, Tejedo *et al.* (2012) revelan que las especies tropicales ubicadas a baja latitud tienen un menor rango de tolerancia térmica que las especies de zonas templadas. Y precisamente nuestro país se caracteriza por estar situado a una baja latitud.

Todas las especies presentes en la Figura 13 tienen rangos de tamaño diferente y todas ellas coinciden en tener un rango tolerante compartido de 13.2°C a 33.4°C; que están limitados por las líneas de color rojo en la Figura 13. Aunque, Brattstrom (1963) refiere que generalmente las ranas, y sapos adultos pueden sobrevivir dentro de un intervalo de tolerancia de 4 a 34°C. Gran parte de los anfibios y reptiles regulan la temperatura del cuerpo cuando es dable puesto que muchos procesos vitales se ven afectados con la temperatura y

estos procesos han sido moderados por selección natural para que actúen de forma ideal dentro del rango de actividad de las especies, no obstante, sobre el rango puede repercutir factores físicos y biológicos, es más, diferir entre especies o incluso dentro de ellas (Vitt & Caldwell, 2008).

Entre el mayor y menor rango de tolerancia existe una diferencia de 14.1°C.

En la Figura 14 se aprecia que tres especies tienen el rango de tolerancia más amplio, la primera es *Hypsiboas lanciformis* con el rango de tolerancia más amplio de 35.3°C, en segundo lugar se encuentra *Rhinella marina* de 32°C y en tercer lugar se encuentra *Phyllomedusa vaillantii* de 31.6°C. La primera y la última son especies arbóreas y nocturnas. Mientras que *Rhinella marina* tiene hábitos terrestres. Algo llamativo, es que estas tres especies tienen en común un rango geográfico amplio, que comprenden los países de Bolivia, Brasil, Colombia, Perú y Venezuela. Aunque, era de esperar que por tener una distribución similar sus rangos fueran similares en tamaño y extremos, esto no se cumple del todo, puesto que sus tamaños son distintos así como los extremos. Se puede apreciar en la Figura 13 notablemente que el extremo inferior del rango de *H. lanciformis* inicia antes en al menos 2.4 grados Celsius de *Phyllomedusa vaillantii* y 5.5 de *Rhinella marina*.

Algunos individuos durante el experimento evidenciaron cambios notables, como en el caso *Phyllomedusa vaillantii*, que presentaron cambios de coloración en la piel, cuando fueron sometidos a un descenso de temperatura para hallar el Ctmin, cuyo resultado fue pasar de un color verde claro a negro en poco tiempo y posteriormente terminado el experimento el individuo volvió a recuperar una coloración verdosa en cuestión de minutos. Estos cambios que asocian el cambio de color y el calor pueden explicarse en lo expresado por Vitt & Caldwell (2008) que argumentan que el intercambio de calor con el ambiente se produce a través de mecanismos como la radiación, convección y conducción, por lo que si un ectotermo terrestre o arbóreo recibe la energía radiante del sol, esta radiación solar absorbida se transforma en calor y eleva la temperatura del cuerpo. Hay que destacar que numerosos organismos pueden alterar la cualidad de absorción y reflexión por intermedio del cambio de color de su superficie; siendo la tonalidad negra absorbente mientras que la clara resulta reflectante. Esto es claramente una indicación del control neuronal de la regulación del color y también de los cromatóforos.

Así como en *Phyllomedusa vaillantii*, algo similar ocurre en lo mencionado por Parker & Bellairs (1975), que expresan que una *Phyllomedusa hypochondrialis* del Brasil puede tener



el dorso de un verde brillante a pleno sol y pasar a marrón en pocos minutos si llega a un medio sombreado, este cambio se debería a la cripsis protectora vinculada a cambios de color del substrato y a factores físicos, como la temperatura y la humedad. Esto no sería posible sin la ayuda de estructuras apropiadas, por ejemplo, se sabe que los iridóforos un tipo de cromatóforos ubicados en la dermis colaboran en disminuir la temperatura interna al reducir la absorción de radiación, haciendo posible perder menor cantidad de agua (Vitt & Caldwell, 2008).

Añadiendo a esto, Forsman & Hagman (2009) plantean que las especies de coloración polimórfica son menos vulnerables a que su población decrezca o desaparezca comparándolas con otros taxones que no presentan esta característica de cambios de coloración. Esto podría asociarse al hecho que *Phyllomedusa vaillantii* habita en 10 países según su rango geográfico, por lo que se concluye que su distribución es bastante amplia, no encontrándose en una condición de amenaza sino más bien en una categoría de preocupación menor (Azevedo-Ramos *et al.* 2010). Cabe destacar que esta especie contó con 6 individuos para los experimentos lo que la coloca en tercer lugar de la especie con mayor número de individuos.

Este mecanismo de cambio de coloración, no fue apreciado en las demás especies de forma evidente, por lo que se podría pensar que es una respuesta característica de este género, que al ser individuos arbóreos que se mueven en gradientes verticales a lo alto de las ramas podrían necesitar un mecanismo rápido de respuesta, en caso se produzca un cambio temperatura brusco hasta llegar a una ubicación más cómoda que sirva de refugio.



**Figura 15.** Coloración inicial de *Phyllomedusa vaillantii*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Las especies *P. vaillantii* y *A. trivittata* tiene un rango semejante entre ellos en tamaño y dispersión. Pero la primera pertenece a la familia Hylidae mientras que la segunda a la familia Dendrobatidae. Además, estas dos especies tienen hábitos opuestos, *P. vaillantii* es

nocturna y suele estar perchada mientras que *A. trivittata* es diurna y terrestre. Aunque, durante la captura, ambas especies fueron encontradas en ramas. Como se muestra en la tabla del Anexo 2, a pesar de tener numerosas diferencias, si comparten algo en común y es en la variedad de países en los que habitan ambas especies como son Bolivia, Brasil, Colombia, Perú, Venezuela, Guayana, Guayana Francesa y Surinam.

*C. geayi* y *E. perezii* tienen el rango semejante entre ellos en tamaño y posición. En cambio, existe diferencia entre sus rangos geográficos ya que *E. perezii* tiene un rango geográfico más reducido que *C. geayi*. Aunque ninguno pertenece a la misma familia, ya que la primera pertenece a la familia Microhylidae mientras que la segunda a la familia Leiuperidae, ambas especies fueron encontradas a una baja altura no mayor a 10cm y en hojarasca. Como en el caso anterior sus hábitos de actividad no son los mismos, ya que *C. geayi* es nocturna mientras que *E. perezii* tiene hábitos diurnos. Sin embargo, ambas especies comparten un área similar de actividad como son las zonas cercanas al suelo. Según La Marca *et al.* (2010) *C. geayi* es una rana de hábitos fosoriales y secretos, que se encuentra debajo de las hojas muertas. Sobre *E. perezii*, Angulo *et al.* (2004) refieren que es una especie diurna de hojarasca de bosques de tierras bajas y premontanos tropicales y llanuras aluviales en las laderas orientales de los Andes.

*H. maculateralis* y *E. freibergi* tienen el rango semejante entre ellos en tamaño y dispersión. No obstante ninguno pertenece a la misma familia, ya que la primera pertenece a la familia Hylidae mientras que la segunda a la familia Leiuperidae. Tal como se aprecia en la tabla del Anexo 2, el espacio donde se mantiene activas también es distinto, usualmente a *H. maculateralis* se la encuentra perchada en las ramas, mientras que *E. freibergi* suele estar en la hojarasca, aunque ambas poseen hábitos nocturnos. Sus rangos geográficos tienen a Perú como país en común, aunque el rango de *E. freibergi* se encuentre un poco más al sur que el de *H. maculateralis*.

*Allobates trilineatus* es la especie con el rango de tolerancia más estrecho con 21.2°C. Pero a pesar de eso, esta especie tiene una tendencia poblacional estable y por lo tanto está categorizada como de menor preocupación (Icochea *et al.*, 2004). Incluso, su distribución incluye varios departamentos de Perú como Amazonas, Huánuco, Loreto, Madre de Dios, Puno, así como presencia en Brasil, Bolivia, Colombia y Ecuador (Frost, 2021). El rango de esta especie es seguido en tamaño por el de *P. reichlei* con un rango de 23.5°C, luego sigue *A. hahneli* (diurna/terrestre) con 23.7°C y esta última con solo una diferencia de 0.1 °C de

*D. minutus*. Sobre *D. minutus*, que posee un rango de 23.8°, esta ubicada entre las cuatro especies con menor rango, a pesar de ello, Silvano *et al.* (2010) describe que este es uno de los anfibios más comunes de América del Sur. Este último tiene una gran distribución geográfica que supera a las otras especies, estando presente en Uruguay, Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Perú, Venezuela, Ecuador, Guayan Francesa, Surinam (Silvano *et al.*, 2010).

En el grupo de bufónidos encontramos a dos especies *R. marina* y *R. margaritifera* que aunque pertenecen a la misma familia poseen un tamaño de rango con una diferencia de 2.3°C, siendo el de mayor tamaño el de *R. marina*. Es más, en la Figura 13, el rango está ubicado en una posición diferente puesto que el CTmin de *R. margaritifera* inicia antes que el de *R. marina* y ocurre que el CTmax de *R. marina* fue superior al de todas las especies.

Las especies cuyo rangos empiezan por los CTmin más bajos son cinco, el primero *H. lanciformis* inicia con un CTmin de 5.1°C, seguido con una diferencia de 2.4 °C se encuentra el rango que le corresponde a *P. vaillanti*, en tercer lugar está el CTmin de *A. trivittata* con 8.3°C, *P. reichlei* con un inicio de 9.9 °C y *D. minutus* con 10.1°C.

*E. perezii*, *A. trivittata* y *C. geayi* coinciden en el mismo límite mayor de 38.6°C.

*Ameerega trivittata* y *Allobates trilineatus* tienen diferentes tamaños de rango, siendo el de mayor tamaño el de *A. trivittata*, cuyo rango de tolerancia fue de 8.3°C hasta 38.6°C; mientras que el rango de *A. trilineatus*, fue de 13.2°C a 34.4°C. Aunque tengan diferencias marcadas en los rangos, de acuerdo con Pulido (2018) son especies que se encuentran próximamente relacionadas a nivel filogenético, que además comparten otras características como un hábito de tipo diurno y que están en simpatria en el Bosque Húmedo Tropical de la Amazonía.

*Scinax cf. ictericus* y *Engystomops freibergeri* inician su rango a la misma altura con un CT min de 11.2°C, sin embargo el primero llega a tener un rango 1.6°C más amplio. En base a la tabla del Anexo 2 ambas especies están en una categoría de amenaza de Preocupación menor y comparten presencia en algunos países en común como Brasil, Bolivia y Perú.

*Engystomops freibergeri*, *Ameerega hahneli*, *Adenomera sp.*, *Hypsiboas maculateralis* mantiene el límite superior dentro del rango de 36 a 37 grados.

*Pristimantis reichlei*, *Dendropsophus minutus* y *Ameerega hahneli* son las especies que poseen un rango de tolerancia similar en tamaño, estando esta entre 23.5 y 23.8, con una

diferencia de 0.3 °C como máximo entre ellos. Sin embargo, no comparten la ubicación del rango ya que *D. minutus* y *P. reichlei* tienen el límite inicial con valores inferiores en relación a *A. hahneli*. Con fundamento en la tabla del Anexo 2, es necesario resaltar que aunque su tamaño de rango sea semejante, todas estas especies pertenecen a familias distintas las cuales son Strabomantidae, Hylidae y Dendrobatidae respectivamente. Así, como una distribución geográfica variada que coincide en los países de Brasil, Bolivia y Perú.

Aunque los rangos de temperatura fueron diferentes entre las especies estos no serían necesariamente inamovibles ya que de acuerdo con Von May *et al.* (2017) los rangos térmicos en ectotermos pueden ajustarse a través del tiempo evolutivo.

Con base en la Figura 14, la diferencia entre el tamaño de rango térmico de mayor amplitud con el resto es 14.1, 11.8, 11.5, 11.5, 11.3, 10.4, 9.5, 8.8, 8.2, 7.4, 5.0, 3.7, 3.3 °C que corresponden a *Allobates trilineatus*, *Pristimantis reichlei*, *Ameerega hahneli*, *Dendropsophus minutus*, *Adenomera sp.*, *Engystomops freibergi*, *Hypsiboas maculateralis*, *Scinax cf. ictericus*, *Edalorhina perezii*, *Ctenophryne geayi*, *Ameerega trivittata*, *Phyllomedusa vaillanti*, *Rhinella marina* respectivamente.

#### **4.3 COMPARACIÓN DE LAS TEMPERATURAS AMBIENTALES CON LOS LÍMITES DE TOLERANCIA TÉRMICA FISIOLÓGICOS (CT<sub>max</sub> y CT<sub>min</sub>)**

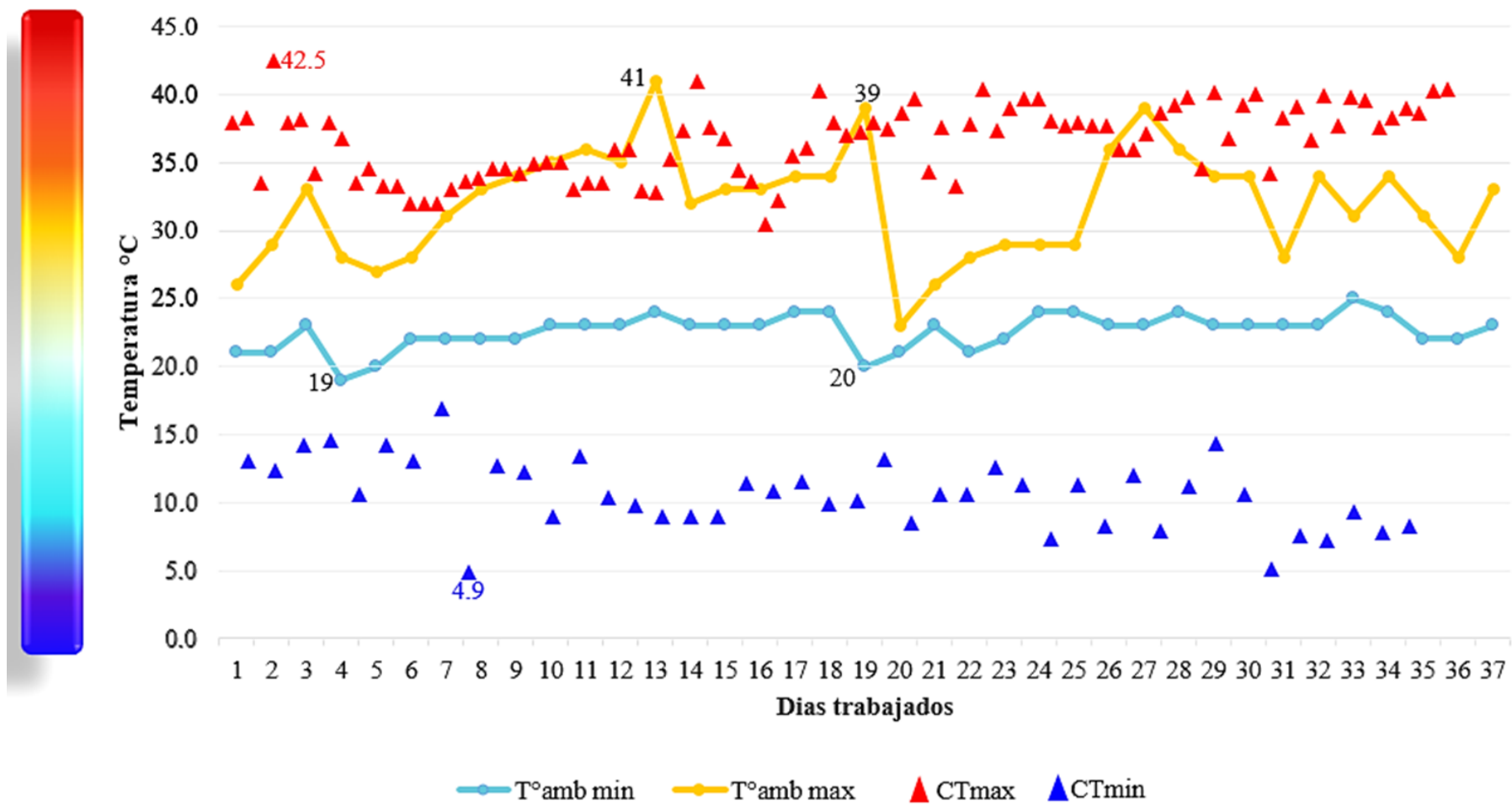
Los datos registrados de las variables CT<sub>max</sub> y CT<sub>min</sub> se obtuvieron del promedio obtenido entre las medidas registradas de dos termómetros digitales y se consideró solo un decimal. Además, solo se obtuvo un dato por individuo colectado. Como se mencionó en el capítulo anterior, se capturó 103 anfibios y se evaluaron 93 individuos. Del total de individuos se obtuvieron cuarenta y tres datos de CT<sub>min</sub> y noventa datos de CT<sub>max</sub>. No todos los individuos colectados pudieron obtener datos de CT<sub>min</sub> por las limitaciones explicadas en el capítulo anterior.

Para conocer a mayor profundidad la caracterización de la temperatura y precipitación del área de estudio a lo largo del periodo de años del 2000 al 2016 ver los anexos 14, 15, 16 para temperatura y para la precipitación ver el anexo 17. En el caso de la temperatura se describió las temperaturas máximas, mínimas y medias (anexos 14,15 y 16) donde la línea de tendencia en los tres casos fue creciente. Para el caso de la precipitación en el anexo 17 se aprecia una línea de tendencia ligeramente decreciente en los últimos años.

Asimismo se consideró solo las mediciones de temperaturas ambientales máximas y temperaturas ambientales mínimas realizadas durante el periodo de establecido entre la fecha 8 de Marzo 2016 al 13 de abril del 2016, haciendo un total de 37 días.

#### 4.3.1 Análisis General de comparación entre CTmax, CTmin y temperaturas ambientales:

En la Figura 16 se puede observar que la línea que representa las temperaturas mínimas ambientales ( $T^{\circ}$  amb min) superan ventajosamente a los valores de CTmin, es decir, los puntos de CTmin encontrados, no logran intersectar con los puntos que representan los valores de temperaturas ambientales mínimas del clima en el área de estudio. Mientras, ocurre lo contrario para el caso de las temperaturas ambientales máximas, donde se observó que algunos de los puntos de CTmax de los anfibios encontrados se entrecruzan con los puntos que representan los valores de temperaturas ambientales máximas ( $T^{\circ}$  amb max) y algunos CTmax son superados por los valores ambientales. Esto podría encontrar explicación en las declaraciones de Botella *et al.* (2014) donde proponen que la selección natural modularía las respuestas fisiológicas a temperaturas bajas más que a altas, existiendo límites fisiológicos extremos que acotan la posible evolución de las tolerancias de los organismos que habitan en tierra a altas temperaturas.



**Figura 16.** Comparación de las temperaturas ambientales registradas durante 37 días con los límites de tolerancia térmica fisiológicos (CTmax y CTmin). Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Los valores extremos correspondientes a temperaturas ambientales se describen a continuación: 20°C y 19°C fueron los puntos más bajos de temperatura ambiental mínima observados durante el periodo de estudio, mientras que los más altos fueron 25°C, 24°C. Para el caso de temperatura ambiental máxima 23°C y 26°C fueron los valores más bajos observados, mientras que los más altos fueron 41°C y 39°C. Cabe señalar que el lapso de tiempo en el que se desarrolló la investigación se caracterizó por tener parte de las zonas bajas inundadas que alcanzaban 30 cm de profundidad aproximadamente, donde se colectaron algunos de los anuros, pero a medida que pasaron las semanas estas zonas se iban secando rápidamente quedando al descubierto algunos andamios de madera que ayudaban a cruzar e indicar algunos tramos como se muestra en la Figura 17, mas estaban casi sumergidos al inicio de los muestreos. En adición a esto, se ha planteado la hipótesis de que el aumento de la temperatura ambiental, las estaciones secas y las variaciones inter-anales de las precipitaciones lograrían perturbar el ciclo reproductivo de los anuros neotropicales (Donnelly & Crump, 1998).



**Figura 17.** Andamio de madera para cruce peatonal en trocha inundable. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

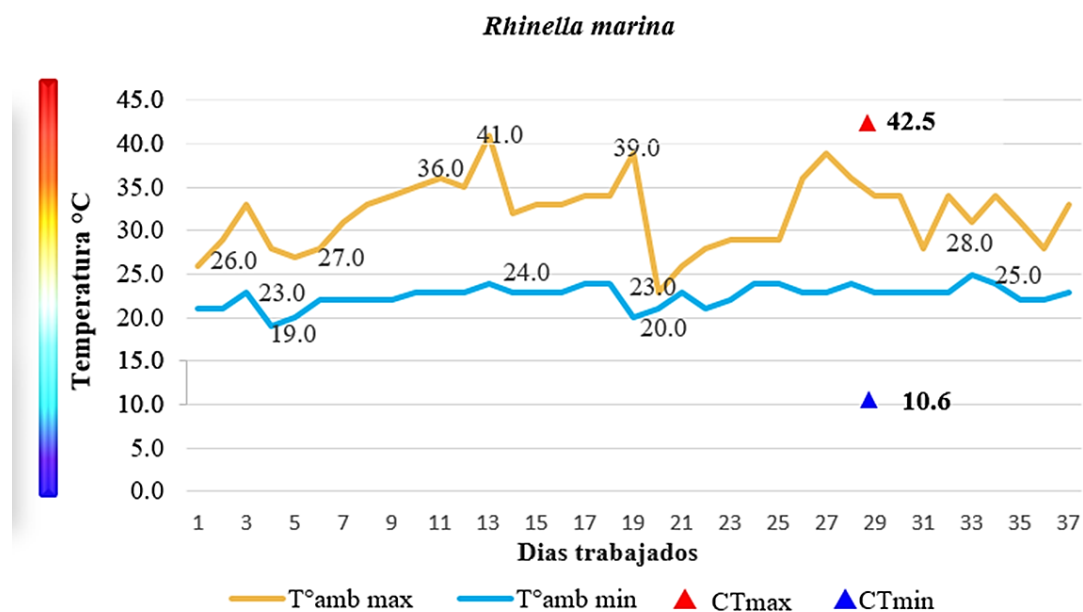
En la Figura 16 es notable que la mayor parte de los datos de CTmax se encuentran entre el rango de 30 y 40 °C. Los valores de CTmax inician en 30.4°C, mientras que las temperaturas ambientales máximas durante el estudio tuvieron un mínimo de 23°C, por lo tanto el valor mínimo de límites críticos máximos está por encima en 7.4°C del mínimo valor registrado de temperatura ambiental máxima durante el periodo de estudio.

Al comparar, los valores más altos de las temperaturas ambientales que fueron 41°C, 39°C y 36°C, frente a los datos de CTmax de distintas especies, se encontró que 98.9% de los

individuos poseen un CTmax inferior a 41°C (T°amb max), un 77.8% de los individuos poseen un CTmax inferior 39°C (T°amb max), y un 38.9% de individuos poseen un CTmax inferior de 36°C (T°amb max). Lo que estaría en concordancia con Deutsch *et al.* (2008) que afirman que se ha demostrado que la tolerancia térmica de muchos organismos es proporcional a la magnitud de la variación de temperatura que experimentan en sus ambientes.

#### 4.3.2 Comparación entre CTmax, CTmin y temperaturas ambientales por especie.

*Rhinella marina* fue la única especie que superó el máximo ambiental registrado durante el periodo de estudio, con un CTmax de 42.5 °C. Es decir solo el 1.1% de especímenes superó el valor más alto de temperatura ambiental máxima registrada durante el periodo de estudio. De acuerdo a los presentes resultados, anteriores estudios han demostrado que esta especie puede tolerar temperaturas altas como en la investigación de Pettit *et al.* (2020) donde declararon que esta especie es capaz de alimentarse en un lugar expuesto lejos de un cuerpo de agua, durante 34 minutos donde la temperatura ambiente alcanzó 37.7 °C en el día. Esto último concuerda con el hecho de que este anfibio fue encontrado en un suelo muy seco con poca hojarasca.



**Figura 18.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Rhinella marina*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

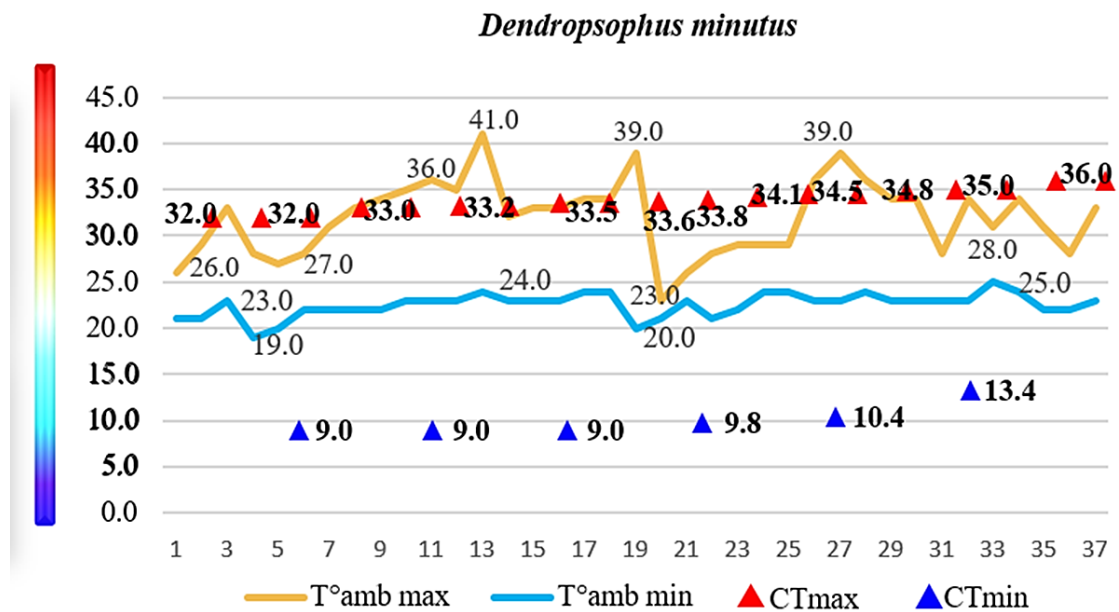
Además, *Rhinella marina* posee una amplia distribución geográfica que abarca 20 países dentro de América y Oceanía, además son conocidos por aparecer en la noche mas no son



rigurosamente nocturnos, fenómeno visto en otra especie del mismo género como *Rhinella poeppigii* vista de día al lado de canales de regadío del Universidad Agraria La Molina durante estudios de pre grado. Es más, tiene una historia de invasión en Australia que abarca 75 años, donde se conoce también como sapos de caña (Brown *et al.*, 2015), y que resultó siendo un gran peligro para la fauna nativa debido a su facilidad para reproducirse. El grupo de las *Rhinellas* parecen ser anfibios muy resistentes a diferentes ambientes incluso si tienen una baja calidad.

En cuanto al CTmin, *Rhinella marina* presentó 10.6°C. Al comparar el resultado antes mencionado con la temperatura ambiental mínima más alta y más baja registrada en el estudio, el CTmin se encontró a 14.4 y 8.4 grados centígrados por debajo respectivamente. Además fue uno de los anfibios de mayor tamaño encontrados con un SVL de 49mm, ocupando el tercer lugar. La importancia de esta especie radica en que también tiene un gran potencial médico debido a que sus secreciones cutáneas presentan actividad anticancerígena, producida por esteroides llamados Bufadienolidos que se ubican en las glándulas parótidas (Pinheiro *et al.*, 2013) y que las moléculas del plasma sanguíneo de estos anfibios tienen potencial antibacteriano (Brown & Shine, 2014).

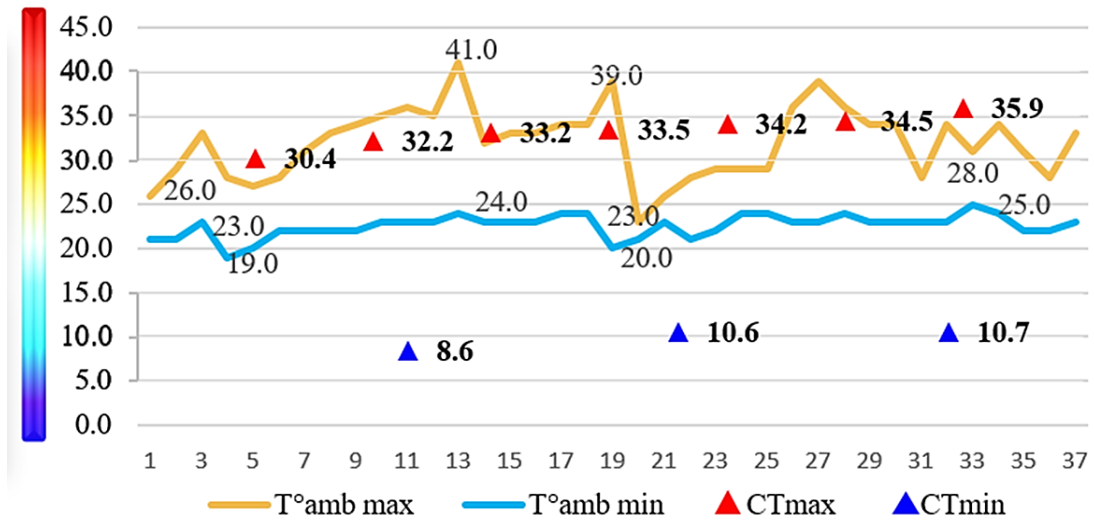
*Dendropsophus minutus* fue la especie de la que se obtuvo 19 datos de CTmax, cuyos valores oscilaron entre 32° y 36°. Los valores de CTmax de cifras distintas fueron 32°C, 33°C, 33.2°C, 33.5°C, 33.6°C, 33.8°C, 34.1°C, 34.5°C, 34.8°C, 35° C y 36°C. Esta especie tiene una distribución amplia que abarca 13 países según la tabla del Anexo 2 y se encuentra en una categoría de amenaza de preocupación menor. Es de esperar que sus valores de CTmax no superen los límites máximos temperatura ambiental como claramente ocurrió en este caso, donde esta especie no superó los límites de los valores más altos de la temperatura ambiental que fueron 41°C, 39°C y 36°C, sino que todos fueron inferiores o iguales a 36°C. Que su CTmax no esté cerca de superar los límites ambientales podría ser una ventaja reflejada en su amplia distribución. Con respecto al CTmin de esta especie tres alcanzaron un valor de 9°C, otros 3 individuos de *Dendropsophus minutus* obtuvieron valores de CTmin, superiores a los mencionados anteriormente y distintos entre sí, estos fueron: 9.8°C, 10.4°C y 13.4°C.



**Figura 19.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Dendropsophus minutus*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

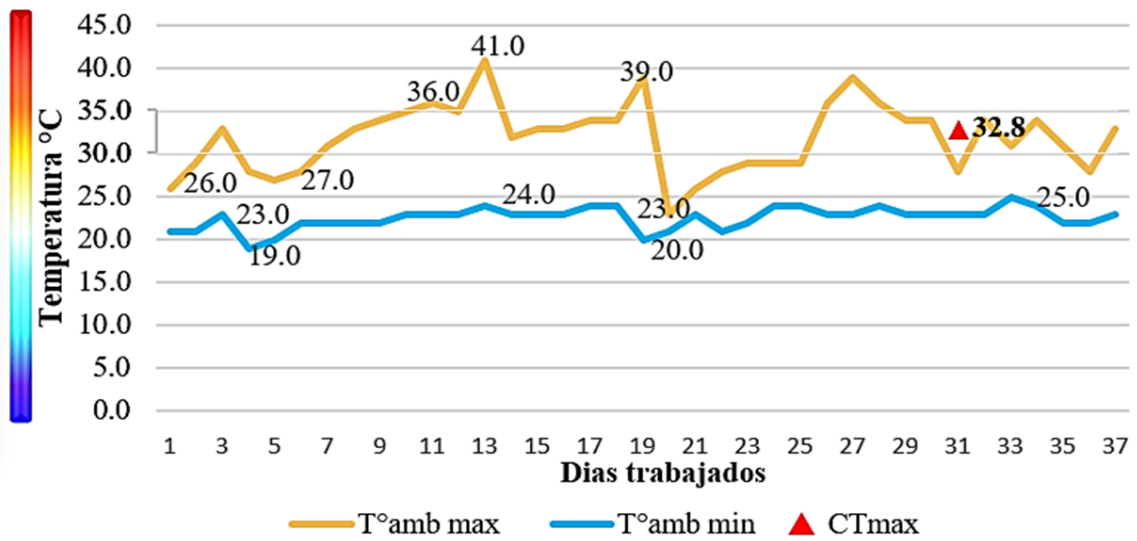
Con respecto al grupo *Pristimantis*, Camacho (2013) considera que el género de los *Pristimantis* es el más diverso en el planeta y morfológicamente son difíciles de diferenciar, tampoco ayuda su gran variedad fenotípica inter e intra poblacional. Aun así, se logró identificar tres especies, dos de la cuales se pudo obtener los valores de CTmax, esta especies fueron *Pristimantis reichlei* y *Pristimantis toftae*. En el primer caso, se colectaron siete individuos de *Pristimantis reichlei* y se obtuvieron datos de CTmax de todos ellos, los cuales fueron distintos entre sí y todos se ubicaron dentro de los primeros 34 individuos con un CTmax igual o inferior a 35.9°C. Las temperaturas críticas para esta especie fueron: 30.4°C, 32.2°C, 33.2°C, 33.5°C, 34.2°C, 34.5°C y 35.9°C. Al comparar el menor de los datos de CTmax obtenido con la temperatura ambiental máxima más alta, se encontró que el primero se encuentra 10.7°C por debajo de la segunda. Mientras que el mayor de los valores de CTmax está a 5.2°C por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta. Uno de los siete especímenes de *Pristimantis reichlei* obtuvo el CTmax de menor valor registrado durante todo el proceso, siendo este valor de 30.4°C. Esta es una especie que posee desarrollo directo (Melo-Sampaio & Souza, 2016). En el segundo caso, *Pristimantis toftae* tuvo una sola muestra y obtuvo un CTmax de 32.8°C, que supera la temperatura ambiental máxima más baja en 9.8°C, pero es inferior a la temperatura ambiental máxima más alta en 8.2°C.

*Pristimantis reichlei*

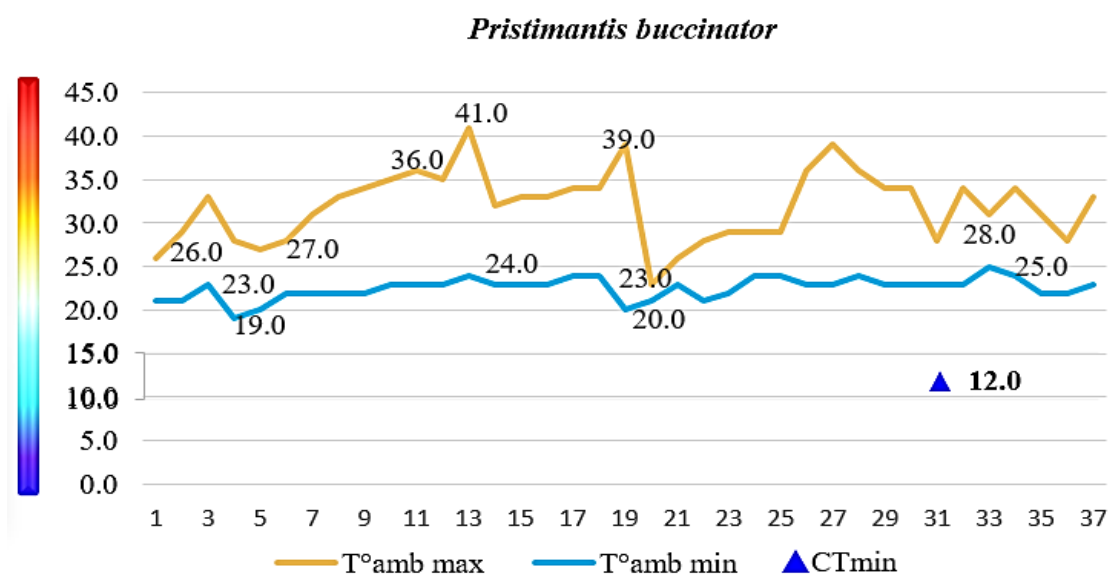


**Figura 20.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Pristimantis reichlei*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

*Pristimantis toftae*



**Figura 21.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Pristimantis toftae*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.



**Figura 22.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Pristimantis buccinator*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

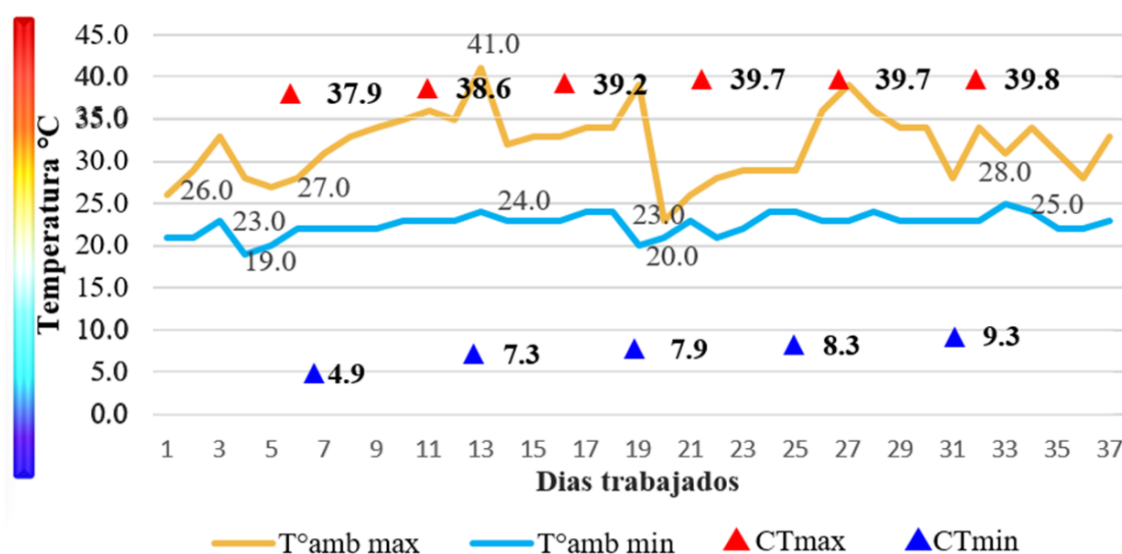
Como se mencionó anteriormente se logró identificar tres especies del genero *Pristimantis*, de los cuales solo de dos especies, *Pristimantis reichlei* y *Pristimantis buccinator* se logró obtener valores de CTmin. Con respecto a la primera especie, se obtuvo tres datos que fueron cercanos pero diferentes, estos fueron 8.6°C, 10.6°C y 10.7°C. *Pristimantis buccinator* obtuvo un valor de CTmin de 12°. Al comparar el resultado antes mencionado con la temperatura ambiental mínima más baja registrada en el estudio, el CTmin se encontró a 7°C por debajo.

De *Phyllomedusa vaillantii*, se colectaron seis individuos, de los cuales se obtuvieron el CTmax de cada uno, los valores resultaron cercanos y fueron: 37.9°C, 38.6°C, 39.2°C, 39.7°C, 39.7°C y 39.8°C, entre los valores registrados la mayor diferencia entre estos fue de 1.9°C. El menor de los valores de CTmax está a 3.1°C de la temperatura ambiental más alta, mientras que el mayor de los datos a 1.2°C. Además, el mayor de los datos de CTmax para esta especie se encuentra a 16.8°C de la máxima ambiental más baja registrada.

Uno de los individuos de *Phyllomedusa vaillantii* alcanzó el valor más bajo de CTmin registrado con 4.9°C, que fue el valor más distante de 19°C, siendo este último, la temperatura ambiental mínima más baja registrada.

Los 5 individuos de la especie *Phyllomedusa vaillantii* con CTmin obtenido, figuran dentro de los primeros quince individuos que obtuvieron los valores de CTmin más bajos. Sin embargo, los cinco especímenes poseen cinco valores distintos de CTmin.

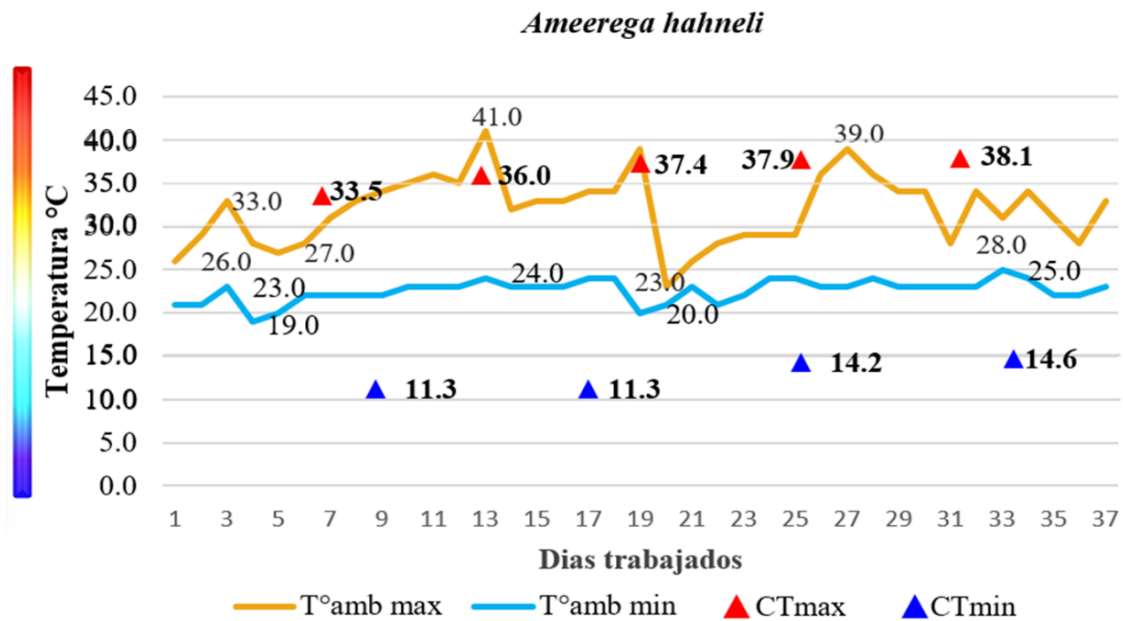
*Phyllomedusa vaillantii*



**Figura 23.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Phyllomedusa vaillantii*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

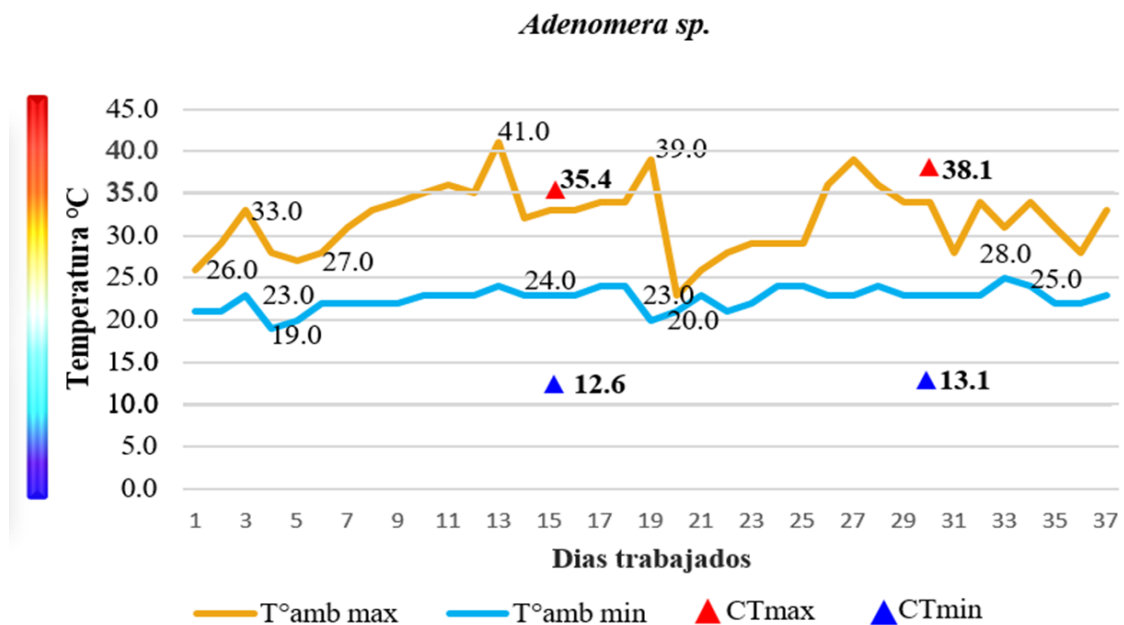
Con respecto a *Ameerega hahneli*, de esta especie se consiguieron cinco datos de CTmax, de los cuales cuatro fueron muy cercanos, mientras que uno fue 2.5 grados inferior al de menor valor del grupo de cuatro. Los valores obtenidos fueron: 33.5°C, 36°C, 37.4°C, 37.9°C y 38.1°C. Este último valor estuvo a 3 grados por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta registrada por ACCA. Por lo que se podría sugerir que se encuentra en una posición holgada al no tener valores cercanos al techo temperaturas ambientales más altas, esto también podría verse reflejado en que esta especie tiene una distribución amplia que abarca Tierras bajas amazónicas del Perú amazónico, Ecuador, Colombia, Bolivia, Brasil, el extremo sur de Venezuela, el sureste de Guyana, el suroeste de Surinam y la Guayana Francesa (Frost, 2021) y se le encuentra en bosques de tierra firme no inundados y bosques de llanura aluvial de várzea (Montanarin *et al.*, 2017). Además, en la investigación de Nothacker *et al.* (2018) se sugiere que las ranas venenosas tienen buen conocimiento sobre el área general en la que viven mediante la integración de marcas de tierra aprendidas y que poseen un sentido altamente desarrollado de orientación, aunque los mecanismos de navegación en ellas siguen siendo desconocidos. Pero, esto parece contribuir a su búsqueda por un área que les proporcione una comodidad térmica.

Los cuatro individuos de *Ameerega hahneli* que cuentan con valores de CTmin, están dentro del grupo de dieciocho individuos que obtuvieron los valores más altos de CTmin y que están más cerca de aproximarse a la línea de temperatura ambiental mínima.



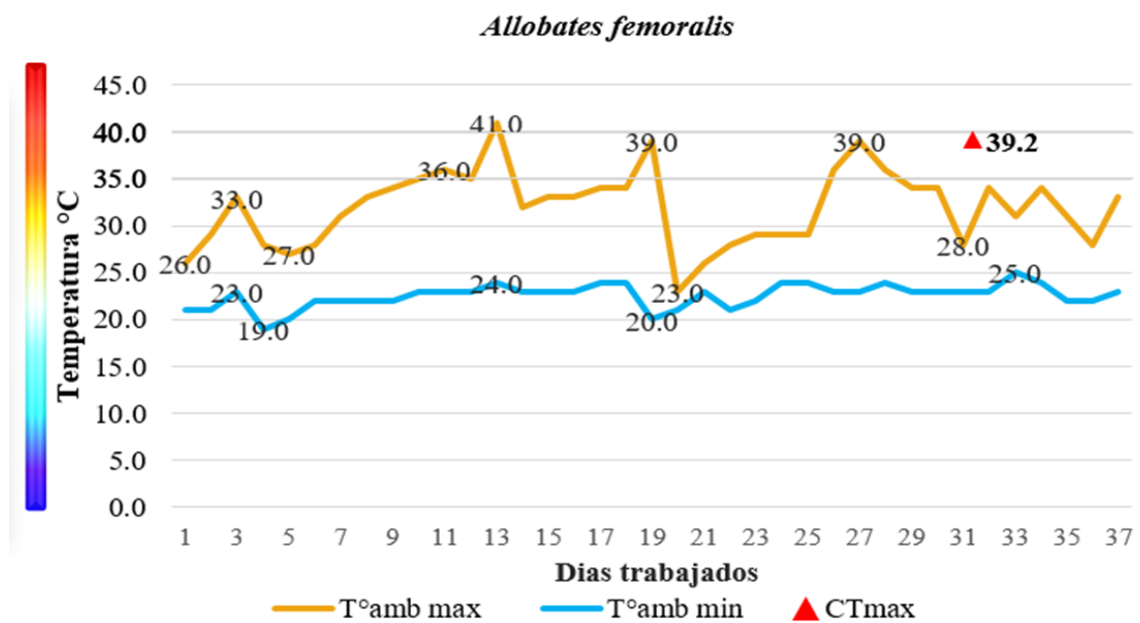
**Figura 24.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Ameerega hahneli*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

*Adenomera sp.* tuvo dos representantes cuyos valores de CTmax fueron 35.4°C y 38.1°C. Entre ambos guardan una diferencia de más de dos grados y medio. El primero de los CTmax de esta especie está a 5.6°C por debajo del máximo ambiental más alto, mientras que el segundo a 2.9°C por debajo de la misma categoría. Se obtuvieron dos datos de CTmin de *Adenomera sp.*, los cuales fueron 12.6°C y 13.1°C. Su proximidad a las temperaturas mínimas más bajas osciló entre 5.9°C y 6.4°C. A esta especie se la encontró en el sustrato de hojarasca durante la colecta.



**Figura 25.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Adenomera sp.* Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

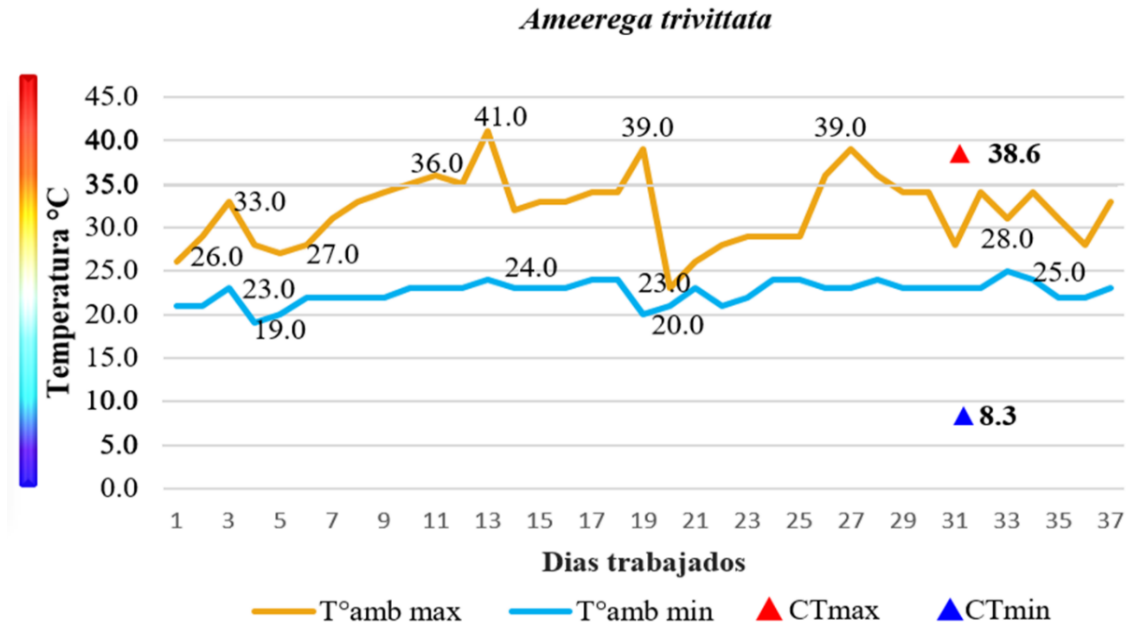
Se colectó una muestra de *Allobates femoralis*, del cual se obtuvo su CTmax, el cual fue de 39.2°C. Este espécimen estuvo a 1.8°C por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta y a 16.2°C por encima de la temperatura ambiental máxima más baja. Fundamentado en la tabla del Anexo 2, esta especie pertenece a uno de los dos representantes de la familia Aromobatidae en el estudio, cuyas características principales es ser una especie diurna que habita en el suelo y con una amplia distribución en nueve países como son Guyana, Surinam, Guayana Francesa, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil y Venezuela. Actualmente se encuentra en una categoría de amenaza de Preocupación menor.



**Figura 26.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Allobates femoralis*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

*Ameerega trivittata* presentó una sola muestra con un CTmax de 38.6°C. Al comparar el resultado antes mencionado con la temperatura ambiental máxima más alta, este se encontró a 2.4°C por debajo y a 15.6°C por encima de la temperatura ambiental máxima más baja registrada en el estudio que fue 23°C. El valor de CTmin de 8.3°C es compartido por dos especies distintas, una de ellas es perteneciente al único espécimen colectado de *Ameerega trivittata* y uno de los individuos de *Phyllomedusa vaillantii*. Teniendo en cuenta a Nothacker *et al.* (2018) *A. trivittata* es una rana venenosa que realiza un comportamiento de homing, por lo que esta especie es capaz de regresar de 900 m después de una translocación a sus áreas de distribución o rangos de hogar. De manera que esta capacidad de desplazamiento notable en distancia de retorno a su rango de hogar podría ser una ventaja,

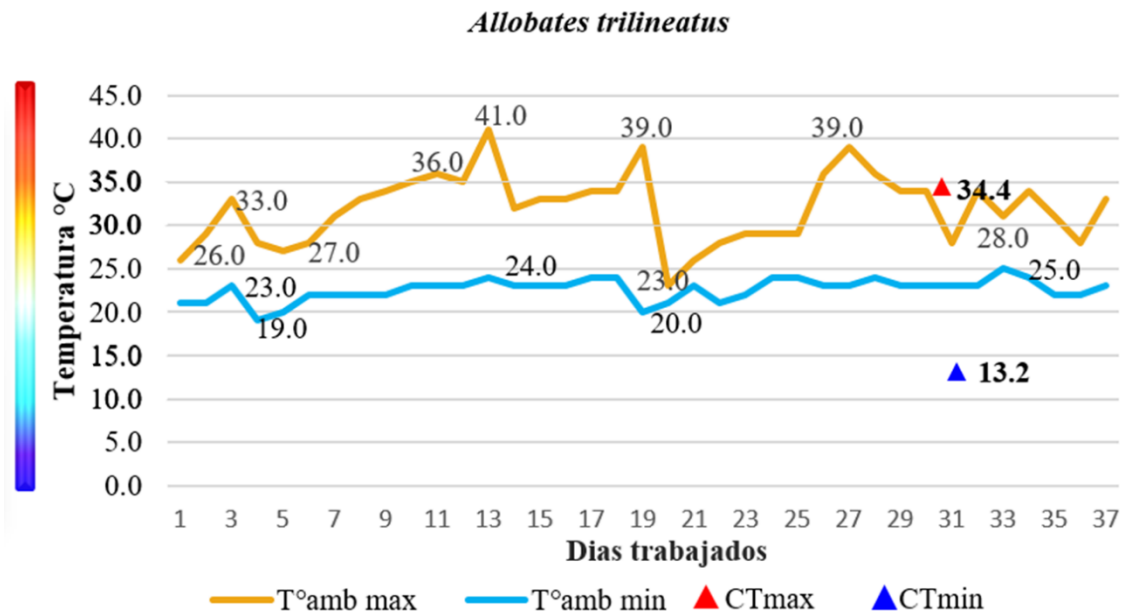
ya que frente a un evento drástico o prolongado como un aumento de temperatura o sequía, afectaría las virtudes del área de distribución, pero esta especie estaría apta para cubrir un mayor radio en búsqueda de una zona más prometedora.



**Figura 27.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Ameerega trivittata*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

*Allobates trilineatus*, una especie diurna y de hojarasca según la tabla del Anexo 2 y empleando las palabras de Pröhl & Willink (2015) esta especie posee un forrajeo de tipo pasivo o “sit and wait” algo que comparte con *A. femoralis*. Obtuvo un CTmax igual a 34.4°C, siendo superior en 11.4°C al máximo ambiental más bajo registrado durante el periodo de estadía. Sin embargo el CTmax de este individuo es inferior en 6.7°C al mayor máximo ambiental. Esta especie obtuvo un CTmin de 13.2°C y estuvo a 5.8 °C por debajo de la temperatura ambiental mínima más baja registrada en el estudio.



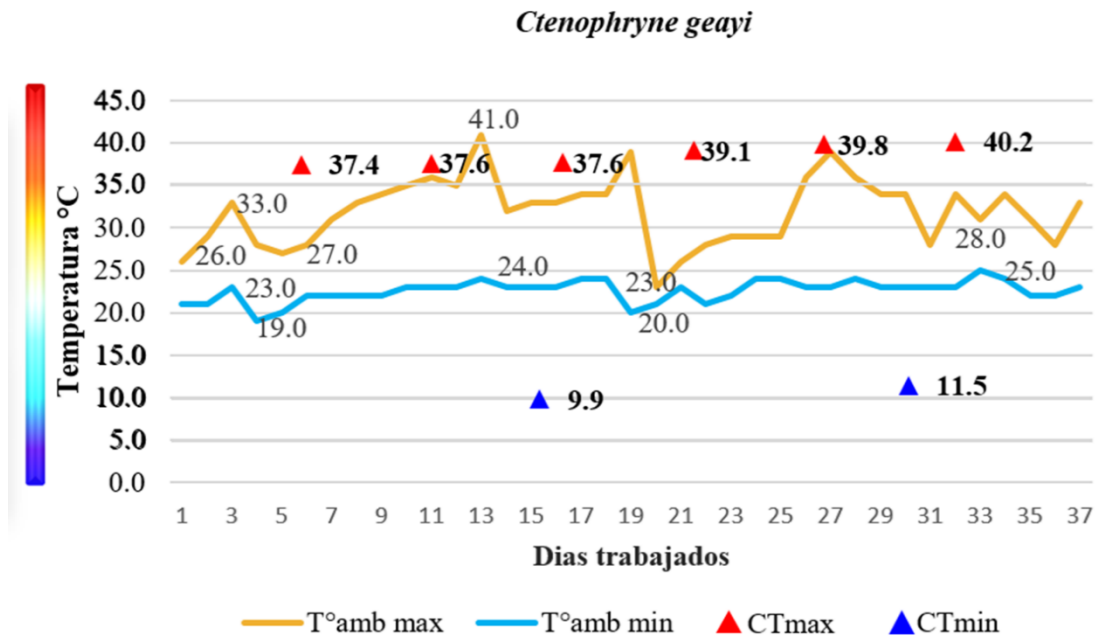


**Figura 28.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Allobates trilineatus*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

De *Ctenophryne geayi*, se colectaron seis individuos, de los cuales, dos coincidieron con el mismo CTmax. Los datos obtenidos fueron 37.4°C, 37.6°C, 37.6°C, 39.1°C, 39.8°C y 40.2°C como datos de CTmax. El rango de variación de temperaturas críticas fisiológicas en esta especie fue de 2.8°C. El menor de los valores de CTmax estuvo a 3.7°C lejos de alcanzar la máxima temperatura ambiental más alta registrada en el periodo de estudio, mientras que el valor de 40.2°C CTmax estuvo a 0.9°C.

Se obtuvo dos muestras de CTmin para *Ctenophryne geayi*, ambas fueron distintas, con menos de dos grados de diferencia entre ellas, el de menor valor fue de 9.9°C y el mayor de 11.5°C. Esta especie pertenece a la familia Microhylidae y habita en nueve países de Sudamérica y actualmente está en una categoría de preocupación menor, según lo visto en la tabla del Anexo 2. De acuerdo con Schlüter & Salas (1991) durante su época de apareamiento *Ctenophryne geayi* está activa día y noche. También hay que agregar que los cantos de anuncio se han reportado a 26°C de temperatura del aire (Schlüter, 1980), esta última cifra es relevante, ya que esta no sobrepasa los límites máximos y mínimos de temperaturas ambientales y críticos fisiológicos encontrados en esta investigación como era de esperar. Pero es necesario recordar que las variaciones en el ambiente térmico pueden tener importantes consecuencias en las vocalizaciones de los anuros (Labra *et al.*, 2008). Al mismo tiempo, en numerosas especies se ha informado que el coportamiento vocal, la producción (Zweifel 1968, Navas 1996, Esteban *et al.* 2002), la percepción acústica (Narins, 2001), son procesos que dependen de la temperatura, habiendo normalmente una correlación

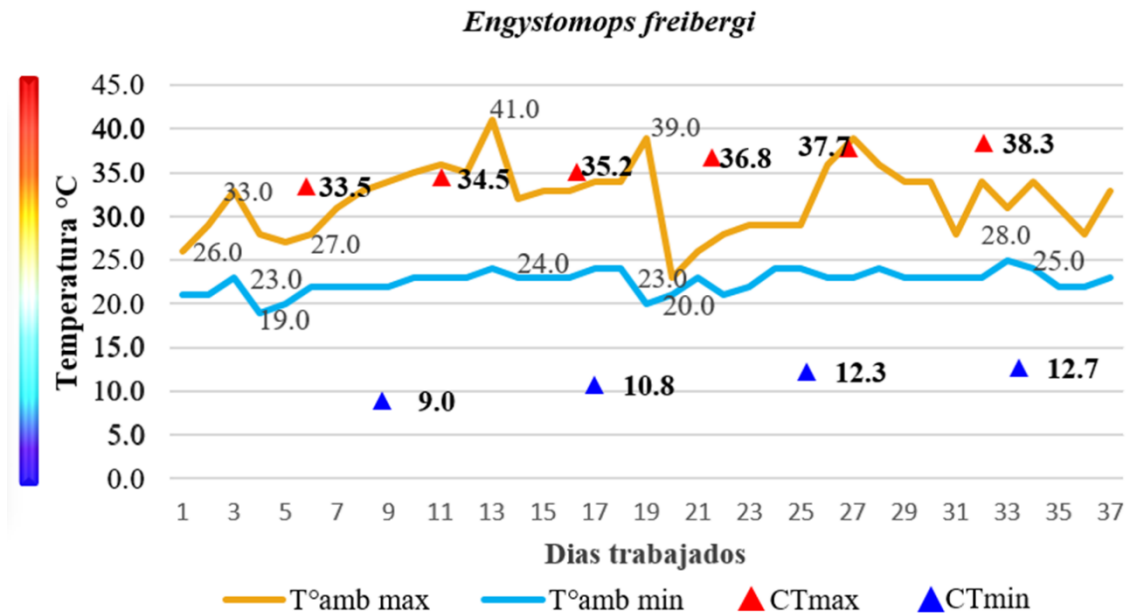
positiva entre temperatura y tasa de canto en anuros que vocalizan en forma aislada (Labra *et al.*, 2008).



**Figura 29.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Ctenophryne geayi*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Otro hecho importante vinculado a la temperatura para esta especie es que teniendo en cuenta el estudio de Schlüter & Salas (1991) la eclosión de los renacuajos ocurre aproximadamente 36 horas después de la fertilización cuando la temperatura del agua fue de 26 °C.

Sobre *Engystomops freibergi* se obtuvo seis datos de CTmax. Sus valores fueron desde 33.5° hasta 38.3°. Además, 7.6°C y 2.7°C son las distancias en grados centígrados por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta, a las que se encuentran el menor y mayor valor de CTmax de esta especie respectivamente. Las temperaturas críticas para esta especie fueron: 33.5°C, 34.5°C, 35.2°C, 36.8°C, 37.7°C y 38.3°C.

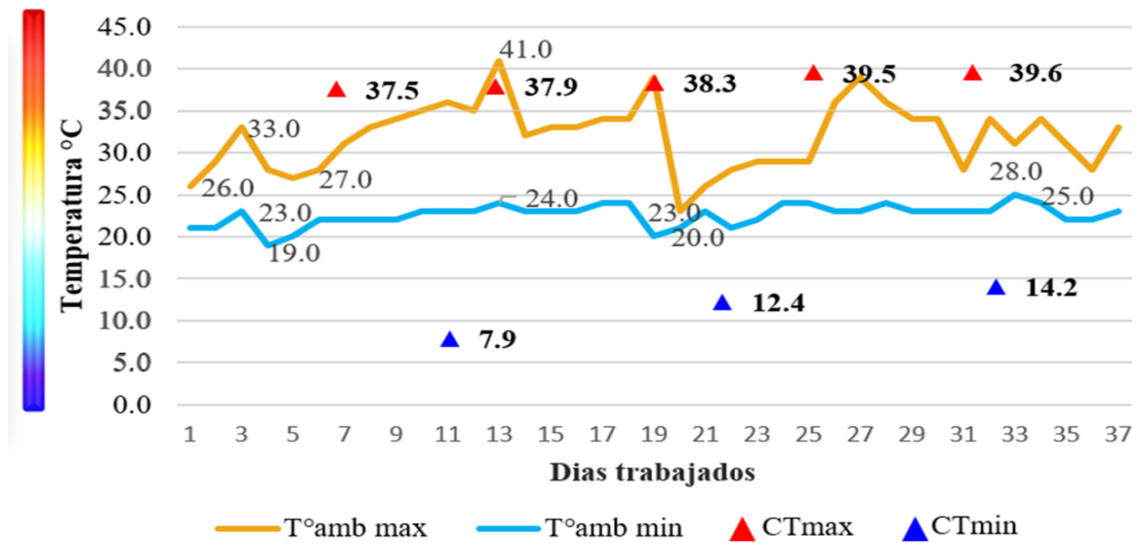


**Figura 30.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Engystomops freibergi*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Hubo 4 datos obtenidos de CTmin de *Engystomops freibergi*, de los cuales todos fueron diferentes, cuyos valores fueron 9°C, 10.8°C, 12.3°C y 12.7°C. Al comparar los resultados antes mencionados con la temperatura ambiental mínima más baja registrada en el estudio, se encontró que los valores de CTmin estaban por debajo en 10, 8.2, 6.7 y 6.3 grados centígrados respectivamente. Además, se encontró una coincidencia con otra especie, ya que tres individuos de *Dendropsophus minutus* y uno de *Engystomops freibergi* alcanzaron un CTmin de 9°C.

De *Edalorhina perezii*, se obtuvieron cinco datos de CTmax, los cuales fueron: 37.5°C, 37.9°C, 38.3°C, 39.5°C y 39.6°C. La diferencia entre el mayor y menor de los datos es de 2.1°C. El menor de los valores de CTmax está a 3.5°C de la temperatura ambiental más alta, mientras que el mayor de los datos a 1.4°C. En los tres datos de CTmin obtenidos de *Edalorhina perezii*, los valores fueron 7.9°C, 12.4°C y 14.2°C. Al comparar los resultados antes mencionados con la temperatura ambiental mínima más baja registrada en el estudio, se encontró que los valores de CTmin estaban por debajo en 11.1, 6.6 y 4.8 grados centígrados respectivamente. Uno de los individuos de *Phyllomedusa vaillantii* y *Edalorhina perezii* coinciden en poseer el mismo valor de temperatura de CTmin a 7.9°C. *E. perezii* se caracteriza por ser un habitante diurno de la hojarasca en el piso del bosque húmedo tropical bajo y es común encontrar los huevos son depositados en un nido de espuma en los bordes de charcos temporales poco profundos (Duellman & Morales, 1990).

*Edalorhina perezii*



**Figura 31.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Edalorhina perezii*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

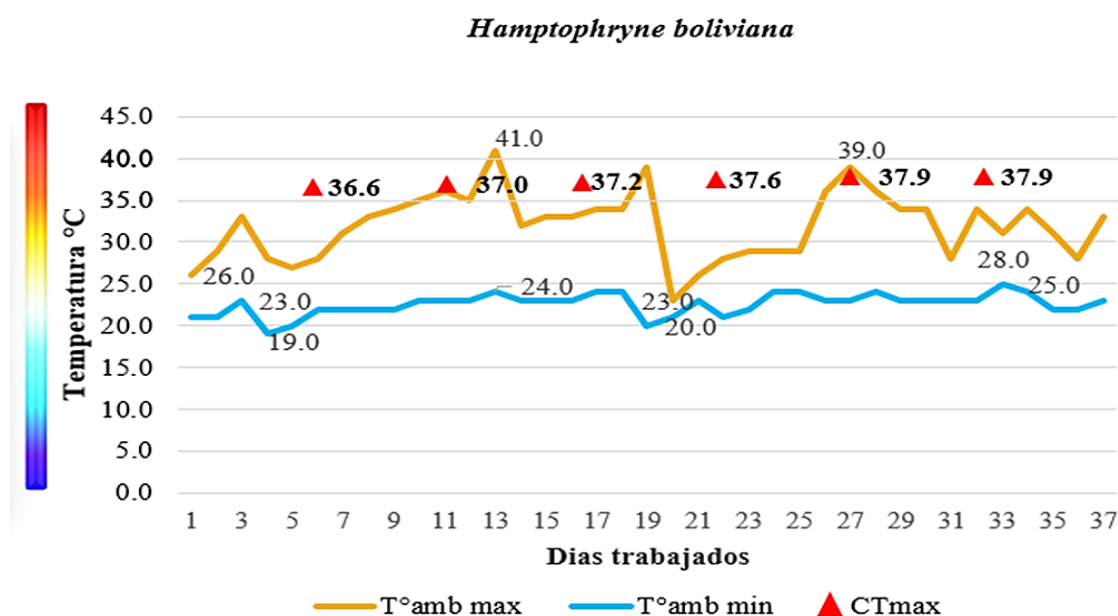
Precisamente, mientras se realizaban las búsquedas nocturnas, se encontró a dos especímenes durante el amplexo que formaban una gran espuma blanca, este evento se avistó en la trocha 13 de Playa, esta trocha servía de tránsito para pequeños vehículos de carga que ayudaban a llevar los víveres del puerto ubicado al lado del río hacia la estación principal donde estaba la cocina, que se encontraba varios metros sobre ese nivel.



**Figura 32.** Formación de espuma durante el apareamiento de *Edalorhina perezii* en la trocha 13 de Playa. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

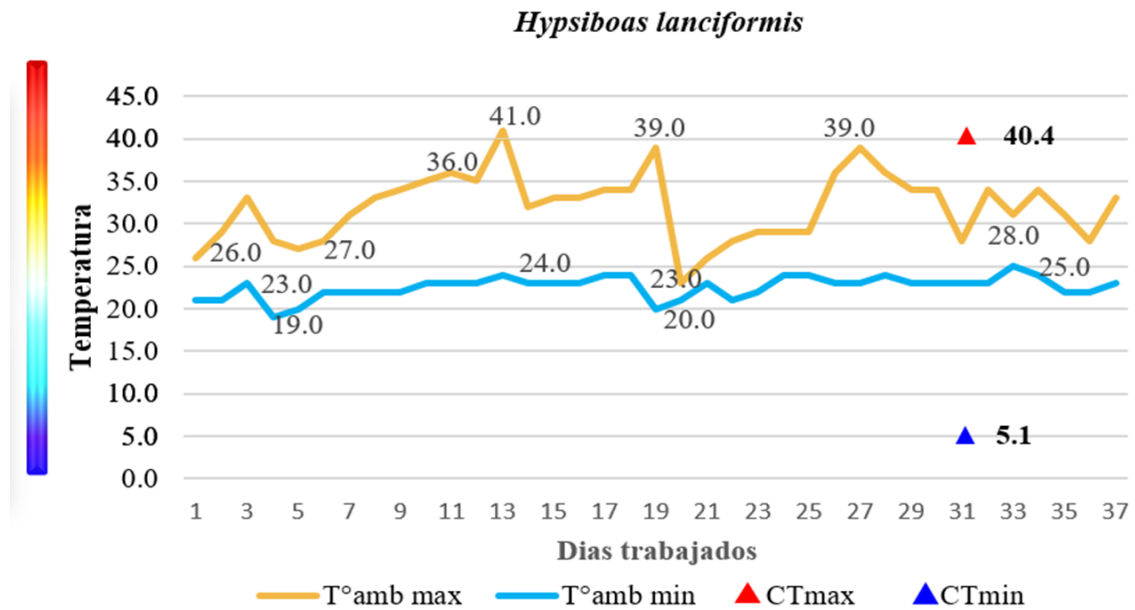
Esta trocha a pesar de ser una de las más impactadas por el tránsito vehicular se convirtió en un escenario ideal ya que se creó unas micropiscinas producto del peso de las llantas que dejan baches en el camino. Además también se encontraron varias especies más a lo largo de esta trocha.

*Hamptophryne boliviana*, se colectó 6 individuos de esta especie, de los cuales dos de ellos obtuvieron el mismo valor de CTmax. Los valores de CTmax para esta especie fueron: 36.6°C, 37.0°C, 37.2°C, 37.6, 37.9°C y 37.9°C. La menor de las muestras de CTmax está a una distancia de 13.6°C por encima del máximo ambiental más bajo y a 4.4°C por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta. En el caso del mayor CTmax alcanzado por esta especie, 14.9° y 3.1° son las distancias por encima del máximo ambiental más bajo y por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta respectivamente. Esta especie solo tuvo datos de CTmax. De acuerdo con Schlüter (1980) los cantos de anuncio se han reportado a 26°C de temperatura del aire, la cual como es de esperar, no sobrepasa los límites máximos y mínimos de temperaturas ambientales o los críticos fisiológicos.



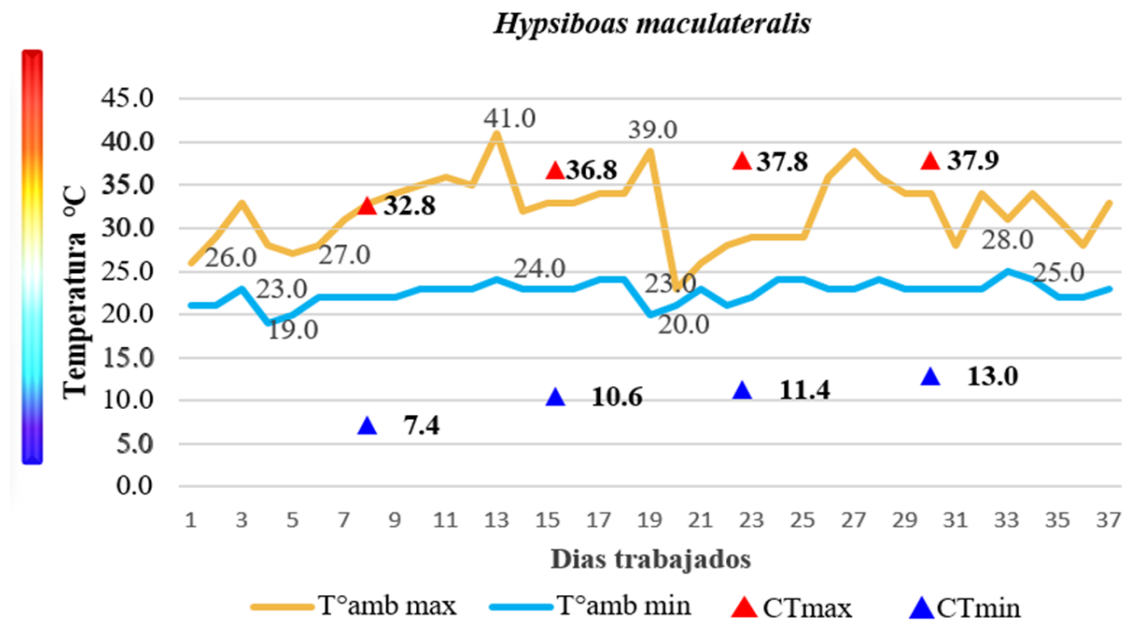
**Figura 33.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Hamptophryne boliviana*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Se colecto un individuo de *Hypsiboas lanciformis*, que obtuvo un CTmax de 40.4°C, estando a 0.6°C por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta y a 17.4°C por encima de la temperatura ambiental máxima más baja. Esta especie es el segundo espécimen en tener el CTmin más bajo, con un CTmin de 5.1°C y a una distancia de 13.9°C de la temperatura mínima ambiental más baja registrada, siendo esta última superior al CTmin de la especie. Vallejo (2016) consideró a *H. lanciformis* como una especie promisoría debido a que sus secreciones peptídicas tienen actividad antimicrobiana y/o anticancerígena y por lo tanto poseería un potencial de aplicación biomédica.



**Figura 34.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Hypsiboas lanciformis*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

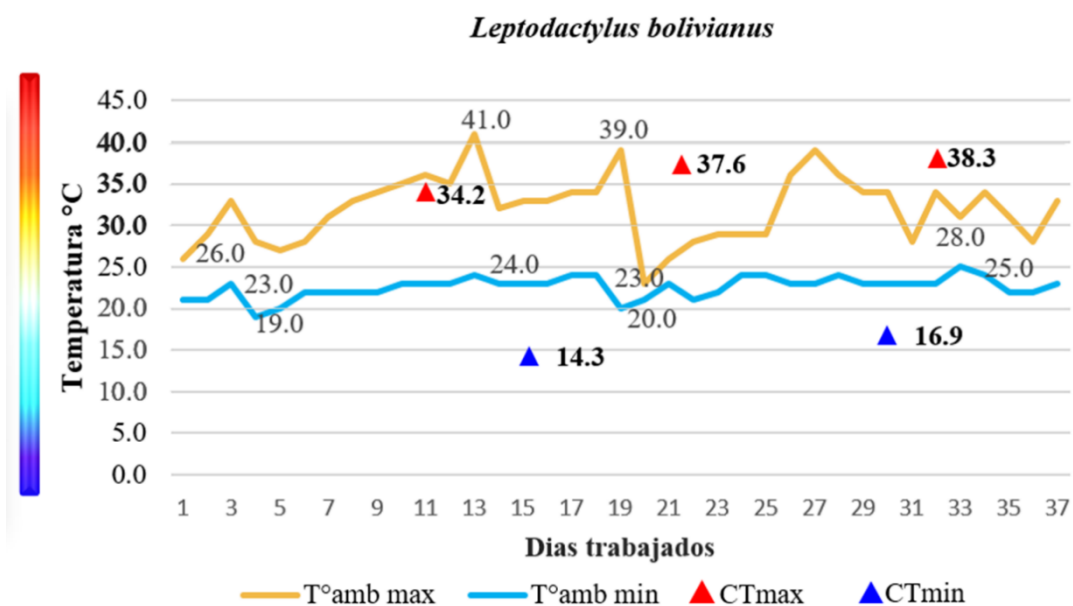
Los resultados para *Hypsiboas maculateralis* fueron: 32.8°C, 36.8°C, 37.8°C y 37.9°C. Esta especie superó algunas de las temperaturas ambientales registradas, más no las más altas. El individuo que se encontró más cerca de la temperatura ambiental máxima más baja fue el que obtuvo un CTmax de 32.8°C, estando a 9.8°C por encima de la ambiental; mientras que el anfibio que obtuvo 37.9°C de CTmax estuvo a 3.1°C por debajo de la temperatura ambiental máxima.



**Figura 35.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Hypsiboas maculateralis*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Uno de los especímenes de *Hypsiboas maculateralis* es el cuarto en tener el CTmin más bajo, con un CTmin de 7.4°C y a una distancia de 11.6 °C por debajo de la temperatura mínima ambiental más baja registrada, siendo esta última superior al CTmin de la especie. De los cuatro individuos de *Hypsiboas maculateralis*, 3 obtuvieron valores de CTmin cercanos de 10.6°C, 11.4 °C y 13.0°C. Mientras que el cuarto tuvo un valor más lejano de 7.4 °C. Esta especie felizmente se encuentra en categoría de preocupación menor cuya distribución alcanza Colombia, Ecuador y Perú, como se aprecia en la tabla del Anexo 2.

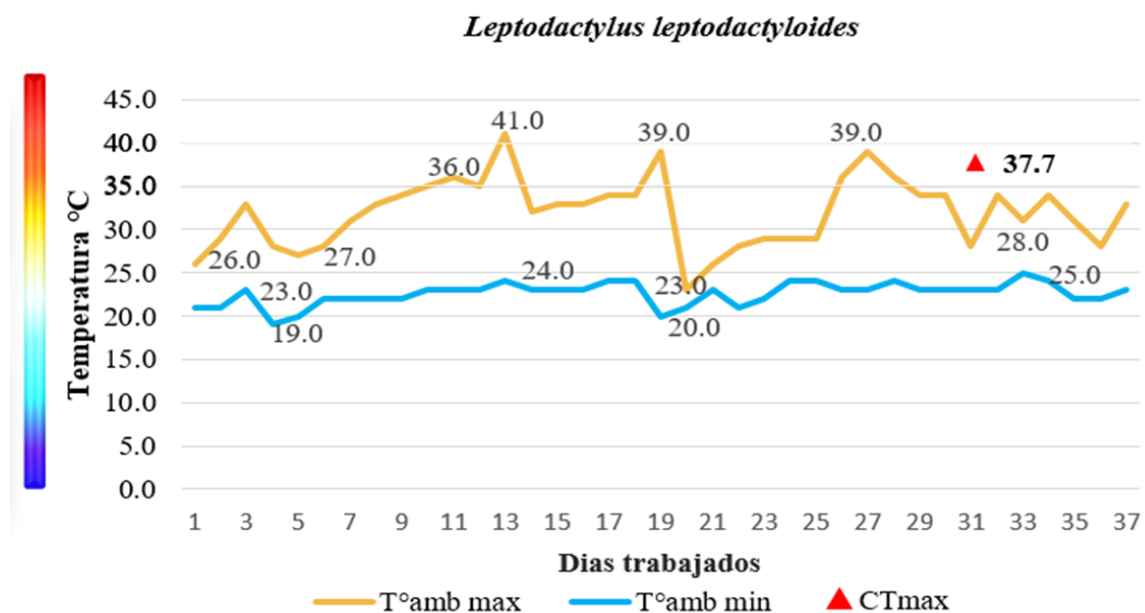
*Leptodactylus bolivianus* obtuvo tres muestras de CTmax, las cuales fueron 34.2°C, 37.6°C y 38.3°C. La menor de las muestras de CTmax está a una distancia de 11.2°C por encima del máximo ambiental más bajo y a 6.8°C por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta. En el segundo caso, 14.6°C y 3.5°C son las distancias por encima del máximo ambiental más bajo y por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta respectivamente. En el último caso, 15.3°C y 2.7°C fueron las distancias por encima del máximo ambiental más bajo y por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta respectivamente. La presencia de esta especie ha sido registrada en ambientes de temperatura cálida, Wells & Bard (1988) aseguran que se ha podido observar a una hembra de la especie con renacuajos en aguas cálidas a 34°C, a unos 5 cm de profundidad, bien escondida en la vegetación herbosa. Comparando este valor con los CTmax encontrados vemos que hay una diferencia muy estrecha, siendo el CTmax de menor valor, superior en 0.2°C. Ciertamente esta especie resulto muy escurridiza con una gran aptitud para el escape de los recipientes que los contenían.



**Figura 36.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Leptodactylus bolivianus*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Con respecto a los valores de CTmin encontrados, se puede observar que la especie *Leptodactylus bolivianus* (Lb) es la que más se acerca a la línea de temperaturas mínimas ambientales. Después de *Leptodactylus bolivianus*, los individuos que poseen un CTmin más próximo a la línea de temperaturas mínimas ambientales son: un espécimen de *Edalorhina perezii*, uno de *Ameerega hahneli*, uno de *Leptodactylus bolivianus* y uno de *Ameerega hahneli* con valores de 14.2°, 14.2°, 14.3° y 14.6° respectivamente.

De *Leptodactylus leptodactyloides*, se colectaron dos individuos de esta especie, pero se obtuvo solo un dato debido al escape de uno de ellos, habilidad resaltante en estos individuos, pues fue atrapado más de una vez fuera del recipiente sellado. Con respecto a este comportamiento Villa (1969) destaca que en especies del género *Leptodactylus* la única reacción defensiva conocida de tipo no territorial es la reacción de fuga. El dato obtenido de esta especie fue 37.7°C. El dato para este individuo se encuentra a 14.7°C de la máxima ambiental más baja registrada y a una distancia de 3.3°C de la más alta. Teniendo en cuenta la tabla del Anexo 2, esta especie se encuentra en una categoría de preocupación menor, tiene amplia distribución a lo largo de países como Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guayana, Perú, Surinam, Venezuela; además se la suele encontrar en áreas abiertas.

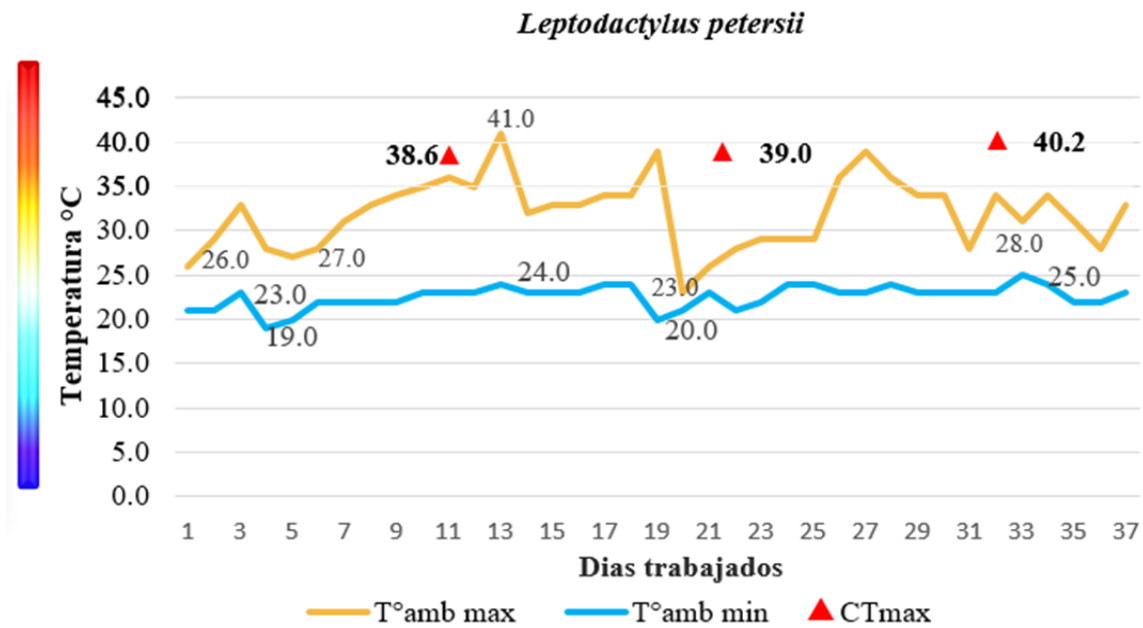


**Figura 37.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Leptodactylus leptodactyloides*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

*Leptodactylus petersii*, tuvo tres datos de CTmax los cuales fueron 38.6°C, 39°C, 40.2°C. La diferencia entre el mayor y menor valor reportado es de 1.6°C. El valor más alto de



CTmax de los 3 individuos de esta especie estuvo a solo 0.8° por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta y 17.2°C por encima de la temperatura ambiental máxima más baja. Mientras que el valor más bajo de CTmax estuvo a 2.4°C por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta y a 15.6°C por encima de la temperatura ambiental máxima más baja. *Leptodactylus petersii* y *Rhinella margaritifera* se intersectan con la temperatura ambiental máxima a los 39°C. Para esta especie no se obtuvo datos de CTmin.

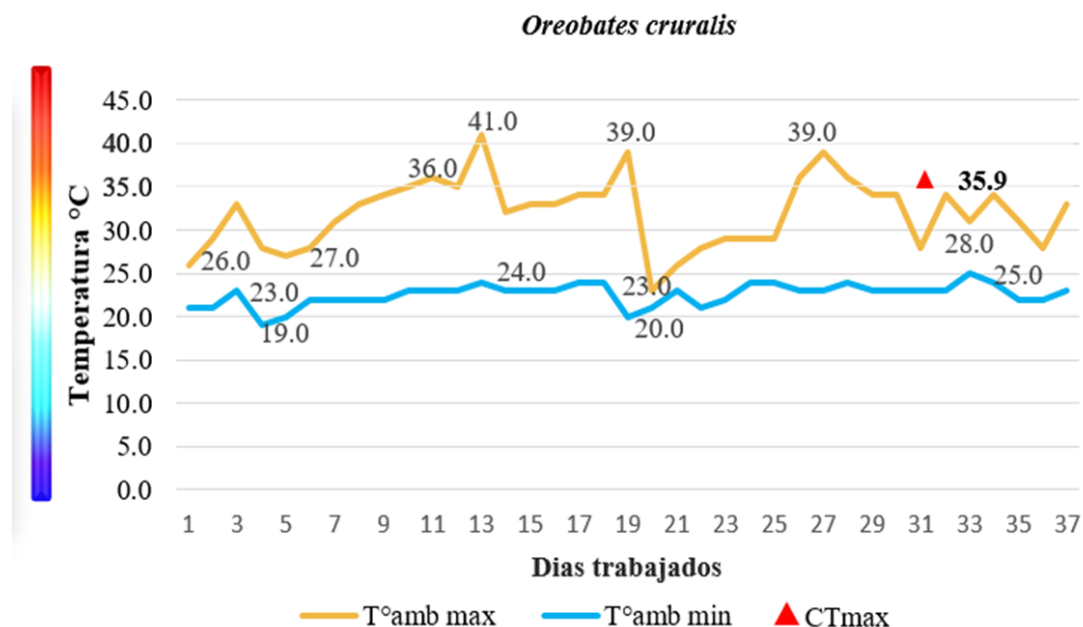


**Figura 38.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Leptodactylus petersii*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

A pesar que esta especie estuvo muy cerca de igualar la temperatura ambiental máxima más alta, no es una especie que se encuentre en una categoría preocupante de amenaza, además posee una amplia distribución en países como Bolivia, Brasil; Colombia; Ecuador; Guayana Francesa; Guayana; Perú; Surinam; Venezuela, basado en la tabla del Anexo 2. En esta especie hay cierto cuidado parental por parte de la hembra que forma una especie de escolitas donde interactúa con los renacuajos aunque sin mucha coordinación o a veces permanecen inmóviles (Morales *et al.*, 2008); estas escolitas son como pequeños charcos de baja profundidad de donde se realizan actividades o simples movimientos pero en un espacio delimitado con agua, lo que ofrece cierta protección de la desecación y depredadores.

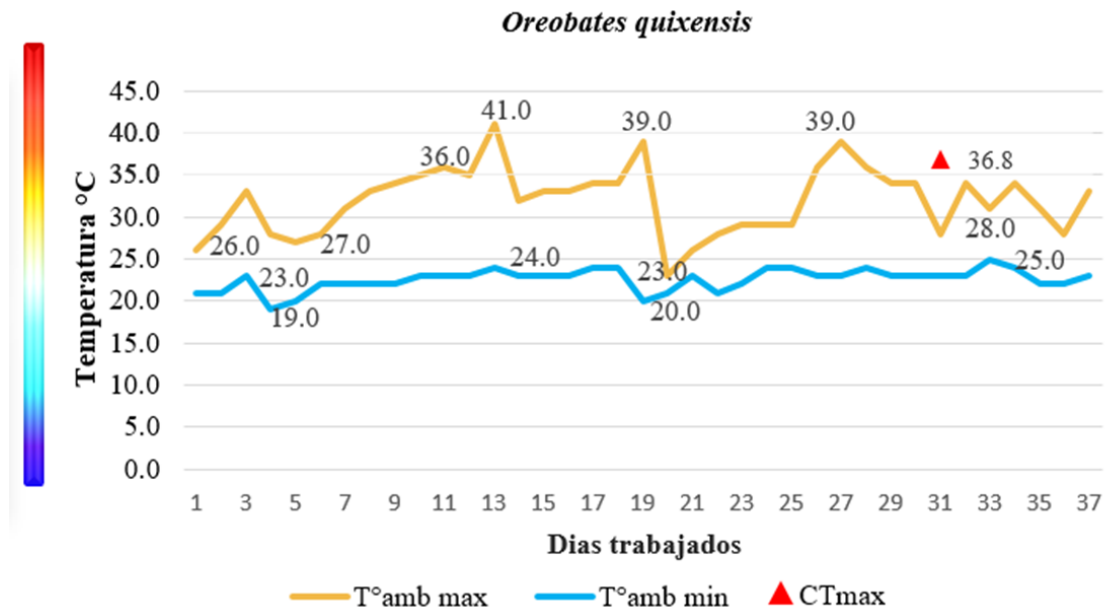
*Oreobates cruralis* obtuvo un CTmax de 35.9°C estando a 5.2°C de alcanzar a la temperatura máxima ambiental más alta registrada en el periodo de estudio. Y a 12.9 grados por encima de la temperatura máxima más baja. De esta especie solo se encontró un individuo, y según la tabla del Anexo 2 esta especie solo se encuentra en Perú, Bolivia y posiblemente en Brasil.

*Oreobates cruralis*, una rana de desarrollo directo de América del Sur poco conocida” (Montero-Mendieta *et al.*, 2017, p.1).



**Figura 39.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Oreobates cruralis*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

*Oreobates quixensis*, al igual que en el otro caso del género *Oreobates* fueron escasos individuos y se logró encontrar solo uno, sobre una hoja a unos diez centímetros del suelo. Aunque Coloma *et al.* (2004) refiere que es una especie muy común en toda su área de distribución con una tendencia poblacional estable. Más aun, se aprecia en la tabla del Anexo 2 que su presencia abarca una gran distribución, presente en Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú, en la Amazonia brasileña occidental y su categoría de amenaza figura como de preocupación menor.

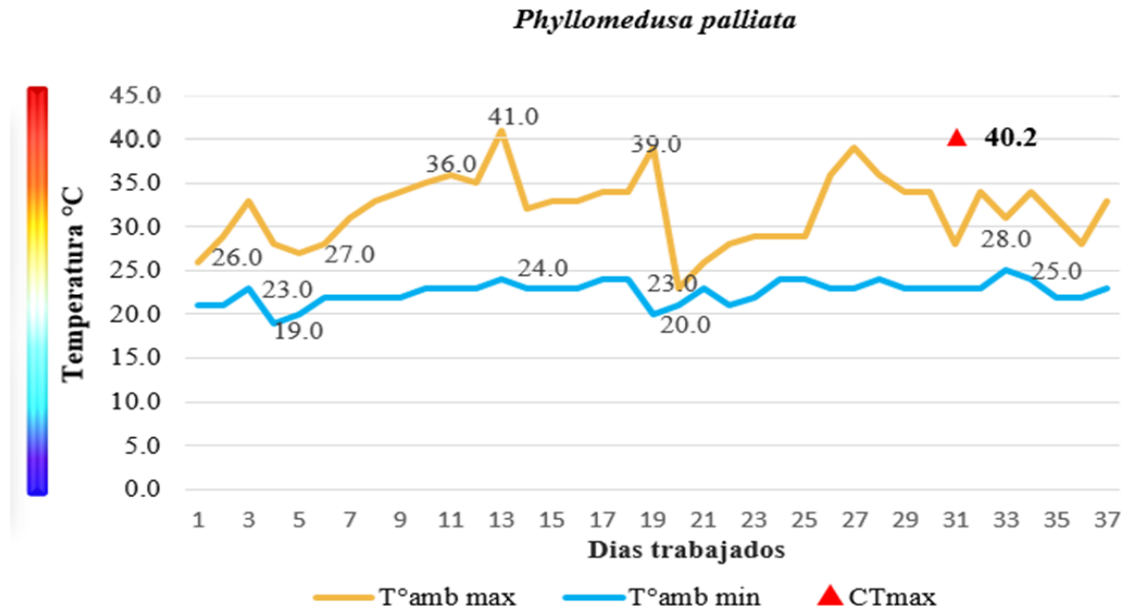


**Figura 40.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Oreobates quixensis*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Este único individuo obtuvo una muestra de CTmax la cual fue 36.8°C, superando varias temperaturas ambientales registradas, estando a 13.8°C por encima de la temperatura ambiental máxima más baja y a 4.3°C por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta. En cuanto al CTmin presentó una sola muestra, cuyo valor fue de 10.1°C. Al comparar el resultado antes mencionado con la temperatura ambiental mínima más alta y más baja registrada en el estudio, el CTmin se encontró a 14.9 y 8.9 grados centígrados por debajo respectivamente.

Se colectó un individuo de *Phyllomedusa palliata*, que obtuvo un CTmax de 40.2°C, cuyo dato es igual a uno de los valores de CTmax obtenido por *Leptodactylus petersii* aunque ambos pertenezcan a distintas familias. Este valor se ubica 0.8°C por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta y a 17.2°C por encima de la temperatura ambiental máxima más baja. Esta especie fue encontrada durante la noche, en un sendero cubierto con pasto de poca altura a siete centímetros del suelo, muy cerca del campamento central donde se ubicaba un tanque de agua como se ve en la Figura 42, esto concuerda con lo que Angulo *et al.* (2016) revela que esta especie tiene cierta tolerancia a un grado de modificación del hábitat por lo que se le puede encontrar en hábitats modificados en el borde del bosque. Siendo un ejemplar de 21.7 mm de SVL (longitud hocico-cloaca). Merece la pena subrayar que esta especie actualmente también se la conoce con el nombre de *Pithecopus palliatus*, debido a que esta especie se evaluó por primera vez con el nombre genérico de

Phyllomedusa, pero desde entonces se ha transferido a el género *Pithecopus* (Duellman *et al.* 2016).

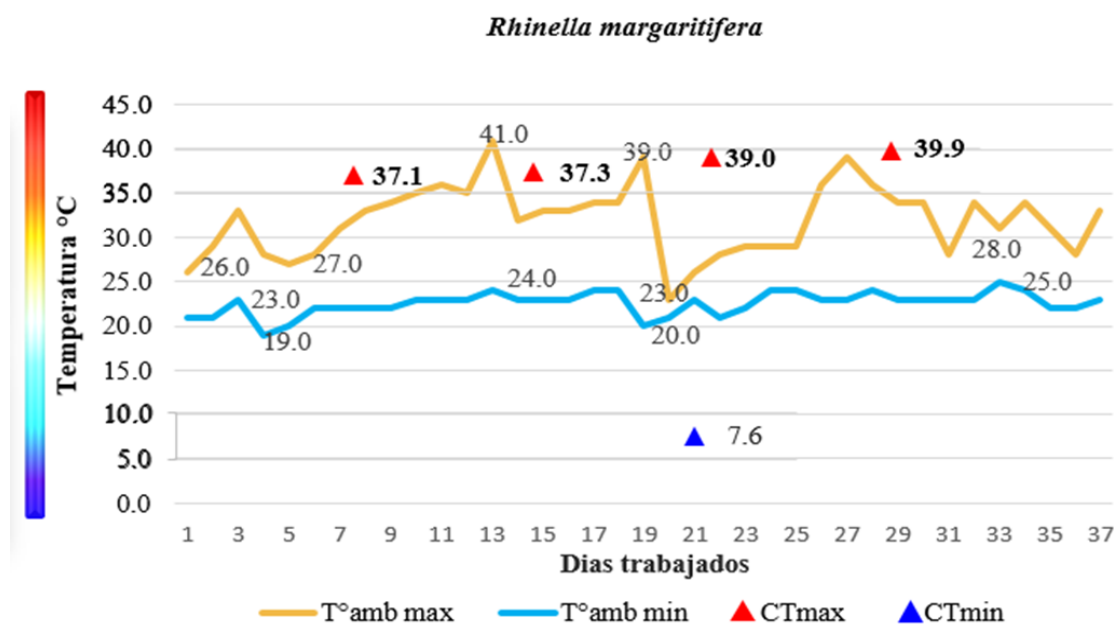


**Figura 41.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Phyllomedusa palliata*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.



**Figura 42.** Sendero donde se encontró a *Phyllomedusa palliata* afectado por el transito humano, con presencia de pasto por secciones. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

*Rhinella margaritifera*, esta especie se caracteriza por tener crestas craneales, rasgo que ayuda para su fácil determinación, sin embargo, *Rhinella margaritifera* es un grupo de especies y está compuesto de veinte especies de tamaño mediano distribuidas desde Panamá hasta el sur de Brasil, incluyendo la Amazonia y el Escudo Guayanés (Pereyra *et al.*, 2021). De esta especie se obtuvo cuatro datos, los cuales superaron los 37°C. Los valores de CTmax encontrados fueron: 37.1°C, 37.3°C, 39.0°C, 39.9°C. El menor de los valores de CTmax está a 3.9°C de la temperatura ambiental más alta, mientras que el mayor de los datos a 1.1°C. Existe un valor de 2.8°C de diferencia entre el mayor y menor valor de CTmax de esta especie.



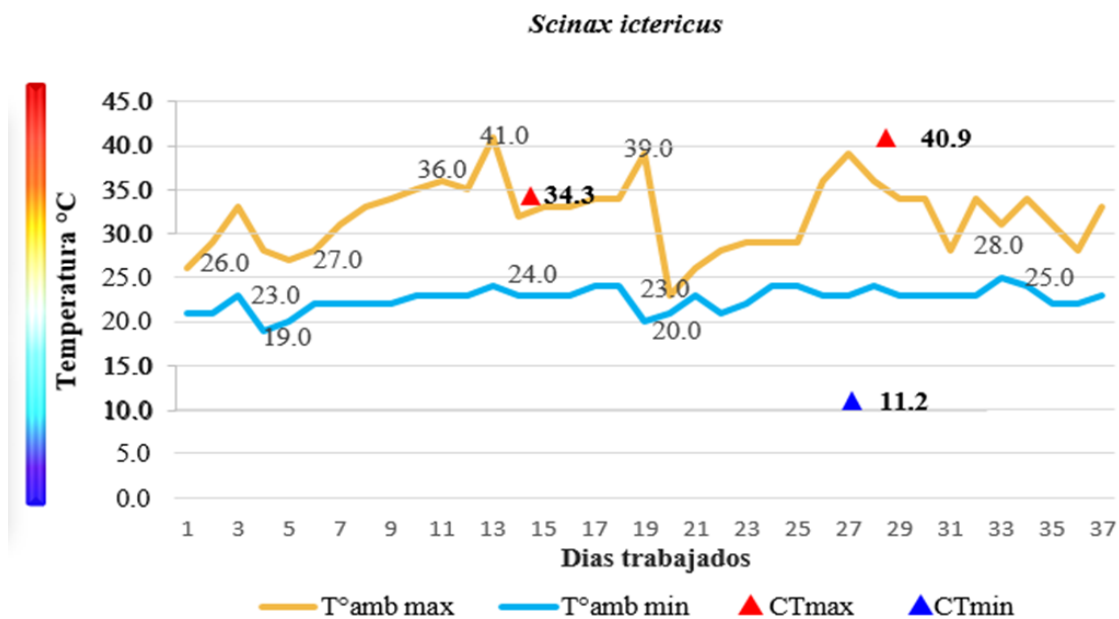
**Figura 43.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Rhinella margaritifera*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

El sustrato donde se encontraron los especímenes estuvo a nivel de la hojarasca, que es justo donde suele haber mayor abundancia de sus presas. Así, Fajardo Martínez *et al.* (2013) describen que los anfibios del grupo *Rhinella margaritifera* se alimentan principalmente de organismos de la familia Formicidae, es decir las hormigas.

Solo se pudo determinar el CTmin de uno de los individuos de *Rhinella margaritifera* cuyo valor fue de 7.6°C. Es el quinto individuo con el CTmin más bajo, solo superado por dos individuos de *P. vaillantii*, uno de *H. lanciformis* y uno de *H. maculateralis*.

*Scinax cf. ictericus* tuvo el valor CTmax de 40.9°C, que fue el más próximo a la temperatura máxima ambiental registrada durante el periodo de estudio, que fue de 41°C. De *Scinax cf. ictericus* se obtuvieron dos datos distintos de CTmax, los cuales fueron 34.3°C y 40.9°C. Al

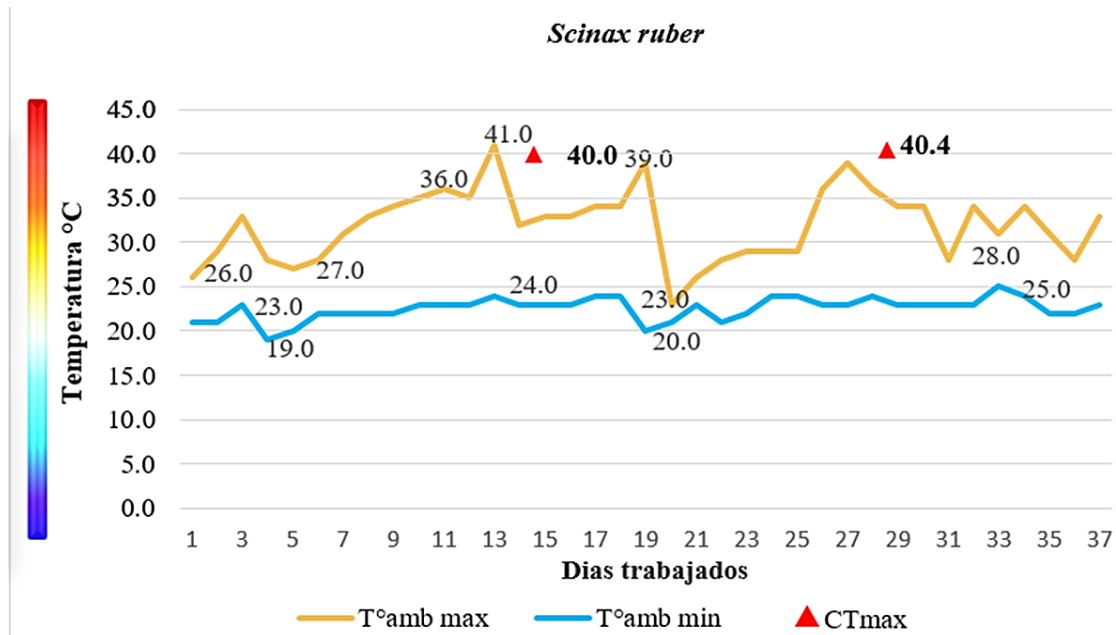
comparar los resultados antes mencionados con la temperatura ambiental máxima más alta registrada en el estudio, se encontró una diferencia de 6.7°C y 0.1°C. Siendo este último valor el del individuo más próximo a alcanzar la máxima ambiental más alta sin sobrepasarla. Esta especie actualmente se encuentra en una categoría de Preocupacion menor y está distribuida ampliamente en Bolivia, Brasil, Colombia, Perú tal como figura en la tabla del Anexo 2. *Scinax cf. ictericus* obtuvo un valor de CTmin de 11.2°C. Al comparar el resultado antes mencionado con la temperatura ambiental mínima más baja registrada en el estudio, se encontró que el CTmin estaba a 7.8°C por debajo. Sin embargo, en el año 2017, El Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) anunció en su informe que la temperatura mínima registrada en Puerto Maldonado cayó hasta los 4°C durante el mes de abril a causa del friaje como se informó en el diario el Comercio. Lo que indica que algunas especies estarían siendo sometidas a estrés térmico y con posibles dificultades para responder a temperaturas tan bajas.



**Figura 44.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Scinax cf. ictericus*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Sobre *Scinax ruber* se colectaron tres individuos de esta especie pero se obtuvieron dos datos debido al escape de uno de ellos. Las temperaturas críticas máximas de esta especie fueron 40 °C y 40.4°C. Los datos fueron cercanos entre sí. Además, los individuos de esta especie estuvieron a 1°C y 0.6°C respectivamente por debajo de la temperatura ambiental máxima más alta y a 17°C y 17.4°C respectivamente por encima de la temperatura ambiental máxima más baja. En cambio Romero (2013) da a conocer en los resultados de su experimentación

que *Scinax ruber* obtuvo un CTmax de 36.88 que fue el promedio de dos meses de estudio, incluso consiguió un rango máximo de 40.97°C y un mínimo de 27.12°C, mientras tanto que para la CTmin el promedio fue de 12.14°C con un rango máximo de 16.23°C y un mínimo de 8.71°C. Como se puede observar, los valores de CTmax obtenidos durante el presente estudio están dentro del rango que figura en el estudio de Romero.



**Figura 45.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas frente a CTmax y CTmin de *Scinax ruber*. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Esta especie fue encontrada dentro o muy cerca de las instalaciones de la estación, incluso uno de ellos estaba adherida en la pared de una de las duchas y otra en la madera de la pared de una de las habitaciones. Este comportamiento es muy similar al reportado en otro estudio, donde la especie estuvo presente en la estación de trabajo donde su comportamiento se caracterizó por mantener la cabeza y el cuerpo pegados por completo al suelo o sustrato y sus extremidades lo más cerca posible a estos (Romero, 2013).

#### 4.4 CORRELACIÓN ENTRE LOS CTmin, CTmax Vs. SVL Y PESO

Para analizar la relación entre dos variables se utilizó la técnica estadística de correlación de Pearson mediante el software para análisis estadístico InfoStat. Este análisis se aplicó a cuatro pruebas.

##### i. SVL y CTmin

**Tabla 2:** Prueba de Correlación de Pearson de SVL vs. CTmin

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
SVL	CTmin	37	-0.25	0.1346

Este análisis tomó en cuenta la variable SVL que representa la medida en milímetros de la longitud del hocico a la cloaca y el CTmin la temperatura crítica mínima. Para este caso se trabajó con 37 datos de SVL y 37 de CTmin.

Con un coeficiente de Pearson de -0.25 y un p-valor de 0.1346 podemos concluir que a un nivel de significancia de 5% no hay correlación entre las variables SVL y CTmin.

## ii. PESO y CTmin

**Tabla 3:** Prueba de Correlación de Pearson de PESO vs. CTmin

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
PESO	CTmin	37	-0.20	0.2265

Este análisis tomó en cuenta la variable PESO en gramos de cada individuo y el CTmin la temperatura crítica mínima. Para este caso se trabajó con 37 datos de la variable PESO y 37 de CTmin.

Con un coeficiente de Pearson de -0.2 y un p-valor de 0.2265 podemos concluir que a un nivel de significancia de 5% no hay correlación entre las variables PESO y CTmin.

## iii. SVL y CTmax

**Tabla 4:** Prueba de Correlación de Pearson de SVL vs. CTmax

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
SVL	Ctmax	86	0.64	<0.0001

Este análisis tomó en cuenta la variable SVL que representa la medida en milímetros de la longitud del hocico a la cloaca y el CTmax la temperatura crítica máxima. Para este caso se trabajó con 86 datos de SVL y 86 de CTmax.

Con un coeficiente de Pearson de 0.64 y un p-valor <0.0001 podemos concluir que a un nivel de significancia de 5% si hay correlación de tipo positiva entre las variables SVL y CTmax.

## iv. PESO y CTmax

**Tabla 5:** Prueba de Correlación de Pearson de PESO vs. CTmax

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
PESO	Ctmax	85	0.50	<0.0001

Este análisis tomó en cuenta la variable PESO en gramos de cada individuo y el CTmin la temperatura crítica mínima. Para este caso se trabajó con 85 datos de la variable PESO y 85 de CTmin.



Con un coeficiente de Pearson de 0.5 y un p-valor <0.0001 podemos concluir que a un nivel de significancia de 5% si hay correlación de tipo positiva entre las variables PESO y CTmax.

Los resultados del análisis correlacional mostraron que en los casos 3 y 4 si se halló correlación, no obstante estos resultados difirieron de los encontrados por otro autor, Von May (2017) sostuvo en sus resultados sobre Craugastoridos en elevaciones tropicales, que el tamaño corporal, la masa corporal y el rango de elevación no explicaron la variación en CTmax y CTmin. Pero Pettit *et al.* (2020) señalaron sobre el reto que representa un factor abiótico como la temperatura y el peligro de desecación y que este podría ser afrontado parcialmente por el gran tamaño corporal de los sapos de caña adultos, confiriendo resistencia frente a cambios rápidos de temperatura o estado de hidratación.

De forma adicional se puede apreciar el comportamiento de las cuatro variables (CTmin, CTmax Vs. SVL y Peso) através de un Analisis de componentes principales en el anexo 18.

#### **4.5 COMPARACIÓN DE LOS LÍMITES DE TOLERANCIA TÉRMICA**

##### **ENTRE ESPECIES DE ANFIBIOS**

Para Comparar los límites de tolerancia térmica en algunas especies de anfibios del CICRA, se utilizó el diseño experimental de Análisis de Varianza (ANOVA) mediante el programa Infostat, para realizar la comparación de datos promedios de temperatura crítica máxima (CTmax) obtenidos entre las especies registradas que tengan tres o más repeticiones. Este diseño permitió observar el error en cada uno de los casos.

##### **4.5.1. COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DE ANFIBIOS CON ANÁLISIS**

###### **ANOVA PARA CTmax**

Para este análisis se contó con solo doce especies que contaban con un número de repeticiones igual o superior a tres. El número máximo de repeticiones fue de diecinueve que correspondieron a *Dendropsophus minutus* (Dm). Y el número mínimo fue de tres que correspondió a dos especies, *Leptodactylus bolivianus* (Lb) y *Leptodactylus petersii* (Lp).

El primer paso fue analizar el cumplimiento de supuestos para un análisis ANOVA como son la Normalidad de Errores y la Homogeneidad de Varianzas.

**a. Normalidad de Errores**

Se usó la Prueba de Shapiro Francia: Si  $R \geq 0.94$ , los errores tienen distribución normal. Para el estudio se obtuvo como resultado el  $r = 0.987$ , por lo tanto los errores tienen distribución normal. Como se aprecia en Anexo 3.

**b. Homogeneidad de Varianzas**

$H_0$ : Los CTmax no difieren entre las especies

$H_1$ : Al menos una especie difiere a las demás respecto al CTmax

Aun nivel de significación de 0.05. El resultado obtenido del cuadro de Análisis de Varianza arrojó un p-valor  $< 0.0001$ , como se muestra en Anexo 4. Por lo tanto existió suficiente evidencia estadística para rechazar  $H_0$ . Y en la Anexo 5 se observó que los puntos no toman la forma de un cono por lo que se confirma que existe Homogeneidad de varianzas.

Como segundo paso para el análisis de varianza se utilizó el método de comparación LSD Fisher

**Tabla 6:** Test de Fisher de especies, CTmax

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.82029

Error: 2.0484 gl: 62

ESPECIE	Medias	n	E.E.						
Pr	33.41	7	0.54	A					
Dm	33.83	19	0.33	A					
Ef	36.00	6	0.58		B				
Hm	36.33	4	0.72		B	C			
Ah	36.58	5	0.64		B	C			
Lb	36.70	3	0.83		B	C	D		
Hb	37.37	6	0.58		B	C	D	E	
Rmf	38.33	4	0.72			C	D	E	
Ep	38.56	5	0.64				D	E	
Cg	38.62	6	0.58				D	E	
Pv	39.15	6	0.58					E	
Lp	39.27	3	0.83					E	

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

Nota: Las especies representadas en esta tabla corresponden a *Pristimantis reichlei* (Pr), *Dendropsophus minutus* (Dm), *Engystomops freibergi* (Ef), *Hypsiboas maculateralis* (Hm), *Ameerega hahneli* (Ah), *Leptodactylus bolivianus* (Lb), *Hamptophryne boliviana* (Hb), *Rhinella margaritifera* (Rmf), *Edalorhina perezii* (Ep), *Ctenophryne geayi* (Cg), *Phyllomedusa vaillantii* (Pv) y *Leptodactylus petersii* (Lp)

Se formaron 5 grupos de letras A, B, C, D, E como se puede observar en la Tabla 6. El primero correspondió a *Pristimantis reichlei* y *Dendropsophus minutus*. El segundo a *Engystomops freibergi*, *Hypsiboas maculateralis*, *Ameerega hahneli*, *Leptodactylus*

*bolivianus* y *Hamptophryne boliviana*. El tercer grupo a *Hypsiboas maculateralis*, *Ameerega hahneli*, *Leptodactylus bolivianus*, *Hamptophryne boliviana* y *Rhinella margaritifera*. El cuarto grupo conformado por *Leptodactylus bolivianus*, *Hamptophryne boliviana*, *Rhinella margaritifera*, *Edalorhina perezi* y *Ctenophryne geayi*. Y el último grupo compuesto por *Hamptophryne boliviana*, *Rhinella margaritifera*, *Edalorhina perezi*, *Ctenophryne geayi*, *Phyllomedusa vaillantii* y *Leptodactylus petersii*.

Las mayor media de CTmax se dio en *Leptodactylus petersii* con una media de 39.27 °C y en segundo lugar estuvo *Phyllomedusa vaillantii* con una media de 39.27°C, Diamond *et al.*, 2012 sugiere que aquellos con altas tolerancias térmicas son buenos candidatos para el establecimiento con éxito en ambientes nuevos debido a que tienen resistencia a un rango más amplio de condiciones ambientales, incluyendo al calentamiento. No obstante la menor de las medias de CTmax se dio en *Pristimantis reichlei* con 33.41°C, seguido de *Dendropsophus minutus* con 33.83°C.

En el grupo A conformado por *P. reichlei* y *D. minutus*, se aprecia un solapamiento entre los intervalos de las medias de ambas especies, por lo tanto no hay una diferencia significativa entre ellas. Pr fue encontrado en la hojarasca mientras que la especie representada por las siglas Dm fue encontrada en hojas a un metro y medio de altura aproximadamente. No obstante, este grupo si tiene una diferencia estadísticamente significativa con las especies que conforman los grupos de letras B, C, D y E.

Sobre el grupo B conformado por *Engystomops freibergi*, *Hypsiboas maculateralis*, *Ameerega hahneli*, *Leptodactylus bolivianus* y *Hamptophryne boliviana* se aprecia que no hay una diferencia significativa, a pesar de que todos los integrantes de este grupo pertenezcan a familias distintas. La mayor parte comparte la característica de mantener una actividad nocturna, salvo Ah que es una especie diurna y terrestre según BioWeb Ecuador (2019). Y mientras que todos a excepción de Hm son de hábitos terrestres de hojarasca, Hm es una especie arbórea y fue encontrada hasta 90 cm sobre el suelo.

En la Tabla 6 asimismo se puede observar que:

Existe un traslape del grupo B y C que corresponden a las especies Hm, Ah, Lb y Hb. Algo llamativo es que estas 4 especies son de familias taxonómicas diferentes. Aunque Hm suele encontrarse perchada las otras tres son de hábitos más terrestres de hojarasca o muy cerca ella.

Existe un traslape del grupo C y D que corresponden a las especies Lb, Hb y Rmf.

Existe un traslape del grupo D y E que corresponden a las especies Hb, Rmf, Ep y Cg. Este resultado podría explicarse debido a que todas son de hábitos terrestres de hojarasca.

Existe un traslape del grupo B, C, D que corresponden a la especie Lb.

Existe un traslape del grupo C, D, E que corresponden a la especie Rmf.

La especie *Hamptophryne boliviana* es la única que se traslapa en cuatro de los grupos compartiendo una letra en común, estos grupos se representan por las letras B, C, D y E. Cuando esta especie fue sometida a las altas temperaturas comenzó a tener un desprendimiento de una sustancia o membrana adherida a la piel de color blanquecino que parecía una capa protectora. Los anfibios pierden agua rápidamente por evaporación, aunque existen excepciones en este grupo que han desarrollado adaptaciones, como posibles modificaciones cutáneas para evitar la pérdida de agua por evaporación tales como, secreciones serosas, variaciones en la morfología de la piel o adaptaciones fisiológicas de osmorregulación (Shoemaker *et al.*, 1992). Es sabido que estos animales poseen glándulas mucosas cuyas secreciones ayudan a mantener húmeda la piel incluso algunas glándulas especializadas producen secreciones pegajosas que ayudan al macho a adherirse a la hembra (Nadal, 2001).



**Figura 46.** Desprendimiento de capa blanquecina de *Hamptophryne boliviana* frente a alta temperatura. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.

Ef y Rmf tienen también una diferencia significativa de medias siendo la media de *Rhinella margaritifera* significativamente mayor que la de *Engystomops freibergeri*. Lo que podría ser

explicado por su marcada diferencia en la longitud de SVL medida a los ejemplares de este estudio, siendo mayores los de *Rhinella margaritifera*, más aún ambas especies pertenecen a familias distintas.

Hm y Ah (agrupación B) no guardan diferencia significativa entre ellas perteneciendo a la misma agrupación, más este dúo si guarda diferencia estadísticamente significativa del dúo Ep y Cg (agrupación D), siendo las medias de estas dos últimas significativamente mayores que las de Hm y Ah.

Lb es significativamente diferente de las medias de Pv y Lp, aunque Lb y Lp sean del mismo género. Y aunque las medias entre Pv y Lp son muy cercanas, ambas especies pertenecen tanto a familias distintas como a hábitos de actividad diferentes ya que *P. vaillantii* es arbórea mientras que *L. petersii* es más de presencia en un subsuelo abierto, escasamente vegetado y la presencia de sitios acuáticos grandes y altamente dinámicos (Ernst *et al.*, 2007).

Las especies Ef, Hm y Ah de la agrupación B no comparten una letra en común con las especies Rmf, Ep y Cg de la agrupación D, lo que indica que sus medias son significativamente diferentes y siendo las medias de este último grupo superiores.

También se aprecia que las especies Ef, Hm, Ah y Lb de la agrupación B, si tienen medias que son significativamente diferentes de las especies Rmf, Ep, Cg, Pv y Lp del grupo E, siendo las del este último grupo mayores.

Por último, las especies Hm, Ah y Lb de la agrupación C, tienen medias con diferencia significativas del grupo de las especies Ep, Cg, Pv y Lp del grupo E, siendo las medias de este último grupo mayores.

#### 4.5.2. COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DE ANFIBIOS CON ANÁLISIS ANOVA PARA CT<sub>min</sub>

Para este análisis se contó con solo siete especies que contaban con un número de individuos iguales o superiores a tres. El número máximo de repeticiones fue de seis que correspondieron a *Dendropsophus minutus* (Dm). Y el número mínimo fue de tres que correspondió a dos especies, *Edalorhina perezii* (Ep) y *Pristimantis reichlei* (Pr).

El primer paso fue analizar el cumplimiento de supuestos para un análisis ANOVA como son la Normalidad de Errores y la Homogeneidad de Varianzas.

### a. Normalidad de Errores

Se usó la Prueba de Shapiro Francia: Si  $R \geq 0.94$ , los errores tienen distribución normal. Para el estudio se obtuvo como resultado el  $r = 0.993$ , por lo tanto los errores tienen distribución normal. Como se aprecia en el Anexo 7.

### b. Homogeneidad de Varianzas

$H_0$ : Los CTmin no difieren entre las especies

$H_1$ : Al menos una especie difiere a las demás respecto al CTmin

Aun nivel de significación de 0.05. El resultado obtenido del cuadro de Análisis de Varianza arrojó un p-valor = 0.0220 (p-value < 0.05), como se muestra en el Anexo 8. Por lo tanto existió suficiente evidencia estadística para rechazar  $H_0$ . Y en el anexo 9 se observó que los puntos no toman la forma de un cono por lo que se confirma que existe Homogeneidad de varianzas.

Como segundo paso para el análisis de varianza se utilizó el método de comparación LSD Fisher

**Tabla 7:** Test de Fisher de especies, CTmin

#### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.89587

Error: 3.8268 gl: 22

ESPECIE	Medias	n	E.E.		
Pv	7.54	5	0.87	A	
Pr	9.97	3	1.13	A	B
Dm	10.10	6	0.80		B
Hm	10.60	4	0.98		B
Ef	11.20	4	0.98		B
Ep	11.50	3	1.13		B
Ah	12.85	4	0.98		B

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

Nota: Las especies representadas en esta tabla corresponden a *Pristimantis reichlei* (Pr), *Dendropsophus minutus* (Dm), *Engystomops freibergi* (Ef), *Hypsiboas maculateralis* (Hm), *Ameerega hahneli* (Ah), *Edalorhina perezii* (Ep) y *Phyllomedusa vaillantii* (Pv).

En la Tabla 7 se puede observar que se formaron 2 grupos de letras A y B. La primera contiene a *Phyllomedusa vaillantii* (Pv) y *Pristimantis reichlei* (Pr). Mientras que el grupo B estuvo compuesto por *Dendropsophus minutus* (Dm), *Hypsiboas maculateralis* (Hm), *Engystomops freibergi* (Ef), *Edalorhina perezii* (Ep), *Ameerega hahneli* (Ah). Sin embargo, se aprecia que Pr está incluida en la agrupación A y B; esta especie pertenece al género *Pristimantis* y estas ranas se conocen por su desarrollo directo, el cual les permite ocupar una gran diversidad de hábitats, facilitando su amplia distribución en la región Neotropical.

Esta característica se evidencia en las abundancias que las especies poseen a nivel local, en áreas que poseen alta cobertura vegetal, mayor profundidad de hojarasca, alta humedad y con bajas temperaturas (Crump 1974, Duellman 2005, Heinicke *et al.* 2007). Pr fue encontrado tanto en la hojarasca del suelo como en hojas de ramas.

También se aprecia que la mayor de las medias de CTmin se dio en la especie *Ameerega hahneli* (Ah) y la menor de las medias de CTmin se dio en la especie *Phyllomedusa vaillantii* (Pv). La media de esta última es significativamente diferente de las de *D. minutus* (Dm), *H. maculateralis* (Hm), *E. freibergi* (Ef), *E. perezii* (Ep), *A. hahneli* (Ah).

Al comparar Pv con Dm, ambas especies pertenecen a la misma familia y suelen estar en ramas de arbustos, algo parecido ocurre al comparar Pv con Hm. Dm fue la especie que tuvo mayor número de capturas durante los muestreos nocturnos. Además, fue encontrada en ramas y hojas a un metro y medio de altura aproximadamente. Sin embargo, a medida que se van ampliando la diferencia entre las medias vemos que también se amplían las diferencias en cuanto al hábito, horario de actividad y diferencia taxonómica esto se concluyó porque al confrontar Pv contra Ef, la primera (Pv) pertenece a la familia Hylidae y es arbórea mientras que la segunda (Ef) forma parte de la familia Leiuperidae y suele encontrarse a nivel del suelo en hojarasca.

Al confrontarse Pv con Ep, también existen diferencias como que Pv es de la familia Hylidae de hábitos nocturnos y arbóreos, pero Ep es de la familia Leiuperidae de hábito diurno y suele encontrarse en la hojarasca.

De modo similar al anterior, al cotejar a Pv con Ah, esta última muestra diferencias con Pv ya que se trata de una especie que no pertenece a la misma familia tratándose de un dendrobatido, diurno y terrestre. Ah fue encontrada a treinta centímetros sobre el suelo como máximo, información que se asemeja a lo mencionado en BioWeb Ecuador (2019) por la noche, se las encuentra inactivas en zonas de vegetación baja entre 20 y 100 cm sobre el suelo.

#### **4.6 DISCUSIÓN**

En síntesis esta investigación evidenció en la comparación de las temperaturas ambientales frente a los valores de CTmin y CTmax, se halló que el CTmax de una *R. marina* superó la temperatura ambiental más alta registrada en el estudio en 1.5°C. Estos resultados podrían explicar por qué esta especie tiene tan amplia distribución geográfica, ya que resistiría una

amplia variedad de situaciones climáticas. También 3 Hílicos con valores de CTmax de 40.4°C y 40.9°C estuvieron próximos a desafiar la temperatura ambiental más alta que fue 41°C. Mientras que *P. reichlei* tuvo el CTmax de menor valor con 30.4°C, haciéndola candidata de riesgo en un marco de calentamiento climático. Algunos anfibios mostraron mayor movimiento incluso agresividad a medida que la temperatura aumentaba para llegar al CTmax, de hecho Bennett (1987) demostró que los animales podían lograr un mayor rendimiento locomotor a temperaturas corporales más altas, independientemente de su temperatura corporal preferida; a la luz de esta observación, acuñó la frase “cuanto más caliente, mejor”. Para el análisis de CTmin, se concluyó que estos valores fueron inferiores a las temperaturas ambientales mínimas en mayor proporción que las CTmax, siendo una *P. vaillantii* la que alcanzó el CTmin más bajo con 4.9°C. Además fue notorio el estado de reposo en el que fueron cayendo los individuos a medida que disminuía la temperatura. Vitt y Cadwell (2014) mencionan que por estudios fisiológicos de la latencia de anfibios y reptiles muchas especies alteran la función cardiovascular y suprimen las actividades metabólicas para conservar energía y asegurar el oxígeno adecuado a los órganos vitales durante períodos prolongados de inactividad.

Lo inquietante de los resultados podría ser que aunque describen las variaciones de los límites críticos durante el periodo de estudio no hay fiabilidad de que estos límites y rangos sean constantes a lo largo del tiempo o que la plasticidad de los anuros permita que los límites fisiológicos puedan transformarse a la par con la evolución del clima y subsistir frente a eventos extremos como olas de calor en la amazonia. Por supuesto los anfibios como muchos organismos tienen que enfrentar restricciones termodinámicas que pueden afectar su rendimiento, pero pueden contar con la adaptación bioquímica que podría compensar cambios en la sensibilidad térmica (Angilleta et al., 2009)

Pero es importante resaltar que aunque por el momento los anfibios parecen ser competentes para enfrentar el tema de la temperatura no necesariamente serían igual de eficientes para enfrentar una alteración del hábitat ya que esta produciría una escasez de refugios, siendo estos uno de los grandes aliados para enfrentar las variaciones de temperaturas cotidianas o eventuales. Los microrefugios térmicos pueden prevenir extinciones locales (Potter et al. 2013), por lo que es importante conservar áreas naturales con alta diversidad como son las estaciones biológicas y se siga un monitoreo a futuro del desenvolvimiento de los anfibios frente a su ambiente.



## V. CONCLUSIONES

- De la investigación realizada se capturó 103 anfibios y se evaluaron 93 individuos provenientes de estación biológica Centro de investigación y Capacitación Rio los Amigos (CICRA) y sus alrededores. Del total de especies capturadas se consiguió determinar 26 especies, que representó el 31.71% del total de especies que se habían reportado para la localidad, así como 15 géneros y 8 familias de anfibios. De estos individuos se determinó 43 valores de CTmin y 90 valores de CTmax.
- Respecto al análisis del rango térmico, se consiguió determinar los rangos de 15 especies, obtenidos de la diferencia entre CTmax y CTmin para 37 anfibios. De este proceso se concluyó que todas las especies poseían un rango de tamaño y extremos distintos, pero compartiendo una tolerancia común que iba de 13.2°C a 33.4°C. Siendo un bufónido, *R. marina* y un hílido, *H. lanciformis* los que tuvieron el rango de tolerancia más amplio. En tanto que *A. trilineatus* fue la especie con el rango más estrecho con 21.2°C.
- Los hallazgos sugieren que, los límites térmicos máximos fisiológicos de gran parte de las especies estaban próximos a las temperaturas ambientales máximas, pero en su mayoría las superaban, lo que dejaría aunque un margen muy estrecho el suficiente para surcar las variaciones climáticas cotidianas, más a través de un seguimiento continuo de sus C<sub>t</sub>max y C<sub>t</sub>min ayudaría a corroborar si ese margen es el suficiente para enfrentar el desafío de climas emergentes más extremos que conlleven a estrategias que generarían un mayor costo fisiológico. Mientras que los anfibios mostrarían una mayor aptitud para enfrentar eventos fríos propios del área de estudio.
- La comparación de los límites de tolerancia térmica entre especies de anfibios demostró a través del análisis ANOVA que las medias de las especies presentan diferencias significativas tanto para el análisis de CTmax como CTmin; para el primer caso se demostró que *P. reichlei* y *D. minutus* formaron una agrupación con mayor cercanía estadística, reafirmando a *P. reichlei* como la especie con el menor valor de C<sub>t</sub>max. Mientras que en el caso CTmin fue *P. vaillantii* quien evidenció una mayor disimilitud del resto de especies, así como el menor valor de CTmin. Estos hallazgos sugieren que

hay una alta diversidad en las medias de los límites fisiológicos dentro de la misma área de estudio y que las agrupaciones más cercanas estadísticamente pueden pertenecer a familias, géneros, sustratos u horarios de actividad distintos.

- De la evaluación sobre la importancia de los factores como peso y tamaño sobre el CTmax y el CTmin, se infirió que si guardan correlación en cuanto al CTmax, más no tendría el mismo efecto sobre el CTmin, ya que ninguno de los dos factores guardó correlación con CTmin.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Obtener más muestras de cada especie o hacer una repetición con el mismo individuo dándole un tiempo de descanso de un par de días luego de realizada la primera toma de datos de temperaturas críticas.
- Considerar que si se deseara hacer una aclimatación previa, es recomendable tener una fuente de energía alterna renovable que pueda alimentar el equipo de aclimatación de forma continua, debido a que en estaciones de campo muchas veces la energía eléctrica es un bien escaso y no está disponible todo el día o todos los días.
- Analizar otras variables que permitan el mejor entendimiento de las tolerancias térmicas como caracteres de edad, grosor de piel y filogenia.
- Se debería poner mayor énfasis en el estudio de las variantes CTmax ya que los anfibios están más cerca de alcanzar los límites ambientales en comparación con la lejanía que existe entre las temperaturas ambientales de los valores de CTmin, siendo el frío una amenaza menor.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agosta, E. & Carm, O. (noviembre, 2011). Introducción a las Bases Científicas Sobre el Cambio Climático. Reunión Americana de Justicia, Paz e Integridad de la Creación, OFM. Quito, Ecuador. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/read/14846691/calentamiento-global-agosta-scarel>
- Alfaro, V.; Blasco, J.; Carbonell, T.; Gutiérrez, J.; Navarro, I.; Pagés, T.; ... Viscor, G. (2005). Fisiología Animal. Barcelona, España: Universitat de Barcelona.
- Amphibian Species of the World (en línea). Museo Americano de Historia Natural, Nueva York, Estados Unidos. Consultado 07 feb. 2020. Disponible en <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>
- Angilletta, M.J., Huey, R.B., & Frazier, M.R. (2010). Thermodynamic Effects on Organismal Performance: Is Hotter Better? *Physiological and Biochemical Zoology: Ecological and Evolutionary Approaches*, 83(2), 197–206. <https://doi.org/10.1086/648567>
- Angulo, A.; Rueda-Almonacid, J.V.; Rodríguez-Mahecha, J.V.; Lamarca, E. (2006). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. *Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N° 2*. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C. 298 pp. Recuperado de <https://www.amphibians.org/wp-content/uploads/2018/12/Monitoreo-de-anfibios-baja-final.pdf>
- Angulo, A., Azevedo-Ramos, C., Coloma, L.A., Ron, S.R., Hoogmoed, M., Gascon, C., Icochea, M.J. & Cisneros-Heredia, D.F. 2016. *Pithecopus palliatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T55859A107299731. doi: 10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T55859A107299731.en
- Angulo, A.; Azevedo-Ramos, C.; Coloma, L.A.; Ron, S. 2004. *Edalorhina perezii*. La Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas 2004: e.T56385A11458591 (en línea). Consultado 12 dic 2019. Recuperado de

<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T56385A11458591.en>

- Azevedo-Ramos, C.; Reynolds, R.; La Marca, E.; Coloma, L.; Ron, S. (2010). *Phyllomedusa vaillantii*. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2010: e.T55868A11383140. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T55868A11383140.en>
- Araujo, H.G. (2008). Los Andes y las poblaciones altoandinas en la agenda de la regionalización y la descentralización. Lima, Perú: CONCYTEC.
- Ascorra, C.; Barreda, R.; Chicchon, A.; Chonati, A.M.; Dávalos, L.; Espinel, L.; Gironda, A.; Llosa, G.; Mendoza, E.; Mitchell, C.; Mora, C.; Mora, M.; Padilla, P.; Piland, R.; Ponce, C.; Ramírez, J.; Varese, M. (1999). Zona Reservada de Tambopata-Candamo. Conservación Internacional. Lima-Perú.
- Barber, A.M. & Ponz, F. (1998). Principios De Fisiología Animal. Madrid, España: Síntesis.
- Barquero, M.D. (2016). Revisión de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad de los trópicos. *Revista Ingenieria Journal of Tropical Engineering*. 26 (1): 105-117.
- Bennett A.F. (1987). Evolution of the control of body temperature: is warmer better? Pp. 421–431 in P. Dejours, L. Bolis, C.R. Taylor, and E.R. Weibel, eds. *Comparative Physiology: Life in Water and on Land*. Liviana, Padova.
- BioWeb Ecuador. (2019). Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador: Anfibios del Ecuador (en línea, sitio web) Consultado 30 dic. 2019. Recuperado de <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb>
- Blaustein, A.R.; Las Paredes, S.C.; Bancroft, B.A.; Lawler, J.J.; Searle, C.L.; Gervasi, S.S. (2010). Efectos directos e indirectos del cambio climático en las poblaciones de anfibios. *Diversidad* 2010, (2): 281-313.
- Brattstrom, B.H. (1968). Thermal acclimation in anuran amphibians as a function of latitude and altitude. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 24: 93–111.
- Bickford, D.; Howard, S.D.; Ng, D.J.J; Sheridan, J.A. (2010). Impacts of climate change on the amphibians and reptiles of Southeast Asia. *Biodiversity and Conservation*. 19(4):1043–1062.
- Boone, M.D. (2018). Declining amphibian populations are an indicator of environmental

- health, as these animals are sensitive to changes in climate and water quality. *Science*, 360(6389), 1089-1090. <https://doi.org/10.1126/science.aat5665>
- Bowler, K. (2005). Acclimation, heat shock and hardening. *Journal of Thermal Biology*. 30: 125–130.
- Brattstrom, B. (1963). A Preliminary Review of the Thermal Requirements of Amphibians. *Ecology*, 44(2): 238-255. doi:10.2307/1932171
- Brown, J.H.; Gillooly, J.F.; Allen, A.P.; Savage, V.M. & West, G.B. (2004). Toward a metabolic theory of ecology. *Ecology*, 85:1771–1789.
- Brown, G. & Shine, R. (2014). Immune response varies with rate of dispersal in invasive cane toads (*Rhinella marina*). *Plos One* 9(6): e99734. doi:10.1371/journal.pone.0099734.
- Cairampoma, L. & Martel, C. (2012). Cuantificación Del Carbono Almacenado En Formaciones Vegetales Amazónicas En “Cicra”, Madre De Dios (Perú). *Ecología Aplicada*, 11(2):59-65.
- Carey, C. (2000). Infectious disease and worldwide declines of amphibian populations, with comments on emerging diseases in coral reef organisms and in humans. *Environmental Health and Perspectives* 108. Suppl. 1: 143-150.
- Catenazzi, A.; Lehr, E. & Vredenburg, V.T. (2013). Thermal Physiology, Disease, and Amphibian Declines on the Eastern Slopes of the Andes. *Conservation Biology* 28(2): 509–517.
- Chen, I.C.; Shiu, H.J.; Benedick, S.; Holloway, J.D.; Chey, V.K.; Barlow, H.S. & Thomas, C.D. (2009). Elevation increases in moth assemblages over 42 years on a tropical mountain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(5), 1479–1483. Recuperado de <http://doi.org/10.1073/pnas.0809320106>
- Coloma, L.; Ron, S.; Azevedo-Ramos, C.; Angulo, A.; Castro, F. & Rueda, J. (2004). *Oreobates quixensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T57105A11579455. doi: 10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T57105A11579455.en.
- Cowles, R.B. & Bogert, C.M. (1944). A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 83: 261–296.

- Crump, M.L. (1974). Reproductive strategies in a tropical anuran community. Kansas: Miscellaneous Publication, University of Kansas Museum of Natural History, 61: 1-68. Recuperado de [https://multimedia20stg.blob.core.windows.net/publicaciones/Crump\\_1974.pdf](https://multimedia20stg.blob.core.windows.net/publicaciones/Crump_1974.pdf)
- Deutsch, C.A.; Tewksbury, J.J.; Huey, R.B.; Sheldon, K.S.; Ghalambor, C.K.; Haak, D.C. & Martin, P.R. (2008). Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*, 105: 6668–6672.
- Donnelly, M.A. & Crump, M.L. (1998). Potential effects of climate change on two Neotropical amphibian assemblages. *Clim Change*. Jul. 1998.39(2):541–561
- Duarte, H.; Tejedo, M.; Katzenberger, M.; Marangoni, F.; Baldo, D.; Beltran, J.; Marti, D.; Richter-Boix, A. & Gonzalez-Voyer, A. (2012). Can amphibians take the heat? Vulnerability to climate warming in subtropical and temperate larval amphibian communities. *Global Change Biology* 18:412–421.
- Duellman, W.E.; Marion, A.B & Hedges, S.B. (2016). Phylogenetics, classification, and biogeography of the treefrogs (Amphibia: Anura: Arboranae). *Zootaxa* 4104: 1–109. Recuperado de <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4104.1.1>
- Duellman, W. & Morales, V. (1990). Variation, Distribution, and Life History of *Edalorhina perezii* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 25: 19-30. doi: 10.1080/01650529009360798.
- Diamond, S.E., Nichols, L.M., McCoy, N., Hirsch, C., Pelini, S.L., Sanders, N.J., Ellison, A., Gotelli, N.J. & Dunn, R.R. (2012). A physiological trait–based approach to predicting the responses of species to experimental climate warming. *Ecology* 93:2305–2312.
- Duellman, W.E. (2005). *Cusco amazónico: The lives of amphibians and reptiles in an Amazonian Rainforest*. Nueva York, Estados Unidos: Cornell University Press.
- Earls, J. (2008). Manejo de cuencas y cambio climático. In *Los Andes y las poblaciones altoandinas en la agenda de la regionalización y la descentralización*. Lima, Perú, p. 113-124.
- Ernst, R., Konrad, T., Linsenmair, K.E. & Rödel, M.O. (2007). The impacts of selective logging on three sympatric species of *Leptodactylus* in a Central Guyana

rainforest. *Amphibia-Reptilia* 28: 51-64.

- Fajardo Martínez, X.; Fajardo Patiño, A.; De La Ossa, J. (2013). Hábitos alimentarios del complejo *Rhinella margaritifera* (Laurenti, 1768) (Amphibia: Bufonidae), Amazonas, Colombia. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 5(2), 301-312. Recuperado de <https://doi.org/10.24188/recia.v5.n2.2013.295>
- Flores, L.M.; Arzola-González, J.F.; Ramírez-Soto, M. & Osorio-Pérez, A. (2012). Repercusiones del cambio climático global en el estado de Sinaloa, México. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía* 21(1):115-129. Consultado 9 jul. 2017. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281822849009>
- Foden, W.B.; Butchart, S.H.M.; Stuart, S.N.; Vié, J.C.; Akçakaya, H.R.; Angulo, A.; ... Mace, G.M. (2013). Identifying the world's most climate change vulnerable species: a systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals. *Plos One* 8(6). Recuperado de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065427>
- Forsman, A. & Hagman, M. (2009). Association of Coloration Mode with Population Declines and Endangerment in Australian Frogs. *Conservation Biology*, 23: 1535-1543. doi:10.1111/j.1523-1739.2009.01244.x
- Ganopolski, A.; Rahmstorf, S.; Petoukhov, V.; Claussen, M. (1998). Simulation of modern and glacial climates with acoupled global model of intermediate complexity. *Nature* 371, 323 – 326. Compendiado en: Archer, D.; Ganopolski, A. (2005). A movable trigger: Fossil fuel CO2 and the onset of the next glaciation. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 6(5):1-7. Consultado 16 jul. 2017. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2004GC000891/epdf>
- García, J. (1994). Principios físicos de climatología: Cambios climáticos. Lima, Perú. UNALM. 243p.
- Gerhardt, H.C. & Mudry, K.M. (1980). Temperature effects on frequency preferences and mating call frequencies in the green tree frog *Hyla cinerea* (Anura: Hylidae). *Journal of Comparative Physiology*, 137:1–6.
- Gonzales, R.A. (2010). Fisiología térmica y despliegue diferencial en adultos de *Litopenaeus vannamei* sometidos a estrés térmico. (Tesis Doctoral). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, México.



- Gunderson, A.R. & Stillman, J.H. (2015). Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. *Proceedings of the Royal Society B* 282. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.0401>
- Gutiérrez, L.M. (2016). Thermal tolerance across latitudinal and altitudinal gradients in tadpoles. (Tesis Doctoral). Universidad de Sevilla, España.
- Heinicke, M.P.; Duellman, W.E.B & Hedges, S.B. (2007). Major Caribbean and Central American frog faunas originated by ancient oceanic dispersal. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 104 (24): 10092- 10097.
- Henckel, P.A. (1964). Physiology of plants under drough. *Annual Review of Plant Physiology*. 15:363-3.
- Henckel, P.A. (1982). Fisiología de la resistencia de la plantas al calor y a la sequía (en ruso). Nauka, Moscú. 280p.
- Heyer, W.R; Rand, A.S.; Goncalvez Da Cruz, C.A.; Peixoto, O.L. (1988). Decimations, extinctions, and colonizations of frog populations in southeast Brazil and their evolutionary implications. *Biotropica* 20:230–235.
- Hill, H.; Wyse, G. & Anderson, M. (2006). Fisiología Animal. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana S.A.
- Houghton, J. (1997). Global warming. Cambridge University Press, Cambridge, 267 p.
- Huey, R.B.; Deutsch, C.A.; Tewksbury, J.J.; Vitt, L.J.; Hertz, P.E.; Alvarez ; Perez, H.J. ; Garland, T. Jr. (2009). Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. *Proceedings of the Royal Society B*, 276:1939–1948.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). (2016). Actualización de la Evaluación Global de Anfibios (GAA) 2008. Consultado 9 ago. 2016. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org/initiatives/amphibians/analysis>.
- IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático). (2007a). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza, 104 p.
- IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático). (2007b). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution*

of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático). (2014a). Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 27p.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático). (2014b). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Field, C.B.; Barros V.R.; Dokken, D.J.; Mach, K.J.; Mastrandrea, M.D.; Bilir, T.E.; Chatterjee, M.; Ebi, K.L.; Estrada, Y.O.; Genova, R.C.; Girma, B.; Kissel, E.S.; Levy, A.N.; MacCracken, S.; Mastrandrea, P.R. ; White, L.L. (eds.). Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza, 34 p.

Katzenberger, M.J. (2014). Impact of Global Warming in Holarctic and Neotropical communities of amphibians. (Tesis Doctoral). Universidad de Sevilla. España.

Kingsolver, J.G. (2009). The well-temperated biologist. *The American Naturalist* 174(6):755-68.

Labra, A.; Vidal, M.A.; Solís, R.; Penna, M. (2008). Ecofisiología de anfibios y reptiles. En Marcela A. Vidal y Antonieta Labra (Ed.), *Herpetología de Chile* (p. 483-516). Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Antonieta-Labra-2/publication/274079980\\_Ecofisiologia\\_de\\_anfibios\\_y\\_reptiles/links/55155cf50cf2d70ee2701c3e/Ecofisiologia-de-anfibios-y-reptiles.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Antonieta-Labra-2/publication/274079980_Ecofisiologia_de_anfibios_y_reptiles/links/55155cf50cf2d70ee2701c3e/Ecofisiologia-de-anfibios-y-reptiles.pdf)

La Marca, E. ; Coloma, L.A.; Ron, S.; Barrio, C.L. (2010). *Ctenophryne geayi*, La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2010 e.T57801A11683271 (en línea). Consultado 12 dic 2019. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T57801A11683271.en>

Loeschcke, V. & Sorensen, J.G. (2005). Acclimation, heat shock and hardening a response from evolutionary biology. *Journal of Thermal Biology*. 30: 255–257.

- Lutterschmidt, W.I. & Hutchison, V.H. (1997a). The critical thermal maximum: history and critique. *Canadian Journal of Zoology*. 75: 1561–1574.
- Lutterschmidt, W.I. & Hutchison, V.H. (1997b). The critical thermal maximum: data to support the onset of spasms as the definitive end point. *Canadian Journal of Zoology*. 75:1553–1560.
- McConnachie, S.; Alexander, G.J. & Whiting, M.J.2007. Lower temperature tolerance in the temperate, ambush foraging lizard *Pseudocordylus melonatus*. *J. Thermal Biology*, 32: 66-71.
- Manjarrez, J. (2017). Limitación térmica de la actividad en algunos anuros y reptiles como una estrategia ecológica (una revisión). *CIENCIA Ergo-Sum*, 1(1): 78-81. Recuperado de <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/8062>
- Markham, A. (1996). Potential impacts of climate change on ecosystems: a review of implications for policymakers and conservation biologists. *Climate Res* 6(2):179–191.
- McMenamin, S.K.; Hadley, E.A.; Wright, C.K. (2008). Climatic change and wetland desiccation cause amphibian decline in Yellowstone National Park. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 105,16988-16993.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú) y DGFFS (Dirección General Forestal y De Fauna Silvestre).2013. Concesiones Para Conservación Una Mirada A La Conservación De La Vida Desde El Bosque. Lima-Perú.
- Morales, V.R.; Landauro, C.; Cocroft, R.B. (2008).Cuidado parental a una escuela de renacuajos en *Leptodactylus petersii* (Steindachner, 1864) (Anura, Leptodactylidae) en la amazonia peruana. *Biotempo*, 8:45-48. doi: <https://doi.org/10.31381/biotempo.v8i0.863>
- Montanarin, A.; Del Toro-Orozco, W. & Esterci, E. (2017). First record of aggregative behaviour in the territorial poison frog *Ameerega hahneli* (Anura: Dendrobatidae): a strategy for surviving in the Central Amazonian flooded forest?. *Salamandra*, 53(2):319-320. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/317216304>
- Montero-Mendieta, S., Grabherr, M., Lantz, H., De la Riva, I., Leonard, J.A., Webster, M.T., Vilà, C. (2017). A practical guide to build de-novo assemblies for single tissues of

- non-model organisms: the example of a Neotropical frog. PeerJ. doi: 10.7717/peerj.3702
- Moritz, C.; Patton, J.L.; Conroy, C.J.; Parra, J.; White, G.C.; Beissinger, S.R. (2008). Impact of a century of climate change on small-mammal communities in Yosemite National Park, USA. *Science*, 322:261–264.
- Naciones Unidas. (1992). Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, Nueva York, Estados Unidos de América. Consultado 14 jul. 2015. Recuperados de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Nadal, J. (2001). Vertebrados: origen, organización, diversidad y biología. Universitat de Barcelona, España. 858p.
- Navas, C.A. (1996). Implications of microhabitat selection and patterns of activity on the thermal ecology of high elevation neotropical anurans. *Oecología* 108(4): 617–626.
- Navas, C.A.; Gomes, F.R.; Carvalho, J.E. (2008). Thermal relationships and exercise physiology in anuran amphibians: Integration and evolutionary implications. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 151(3): 344-362.
- Oxfam International. (2007). Adaptarse al cambio climático. Oxford, UK. 51p. Informe Oxfam 104.
- Pereyra, M.O.; Blotto, B.L.; Baldo, D.; Chaparro, J.C.; Ron, S.R.; Elías-Costa, A.J.;... Faivovich, Julián. (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. Recuperado de <https://digitallibrary.amnh.org/bitstream/handle/2246/7260/447.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Pettit, L.; Ducatez, S.; DeVore, J.; Ward-Fear, G.; Shine, R. (2020). Diurnal activity in cane toads (*Rhinella marina*) is geographically widespread. *Scientific Reports*, 10:5723. Recuperado de <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62402-3>
- Pincheira-Donoso, D.; Hodgson, D.J.; Tregenza, T. (2008). The evolution of body size under environmental gradients in ectotherms: why should Bergmann's rule apply to lizards? *BMC Evolutionary Biology* 8:68–81.
- Pinheiro, P., Barbosa, D., Wender, B., Marques, B., de Conceicao, K., da Costa, J., de Jesus,

- D., Sinhorin, A., Pessoa, C., Vierira, G. (2013). Antiproliferative activity of *Rhinella marina* and *Rhaebo guttatus* venom extracts from Southern Amazon. *Toxicon* 72: 43-51.
- Pounds, J.A.; Fogden, M.P.; Campbell, J.H. (1999). Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398:611-615.
- Pounds, J.A., Bustamante, M.R.; Coloma, L.A.; Consuegra, J.A.; Fogden M.P.L., Foster, P.N.; ...Young, B.E. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*. Ene 2006; 439(7073):161–167.
- Pröhl, H.; Willink, B. (2015). Ecología y comportamiento de las ranas venenosas del género *Oophaga* en Costa Rica y Panamá. *Alytes*, 32.
- Puddington, M.M. & Muzio, R.N. (2013). Análisis comparado del aprendizaje aversivo en anfibios. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 5(3), 50-63. Consultado 15 de Octubre de 2021. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333430131007>
- Pulido, M.A. (2018). Sistema vasotonérgico, toxicidad y comportamiento en el cerebro de tres ranas venenosas (*Dendrobatidae*) (Tesis de grado, Universidad de los Andes). Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/39529/u821643.pdf?sequence=1>
- Raxworthy, C.J., Pearson, R.G., Rabibisoa, N.; Rakotondrazafy, A.M., Ramanamanjato, J.B.; Raselimanana, A.P.; Wu, S.; Nussbaum, R.A.; Stone, D.A. (2008). Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. *Global Change Biology* 14:1703–1720.
- Redacción EC. (7 de mayo de 2017). Re: Puerto Maldonado: temperatura mínima descendió a 4°C en abril. [Comentario en un grupo de noticias]. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/madre-de-dios/puerto-maldonado-temperatura-minima-descendio-4-c-abril-418979-noticia/>
- Roberts, J.T. (2001). Global inequality and climate change. *Society and Natural Resources*. 14(6): 501–509.
- Romero, P.G. (2013). Requerimientos fisiológicos y microambientales de dos especies de

- anfibios (*Scinax ruber* e *Hyloxalus yasuni*) del bosque tropical de Yasuní y sus implicaciones ante el cambio climático (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador). Recuperada de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/5726>
- Root, T.L.; Price, J.T.; Hall, K.R.; Schneider, S. H.; Rosenzweig, C. & Pounds, J. A. (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421(6918): 57–60. <https://doi.org/10.1038/nature01333>
- Sánchez, J.A.; Orta, R.; Muñoz, B.C. (2001). Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense* 25(1): 67-92.
- Schifter, I. & Gonzales-Macias, C. (2005). *La Tierra tiene fiebre*. D.F., Mexico: Fondo de Cultura Económica
- Schlüter, A. (1980). Bio-akustische Untersuchungen an Microhyliden in einem begrenzten Gebietes tropischen Regenwaldes von Peru (Amphibia: Salientia: Microhylidae) *Estudios bioacústicos sobre microhílicos en un área limitada de la selva tropical del Perú (Amphibia: Salientia: Microhylidae)* . *Salamandra* 16 (2): 114-131
- Schlüter, A. & Salas, A. (1991). Reproduction, Tadpoles, and Ecological Aspects of Three Syntopic Microhylid Species from Peru (Amphibia: Microhylidae). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*. 458: 1-17. Recuperado de <https://www.biodiversitylibrary.org/part/41617>
- Scientific American . (1979). *Vertebrados: estructura y función*. Madrid, España: H. Blume Ediciones.
- Scott Jr, N.J. (1994). Complete species inventories. En Heyer, W. R.; Donnelly, M. A.; McDiarmid, R. W.; Hayek, L. C.; Foster, M. S. (eds.), *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians* (p. 78–84). Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Seimon, T.A.; Seimon, A., Daszak, P.; Halloy, S.R.P.; Schloegel, L.M.; Aguilar, C.A.; Sowell, P.; Hyatt, A.D.; Konecky, B.Y Simmons J.E. (2007). Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. *Global Change Biology* 13: 288–299.
- Selye, H. (1977). *The stress of my life. A scientist's memoirs*. Toronto: McClelland &

Stewart.

Shear, M. (01 de junio de 2017). Re:Trump Will Withdraw U.S. From Paris Climate Agreement [Comentario en un grupo de noticias]. Recuperado de <https://www.nytimes.com/2017/06/01/climate/trump-paris-climate-agreement.html>

Shoemaker, V.H., Hillman, S.S., Hillyard, S.D., Jackson, D.C., Mcclanahan, L.L., Withers, P., & Wygoda, M. (1992). Exchange of water, ions and respiratory gases in terrestrial amphibians. In M. Feder, & W. Burggren (Eds.), *Environmental Physiology of the Amphibians* (pp. 125-150). The University of Chicago Press.

Snyder, G.K. & Weathers, W.W. (1975). Adaptaciones de temperatura en los anfibios. *Nat Am*, 109: 93-101.

Somero, G.N. (2010). The physiology of climate change: how potentials for acclimatization and genetic adaptation will determine ‘winners’ and ‘losers’. *Journal of Experimental Biology*, 213, 912–920.

Tejedo, M.; Duarte, H.; Gutiérrez-Pesquera, L.; Beltran, J.; Katzenberger, M.; Marangoni, F.; Navas, C.; Nicieza, A.; Relyea, R.; Rezende, E.; Richter-Boix, A.; Santos, M.; Simon, M.; Solé, M. (2012). El estudio de las tolerancias térmicas para el examen de hipótesis biogeográficas y de la vulnerabilidad de los organismos ante el calentamiento global. Ejemplos en anfibios. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 23:1-26. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/234169434\\_El\\_estudio\\_de\\_las\\_tolerancias\\_termicas\\_para\\_el\\_examen\\_de\\_hipotesis\\_biogeograficas\\_y\\_de\\_la\\_vulnerabilidad\\_de\\_los\\_organismos\\_ante\\_el\\_calentamiento\\_global\\_Ejemplos\\_en\\_anfibios](https://www.researchgate.net/publication/234169434_El_estudio_de_las_tolerancias_termicas_para_el_examen_de_hipotesis_biogeograficas_y_de_la_vulnerabilidad_de_los_organismos_ante_el_calentamiento_global_Ejemplos_en_anfibios)

The New York Times en español. (02 de junio de 2017). Trump abandona el Acuerdo de París, pero el resto del mundo reafirma su compromiso. Recuperado de <https://www.nytimes.com/es/2017/06/02/trump-abandona-el-acuerdo-de-paris-pero-el-resto-del-mundo-reafirma-su-compromiso/>

Thomas, C.D.; Cameron, A.; Green, R.E.; Bakkenes, M.; Beaumont, L.J.; Co-Llingham, Y.C.; Erasmus, B.F.N.; Ferreira De Siqueira, M.; Grainger, A.; Hannah, L.; Hughes, L.; Huntley, B.; Van Jaarsveld, A.S.; Midgley, G.F.; Miles, L.; Ortega-Huerta, M.A.; Peterson, A. T.; Phillips, O.L.; Williams, S.E. (2004). Extinction Risk From Climate Change. *Nature* 427: 145-148.

- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales). (2019). La Lista Roja de especies amenazadas de la UICN (en línea). Consultado 2 ene. 2020. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org>
- Vallejo, G.M. (2016). Identificación de secreciones peptídicas de 15 especies de anuros amazónicos con actividad antimicrobiana y anticancerígena, y su aporte como servicio ecosistémico de tipo provisión (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador). Recuperada de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11021>
- Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. Banco Central de Reserva del Perú. Documento de trabajo N°2009-14. Recuperado de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>
- Villa, J. (1969). Comportamiento defensivo de la "Rana Ternero", *Leptodactylus pentadactylus*. *Revista de Biología Tropical*. 15(2): 323-329. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/28473>
- Vitt, L.J. & Caldwell, J.P. (2008). *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles* (3° ed.). Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=h9vTfspYf\\_IC](https://books.google.com.pe/books?id=h9vTfspYf_IC)
- Von May, R.; Siu-Ting, K.; Jacobs, J.; Medina-Müller, M.; Gagliardi-Urrutia, G.; Rodríguez, L. & Donnelly, M. (2009). Species diversity and conservation status of amphibians in Madre de Dios, Southern Peru. *Herpetological Conservation and Biology*, 4(1): 14-29. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/253925978>
- Von May, R.; Catenazzi, A.; Corl, A.; Santa-Cruz, R.; Carnaval, A.C.; Moritz, C. (2017). Divergence of thermal physiological traits in terrestrial breeding frogs along a tropical elevational gradient. *Ecology and Evolution*, 7:3257–3267. <https://doi.org/10.1002/ece3.292>
- Von May, R.; Catenazzi, A., Angulo, A.; Venegas, P. & Aguilar, C. (2012). Investigación y conservación de la biodiversidad en Perú: importancia del uso de técnicas modernas y procedimientos administrativos eficientes. *Revista Peruana de Biología*, 19(3), 351-358. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-)



99332012000300020&lng=es&tlng=es.

- Vuille, M.; Franquist, E.; Garreaud, R.; Lavado-Casimiro, W.S.; Cáceres, B. (2015). Impact of the global warming hiatus on Andean temperature. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120: 3745–3757. Recuperado de: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2015JD023126/full>
- Wake, D., & Vredenburg, V. (2008). Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *105*: 11466-11473. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi:10.1073/pnas.0801921105
- Wells, K. & Bard, K. (1988). Parental Behavior of an Aquatic-Breeding Tropical Frog, *Leptodactylus bolivianus*. *Journal of Herpetology*, 22(3), 361-364. doi:10.2307/1564166
- Wessells, N.K. (1979). Adaptaciones a la temperatura. *Vertebrados: estructura y función* (p. 242-269). Madrid, España: H. Blume Ediciones.
- Williams, S.E.; Shoo, L.P.; Isaac, J.L.; Hoffmann, A.A.; Langham, G. (2008). Towards An Integrated Framework For Assessing The Vulnerability Of Species To Climate Change. *Plos Biology*, 6(12): e325.
- Whitfield, S.M; Bell, K.E; Philippi, T.; Sasa, M.; Bolaños F., Chaves, G.; Savage J.M.; Donnelly, M.A. (2007). Amphibian and reptile declines over 35 years at La Selva, Costa Rica. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104:8352-8356.
- Wiens, J. J., Ackerly, D. D., Allen, A. P., Anacker, B. L., Buckley, L. B., Cornell, H. V., ... & Stephens, P. R. (2010). Niche conservatism as an emerging principle in ecology and conservation biology. *Ecology letters*, 13(10), 1310-1324.
- Willmer, P.; Stone, G. & Johnston, I. (2000). *Environmental Physiology of Animals*. John Wiley y Sons. Blackwell Publishing, Second edition. pp: 198
- Zobel, M. (1997). The relative of species pools in determining plant species richness: an alternative explanation of species coexistence?. *Trends in Ecology & Evolution*, 12(7): 266-269.

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1:** Ficha general de datos recolectados.

FECHA	ZONA	#DE INDIV	FAMILIA	ESPECIE	SUSTRATO	ALTURA (cm)	CT min	CT max	SVL (mm)	PESO (gr.)
21/03/2016	Escaleras	#1	Hylidae	<i>Hypsiboas maculateralis</i>	rama alta	120	13.0			
21/03/2016	Tr 13	#2	Leiuperidae	<i>Edalorhina perezii</i>	hoja		12.4	37.9	27	2.3
21/03/2016	Tr 13	#3	Leiuperidae	<i>Edalorhina perezii</i>	hoja	10	14.2	38.3	30	2
21/03/2016	Tr 13	#4	Dendrobatidae	<i>Ameerega hahneli</i>	hoja	20	14.6	33.5	20	0.8
21/03/2016	Tr 13	#5	Bufoidea	<i>Rhinella marina</i>	hojarasca	0	10.6	42.5	49	8.6
21/03/2016	Tr 13	#6	Dendrobatidae	<i>Ameerega hahneli</i>	hojarasca	0	14.2	37.9	19	0.6
21/03/2016	Tr 13	#7	Leptodactylidae	<i>Adenomera sp.</i>	hojarasca	0	13.1	38.1	15	0.5
21/03/2016	Tr 13	#8	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus bolivianus</i>	hojarasca	0	16.9	34.2	32	2.2
22/03/2016	Tr 10	#9	Hylidae	<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	hojarasca	0	4.9	37.9	28	1.8
22/03/2016	Tr 10	#10	Leiuperidae	<i>Engystomops freibergi</i>	hojarasca	0	12.7	36.8	21.5	1.1
22/03/2016	Tr 10	#11	Leiuperidae	<i>Engystomops freibergi</i>	hojarasca	0	12.3			
22/03/2016	Tr 10	#12	Leiuperidae	<i>Engystomops freibergi</i>	hojarasca	0	9.0	33.5	21.6	1.4
22/03/2016	Tr 28	#13	Leiuperidae	<i>Engystomops freibergi</i>	hojarasca	0		34.5	25.3	1.6
22/03/2016	Tr 10	#14	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150	13.4	33.2	17.6	0.4
22/03/2016	Tr 10	#15	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150	10.4	33.2	17.6	0.4
22/03/2016	Tr 10	#16	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150	9.8	32.0	16.6	0.3
22/03/2016	Tr 10	#17	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150	9.0	32.0	16.6	0.3
22/03/2016	Tr 10	#18	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150	9.0	32.0	16.6	0.3
22/03/2016	Tr 10	#19	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150	9.0	33.0	16.3	0.3
22/03/2016	Tr 10	#20	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		33.6	16.3	0.4
22/03/2016	Tr 10	#21	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		33.8	15.8	0.4
22/03/2016	Tr 10	#22	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		34.5	15.9	0.4
22/03/2016	Tr 10	#23	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		34.5	16.6	0.4

Continuación ...

FECHA	ZONA	#DE INDIV	FAMILIA	ESPECIE	SUSTRATO	ALTURA (cm)	CT min	CT max	SVL (mm)	PESO (gr.)
22/03/2016	Tr 10	#24	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		34.1	16.3	0.4
22/03/2016	Tr 10	#25	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		34.8	16.3	0.4
22/03/2016	Tr 10	#26	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		35.0	16.6	0.4
22/03/2016	Tr 10	#27	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		35.0	16.6	0.4
22/03/2016	Tr 10	#28	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		33.0	14.7	0.3
22/03/2016	Tr 10	#29	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		33.5	16.3	0.4
22/03/2016	Tr 10	#30	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		33.5	15.8	0.4
22/03/2016	Tr 10	#31	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		36.0	15.9	0.4
22/03/2016	Tr 10	#32	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150		36.0	14.9	0.4
22/03/2016	Tr 10	#33	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150				
22/03/2016	Tr 10	#34	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150				
22/03/2016	Tr 10	#35	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	150				
22/03/2016	Tr 10	#36	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	151				
22/03/2016	Tr 10	#37	Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hoja	152				
23/03/2016	11.129(I)	#38	Strabomantidae	<i>Pristimantis toftae</i>	death leaf	25		32.8	22	1.2
23/03/2016	11.14(I)	#39	Hylidae	<i>Hypsiboas maculateralis</i>			11.4	32.8	28.7	1.1
23/03/2016	11.129(I)	#40	Leiuperidae	<i>Engystomops freibergi</i>	leaf litter	0	10.8	35.2	27.1	2.2
23/03/2016	11.129(I) 21(I)	#41	Microhylidae	<i>Ctenophryne geayi</i>	leaf litter	0	11.5	37.4	36	3.6
23/03/2016	11.129(I) 21(I)	#42	Hylidae	<i>Scinax cf. ictericus</i>	rama	180		40.9	31	2
25/03/2016	29.827(D).11(D)	#43	Microhylidae	<i>Ctenophryne geayi</i>	leaf litter	0	9.9	37.6	44	8.8
25/03/2016		#44	Strabomantidae	<i>Oreobates quixensis</i>			10.1	36.8	41	6.9
25/03/2016	29.827(D)	#45	Aromobatidae	<i>Allobates trilineatus</i>	leaf litter	5				
25/03/2016	29.827(D).11(D)	#46	Aromobatidae	<i>Allobates trilineatus</i>	leaf litter	0	13.2	34.4		
26/03/2016	3.492(I)	#47	Strabomantidae	<i>Pristimantis reichlei</i>	leaf litter	0	8.6	33.5		
26/03/2016	3.462(I)	#48	Strabomantidae	<i>Pristimantis reichlei</i>	leaf	160	10.6	30.4		
26/03/2016	3.550(D)19(I)	#49	Strabomantidae	<i>Pristimantis reichlei</i>	leaf	150	10.7	32.2	18.4	0.7

## Continuación ...

FECHA	ZONA	#DE INDIV	FAMILIA	ESPECIE	SUSTRATO	ALTURA (cm)	CT min	CT max	SVL (mm)	PESO (gr.)
26/03/2016	3.492(I)	#50	Leptodactylidae	<i>Adenomera sp.</i>	leaf litter	0	12.6	35.4		
26/03/2016	29.794(D)14(D)	#51	Dendrobatidae	<i>Ameerega hahneli</i>	leaf litter	0	11.3	36.0	19.8	0.7
26/03/2016	29.887(i)	#52	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus petersii</i>	leaf litter	0		40.2	31.6	4.0
26/03/2016	29.887(I)30(D)	#53	Hylidae	<i>Hypsiboas maculateralis</i>	tronco	40	7.4	37.9	18.3	0.5
26/03/2016	29.974(D)	#54	Microhylidae	<i>Hamptophryne boliviana</i>	hojarasca	0		37.0	31.1	3.6
29/03/2016	14-8-D	#55	Microhylidae	<i>Hamptophryne boliviana</i>	trampas			37.2	33.1	4.7
29/03/2016	14-10-D Cuarto estación	#56	Microhylidae	<i>Hamptophryne boliviana</i>	trampas			37.9	30.1	2.7
30/03/2016		#57	Hylidae	<i>Scinax ruber</i>	madera	30				
31/03/2016	Bajío	#58	Dendrobatidae	<i>Ameerega hahneli</i>	árbol	30	11.3	37.4	21.9	0.9
31/03/2016	Tr 29	#59	Dendrobatidae	<i>Ameerega hahneli</i>	hoja verde	20			20.6	0.8
31/03/2016	Tr 15	#60	Dendrobatidae	<i>Ameerega trivittata</i>	hoja verde	100	8.3	38.6	36.7	4.6
31/03/2016	Cocha lobo c/lindero	#61	Strabomantidae	<i>Pristimantis buccinator</i>	hoja		12.0		19.9	1.0
31/03/2016	Tr14/Tr24 Entrada Co. lobo	#62	Leiuperidae	<i>Edalorhina perezii</i>	hojarasca	0	7.9	39.6	32.9	2.6
31/03/2016		#63	Hylidae	<i>Scinax cf. ictericus</i>	hoja	20	11.2	34.3	27.5	1.3
2/04/2016	Estación	#64	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus bolivianus</i>	hojarasca	0	14.3	37.6	31.4	2.7
2/04/2016	Tr24	#65	Strabomantidae	<i>Pristimantis reichlei</i>	hoja	120		33.2	22.1	1.2
2/04/2016	Tr 15	#66	Hylidae	<i>Hypsiboas maculateralis</i>	hoja	90	10.6	37.8	31.7	1.3
2/04/2016	Tr 15	#67	Hylidae	<i>Hypsiboas lanciformis</i>	rama	40	5.1	40.4	51	7.5
4/04/2016	Tr 21	#68	Bufoidea	<i>Rhinella margaritifera</i>	hojarasca	0	7.6	37.3	30.3	2.1
8/04/2016	Tr 14	#69	Bufoidea	<i>Rhinella margaritifera</i>	hojarasca	0		39.0	45.1	8.7
8/04/2016	Tr 14	#70	Hylidae	<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	hoja	50	7.3	39.7	35.8	2.4
8/04/2016	Tr 13	#71	Hylidae	<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	hoja	30	9.3	39.7	31	1.5
8/04/2016	Tr 27	#72	Dendrobatidae	<i>Ameerega hahneli</i>	hoja	15		38.1	19.7	0.9
8/04/2016	Tr14/Tr15	#73	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus leptodactyloides</i>	hoja	10		37.7	18.3	0.7

Continuación ...

FECHA	ZONA	#DE INDIV	FAMILIA	ESPECIE	SUSTRATO	ALTURA (cm)	CT min	CT max	SVL (mm)	PESO (gr.)
8/04/2016	Tr14/Tr15	#74	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus leptodactyloides</i>	hoja	30			18.9	0.8
8/04/2016	Tr 14	#75	Microhylidae	<i>Hamptophryne boliviana</i>	hoja	10		37.9	20.7	1.1
8/04/2016	Tr 14	#76	Microhylidae	<i>Hamptophryne boliviana</i>	hoja	15		37.6	37.9	4.8
8/04/2016	Tr 27	#77	Leiuperidae	<i>Engystomops freibergi</i>	hoja	10		37.7	30.2	4.1
8/04/2016	Tr 27	#78	Strabomantidae	<i>Oreobates cruralis</i>	hoja	10		35.9	20.7	1
9/04/2016	Tr 10	#79	Strabomantidae	<i>Pristimantis reichlei</i>	hojarasca	0		35.9	28.1	1.5
9/04/2016	14-12-D	#80	Bufoidea	<i>Rhinella margaritifera</i>	hojarasca	0		37.1	51.1	12
10/04/2016	Tr 15	#81	Hylidae	<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	hoja	120	7.9	38.6	28.9	1.5
10/04/2016	Estación	#82	Hylidae	<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	madera	4	8.3	39.2	27.7	1.4
10/04/2016	Tr 15	#83	Hylidae	<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	hoja	70		39.8	30.9	1.5
10/04/2016	Tr 15	#84	Strabomantidae	<i>Pristimantis reichlei</i>	hoja	90		34.5	27.1	1.3
10/04/2016	Tr 18	#85	Microhylidae	<i>Ctenophryne geayi</i>	hoja	10		40.2	43.5	10.9
10/04/2016	Tr 15	#86	Hylidae	<i>Hypsiboas maculateralis</i>	rama	30		36.8	29	1.2
10/04/2016		#87	Aromobatidae	<i>Allobates femoralis</i>				39.2	22.1	1.2
11/04/2016	Estación	#88	Hylidae	<i>Scinax ruber</i>	hoja			40.0	30.7	2.2
11/04/2016	Tr 15	#89	Strabomantidae	<i>Pristimantis reichlei</i>	hoja	100		34.2	24.2	0.9
11/04/2016	Estación	#90	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus bolivianus</i>	pasto	0		38.3	35.5	4.3
11/04/2016	Tr 21	#91	Microhylidae	<i>Ctenophryne geayi</i>	trampas			39.1	31.5	3.2
11/04/2016	Tr 14	#92	Bufoidea	<i>Rhinella margaritifera</i>	trampas					
11/04/2016	Tr 21	#93	Microhylidae	<i>Hamptophryne boliviana</i>	trampas			36.6	22.8	1.1
11/04/2016	Tr 14	#94	Bufoidea	<i>Rhinella margaritifera</i>	trampas			39.9	51.5	
12/04/2016	Tr 21	#95	Microhylidae	<i>Ctenophryne geayi</i>	trampas			37.6	23.4	1.7
12/04/2016	Tr 14	#96	Microhylidae	<i>Ctenophryne geayi</i>	trampas			39.8	43.5	10.6
12/04/2016	Tr 18	#97	Leiuperidae	<i>Edalorhina perezii</i>	charco	0		39.5	28.6	2.1
12/04/2016	Cruce T27/14	#98	Leiuperidae	<i>Edalorhina perezii</i>		0		37.5	34.3	2.9

Continuación ...

FECHA	ZONA	#DE INDIV	FAMILIA	ESPECIE	SUSTRATO	ALTURA (cm)	CT min	CT max	SVL (mm)	PESO (gr.)
12/04/2016	Tr 15	#99	Leiuperidae	<i>Engystomops freibergi</i>				38.3	22	1.1
12/04/2016	Tr 10	#100	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus petersii</i>	trampas			39.0	28.1	2.2
12/04/2016	Tr 10	#101	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus petersii</i>	trampas			38.6	23.4	1.3
12/04/2016	Estación	#102	Hylidae	<i>Phyllomedusa palliata</i>	pasto	7		40.2	21.7	0.7
12/04/2016	Estación	#103	Hylidae	<i>Scinax ruber</i>	construcción	120		40.4	40.5	4.1

**Anexo 2:** Tabla de hábito, distribución y categoría de amenaza por especie.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Hábito</b>	<b>Distribución</b>	<b>Categoría de amenaza</b>	<b>Fuente</b>
Leptodactylidae	<i>Adenomera sp.</i>	-	-	-	-
Aromobatidae	<i>Allobates femoralis</i>	diurno/suelo	Guyana, Surinam, Guayana Francesa, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil y Venezuela	Preocupación menor	IUCN red list
Aromobatidae	<i>Allobates trilineatus</i>	diurno/hojarasca	Perú, norte de Bolivia, Amazonas Ecuador, sur de Colombia. Posiblemente Brasil	Preocupación menor	IUCN red list
Dendrobatidae	<i>Ameerega hahneli</i>	diurno/terrestre	Colombia, Ecuador, Perú, el noroeste de Bolivia, las Guayanas y el Brasil amazónico"	Preocupación menor	IUCN red list
Dendrobatidae	<i>Ameerega trivittata</i>	diurno/terrestre	Venezuela, Guyana, Surinam, Colombia, Brasil, Perú, noroeste de Bolivia y G. Francesa	Preocupación menor	IUCN red list
Microhylidae	<i>Ctenophryne geayi</i>	diurno/hojarasca	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guayana, Perú, Surinam y Venezuela	Preocupación menor	IUCN red list
Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i>	hojas y ramas	Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guayana, Paraguay, Perú, Surinam, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela	Preocupación menor	IUCN red list
Leiuperidae	<i>Edalorhina perezii</i>	diurna/hojarasca	Brasil; Colombia; Ecuador; Perú e incierto en Bolivia	Preocupación menor	IUCN red list
Leiuperidae	<i>Engystomops freibergi</i>	nocturno/hojarasca	Amazonía de Brasil, el norte de Bolivia y el sureste de Perú,	Preocupación menor	IUCN red list



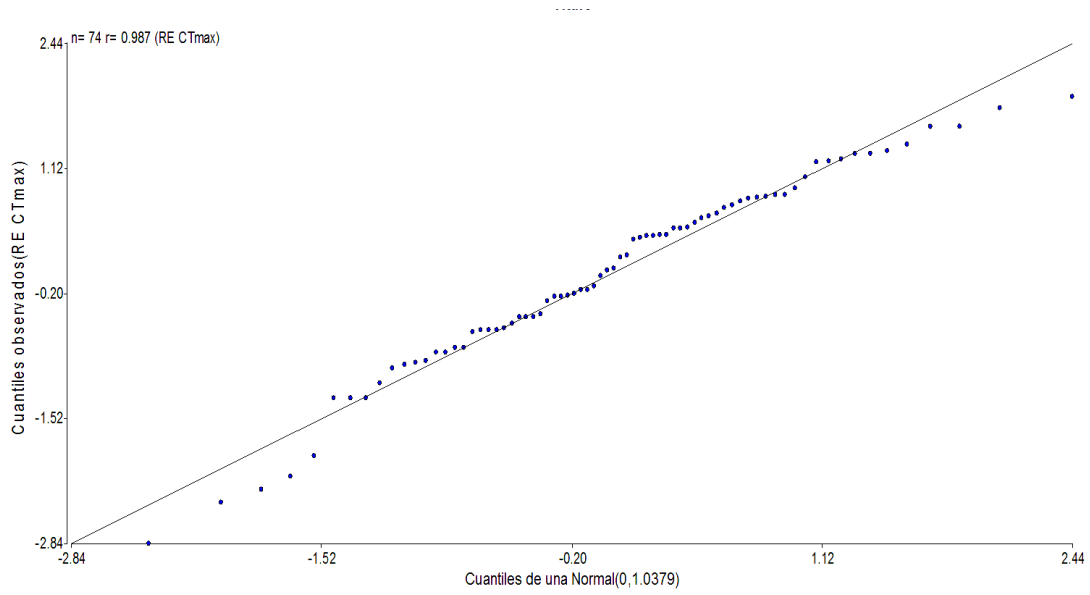
Continuación ...

Familia	Especie	Hábito	Distribución	Categoría de amenaza	Fuente
Microhylidae	<i>Hamptophryne boliviana</i>	terrestre hojarasca	Guayana Francesa, Surinam, Guyana, Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia, Colombia y Venezuela	Preocupación menor	IUCN red list
Hylidae	<i>Hypsiboas lanciformis</i>	nocturna y arbórea	Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil	Preocupación menor	IUCN red list
Hylidae	<i>Hypsiboas maculateralis</i>	nocturna/perchado en vegetación	Colombia, Ecuador y Perú	Preocupación menor	BIOWEB Anfibios del Ecuador
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus bolivianus</i>	nocturna/madrigueras	Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guayana Francesa, Guayana, Nicaragua, Panamá, Perú, Surinam, Trinidad y Tobago, Venezuela	Preocupación menor	IUCN red list
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus leptodactyloides</i>	áreas abiertas	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa; Guayana; Perú, Surinam, Venezuela	Preocupación menor	IUCN red list
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus petersii</i>	suelo áreas abiertas	Bolivia, Brasil; Colombia; Ecuador; Guayana Francesa; Guayana; Perú; Surinam; Venezuela,	Preocupación menor	IUCN red list
Strabomantidae	<i>Oreobates cruralis</i>	terrestre	Bolivia, Perú, posiblemente Brasil	Preocupación menor	IUCN red list
Strabomantidae	<i>Oreobates quixensis</i>	terrestre	Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú, y en la Amazonia brasileña occidental	Preocupación menor	IUCN red list
Hylidae	<i>Phyllomedusa palliata</i> ( <i>Pithecopus palliatus</i> )		Bolivia, Brasil, Ecuador, Perú	Preocupación menor	IUCN red list

## Continuación ...

Familia	Especie	Hábito	Distribución	Categoría de amenaza	Fuente
Hylidae	<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	nocturno/a/arbórea	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa; Guayana, Perú, Venezuela	Preocupación menor	Anfibios del Ecuador BIOWEB
Strabomantidae	<i>Pristimantis buccinator</i>	suelo	Brasil, Perú, incierto Bolivia	Preocupación menor	IUCN red list
Strabomantidae	<i>Pristimantis reichlei</i>		Brasil, Perú, Bolivia		Amphibian Species of the World
Strabomantidae	<i>Pristimantis toftae</i>	hojarasca	Brasil, Perú, Bolivia	Preocupación menor	IUCN red list
Bufonidae	<i>Rhinella margaritifera</i>	nocturno/terrestre	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guayana, Panamá, Perú, Surinam, Venezuela	Preocupación menor	IUCN red list
Bufonidae	<i>Rhinella marina</i>	nocturno/terrestre	Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guayana Francesa, Guatemala, Guayana, Honduras; México, Nicaragua; Panamá, Perú, Surinam, Trinidad y Tobago, Estados Unidos (Texas); Venezuela,	Preocupación menor	IUCN red list
Hylidae	<i>Scinax cf. ictericus</i>		Bolivia, Brasil, Colombia, Perú	Preocupación menor	IUCN red list
Hylidae	<i>Scinax ruber</i>	nocturno/a/arbórea	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa; Guayana; Panamá, Perú, Surinam; Trinidad y Tobago, Venezuela	Preocupación menor	IUCN red list

**Anexo 3:** Prueba de normalidad de errores para Análisis ANOVA para CTmax.



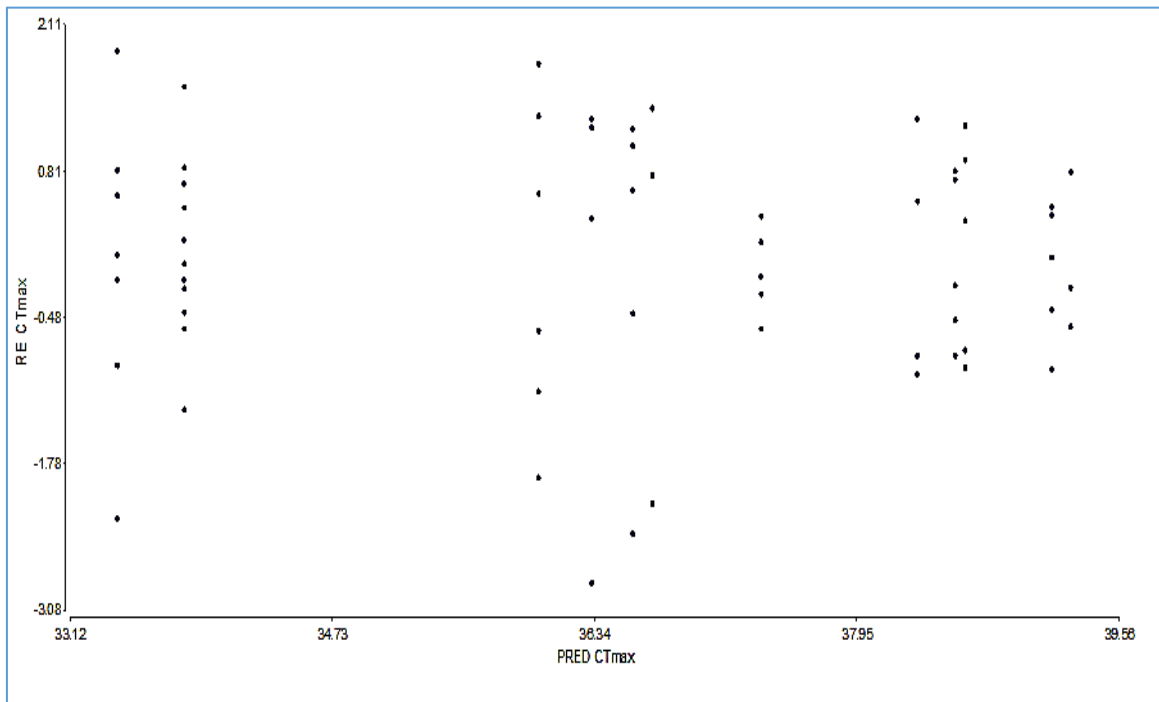
**Anexo 4:** Análisis de Varianza CTmax.

Análisis de la varianza				
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CTmax	74	0.72	0.67	3.94

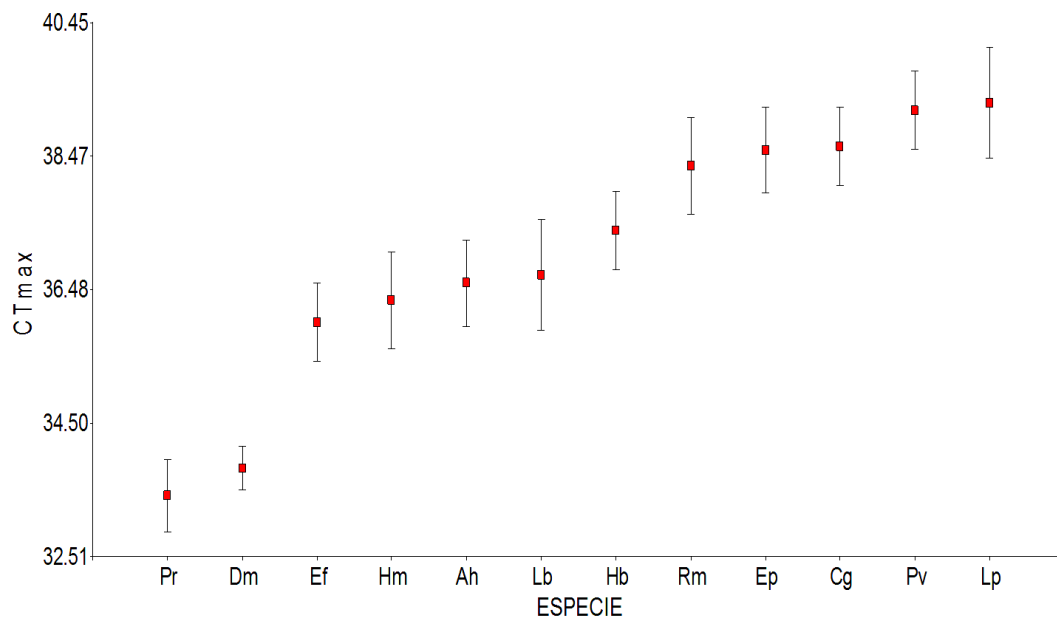
  

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	332.07	11	30.19	14.74	<0.0001
ESPECIE	332.07	11	30.19	14.74	<0.0001
Error	127.00	62	2.05		
Total	459.08	73			

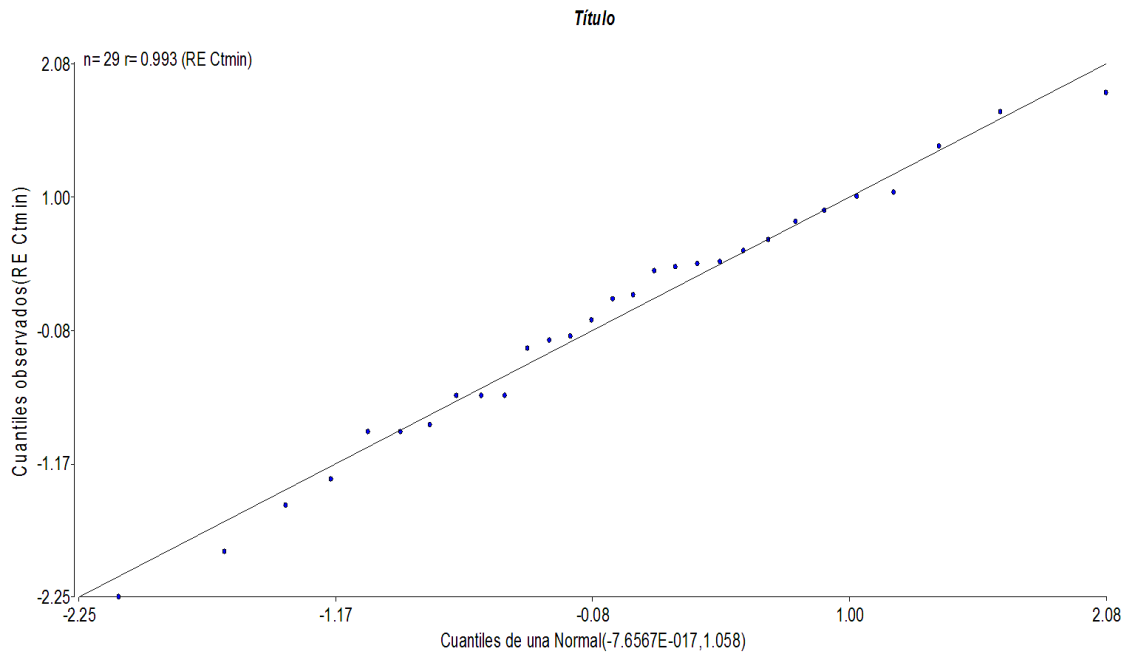
**Anexo 5:** Prueba de homogeneidad de varianzas para Análisis ANOVA para CTmax, Residuales vs Predichos.



**Anexo 6:** Figura de comparación de medias de CTmax producto del análisis ANOVA, Test de Fisher.



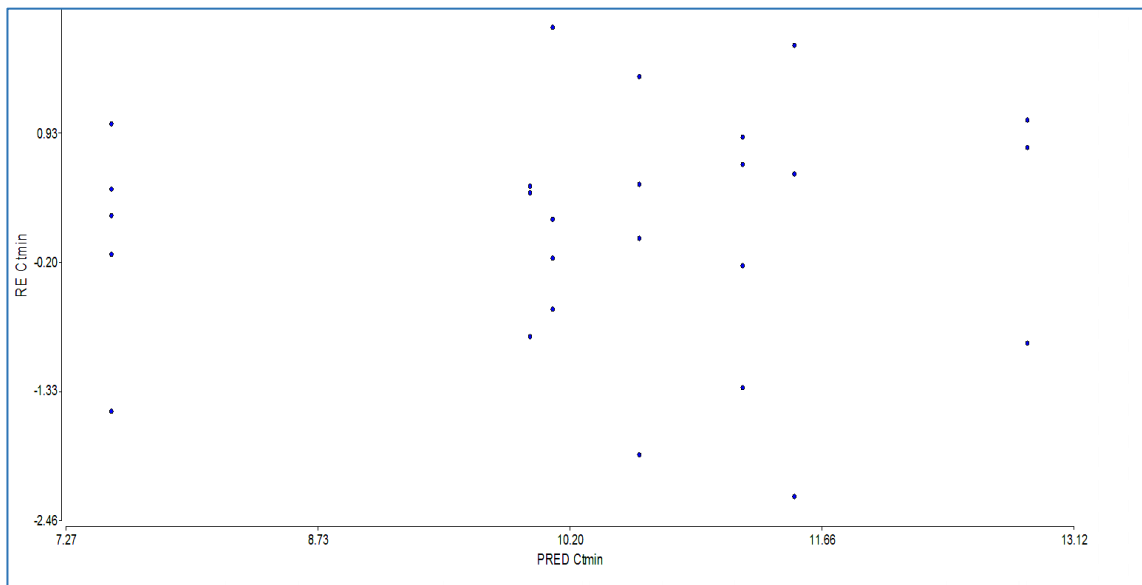
**Anexo 7:** Prueba de normalidad de errores para Análisis ANOVA para CTmin.



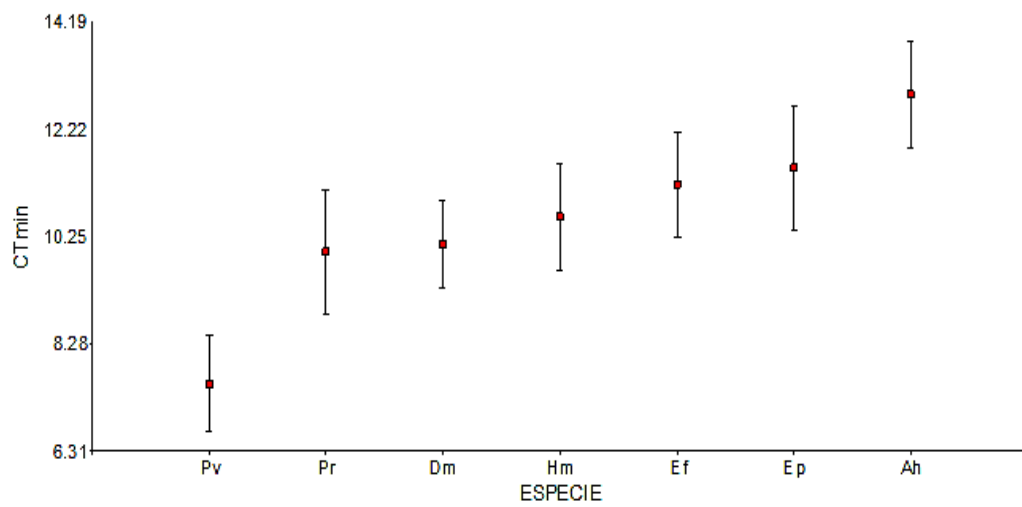
**Anexo 8:** Análisis de varianza CTmin.

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Ctmin	29	0.46	0.32	18.83	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	72.36	6	12.06	3.15	0.0220
ESPECIE	72.36	6	12.06	3.15	0.0220
Error	84.19	22	3.83		
Total	156.55	28			

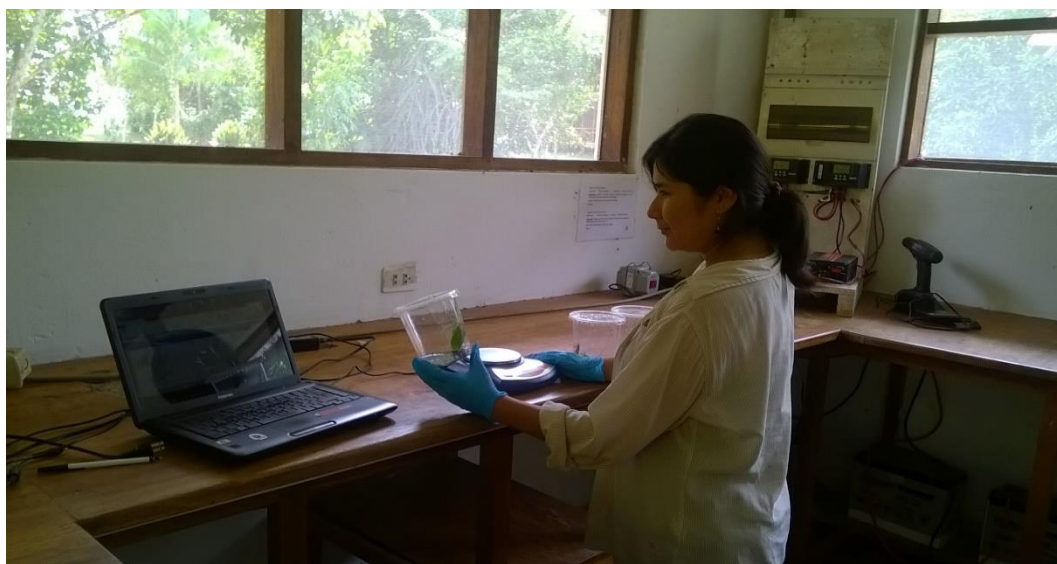
**Anexo 9:** Prueba de homogeneidad de varianzas para Análisis ANOVA para CTmin, Residuales vs Predichos.



**Anexo 10:** Figura de comparación de medias de CTmin producto del análisis ANOVA, Test de Fisher.



**Anexo 11:** Fotos de la mesa de trabajo dentro del laboratorio. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.



**Anexo 12:** Fotos de especies colectadas y resguardadas dentro del laboratorio. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.



*Ameerega trivittata* dentro de recipiente con sustrato



*Ameerega trivittata* durante experimento para alcanzar su CTmax



Anuro sometido a bajas temperaturas para hallar el Ctmin





Individuo de *Phyllomedusa vaillantii*

**Anexo 13:** Trochas de captura de anfibios. Estación Biológica Los Amigos, Madre De Dios. Marzo a Abril 2016.



Trocha Primer Mirador



Trocha 13 Playa (Tr 13)



Trocha 14 Cocha Lobo (Tr 14)



Trocha 15 Carretera (Tr15)

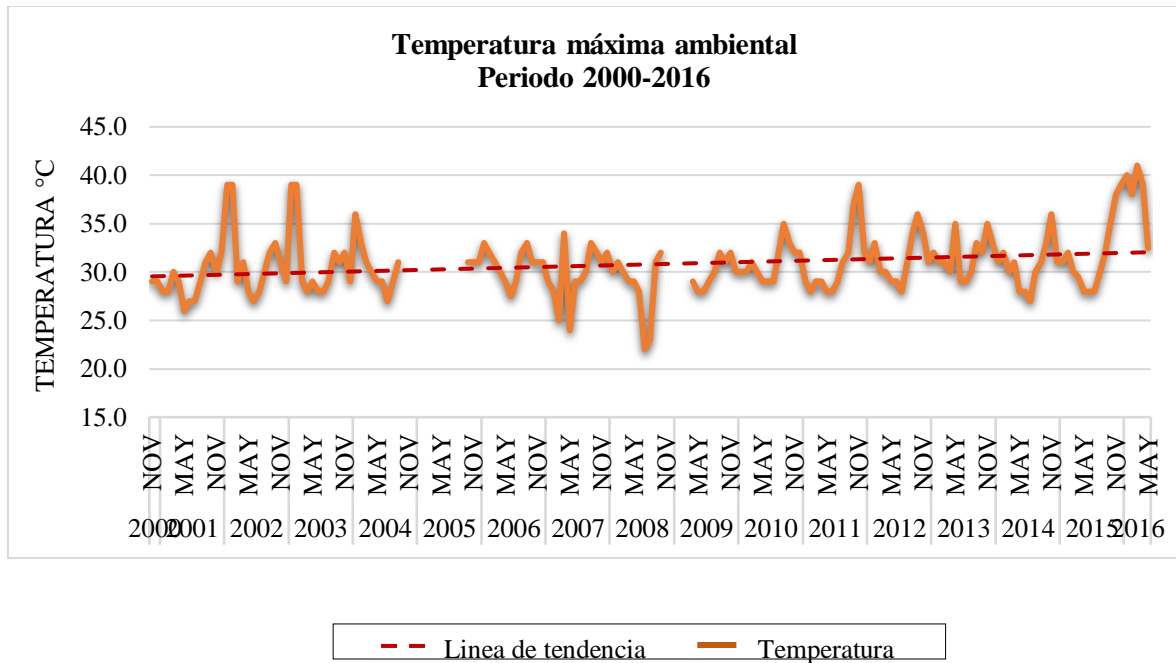


Tesista con cubierta facial por abundante presencia de mosquitos en Trocha 15

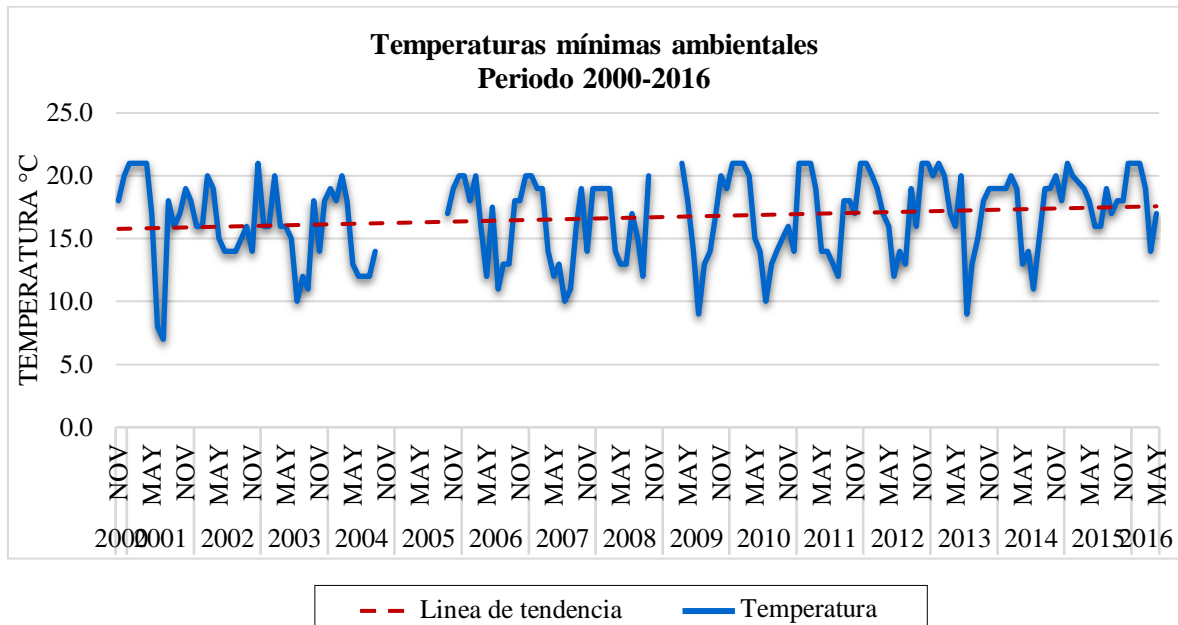


Área de desembarco de visitantes entrada a CICRA, tesista y colaboradora

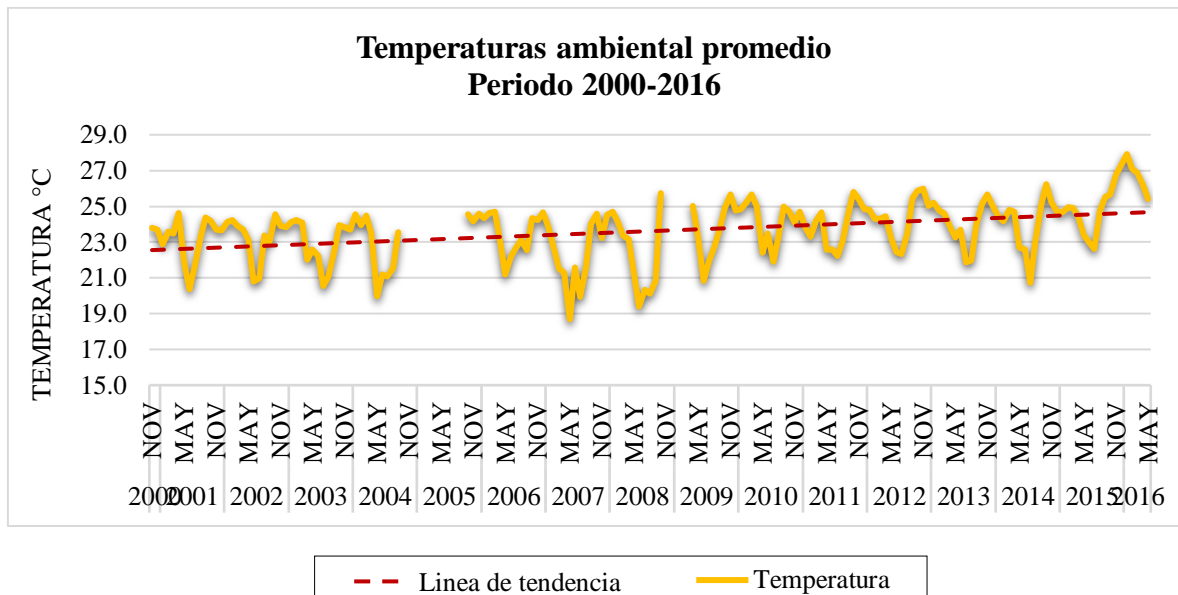
**Anexo 14:** Figura de las temperaturas ambientales máximas absolutas, durante el Periodo de los años 2000 al 2016, con línea de tendencia.



**Anexo 15:** Figura de las temperaturas ambientales mínimas absolutas, durante el Periodo de los años 2000 al 2016, con línea de tendencia.

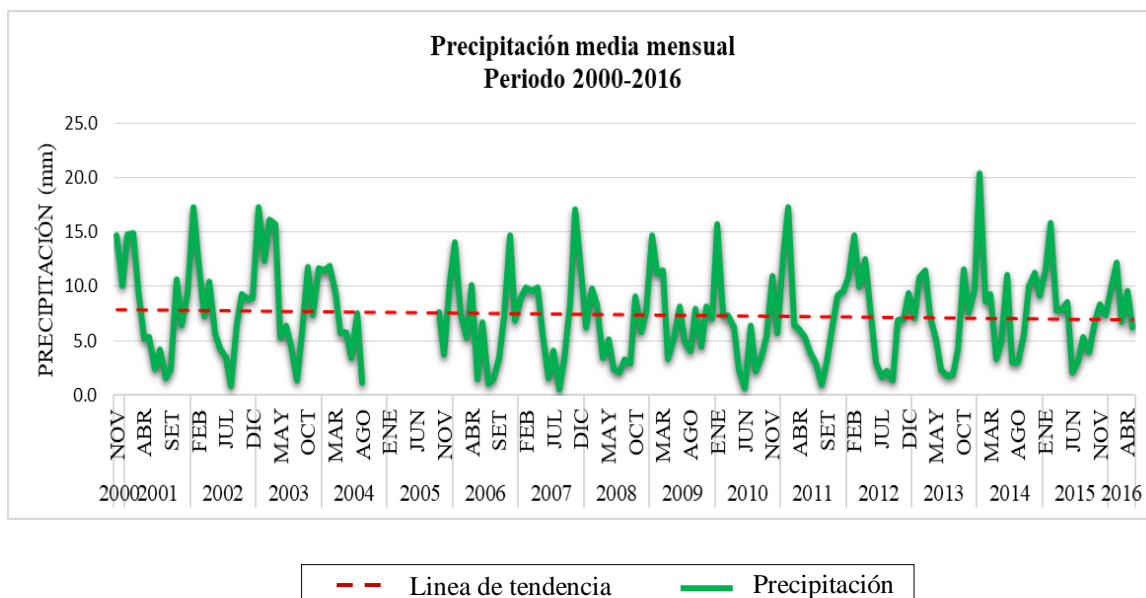


**Anexo 16:** Figura de las temperaturas ambientales promedio, durante el Periodo de los años 2000 al 2016, con línea de tendencia.



**Nota:** En los tres casos presentados en los anexos 14,15 y 16 la línea de tendencia de las temperaturas fue creciente.

**Anexo 17:** Figura de la precipitación media mensual durante el Periodo de los años 2000 al 2016 .



En esta figura se aprecia una línea de tendencia de color rojo ligeramente decreciente en los últimos años.

**Anexo 18:** Análisis de Componentes Principales (PCA).

Se realizó el análisis PCA para las cuatro variables CTmax, CTmin, SVL y Peso.

En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de las variancias explicadas por todas las componentes principales. Las dos primeras componentes principales encontradas explican el 85.12% de la variancia total de los datos (PC 1= 60.795% y PC 2=24.324%, respectivamente). Debido a esto serán consideradas para el análisis espacial de los datos.

PC	Eigenvalue	% variance
1	2.24451	60.795
2	0.898017	24.324
3	0.484438	13.122
4	0.0649449	1.7591

En la siguiente figura se manifiesta el Scatter plot del PCA.

De las cuatro variables en cuestión tres de ellas se muestran muy cerca del eje “X” mientras que la otra está muy cerca del eje “Y”. Esto sugiere que las tres variables peso, SVL y CTmax están altamente correlacionadas entre sí. Mientras que estas tres variables forman casi un ángulo de 90° con la variable CTmin por lo que se puede concluir que no están altamente correlacionadas con esa variable.

