

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

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

Disertación previa a la obtención del título de licenciada en ciencias biológicas

PAULINA GABRIELA ROMERO BARRETO

Quito, 2013

Certifico que la disertación de Licenciatura en Ciencias Biológicas de la candidata Paulina Gabriela Romero Barreto ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Andrés Merino-Viteri

Director de la disertación

Mayo del 2013

A quien me enseñó amar, admirar y respetar

la grandeza de la naturaleza.

A Yasuní.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Andrés Merino-Viteri, director de la disertación, por su paciencia, guía y sobre todo la oportunidad.

Al doctor Olivier Dangles por su apoyo y concesión de una beca Biota Máxima para los proyectos “Requerimientos fisiológicos y microambientales de dos especies de anfibios del Parque Nacional Yasuni” y el proyecto “Efecto de las variaciones microambientales en la generación gametofítica de *Polybotrya osmundacea* y *Thelypteris macrophylla*”. Dentro de los cuales se pudo crear una Estación de Monitoreo de Microclima en la Estación Científica Yasuní.

Al museo de zoología QCAZ, por permitirme la entrada y el uso de colección. A todo el personal por su preocupación y apoyo. A los funcionarios y personal del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) en las provincias de Sucumbios y Orellana por la concesión del permiso de investigación: FAUNA NO.0035 MAE-DPO-PNY. Al personal de la Estación Científica Yasuni por su ayuda, apoyo y sobre todo la compañía durante la fase de campo y a todos los que compartieron ese tiempo conmigo: Dieguito Ortiz, Ivonne, David Velalcázar.

A mi papi Bolivar Romero por su preocupación, apoyo y esos momentos de alegría juntos, mi ñaño Andrés Romero por su paciencia y enseñanza, a mi madre, Mercedes Barreto por su guía, a Leonardo Negrete por su amor, apoyo y sobre todo paciencia durante todo el proyecto, a Dieguito Paucar por su entusiasmo al compartir sus conocimientos y Francly Mora por su amistad y ayuda durante los momentos más difíciles.

TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	5
3.1. CAMBIO CLIMÁTICO: COMO AMENAZA A LA BIODIVERSIDAD	5
3.2. LÍMITES FISIOLÓGICOS.....	7
3.2.1 TOLERANCIA TÉRMICA	7
3.3. TERMOREGULACIÓN.....	9
3.4. INTERCAMBIO CUTÁNEO EN AGUA Y AIRE.....	12
3.5. USO DE MODELOS PARA CUANTIFICAR PAE	14
3.6. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	15
3.7. PARQUE NACIONAL YASUNÍ.....	16
3.7.1. DIVERSIDAD DE ANFIBIOS EN YASUNÍ.....	17
3.7.1.1. <i>Scinax ruber</i>	18
3.7.1.2 <i>Hyloxalus yasuní</i>	18

3.8. JUSTIFICACIÓN	19
3.9. OBJETIVOS	20
3.9.1. GENERAL	20
3.9.2 ESPECÍFICOS	20
4. MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1. ÁREA DE ESTUDIO	22
4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE COMPORTAMIENTO.....	22
4.3. MARGEN DE TOLERANCIA TÉRMICA: MÁXIMA (TCMax) Y MÍNIMA (TCMin)	23
4.4. TASAS DE DESECACIÓN	26
4.5. DETERMINACIÓN DE PERFILES TÉRMICOS DE EXPOSICIÓN EN LOS MICROHÁBITATS DE <i>Scinax ruber</i> E <i>Hyloxalus yasuni</i>	27
4.6.VULNERABILIDAD RELATIVA DE LAS ESPECIES A CAMBIOS MICROAMBIENTALES EN EL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DE YASUNÍ.....	29
5. RESULTADOS	30

5.1. IDENTIFICACIÓN DE POBLACIONES Y DETERMINACIÓN LOS PATRONES BÁSICOS DE COMPORTAMIENTO DE LOS ADULTOS A NIVEL DIARIO Y ESTACIONAL DE LAS DOS ESPECIES DE ESTUDIO.....	30
5.1.1. HORA DE ACTIVIDAD Y DESCANSO DE <i>Hyloxalus yasuni</i>	31
5.1.2. DATOS ADICIONALES DEL COMPORTAMIENTO DE <i>Hyloxalus yasuni</i>	31
5.1.3 HORA ACTIVIDAD Y DESCANSO DE <i>Scinax ruber</i>	32
5.1.4. COMPORTAMIENTOS ADICIONALES OBSERVADOS DE <i>Scinax ruber</i>	33
5.2. MÁRGENES DE TOLERANCIA TÉRMICA: MÁXIMA (TCMax) Y MÍNIMOS (TCMin).....	34
5.2.1. MÁRGENES DE TOLERANCIA TÉRMICA DE <i>Scinax ruber</i> : TCMax Y TCMin... 35	
5.2.2. MÁRGENES DE TOLERANCIA TÉRMICA DE <i>Hyloxalus yasuni</i> TCMax Y TCMin	37
5.3. TASAS DE DESECACIÓN	38
5.4.DETERMINACIÓN DE PERFILES TÉRMICOS DE EXPOSICIÓN EN LOS MICROHÁBITATS DE <i>Scinax ruber</i> E <i>Hyloxalus yasuni</i>	39
5.4.1. MICROHÁBITATS TERRESTRES DE <i>Hyloxalus yasuni</i>	39
5.4.2. CONDICIONES DE EXPOSICIÓN DE <i>Hyloxalus yasuni</i>	39

5.4.3. MICROHÁBITATS TERRESTRES DE <i>Scinax ruber</i>	40
5.4.4. CONDICIONES DE EXPOSICIÓN DE <i>Scinax ruber</i>	40
5.5. DATOS PARA DISCUTIR LA VULNERABILIDAD A POTENCIALES CAMBIOS AMBIENTALES EN EL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DE YASUNÍ ENTRE <i>Hyloxalus</i> <i>yasuni</i> Y <i>Scinax ruber</i>	41
5.5.1 SENSIBILIDAD DE <i>Hyloxalus yasuni</i> A CAMBIOS AMBIENTALES.....	41
5.5.2. SENSIBILIDAD DE <i>Scinax ruber</i> A CAMBIOS AMBIENTALES	41
6. DISCUSIÓN	43
6.1. TASAS DE DESECACIÓN	43
6.2. ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LOS MÁRGENES DE TOLERANCIA TÉRMICA: MÁXIMA (TCMax) Y MÍNIMA (TCMin).....	44
6.3. DETERMINACIÓN DE PERFILES TÉRMICOS DE LOS MICROHÁBITATS TERRESTRES DE <i>Scinax ruber</i> E <i>Hyloxalus yasuni</i>	46
6.4. DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS ESPECIES A CAMBIOS MICROAMBIENTALES EN EL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DE YASUNÍ.....	48
7. CONCLUSIONES	52
8. LITERATURA CITADA	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cámara de rotación y materiales para ensayos de TCM _{Max} Y TCM _{Min}	62
Figura 2. Cámara de rotación con registrador de temperatura automático	63
Figura 3. Modelos de agar para medir tasas de desecación de <i>Scinax ruber</i>	64
Figura 4. Adulto de <i>Hyloxalus yasuni</i> saliendo de su refugio	65
Figura 5. Metamorfo de <i>Hyloxalus yasuni</i>	66
Figura 6. Adulto de <i>Hyloxalus yasuni</i> con coloración críptica	67
Figura 7. Posición comportamental para evitar la pérdida de agua en <i>Scinax ruber</i>	68
Figura 8. Individuos de <i>Scinax ruber</i> escondidos.	69
Figura 9. Coloraciones que pueden tener <i>Scinax ruber</i>	70
Figura 10. Registrador de temperatura en el sitio de actividad y descanso de <i>Hyloxalus yasuni</i>	71
Figura 11. Registrador de temperatura para sitio de actividad y descanso de <i>Scinax ruber</i>	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de observaciones de los diez tipos de comportamiento registrados para <i>Hyloxalus yasuni</i> .....	.73
Tabla 2. Porcentaje de observaciones de comportamiento registrados para <i>Scinax ruber</i>...	.74
Tabla 3. Correlación TCMax <i>Scinax ruber</i> mes de octubre y marzo .....	.75
Tabla 4. Correlación TCMin <i>Scinax ruber</i> mes de octubre y marzo.....	.76
Tabla 5. Correlación de Rho de Spearman para las TCMax de <i>Hyloxalus yasuni</i>.....	.77
Tabla 6. Correlación de Rho de Spearman para las TCMin de <i>Hyloxalus yasuni</i> .....	.78
Tabla 7. Temperatura inicial, crítica máxima y SVL de <i>Scinax ruber</i> en los ensayos de TCMax.....	.79
Tabla 8. Temperatura inicial, crítica mínima y SVL de <i>Scinax ruber</i> en los ensayos de TCMin .....	.80
Tabla 9. Coorelacion Rho de Spearman entre la TCMax y el SVL de <i>Scinax ruber</i> .....	.81
Tabla 10. Coorelación Rho de Spearman entre la TCMin y el SVL de <i>Scinax ruber</i>.....	.82
Tabla 11. Coorelación Rho de Spearman entre la TCMax y la temperatura inicia de los ensayo de <i>Scinax ruber</i>.....	.83

Tabla 12. Coorelación Rho de Spearman entre la TCMIn y la temperatura inicia lde los ensayos de <i>Scinax ruber</i> .....	.84
Tabla 13. Coorelación Rho de Spearman entre la TCMax y el tiempo de duración de los ensayos de <i>Scinax ruber</i> .....	.85
Tabla 14. Coorelación Rho de Spearman entre la TCMIn y el tiempo ode duración de los ensayos de <i>Scinax ruber</i> .....	.86
Tabla 15. Temperatura inicial, crítica máxima y SVL de <i>Hyloxalus yasuni</i> en los ensayos de TCMax.....	.87
Tabla 16. Temperatura inicial, crítica mínima y SVL de <i>Hyloxalus yasuni</i> en los ensayos de TCMIn .....	.88
Tabla 17. Coorelacion Rho de Spearman entre la TCMax y el SVL de <i>Hyloxalus yasuni</i>....	.89
Tabla 18. Coorelacion Rho de Spearman entre la TCMIn y el SVL de <i>Hyloxalus yasuni</i>.....	.90
Tabla 19. Coorelación Rho de Spearman entre la TCMax y la temperatura inicia lde los ensayos de <i>Hyloxalus yasuni</i> .....	.91
Tabla 20. Coorelación Rho de Spearman entre la TCMIn y la temperatura inicia lde los ensayos de <i>Hyloxalus yasuni</i> .....	.92
Tabla 21. Coorelación Rho de Spearman entre la TCMax y el tiempo ode duración de los ensayos de <i>Hyloxalus yasuni</i> .....	.93

Tabla 22. Coorelación Rho de Spearman entre la TCMIn y el tiempo ode duración de los ensayos de <i>Hyloxalus yasuni</i>	94
Tabla 23. Tasas de desecación para de <i>Scinax ruber</i>	95
Tabla 24. Temperaturas de exposición y control de <i>Scinax ruber</i> e <i>Hyloxalus yasuni</i>	96

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Diagrama común de la relación entre la T_{opt} , T_{CMax} y T_{CMin}	98
Anexo 2. Diagrama de la interacción cuerpo-ambiente de dos tipos de anfibios	99
Anexo 3. Posturas de conservación de agua.....	100
Anexo 4. Diagrama general para evaluar la vulnerabilidad de las especies al cambio climático	101
Anexo 5. Datos de temperatura de la ECY de marzo del 2012 a marzo 2013	102
Anexo 6. Pruebas de normalidad de Shapiro Wilk y Kolmogorov-Smirnov para <i>Hyloxalus yasuni</i> y <i>Scinax ruber</i>	103
Anexo 7. Prueba de t student entre la microestación y el sitio de refugio de <i>Hyloxalus yasuni</i>	104
Anexo 8. Prueba de t student entre la microestación y el sitio de actividad de <i>Hyloxalus yasuni</i>	105
Anexo 9. Prueba de t student entre la microestación y el sitio de refugio de <i>Scinax ruber</i> ..	106
Anexo 10. Prueba de t student entre la microestación y el sitio de actividad de <i>Scinax ruber</i>	107

1. RESUMEN

El cambio climático es una de las principales amenazas contra la biodiversidad, incluyendo a los anfibios. Para evaluar la vulnerabilidad de estos animales a los cambios ambientales es necesario conocer sus tolerancias fisiológicas y el nivel de exposición a los cambios predichos. La presente investigación trata de dar a conocer, experimentalmente, los límites de tolerancia térmica y, en base de su comportamiento, su relación con el microambiente, de dos especies diferentes de anuros del bosque tropical de Yasuní. Estas especies poseen características ecológicas distintas. *Scinax ruber* es una rana de actividad nocturna que permanece en zonas abiertas. *Hyloxalus yasuni* es diurna y está principalmente restringida a riachuelos formados en quebradas dentro del bosque de tierra firme. Las temperaturas críticas máxima y mínima para *Scinax ruber* fueron 36.88°C y 12.15°C respectivamente, mientras tanto, *Hyloxalus yasuni*, presentó 32.70°C y 16.07°C respectivamente. Las observaciones comportamentales mostraron que *Scinax ruber* está activa entre 17:00 y 03:30 mientras que *Hyloxalus yasuni* entre 06:30 y 18:30. Las temperaturas de exposición máximas y mínimas se determinaron por medio de la colección de datos específicos de los microambientes utilizados por cada especie y sus horas de actividad y descanso. El rango de temperaturas al que está expuesta *Hyloxalus yasuni* fue entre 23.31°C, en agosto 2012 (época fría), y 25.37°C, en noviembre 2012 (época caliente), mientras que el rango para *Scinax ruber* fue entre 20.80°C y 26.60°C, para los mismos meses. Se estimó también la tasa potencial de desecación máxima para *Scinax ruber*. Dicha tasa para el microambiente de actividad fue en promedio 1.02% de su peso por hora, pero no representa riesgo a pesar de las 10.5 horas que esta especie está activa. El análisis de vulnerabilidad muestra que *Hyloxalus yasuni* tiene menor capacidad

de enfrentar cambios ambientales, pues su rango de tolerancias térmicas fue de 8.03°C menos que el de *Scinax ruber*. Adicionalmente, *Hyloxalus yasuni* enfrentaría en menor tiempo temperaturas cercanas a su TCM_{ax} pues su tolerancia al calentamiento fue 3.05°C menos que la misma tolerancia para *Scinax ruber*.

Palabras clave: Comportamiento, Desección, Fisiología, Tolerancia térmica, Vulnerabilidad al cambio climático.

2. ABSTRACT

Climate change is one of the major threats to biodiversity, including amphibians. To assess the vulnerability of these animals to environmental changes is necessary to know their physiological tolerances and level of exposure to predicted changes. This research attempts to show, experimentally, the thermal tolerance limits and, based on their behavior, their relationship with the microenvironment, of two different species of anurans frogs of the tropical forest of Yasuni. These species have different ecological characteristics. *Scinax ruber* is a frog with nocturnal activity that remains in open areas. *Hyloxalus yasuni* is diurnal and it is mainly restricted to streams formed in creeks within the forest. The highest and lowest critical temperatures for *Scinax ruber* were respectively 36.88°C and 12.15°C meanwhile *Hyloxalus yasuni* presented 32.70°C and 16.07°C respectively. Behavioral observations showed that *Scinax ruber* is active between 17:00 and 3:30 while *Hyloxalus yasuni* between 6:30 and 18:30. Maximum and minimum exposure temperatures were determined through specific data collection microenvironments used by each species and their time of activity and resting. The exposure temperature range for *Hyloxalus yasuni* was between 23.31°C was in August 2012 (cold season), and 25.37°C in November 2012 (warm period), while the range for *Scinax*

ruber was between 20.80°C and 26.60°C, for the same months. It was also estimated the maximum potential desiccation rate for *Scinax ruber*. The rate for the microenvironment of activity was in average 1.02% of their weight per hour, but it does not represent any risk despite of the 10.5 hours this species is active. Vulnerability analysis shows that *Hyloxalus yasuni* has less ability to face environmental changes, as their thermal tolerance range was 8.03°C less than *Scinax ruber*. Additionally, *Hyloxalus yasuni* would face in less time, temperatures near their TCMax because their tolerance was 3.05°C shorter than the same tolerance for *Scinax ruber*.

Keywords: Behavior, Desiccation, Physiology, thermal tolerance, vulnerability to climate change.

3. INTRODUCCIÓN

3.1 CAMBIO CLIMÁTICO: COMO AMENAZA A LA BIODIVERSIDAD

El cambio climático ha sido propuesto como una de las principales amenazas contra la biodiversidad (Botkin, *et al.*, 2007, Deutsch *et al.*, 2008; Thomas *et al.*, 2004) las causas propuestas son:

El clima de la Tierra se ha calentado aproximadamente 0.6°C en los últimos 100 años, con dos períodos principales de calentamiento, entre 1910 y 1945 y de 1976 en adelante. La tasa de calentamiento durante el último período ha sido de aproximadamente el doble (Walther *et al.*, 2002).

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) ha evaluado el grado de los recientes cambios observados en los sistemas biológicos naturales que han sido causados por el cambio climático. Los estudios en este campo son, por necesidad, correlacionales y no experimentales, y como resultado, la asignación de la causalidad es inferencial. Esta inferencia a menudo proviene de los estudios experimentales de los efectos de la temperatura y la precipitación sobre la especie objetivo o de una especie relacionada con hábitats similares (Parmesan y Yohe, 2003).

Se espera que el cambio climático fuerce la distribución de especies hacia mayores altitudes y latitudes, lo que lleva a la extinción de especies cuyo futuro espacio habitable llega a ser demasiado pequeño o demasiado aislado de sus rangos

geográficos actuales debido al clima (Duarte *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2004; Wilson *et al.*, 2005).

Otras potenciales consecuencias del cambio climático sobre la biodiversidad son:

En la actualidad existe una amplia evidencia de que el cambio climático reciente, como las alteraciones de la precipitación y la temperatura, han afectado a una amplia gama de organismos con diversas áreas geográficas (Hill *et al.*, 2008; Walther *et al.*, 2002). Un ejemplo claro de estos efectos es la alteración de la fenología reproductiva de algunas (pero no todas) las poblaciones de anfibios, respondiendo al cambio climático mediante una reproducción temprana (Blaustein y Kiesecker, 2002).

Los animales ectotermos constituyen la gran mayoría de la biodiversidad terrestre y son especialmente propensos a ser vulnerables al cambio climático debido a que sus funciones fisiológicas básicas, tales como: locomoción, crecimiento y reproducción están fuertemente influenciadas por la temperatura ambiental (Bernardo y Spotila, 2006; Hill *et al.*, 2008).

Se ha propuesto que los impactos del calentamiento global sobre la biodiversidad en los trópicos será menos importante que en las zonas templadas, ya que existe una menor magnitud de la variación de la temperatura en las latitudes tropicales. Se espera que la mayor magnitud de variación de la temperatura en las latitudes templadas arrojen datos que permitan establecer rangos de tolerancia fisiológicos más amplios que en las zonas tropicales en las cuales se obtendrán rangos de tolerancia más estrechas (Compton *et al.*, 2007; Parmesan, 2006; Root *et al.*, 2003). Sin embargo,

estas predicciones pueden ser engañosas y poco realistas porque ignoran la ecología, la fisiología y las condiciones ambientales reales de los organismos en cuestión. Una hipótesis que surge en la evaluación de los impactos del calentamiento en los organismos, propone que los animales ectotérmicos de los trópicos al contrario enfrentan a un riesgo considerablemente más alto otorgado por el calentamiento del medio ambiente que sus contra partes templadas (Compton *et al.*, 2007).

Esta conclusión se basa en que los organismos tropicales tendrían rangos de tolerancia fisiológica estrechos y en el presente están expuestos a condiciones ambientales cercanas a sus límites térmicos (Deutsch *et al.*, 2008; Tewksbury *et al.*, 2008).

3.2 LIMITES FISIOLÓGICOS

3.2.1 TOLERANCIA TÉRMICA

Predecir las respuestas biológicas hacia el cambio climático es crítico, pero un número de investigaciones han empezado a enfatizar la potencial imprevisibilidad de la respuesta de las especies al cambio climático (Diamond *et al.*, 2012). Otro factor relevante es la sensibilidad fisiológica de los organismos a los cambios de temperatura dentro de su hábitat. 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 (Deutsch *et al.*, 2008).

Ectotermos vertebrados normalmente dependen de fuentes externas de calor para elevar la temperatura del cuerpo, y regular la temperatura por la absorción de la radiación solar directa o la ganancia conductora de calor desde el sustrato (Navas 1996) .El rango de temperaturas del cuerpo que experimentan anfibios parece estar determinado en gran medida por la interacción entre las preferencias de los microhábitats y la hora del día en que la actividad se lleva a cabo (Navas, 1996).

La temperatura del cuerpo y la del ambiente son tal vez las variable ecofisiológicas más importantes que afectan el rendimiento de los ectotermos (Angilletta *et al.*, 2002). Estas pueden variar de corto a largo plazo y provocar profundos efectos en la supervivencia y aptitud de los anfibios, afectando sus sistemas fisiológicos incluyendo: metabolismo, transporte de O₂, digestión enzimática, contracción muscular, sistema inmune, la habilidad de forrajear, cortejo, alimentación, transporte de solutos, visión, audición, desarrollo y metamorfosis, crecimiento, reproducción, regeneración e incluso inversión sexual. En otras palabras cada función fisiológica tiene una temperatura óptima (Angilletta *et al.*, 2002; Hill *et al.*, 2008; Hillman *et al.*, 2009).

Los anfibios como otros animales ectotermos, tienen un rango de temperatura corporal en el cual pueden desarrollar su rutina de actividad normal, éste es el rango de tolerancia térmica. Por debajo y por encima del rango de tolerancia se crea una alteración de la función fisiológica del animal; es decir mientras más alejado esté del rango de tolerancia mayor es el deterioro hasta llegar al punto crítico donde se produce la muerte (Hillman *et al.*, 2009).

Hay un mínimo inferior y superior de temperatura máxima que definen la gama de temperaturas que un anfibio puede tolerar (Angilletta *et al.*, 2002). En el límite inferior de la zona de resistencia está la temperatura baja letal, lo que resultará en la muerte rápida, lo que se denomina temperatura crítica mínima (TCMin). De igual manera en el límite superior de la zona de resistencia se encuentra la temperatura superior letal, lo que se denomina la temperatura crítica máxima (TCMax). Una definición alternativa no letal para la TCMin y TCMax es que son las temperaturas cuando el individuo está ecológicamente muerto, un ejemplo claro es la imposibilidad del individuo para voltearse o enderezarse. Una variedad de "puntos finales" térmicos se pueden utilizar para definir el CTmin y TCMax por ejemplo la falta de una respuesta para recuperar su postura normal, aparición de espasmos, el rigor de calor y otros puntos finales, pero la aparición de espasmos musculares se recomienda como un extremo estándar en conjunto con la pérdida de respuesta (Hillman *et al.*, 2009).

La capacidad de los ectotermos para realizar tales funciones a diferentes temperaturas se describe por una curva de rendimiento térmico, en la que se puede determinar una temperatura mínima (TCMin), una temperatura óptima (Topt) y una temperatura crítica máxima (TCMax) (Deutsch *et al.*, 2008; Snyder y Wesley, 1975; Anexo 1).

3.3. TERMORREGULACIÓN

Algunos anfibios, particularmente las especies que son activas durante la noche se termo ajustan a sus ambientes térmicos, es decir que su temperatura corporal es

esencialmente la misma que la media temperatura ambiental. Muchos anfibios, particularmente los que son activos durante el día, pueden usar ambos: comportamiento y mecanismos fisiológicos para mantener la temperatura corporal cerca de un valor preferido. La capacidad de termorregulación está ligada a la principal fuente de calor para el calentamiento que es la radiación solar (Hillman *et al.*, 2009; Angilletta *et al.*, 2002), y el principal medio de enfriamiento por debajo de la temperatura ambiente es la evapotranspiración (Hillman *et al.*, 2009).

La temperatura del cuerpo de un anfibio en el campo es el resultado de un complejo conjunto de temperaturas entrantes y salientes. Las entrantes incluyen, convección y radiación (pero no metabolismo) las de salida pueden incluir conducción, convección, radiación y evaporación (Brattstrom, 1979). Los anfibios se encuentran activos en la naturaleza a una temperatura corporal característica que presumiblemente refleja su temperatura preferencial pero puede reflejar límites del ambiente (Hillman *et al.*, 2009; Anexo 2).

Existen diferentes formas de visualizar cambios fisiológicos en anfibios por efecto de la temperatura. Una variedad de señales ambientales que provocan el cambio de color fisiológico han sido identificadas (apariencia del fondo, iluminación, temperatura, humedad, la inmersión, el comportamiento, el estrés). El cambio de color probablemente sirve para evitar ser detectados por los depredadores visuales, sin embargo las respuestas a la temperatura y humedad sugieren que el cambio de color puede ayudar en la termorregulación (King *et al.*, 1994). Muchas ranas que descansan bajo el sol palidecen sus colores a blanco bajo a luz solar o en ambientes de alta

temperatura. Esto usualmente también está asociado con una concomitante reducción en la pérdida de agua por evaporación (Hillman *et al.*, 2009).

El estudio de la regulación de la temperatura en anfibios es complicado ya que la mayoría de las ranas deben, al mismo tiempo, mantener una resistencia a la pérdida de agua por evaporación cutánea, probablemente a causa de la importancia de una piel húmeda en la respiración (Amey y Grigg, 1995; Brattstorm, 1979).

Una de las adaptaciones comportamentales más comunes para la conservación del agua en anuros para limitar la pérdida de vapor de agua es restringir la actividad durante periodos que minimicen la pérdida de vapor de agua, eso es que ellos son activos cuando hay baja velocidad del viento, alta humedad relativa y baja temperatura (Hillman *et al.*, 2009).

Muchas ranas que son activas durante el día evitan deshidratación habitando microclimas con alta humedad relativa, asociadas a riachuelos y se rehidratan retornando al agua o corrientes de agua (Hillman *et al.*, 2009).

Las especies que logran tasas reducidas de pérdida de agua por otros medios que los cambios de comportamiento se cree que son excepcionales. Estas excepciones incluyen adoptar una postura de conservación de agua (Pough *et al.*, 1983), particularmente cuando se encuentran expuestos a condiciones potenciales de desecación (Anexo 3) (Wygoda, 1984). Muchas ranas arbóreas perchan en sitios relativamente expuestos, y característicamente adoptan esta postura (Hillman *et al.*, 2009).

3.4. INTERCAMBIO CUTÁNEO EN AGUA Y AIRE

Los anfibios tienen una piel altamente permeable, típicamente con numerosas glándulas mucosas y serosas y una vascularización variable de la dermis y son capaces de absorber agua líquida desde su ambiente si está disponible (Hillman *et al.*, 2009).

La mayoría de anfibios carecen de mecanismos anatómicos o fisiológicos para limitar la pérdida de agua por evaporación (PAE) a través de la piel (Wygoda, 1984); ésta pérdida ocurre cuando el aire subsaturado es equivalente a la tasa de evaporación de agua desde la superficie de la piel. A pesar de ello, las ranas viven en una sorprendente diversidad de hábitats terrestres, incluyendo los desiertos (Hillman *et al.*, 2009).

La pérdida de agua mediante evaporación depende fuertemente de la humedad relativa del aire y la temperatura del ambiente externo como agua, suelo o aire. Cuando el medio externo es el suelo, la combinación de la concentración osmótica del agua intersticial en el suelo y las fuerzas de capilaridad de las partículas del suelo determina el intercambio de agua. En teoría, existe un balance del flujo del agua cuando el potencial del agua de los fluidos del cuerpo es igual al potencial del agua del suelo (Hillman *et al.*, 2009).

Cuando el medio exterior es aire, el intercambio del agua depende de la humedad relativa y la temperatura en éste, la tasa de difusión de vapor de agua es determinada por la diferencia en la concentración de vapor de agua en lugar del potencial de agua (Hillman *et al.*, 2009).

Ranas que toman el sol o se abrigan en áreas rocosas abiertas o árboles son particularmente propensas a desecación evaporativa ya que se encuentran expuestos ambientes con aire relativamente seco, usualmente con viento de considerable velocidad (que reduce el grosor de la capa cutánea limitante). Por lo tanto, no es sorprendente que muchos anuros tengan una reducida pérdida de vapor de agua de forma cutánea, y una alta resistencia a la evaporación, al menos para la piel dorsal que está expuesta cuando las ranas se encuentran en la posición de conservación de agua (Hillman *et al.*, 2009).

Existen algunas especies arbóreas que poseen una tasa de pérdida de agua muy baja, a tal punto que puede ser comparada o equivalente a la de los reptiles de desierto. Estas especies se han denominado ranas "resistentes a la pérdida de agua" y a diferencia de otras ranas, no evitan activamente las condiciones cálidas y secas de sus hábitats; por consiguiente, existe un considerable potencial para el sobrecalentamiento, que parece ser compensado ya sea por un aumento en la tasa de pérdida de agua cutánea a temperaturas más altas, por sudoración de las "glándulas mucosas" o como consecuencia de la impermeabilización de la piel por la fusión con los lípidos (Amey y Grigg, 1995).

Muchas ranas a prueba de agua tienen hábitos inusuales como: descansar directamente bajo la luz solar, su color de piel suele palidecer o volverse blanco brillante a medida que se calientan. La piel blanca puede reflejar más radiación incidente y prevenir el calentamiento excesivo (Hillman *et al.*, 2009).

3.5. USO DE MODELOS PARA CUANTIFICAR PAE

La piel de las ranas típicamente no ofrece esencialmente barrera alguna a la pérdida de agua, por lo tanto modelos (replicas artificiales del animal) que simulan la piel húmeda de los anfibios, como los modelos hechos de 3% de agar (97% de agua), evaporan agua a la misma tasa de una superficie de agua libre. Estos modelos se deben aproximar al tamaño, la forma, y la reflectividad de los animales vivos (Rowley y Alford, 2009). De hecho, los modelos de agar se utilizan habitualmente en los estudios de laboratorio para determinar la pérdida de agua en los anfibios. Otros estudios han utilizado esponjas, tubos de algodón cubiertas de cobre, moldes de cobre, modelos de yeso, o incluso animales muertos para medir la temperatura y la pérdida de agua con mayor o menor éxito (Tracy *et al.*, 2007). Los modelos de cobre son uso común, sin embargo, pueden ser inapropiados porque los anuros tienen una piel permeable, desde el punto de vista térmico, se comportan como cuerpos saturados de agua (Navas y Araujo, 2000).

A pesar de las réplicas de agar no experimentan el movimiento o circulación de la sangre, se han utilizado con éxito como modelos nulos (permeabilidad total) en el estudio de las relaciones hídricas de anfibios (Spotila y Berman, 1976; Wygoda, 1984).

En condiciones similares, los modelos de agar: (1) tienen tasas similares de evaporación del agua (2) muestran gradientes comparables de temperatura del cuerpo, y (3) presentan temperaturas similares en el campo (Navas y Araujo, 2000).

3.6 VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMATICO

El cambio climático amenaza la biodiversidad global, la función de los ecosistemas y el bienestar humano. Algunos estudios han predicho impactos futuros cada vez más graves con posibles tasas de extinción altas en los sistemas naturales de todo el mundo (Williams *et al.*, 2008).

Es poco lo que se sabe sobre los diversos mecanismos de adaptación, ya sea ecológica o evolutiva, al cambio climático; aunque se reconoce a la adaptación como un componente vital de la evaluación de la vulnerabilidad (Williams *et al.*, 2008).

La vulnerabilidad es una función de la sensibilidad de la especie y su exposición a los cambios climáticos, mediada por el potencial de adaptación de las especies (tanto ecológicos y evolutivos), la capacidad de recuperación de la especie, y la capacidad para la gestión adaptable para reducir tanto la vulnerabilidad, el tratamiento de los impactos, mitigar la exposición regional, o maximizar la resistencia del sistema a través de la gestión de recursos para aumentar la memoria intermedia o reducir otras amenazas. Cualquier impacto realizados pueden causar efectos de retroalimentación debido a cambios en la interacción biótica / abiótica, la pérdida de la diversidad genética y los cambios en pérdidas y de los procesos de los ecosistemas. Estos efectos de retroalimentación podrían dar lugar a efectos en cascada en todo el ecosistema. Todos los elementos de este marco deben tenerse en cuenta en una evaluación integral de la vulnerabilidad (Williams *et al.*, 2008; Anexo 4).

Entonces la vulnerabilidad viene dada por la diferencia entre la temperatura de exposición y las tolerancias térmicas de la especie (Deutsch *et al.*, 2008).

Un estudio cuidadoso de las relaciones térmicas de ectotermos; que permita evaluar los impactos del cambio climático, necesita considerar: (1) el grado en que se aprovechan del ambiente térmico, (2) la gama de temperaturas del cuerpo en la que los individuos son activos, (3) las consecuencias de la selección de microhábitat temperatura corporal, y (4) los efectos de la perturbación del hábitat sobre la ecología térmica de los animales (Navas y Araujo, 2000).

3.7. PARQUE NACIONAL YASUNÍ

El Parque Nacional Yasuní y la Reserva Étnica Waorani tienen una riqueza biológica y cultural extraordinaria, junto con abundantes recursos naturales. El Parque Nacional Yasuní fue creado en noviembre de 1979. El parque cubre 9820 km² entre los ríos Cononaco y Tiputini en la parte oriental del territorio Waorani.

El Parque Nacional Yasuní no sólo es el área protegida más grande de Ecuador. Es en su mayoría de tierra firme de baja elevación (200–300msnm), con bosque húmedo tropical, atravesado por numerosos afluentes del río Napo. Es uno de los lugares con mayor biodiversidad de la Tierra y es el centro de un espacio único donde la riqueza las plantas, anfibios, aves y especies de mamíferos se superponen. El aspecto más impresionante de la biodiversidad del Parque Nacional Yasuní es el gran número de especies que se encuentran en áreas pequeñas (Finner *et al.*, 2009).

No se sabe exactamente por qué Yasuní es tan diverso, pero un factor probable es la alta pluviosidad de la región y relativamente su clima no estacional (Finner *et al.*, 2009). El clima de Yasuní se caracteriza por temperaturas cálidas (promedio 24.27°C para todos los meses), alta precipitación (3200mm anuales), y alta humedad relativa (en promedio 80 a 94% durante todo el año) (Bass *et al.*, 2010) debido a su proximidad única tanto a la cordillera de los Andes y la línea ecuatorial (Finner *et al.*, 2009).

3.7.1 DIVERSIDAD DE ANFIBIOS EN YASUNÍ

Yasuní posee la herpetofauna más alta documentada a nivel mundial, 150 especies de anfibios y 121 especies de reptiles (Finner *et al.*, 2009). Las 150 especies de anfibios documentados hasta la fecha en todo el Yasuní son un récord mundial. En el Yasuní se han registrado 93 especies de anuros. Esta cifra es similar al total de especies presentes en Norteamérica y es el doble que el número de especies que habitan en Europa y supera los registros de campo conocidos a partir en un área mucho más grande muestreada en la región amazónica (112 especies / 30150 km²). Además, el parque contiene al menos 43 anfibios regionalmente endémicos (Bass *et al.*, 2010).

Las familias más representativas y abundantes son: Hylidae con 37 especies, Strabomantidae con 18 especies, Dendrobatidae con 10 especies y Bufonidae con 7 especies (Ron, 2011).

3.7.1.1 *Scinax ruber*

Esta rana arbórea nocturna está ausente en bosque primario y, en contraste, es muy abundante en áreas disturbadas. A menudo son observadas durante la noche en casas y otras edificaciones. Durante la noche se la encuentra en ramas, arbustos bajos o sobre el suelo junto a pozas. Se reproduce en pequeñas pozas temporales luego de lluvias fuertes. Las puestas tienen alrededor de 700 a 800 huevos. Su comportamiento es muy arisco y cuando son disturbadas corren y saltan rápidamente para escapar). Su tamaño oscila entre 31-37mm para los machos y para las hembras entre los 40-42mm (Ron *et al.*, 2013)

3.7.1.2 *Hyloxalus yasuni*

Hyloxalus yasuni son activas en el día a lo largo de riachuelos pequeños con fondo rocoso. Los machos usualmente vocalizan sobre o bajo rocas, o desde las grietas formadas por las rocas. Cuando son disturbados saltan al agua, pero regresan a los mismos sitios después de algunas horas. Los huevos son depositados en la hojarasca del bosque, los mismos que son cuidados por el macho hasta que eclosionan. Entonces, los renacuajos escalan a su espalda, donde son transportados hasta el agua. En la Estación Científica Yasuní de la PUCE, *Hyloxalus yasuni* es sintópico con *Hyloxalus sauli* y sus territorios pueden solaparse. En tales casos, encuentros agresivos han sido observados entre ambas especies (Ron *et al.*, 2013).

3.8. JUSTIFICACIÓN

Hasta ahora las metodologías para determinar impactos de cambio climático se basan en el análisis de condiciones macroambientales y datos de presencia de los organismos en una región geográfica determinada. Se elaboran mapas de distribución potencial de la especie, después se hacen mapas de distribuciones en base de proyecciones del clima futuro y se cuantifican los impactos en relación al cambio en la distribución geográfica de la especie (Kearney *et al.*, 2008).

Sin embargo, no todos los organismos están expuestos a las mismas condiciones ambientales (Kennedy, 1997). El comportamiento y el tipo de microhábitat utilizado definen a qué condiciones los organismos están realmente expuestos. Algunos dependen muy específicamente de estas condiciones para poder desarrollarse en sus diferentes estados del ciclo de vida (Shoo *et al.*, 2010).

Por otra parte, la supervivencia de los organismos con bajos niveles de vagilidad (como por ejemplo algunas ranas pequeñas o algunas plantas) dependerá de su capacidad de localizar condiciones microambientales específicas dentro de sus ecosistemas cambiantes (Shoo *et al.*, 2010; Shoo *et al.*, 2011). Pero también de su historial/pool genético expresado como su rango de tolerancia térmica.

La poca información disponible sobre los límites fisiológicos de las especies y las potenciales respuestas al cambio dificulta notablemente la precisión de las predicciones de los efectos del cambio climático (Bernardo *et al.*, 2007).

Por lo tanto la determinación de estas condiciones y los requerimientos fisiológicos específicos permitirán evaluar de manera más efectiva los potenciales efectos del cambio climático y la vulnerabilidad de los organismos (Shoo *et al.*, 2010; Shoo *et al.*, 2011).

Esta investigación se ha enfocado en dos especies que representan características ecológicas y comportamentales diferentes para evaluar los potenciales impactos del cambio climático.

3.9. OBJETIVOS

3.9.1 GENERAL

- Determinar la vulnerabilidad relativa a cambios ambientales de *Hyloxalus yasuni* y *Scinax ruber* en el Parque Nacional Yasuní.

3.9.2 ESPECÍFICOS

- Determinar la temperatura crítica máxima y crítica mínima de los adultos de *Scinax ruber* e *Hyloxalus yasuni* en el Parque Nacional Yasuní a través del método dinámico de calefacción y enfriamiento controlado.
- Determinar las tasas potenciales de desecación de los adultos de *Scinax ruber* e *Hyloxalus yasuni* en el Parque Nacional Yasuní, usando modelos de agar al 3%.

- Identificar patrones básicos de comportamiento de los adultos a nivel diario y estacional de las dos especies de estudio mediante el método de observación directa en el campo.
- Colectar información ambiental (temperatura) de los microhábitats utilizados por las dos especies de estudio en sus ciclos de vida diarios y estacionales.
- Determinar la vulnerabilidad relativa de los adultos entre *Scinax ruber* e *Hyloxalus yasuni* a potenciales cambios ambientales en sus microhábitats por medio de las diferencias entre sus tolerancias térmicas y las condiciones de exposición.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto fue realizado en la Estación Científica Yasuní (ECY) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, y sus alrededores, dentro del Parque Nacional Yasuní en la provincia de Orellana.

Las dos especies con diferentes requerimientos ecológicos y microambientales estudiadas fueron: *Hyloxalus yasuni* y *Scinax ruber*.

Los individuos de *Hyloxalus yasuni* fueron estudiados y recolectados en el kilómetro 8 vía pozo Tivacuno, en una quebrada y un riachuelo de agua corriente formado por la lluvia en un área de un metro y medio de ancho y de 280 m de largo formado por la lluvia (0.68125°S, 76.38993°O, altura: 251msnm).

Scinax ruber fue estudiado y recolectado en áreas abiertas como parches de bosque intervenido y pozas temporales que rodean las instalaciones de la ECY (0.671306°S, 76.4005°O, altura: 218msnm).

4.2 DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE COMPORTAMIENTO

Primeramente, se recolectó la información ecológica disponible para estas especies en la base de datos del QCAZ. Basados en esta información, se visitó la ECY y se

identificó las localidades específicas (microhábitats) para estas dos especies de ranas (Ver sección 4.1).

Se realizaron observaciones directas en el campo para determinar los sitios de visita frecuente de los adultos de ambas especies a diferentes horas del día (actividad y descanso). Las observaciones se realizaron en dos épocas del año octubre del 2012 y marzo del 2013 que presentan diferencias a nivel estacional (Anexo 5).

Las observaciones para *Hyloxalus yasuni* se realizaron durante diez días, tres de los cuales se inició a las 05:40 hasta las 19:30 y los siete restantes desde las 08:00 a 18:00. Para esto se estableció un punto fijo de observación cerca de la rivera que permita la visualización de tres o cuatro individuos a la vez. De igual manera se establecieron un total de diez días de observación para *Scinax ruber*, desde las 16:30 hasta las 04:00 durante las tres primeras noches y desde las 18:00 hasta las 03:00 durante los días restantes; en este caso las observaciones se realizaron mediante encuentros fortuitos con los individuos al recorrer la estación, manteniendo una distancia entre dos a tres metros, y no más de dos individuos al mismo tiempo. En ambos casos se determinaron parámetros de actividad, como alimentación, forrajeo, entrada y salida de sus sitios de refugio, interacción entre individuos, métodos de huida y camuflaje asociados a su hora exacta de ocurrencia.

4.3 MÁRGEN DE TOLERANCIA TÉRMICA: MÁXIMA (TCMax) Y MÍNIMA (TCMin).

Para realizar los experimentos se recolectaron individuos de las dos especies en los sitios descritos en la sección 4.1 y fueron llevados a la Estación Científica Yasuní.

Los experimentos para la determinación de la tolerancia térmica de las especies estudiadas se basaron en el método dinámico, tanto para sus límites superiores (TCMax) e inferiores (TCMin) (Huey *et al.*, 1992; Lutterschmidt y Hutchison, 1997). Este método consiste en el ascenso o descenso de la temperatura hasta llegar cerca de su límite fisiológico. Una de las maneras de medir este límite se define por la pérdida de movilidad (Hillman *et al.*, 2009).

Debido a que la temperatura de aclimatación tiene un efecto predecible sobre la tolerancia térmica (Hoffman *et al.*, 2003, Navas *et al.*, 2008; Stillman, 2003) todos los individuos se mantuvieron a una temperatura de 20°C durante el periodo de tres días en el laboratorio (Hutchison y Maness, 1979). Ya que la aclimatación a las condiciones ambientales es un proceso fisiológico natural, se lo consideró realizando la mitad de los experimentos durante el mes de octubre que tuvo una temperatura media de 32.3°C y la otra mitad en otra época durante el mes de marzo que tuvo una temperatura media de 30°C (Anexo 5). Para establecer si existen variaciones de los parámetros fisiológicos entre estaciones se realizó un análisis de correlación bivariada Rho de Spearman.

Para la determinación de la TCMax fue necesaria la ayuda de: una hornilla individual eléctrica, en la cual se pudo controlar el aumento de la temperatura a una velocidad de un grado por minuto; una olla grande que contenía agua, un molde de menor volumen y finalmente una capsula de vidrio que contenía a las ranas. La capsula estaba abierta

al exterior por medio de una manguera plástica para la liberación de presión y facilitar el movimiento de rotación de la cámara para la evaluación fisiológica del individuo (Fig. 1).

La TCM_{in} fue determinada por medio del enfriamiento de la cápsula con ayuda de hielos colocados dentro de la bandeja con agua más grande.

En ambos casos, el punto final de la prueba fue la inmovilidad total del individuo, después de que no pudo recuperar su postura normal dos veces seguidas después de caer sobre su espalda. Una vez llegado a este punto se lo trasladó a un recipiente con agua a temperatura ambiente (20°C) durante el tiempo necesario hasta que la rana recupere su movilidad completa. Se tomó la longitud rostro cloacal (LRC) de los individuos antes de la experimentación. Después de la realización de los experimentos, los individuos fueron liberados en los mismos sitios de captura.

Se colectaron automáticamente, datos de temperatura y humedad cada cinco segundos dentro de la cámara de experimentación por medio de un registrador automático de temperatura y humedad relativa (Hygrochron iButton DS1923-F5#) (Fig. 2). Las reacciones de cada individuo fueron dictados a una grabadora personal (Olympus WS-321M) junto con los minutos exactos desde el inicio del experimento, medidas en un cronómetro digital, el cuál fue sincronizado con la hora inicial del ensayo y con la toma de datos ambientales del registrador automático, para posteriormente obtener con precisión la TCM_{max} y las TCM_{in}. Una prueba de ShapiroWilk se realizó para analizar la normalidad de los datos obtenidos en todos los ensayos. Esto es necesario para saber si se debe aumentar el número de muestra o ensayos.

Se realizó una correlación entre la TCMax y la TCMin con: el LRC, la T_0 (temperatura inicial) de cada individuo y la duración de cada experimento para determinar su influencia sobre los resultados.

4.4 TASAS DE DESECACIÓN

Para estimar la pérdida de agua por evaporación cutánea en los sitios de actividad de las dos especies se utilizaron modelos de ranas, de agar 3%, con forma, tamaño y color similar a las ranas de estudio (Fig.3). Un total de cinco replicas con dos tratamientos (un modelo impermeable y otro completamente permeable) se ubicaron en parejas en uno de los cinco microhábitats más utilizados e identificados para *Scinax ruber*. El modelo impermeable se lo obtuvo cubriendo el modelo con esmalte para uñas. Los modelos fueron pesados en una balanza de tres dígitos (BOECO BBL54) cada hora, desde la hora de inicio hasta la hora final de su periodo de actividad. La misma metodología se aplicó para *Hyloxalus yasuni*.

Se evaluó la pérdida de agua total de cada modelo, se obtuvo la tasa de pérdida de agua por hora y se calculó el porcentaje que representó de su peso inicial. Finalmente la tasa de desecación se representa por el promedio de los porcentajes de cada modelo de cada tratamiento. La pérdida de peso del modelo permeable e impermeable representa los rangos máximos y mínimos potenciales de desecación, respectivamente de acuerdo con el tamaño y forma de la especie de estudio.

4.5 DETERMINACIÓN DE PERFILES TÉRMICOS DE EXPOSICIÓN EN LOS MICROHÁBITATS DE *Scinax ruber* E *Hyloxalus yasuni*

Los rangos térmicos de exposición para los individuos adultos de cada especie se los adquirió mediante la colocación de registradores automáticos (Higrochron iButton DS1923–F5#) en los sitios de actividad y descanso más frecuentados por los adultos; los cuales fueron determinados en base a las observaciones de comportamiento (Sección 4.2).

Adicionalmente se utilizaron los datos obtenidos de la Estación de Monitoreo de Microclima de la ECY establecida en Febrero del 2012. Esta estación tiene como fin recolectar información ambiental con resolución de 1 hora de diferentes microambientes bajo el dosel del bosque.

Esta estación está compuesta por una cadena sujeta al dosel de un árbol de la cual cuelgan cinco registradores de temperatura y humedad (DS1923 temperature/humidity logger iButton®) que cubren el gradiente altitudinal de 0m, 5m, 10m, 15m, y 20m de altura. Los registradores están cubiertos por estructuras de PVC para evitar la radiación directa del sol y éstas a su vez están envueltas con mallas de acero para protegerlos de animales.

Una microestación de registro de condiciones ambientales HOBO se encuentra cerca de la columna principal para registrar la humedad en la superficie de las hojas a 1.5m del suelo y el volumen de agua en 1m³ de suelo. Esta microestación está protegida contra animales por una estructura metálica.

Las condiciones microambientales fueron registradas cada hora por el periodo de los meses de octubre 2012 para los sitios de actividad de *Scinax* y los meses de febrero y marzo del 2013 para los sitios de descanso de *Scinax ruber* y los de actividad y descanso de *Hyloxalus yasuni*.

Para completar la secuencia de datos microambientales en los sitios de actividad y reposo de cada especie, para uno de los meses más calientes (noviembre) y uno de los meses más fríos (agosto) se determinó la significancia entre los datos colectados en los microhábitats con la información ambiental tomada por el sensor más parecido en ubicación de la Estación de Datos Microambientales de la ECY, por medio de una prueba de t de Student para muestras relacionadas. Posteriormente, se realizaron regresiones lineales entre los datos pareados y se usó la fórmula de la regresión para completar los datos de los microambientes, en base de los datos existentes de la Estación de Datos Microambientales.

En base de las horas de inicio y fin de la actividad de las dos especies, se estructuró una secuencia de temperaturas de la exposición real de los organismos. Esto se alcanzó por medio de la combinación de secuencias de los datos del microhábitat de descanso o actividad según cada especie, para todo el mes de agosto considerado uno de los fríos y el mes de noviembre considerado como uno de los meses más calientes (Anexo5).

Después se obtuvieron datos diarios (temperatura media, máxima y mínima) en base de la secuencia de una hora de resolución. Finalmente, se obtuvieron la temperatura máxima (TEM_{Max}) y mínima (TEM_{Min}) de exposición para cada una de las especies.

4.6 VULNERABILIDAD RELATIVA DE LAS ESPECIES A CAMBIOS MICROAMBIENTALES EN EL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DE YASUNÍ.

Para determinar la vulnerabilidad al cambio de condiciones ambientales en el bosque húmedo tropical de Yasuní es necesario definir la sensibilidad y la exposición de cada especie. La sensibilidad está representada por medio de las TCMax y TCMin (sección 4.3) y la tasa máxima de desecación (sección 4.4). La exposición por medio de TEMax y TEMin (sección 4.5). La vulnerabilidad se definió con tres parámetros: 1) el rango de tolerancia térmica, representado por la diferencia entre TCMax y TCMin 2) la tolerancia al calentamiento como la diferencia entre la TCMax y el valor máxima de temperatura de exposición registrados para cada especie (TEMax) (Deuschet *al.*, 2008; Somero, 2002); 3) la tolerancia al enfriamiento descrito como la diferencia entre la TEMin y TCMin y 4) la tasa máxima de desecación durante todo el periodo de actividad.

5 RESULTADOS

5.1 IDENTIFICACION DE POBLACIONES Y DETERMINACION LOS PATRONES BÁSICOS DE COMPORTAMIENTO DE LOS ADULTOS, A NIVEL DIARIO Y ESTACIONAL, DE LAS DOS ESPECIES DE ESTUDIO.

5.1.1. HORA DE ACTIVIDAD Y DESCANSO DE *Hyloxalus yasuni*

Se hicieron observaciones por un total de 112 horas y observaron un total de 119 observaciones de comportamientos. Se clasificaron en diez comportamientos dentro de tres categorías (comportamientos generales, descanso y huida). El comportamiento más observado fue entrar a las cuevas con el 15.96 %. El resto de comportamientos y sus porcentajes se resumen en la Tabla 1.

Se estableció que la actividad de la población inicia entre las 06:30 y 07:30 de la mañana (25 observaciones). Basados en el inicio de la emisión de cantos en diez ocasiones (8.40%) y la observación de individuos fuera de sus sitios en 15 ocasiones de refugio (12.61%) (Fig. 4). Se anotaron ocho observaciones de forrajeo y 12 observaciones de pequeños chapuzones a lo largo del día. Una vez llegada las 17:30 la actividad disminuye y es menos frecuente encontrar individuos cerca de las orillas (máximo cinco individuos). Cerca de las 18:30, individuos en 19 ocasiones se dirigieron cada uno a una cueva y poco a poco dejan de cantar y salir entre las 18:30 y las 19:00 donde la actividad cesa completamente.

El sitio de refugio de estas ranas son cuevas al borde del riachuelo, con diferentes cámaras conectadas entre sí, sin embargo poseen un solo orificio de entrada. Se observaron 34 de individuos (28.58% de las observaciones) en este tipo de refugios. Durante la investigación se observó que estas cavernas pueden ser aprovechadas por varios organismos como: insectos (n=15), cangrejos (n=8), lagartijas (n=5) e incluso serpientes (n=2).

Esta especie tiene doce horas y media de actividad y once horas y media de descanso.

5.1.2. DATOS ADICIONALES DEL COMPORTAMIENTO DE *Hyloxalus yasuni*

Entre dos y cuatro individuos en diferentes estadios de desarrollo (adultos juveniles y metamorfos) fueron observados a las afueras de una misma cueva en cinco ocasiones al mismo tiempo. Los metamorfos fueron encontrados con más frecuencia entre la hojarasca cerca de la rivera (seis ocasiones; Fig. 5). Vale recalcar que debido a la localización de estas cuevas se formaban charcos o piscinas internas que llenaban hasta un 30% de la cueva aproximadamente.

Hyloxalus yasuni suele reposar en los riachuelos (12 observaciones que corresponden al 10.08% de las observaciones totales) y al sentirse amenazadas, las ranas acuden inmediatamente a estos pequeños orificios, que son la entrada emergente de estas cuevas (14 observaciones que corresponden al 11.76 % del total). De lo contrario se zambullen y se dirigen a la parte más profunda del agua donde pueden permanecer entre 45 segundos y un minuto y medio (10.08% del total de observaciones de huida),

emergiendo y sumergiéndose inmediatamente de forma continua hasta lograr escapar hacia las cuevas.

Otra forma de escapar es dar brincos largos y rápidos hasta encontrar un lugar lleno de piedras, hojarasca y arcilla, y permanecer completamente inmóviles para poder camuflarse gracias a su coloración críptica (10.08% de las observaciones; Fig. 6).

5.1.3 HORA DE ACTIVIDAD Y DESCANSO DE *Scinax ruber*

Se hicieron observaciones por un total de 102 horas. Se registraron un total de diez tipos de comportamientos clasificados en tres categorías con un total de 118 observaciones. El comportamiento más observado fue forrajear con un 15.254% de las observaciones totales. El resto de comportamientos se presentan en la Tabla 2.

Se pudo establecer que los individuos de la población *Scinax ruber* presentes en los alrededores de la estación empiezan su jornada de actividad entre las 17:00 y 17:30 con la presencia de pocos individuos que son reconocidos por sus cantos cercanos a las posas temporales formadas por la lluvia (7.63% de las observaciones), sin embargo hay muchos individuos que prefieren permanecer perchados en las ramas de los árboles (8.47%) o forrajeando en el pasto (15.25%) posiblemente en busca de presas como grillos. La actividad de los individuos va disminuyendo conforme avanza la noche y desaparece entre las 03:00 y las 03:30 am con pocos individuos que realizan pocos cantos (7.62% de observaciones). Anecdóticamente, se escucharon cantos de esta especie a horas más avanzadas en la mañana (05:00, por cinco ocasiones).

Durante las horas de observación, en las zonas de actividad y descanso de los individuos, se identificó que muchos de ellos mantenían la cabeza y el cuerpo pegados por completo al suelo o sustrato y sus extremidades lo más cerca posible a estos (Fig.7).

Esta especie pasa el día cerca de los sitios de llamado aproximadamente a unos dos metros de las posas temporales, algunas se encuentran camufladas con colores oscuros o tonos parecidos al ambiente, como troncos, hojas viejas de palmas, a dos metros de distancia con respecto al suelo (14.41% de las observaciones), sin embargo es posible lleguen más alto y entre la hojarasca del suelo (5.93% de observaciones) o incluso semienterradas (7.63% de observaciones) (Fig. 8).

Esta especie tiene diez horas y media de actividad y trece horas y media de descanso.

5.1.4. COMPORTAMIENTOS ADICIONALES OBSERVADOS DE *Scinax ruber*

Se observó varios patrones de coloración de *Scinax ruber* que variaban de colores oscuros, claros y opacos durante el día mientras que en la noche se visualizaron colores verde brillante y verde claro (Fig. 9).

Se realizaron 42 observaciones de comportamientos de huida. Frente a la presencia de posibles predadores estas ranas dan fuertes y largos saltos (aproximadamente de dos metros) para huir entre el pastizal (10.17% de las observaciones); algunas se dirigen hacia las pozas donde se pueden zambullir (11.86% de observaciones de huida), y

otras prefieren escalar con agilidad paredes o ramas de árboles evitando la luz con movimientos oscilatorios rápidos (13.56% de observaciones).

5.2. MÁRGENES DE TOLERANCIA TÉRMICA: MÁXIMA (TCMax) Y MÍNIMOS (TCMin).

Para el estudio comparativo se recolectó una muestra de 20 adultos de cada especie, dividido en dos grupos de diez para cada estación.

Los análisis de tolerancia térmica TCMin y TCMax se desarrollaron durante los meses de octubre 2012 y marzo de 2013. Para el ensayo de TCMax de *Hyloxalus yasuni* durante el mes de octubre solo se utilizaron nueve individuos.

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk muestran un índice $p > 0,05$ para ambas especies, lo cual verifica que los datos son normales (Anexo 6).

Al realizar el análisis de correlación de Rho Spearman entre los datos obtenidos en el mes de octubre 2012 y marzo 2013 para la TCMax de *Scinax ruber* se muestra que hay un coeficiente de correlación de -0.53 y $p = 0.11$, es decir que existe una correlación negativa, las temperaturas del mes de marzo fueron más bajas que las del mes de octubre; sin embargo no existen diferencias significativas (Tabla 3); algo muy similar se obtuvo realizando la misma prueba para las TCMin, el coeficiente de correlación fue de -0.58 y $p=0.08$ dando el mismo patrón que las TCMax (Tabla 4).

Al realizar el análisis de correlación de Rho de Spearman entre los datos obtenidos en el mes de octubre 2012 y marzo 2013 para la TCMax de *Hyloxalus yasuni* se muestra que hay un coeficiente de correlación de 0.47 y $p = 0.20$ (Tabla 5) es decir que existe una correlación positiva, las temperaturas del mes de marzo fueron similares a las del mes de octubre (una diferencia de 1.65°C entre los promedios), sin embargo no existen diferencias significativas. Algo muy similar ocurrió con las TCMIn el coeficiente de correlación fue de 0.09 y $p=0.80$ (Tabla 6) dando el mismo patrón que las TCMax.

5.2.1. MÁRGENES DE TOLERANCIA TÉRMICA DE *Scinax ruber*: TCMax Y TCMIn.

Dado que los datos obtenidos en los meses de experimentación: octubre 2012 y marzo 2013, para las TCMax y TCMIn de *Scinax ruber* no tuvieron ningún grado de diferencia significativa se realizó un promedio general para ambos ensayos. Obteniendo como resultado un TCMax de 36.88°C (octubre = 35.66°C y marzo = 38.10°C) con un rango máximo de 40.97°C y un mínimo de 27.12°C (Tabla 7); mientras tanto que para la TCMIn el promedio fue de 12.14°C (octubre = 13.94°C y marzo = 10.34°C) con un rango máximo de 16.23°C y un mínimo de 8.71°C (Tabla 8).

Al realizar las correlaciones entre los tamaños de los individuos de *Scinax ruber* y las TCMax se obtuvo un coeficiente de correlación = 0.438 y $p = 0.053$ (Tabla 9), lo que significa que hubo una correlación positiva y que los individuos más grandes con las temperaturas más altas sin embargo no es significativo. Para el análisis de correlación

entre la TCM_{in} y el LRC de los individuos se obtuvo un coeficiente de correlación = -0.122 y p = 0.609 (Tabla 10), es decir que existe una correlación negativa, los individuos más grandes alcanzaron temperaturas mínimas más altas.

Las correlaciones realizadas entre las temperaturas iniciales de ambos ensayos con sus temperaturas iniciales demuestran que para la TCMax el coeficiente de correlación es = 0.056 y p=0.815 (Tabla 11) es decir que la correlación es positiva pero no hubo diferencias significativas. Mientras que para la TCM_{in} el coeficiente de correlación es = 0.303 y p= 0.194 (Tabla 12) dando conclusión similar a la anterior.

Finalmente se realizó también una correlación entre la TCMax y la duración de los ensayos y se obtuvo un coeficiente de correlación = -0.05 y p= 0.81 (Tabla 13), es decir que los ensayos más cortos dieron temperaturas más altas, sin embargo no hubo diferencias significativas. Mientras que para la TCM_{in} y el tiempo de duración de los ensayos se obtuvo un coeficiente de correlación = -0.28 y p= 0.224 (Tabla 14), es decir que existe una relación negativa entre los datos, los ensayos de larga duración dieron lugar a temperaturas más bajas sin embargo no hay diferencias significativas.

5.2.2. MÁRGENES DE TOLERANCIA TÉRMICA DE *Hyloxalus yasuni*: TCMax Y TCM_{in}.

Al igual que para *Scinax ruber* los datos obtenidos en los meses de experimentación octubre y marzo para las TCMax y TCM_{in} de *Hyloxalus yasuni* no tuvieron ningún grado de diferencia significativa y se realizó un promedio general para ambos ensayos.

Obteniendo como resultado un TCMax de 32.74°C (octubre = 31.87°C y marzo = 33.52°C) con individuos que alcanzaron un máximo de 35.36°C y un mínimo de 28.62°C (Tabla 15), mientras tanto que para el TCMin un promedio de 16.06°C (octubre = 16.73°C y marzo = 15.40°C) con individuos que alcanzaron un máximo de 19.68°C y un mínimo de 13.98°C (Tabla 16).

Al realizar las correlaciones entre los tamaños de los individuos de *Hyloxalus yasuni* y las TCMax se obtuvo un coeficiente de correlación = 0.005 y $p = 0.983$ (Tabla 17), lo que significa que hubo una correlación positiva y que los individuos más grandes con las temperaturas más altas sin embargo no es significativo. Para el análisis de correlación entre la TCMin y el LRC de los individuos se obtuvo un coeficiente de correlación = -0.622 y $p = 0.003$ (Tabla 18), es decir que existe una correlación negativa, los individuos más grandes alcanzaron temperaturas mínimas más altas.

Las correlaciones realizadas entre la temperatura inicial de cada ensayo y la TCMax muestran un coeficiente de correlación = 0.24 y $p = 0.32$ (Tabla 19), es decir que hay una correlación positiva, las temperaturas iniciales más altas dieron las TCMax más altas sin embargo no hay diferencias significativas. Mientras que para la TCMin el coeficiente de correlación es = 0.47 y $p = 0.03$ (Tabla 20) dando una conclusión similar a la anterior.

Finalmente se realizó también una correlación entre la TCMax y la duración de los ensayos y se obtuvo un coeficiente de correlación = -0.152 y $p = 0.53$ (Tabla 21), es decir que la correlación fue negativa los ensayos más largos dieron temperaturas más bajas pero no existen diferencias significativas. Mientras que para la TCMin se obtuvo

un coeficiente de correlación $=-0.5$ y $p= 0.03$ (Tabla 22), es decir un coeficiente de correlación negativo, los ensayos más largos dieron temperaturas más bajas.

5.3 TASAS DE DESECACIÓN

Debido a que el 100% de los sitios de refugio y actividad de *Hyloxalus yasuni* (descritos en la sección 5.1.1) implicaron contacto con el agua del riachuelo se estableció que no poseen un riesgo de desecación y no existió razón para realizar el experimento con los modelos de agar para esta especie.

Al contrario, algunos individuos de *Scinax ruber* pasan sus periodos de actividad en lugares alejados a cuerpos de agua y estos podrían tener un riesgo de desecación poco elevada, por lo tanto se prosiguió a colocar los modelos de agar al 3% (un modelo permeable y uno impermeable) en cinco zonas diferentes en las que se vio individuos activos. Los modelos se pesaron entre las 18:00 y las 03:00 que fue el periodo determinado como de actividad para esta especie (ver sección 5.2.1).

El peso inicial para el modelo permeable fue 6.334g y para el modelo impermeable fue 5.962g. El porcentaje de pérdida de peso fue 1.01% de su peso por hora y 0.48% de su peso por hora para cada modelo respectivamente. Los datos de desecación se muestran en la Tabla 23.

5.4 DETERMINACIÓN DE PERFILES TÉRMICOS DE EXPOSICIÓN EN LOS MICROHÁBITATS DE *Scinax ruber* E *Hyloxalus yasuni*

5.4.1. MICROHÁBITATS TERRESTRES DE *Hyloxalus yasuni*

Para la recolección de datos microambientales se colocaron dos botones cerca de los sitios de actividad y descanso frecuentados por los individuos; el primero fue colocado a nivel del suelo, cerca de la rivera formada en la quebrada, y el segundo fue introducido en una de las cuevas utilizadas como refugio para esta especie (Fig.10).

5.4.2. CONDICIONES DE EXPOSICIÓN DE *Hyloxalus yasuni*

Los datos microambientales del sitio de actividad fueron pareados con los datos del sensor de 0cm de la Estación de Datos Microambientales y los datos de reposo con el sensor de 0cm de la misma estación. Los resultados de la prueba de *t* pareada demostró que los datos de los sitios de refugio y actividad de *Hyloxalus yasuni* mostraron una significación de $p = 0.000$ en ambos casos (Anexo 7 y 8). Con las fórmulas de las regresión es entre las secuencias de datos que fueron: $y = 0.21x + 19.39$ para los datos descanso y $y = 0.378x + 15.3$ para los datos de actividad, se obtuvieron los datos para el sitio de refugio y de actividad. Al realizar la combinación de datos microambientales para determinar las secuencias de exposición para los meses de agosto y noviembre, se encontró que los individuos fueron expuestos a una temperatura media máxima de

25.37°C (noviembre 2012), y una temperatura media mínima de 23.31°C (agosto 2012) (Tabla 24).

5.4.3. MICRO HÁBITATS TERRESTRES DE *Scinax ruber*

De igual manera se colocaron dos botones de recolección de temperatura para los microambientes de *Scinax ruber*. Uno a nivel del suelo, cerca de las pozas temporales, identificado como sitio de actividad; y otro atado a la rama de un árbol a dos metros de altura identificado como sitio de descanso o reposo (Fig. 11).

5.4.4. CONDICIONES DE EXPOSICIÓN DE *Scinax ruber*

Los datos microambientales del sitio de actividad fueron pareados con los datos del sensor de 0m de la Estación de Datos Microambientales y los datos de reposo con el sensor de 1.5m de la misma estación. Los resultados de la prueba de *t* pareada demostró que los datos de los sitios de refugio y actividad de *Scinax ruber* mostraron una significación de $p=0.000$ en ambos casos (Anexo 9 y 10). La fórmula de la regresión entre las secuencias de datos fueron $y= 0.606x+8.972$ para los datos descanso y $y=0.668x+7.553$ para los datos de actividad. Después de obtener los estimados de las temperaturas para los sitios de refugio y actividad para los meses de agosto 2012 y noviembre 2012, se realizó la combinación de datos microambientales para obtener la secuencia de exposición de *Scinax ruber*. Se encontró que la temperatura máxima de exposición del mes de noviembre (caliente) fue 26.60°C y la temperatura mínima del mes de agosto fue 20.81°C (ver Tabla 24).

5.5 DATOS PARA DISCUTIR LA VULNERABILIDAD POTENCIALES CAMBIOS AMBIENTALES EN EL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DE YASUNÍ ENTRE *Hyloxalus yasuni* Y *Scinax ruber*

5.5.1 VULNERABILIDAD DE *Hyloxalus yasuni* A CAMBIOS AMBIENTALES

Los parámetros para determinar la sensibilidad al potencial cambio ambiental fueron:

1) el rango de tolerancia térmica de *Hyloxalus yasuni* fue de 16.67°C, 2) la tolerancia al calentamiento para esta especie fue 10.28°C sobre su TEMax y 3) la tolerancia al enfriamiento para esta especie fue de 8.66°C bajo su TEMin. Debido a que *Hyloxalus yasuni* pasa la mayor parte del tiempo cerca del agua, muy posiblemente no está expuesta a la desecación (Tabla 12).

5.5.2 VULNERABILIDAD DE *Scinax ruber* A CAMBIOS AMBIENTALES

Los parámetros para determinar la sensibilidad al potencial cambio ambiental fueron:

1) el rango de tolerancia térmica de *Scinax ruber* fue de 24.74°C, 2) la tolerancia al calentamiento para esta especie fue 7.38°C sobre su TEMax y 3) la tolerancia al enfriamiento para esta especie fue de 7.24°C bajo su TEMin y 4) *Scinax ruber* tuvo una tasa de desecación del 1.02% de su peso por hora durante su período de actividad debido a que tiene diez horas y media de actividad la tasa de desecación máxima sería de 10.71% (Tabla 12).

6 DISCUSIÓN

6.1 TASAS DE DESECACIÓN

Se sabe que la piel húmeda de los anfibios no representa ninguna barrera a la pérdida de agua por evaporación, por lo que están en constante amenaza (Köhler *et al.*, 2011). Sin embargo, la evaporación de agua tiene un rol importante en la termorregulación. Por lo cual muchas especies de ectotermos han desarrollado una termoregulación conductual que se da mediante la selección de microhábitats favorables. Al hacerlo, mantienen una gama de temperaturas corporales en las que se optimizan el rendimiento fisiológico y conductual (Köhler *et al.*, 2011).

La pérdida de agua por evaporación cutánea permite a muchos anfibios el mantener su piel húmeda y fría en temperaturas altas del ambiente cuando están reposando en el sol (Hillman *et al.*, 2009). Una de las capacidades únicas de los anfibios es su habilidad de sobrevivir a niveles de pérdida de agua que podría ser letal para otros vertebrados (Hillman *et al.*, 2009). Los anfibios alcanzan sus límites de desecación al perder entre el 40 y 50% de su peso por pérdida de agua (Peters, 1983). En los ensayos para medir la potencial tasa de desecación de *Scinax ruber* se demostró que la tasa máxima de pérdida de agua de los modelos permeables es muy baja del 1.02% de su peso por hora, en sus sitios activos. Esto implica que estas ranas podrían sobrevivir a su periodo de actividad sin necesidad de tener algún otro mecanismo comportamental o fisiológico para evitar límites

letales. Esto no descarta que *Scinax ruber* puede tener otros mecanismos para evitar la desecación para lo cual hay que hacer experimentos más específicos.

Debido a que el modelo permeable mostró tasas de desecación que no son un peligro real para *Scinax ruber* (10.71%) la tasa de desecación de los modelos impermeables deja de ser relevante por lo cual no se discuten los resultados.

Hillman y colaboradores (2009) han propuesto que muchas especies terrestres tienen una mayor tolerancia a la deshidratación que las especies acuáticas o que pasan en contacto directo con el agua. Esto se da porque no necesitan gastar energía en protegerse contra la desecación. Tal podría ser el caso de *Hyloxalus yasuni*, que se observó que pasa todo el día muy cerca del cuerpo de agua, por lo que se asume que no están amenazados por este factor y se decidió no realizar los ensayos para determinar su tasa de deshidratación.

6.2 ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LOS MÁRGENES DE TOLERANCIA TÉRMICA: MÁXIMA (TCMax) Y MÍNIMA (TCMin).

En este trabajo como en muchos otros, se definió las temperaturas críticas (TCMin y TCMax) por la falta de movimiento y la incapacidad de estos para recuperar su posición normal (Diamond *et al.*, 2012); durante el periodo de los ensayos, que aproximadamente duraron 20 minutos cada uno, se observaron patrones de comportamiento que nos permitieron establecer que el punto crítico máximo de los individuos estaba cerca, aquí se enumeran ciertos patrones en orden de aparición hasta la finalización del ensayo: poca

adherencia a las paredes, inestabilidad, estiramiento de los miembros inferiores (de forma individual o en sincronía), temblores o espasmos, en algunos casos abertura de la boca, y por último la falta de respuesta. Vale recalcar que los experimentos se realizaron de forma individual y todos los individuos fueron recogidos en lugares similares durante su periodo de actividad.

Lutterschmidt y Hutchison (1997) proporcionan datos para apoyar la aparición de los espasmos como el punto final definitivo para determinar la TC_{Max} . Establecen que a medida que la temperatura aumenta durante una prueba de TC_{Max} , un animal por lo general muestra una secuencia de respuestas: la pérdida de la respuesta de enderezamiento, aparición súbita de espasmos musculares, y finalmente "rigor calor", "coma", o "muerte". Sin embargo los tres últimos eventos no son definitivos y son difíciles de determinar.

Se ha propuesto que especies de ectotermos en zonas templadas tienen rangos de tolerancias térmicas más amplios que especies similares en ecosistemas tropicales (Deutsch *et al.*, 2008). En este trabajo se trató de probar la misma idea entre especies de microambientes con diferentes condiciones ambientales: *Scinax ruber*, que se encuentra en borde de bosque, e *Hyloxalus yasuni* de interior de bosque.

Como se esperaba, se determinó que *Scinax ruber* posee un rango de temperatura superior de $TC_{Max} = 36.88^{\circ}C$, es decir $4.18^{\circ}C$ más que la especie que *Hyloxalus yasuni*, que tiene un rango de tolerancia $TC_{Max} = 32.70^{\circ}C$.

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. Esto muy posiblemente, será una ventaja cuando *Scinax ruber* enfrente al cambio climático en su ambiente, comparado con *Hyloxalus yasuni*.

Para anuros la temperatura mínima registrada es de 3.0°C para *Bufo boreas*, que es una especie de zonas templadas. Las temperaturas críticas máximas registradas son 42.5°C para *Hyla smithii* y cerca de 43°C para *Hyperolius viridiflavus* (Hillman *et al.*, 2009). Si comparamos estas especies con las especies de este estudio podemos ver que las TCM_{in} de *Hyloxalus yasuni* y *Scinax ruber* son mucho más altas que las de la especie templada y que las TCM_{ax} están bajo de los máximos registrados para este parámetro.

6.3 DETERMINACIÓN DE PERFILES TÉRMICOS DE LOS MICROHÁBITATS TERRESTRES DE *Scinax ruber* E *Hyloxalus yasuni*.

Shoo y colaboradores (2011) proponen que los hábitats tienen, por diferentes tipo de características biológicas (estructura del ecosistema) y topográficas, una gran variedad de condiciones ambientales. Muchas especies a pesar de vivir en el mismo tipo de ecosistema, pueden estar expuestos a condiciones ambientales muy diferentes.

Los anfibios se encuentran en ambos hábitats, terrestres y acuáticos, en un amplio rango de ambientes térmicos. En ambientes calientes los anfibios pueden estar en riesgo de exceder su límite máximo de temperatura (Hillman *et al.*, 2009).

Scinax ruber es una rana que se encuentra en áreas abiertas, zonas disturbadas o intervenidas como: filos de carretera o cerca de construcciones antropogénicas etc., y puede estar sometida diariamente a temperaturas altas que pueden afectar su fisiología. La temperatura máxima de exposición del mes de noviembre, considerado uno de los meses más calientes, fue de 26.60°C, es decir 1.23°C más que la temperatura de exposición del mismo mes de *Hyloxalus yasuni* que fue de 25.37°C; mientras que las temperaturas mínimas de exposición durante el mes de agosto, considerado uno de los meses más fríos, para *Hyloxalus yasuni* fue de 23.31°C es decir 2.50°C más que *Scinax ruber* que fue de 20.80°C.

Muchas especies de anuros se adaptan a una vida nocturna para evitar las temperaturas altas que se producen durante el día, *Scinax ruber* a pesar de ser una de ellas está expuesta a temperaturas máximas mucho más altas que *Hyloxalus yasuni*, debido a que ocupan hábitats diferentes. *Scinax ruber* se encuentra en áreas disturbadas o zonas abiertas y permanece en lugares altos (en árboles a 1.5m sobre el suelo) donde la temperatura tiende a ser mayor; mientras que *Hyloxalus yasuni* permanece dentro del bosque y es completamente terrestre donde la temperatura es más baja.

Sin embargo, las temperaturas de exposición mínimas son bastante similares debido a que dentro de los hábitos de *Scinax ruber* está el permanecer en sitios cercanos a fuentes de

agua y cerca del piso donde son activos, y están probablemente expuestos a temperaturas mínimas similares a *Hyloxalus yasuni* que permanece en el suelo.

6.4 DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS ESPECIES A CAMBIOS MICROAMBIENTALES EN EL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL DE YASUNÍ.

La TCMax es probablemente el parámetro más fiable para llevar a cabo estudios comparativos macrofisiológicos en ectotermos y más adecuados para explorar cómo las tolerancias superiores pueden evolucionar y cómo pueden variar entre las latitudes y poder predecir qué taxones y comunidades serán impactadas más severamente en el futuro próximo (Duarte *et al.*, 2011).

Como se explicó en la introducción, Williams y colaboradores en el 2008 proponen que la vulnerabilidad al cambio climático es el balance de la relación entre la sensibilidad de la especie (parámetros fisiológicos en este estudio) y el grado de exposición al cambio climático (temperaturas de exposición en este estudio).

Mientras más grande sea esta diferencia, los individuos de una especie determinada puede potencialmente tolerar un mayor calentamiento antes de que los individuos sean expuestos a temperaturas nocivas y letales (Duarte *et al.*, 2011). Si comparamos estos valores entre las dos especies vemos que la tolerancia al calentamiento de *Hyloxalus yasuni* sobre la temperatura máxima de exposición que es de 7.23°C mientras que la tolerancia al calentamiento de *Scinax ruber* fue 10.28°C sobre la temperatura máxima de exposición, es decir que *Hyloxalus yasuni* sería probablemente más vulnerable ante el cambio climático

pues una misma tasa de aumento de temperatura en el Parque Nacional Yasuní haría que *Hyloxalus yasuni* enfrente su TCMax en menor tiempo que *Scinax ruber*. Por eso es importante estudiar las condiciones microambientales, para saber si las tasas de calentamiento son más o menos similares en todos los microambientes.

Un patrón similar se observa con la temperatura mínima. Podemos ver que la tolerancia al enfriamiento para *Scinax ruber* fue de 8.65°C y de *Hyloxalus yasuni* de 7.24°C. Nuevamente, *Hyloxalus yasuni* sería más vulnerable que *Scinax ruber* pues su resistencia es menor. Sin embargo en este caso la diferencia entre las resistencias para ambas especies es pequeña (1.4°C) mientras que para el calentamiento la diferencia fue de casi 3°C.

La temperatura mínima es de preocupación menor, pues la tendencia es que la temperatura suba y las especies se alejen de su límite crítico inferior (Wilson *et al.*, 2005). Sin embargo, se predicen mayor frecuencia de eventos climáticos extremos, esto implica que es probable que las especies también se vean afectadas por las bajas temperaturas y lleguen a ser expuestas a temperaturas cercanas a sus puntos críticos inferiores.

Por otro lado si tomamos en cuenta los rangos de tolerancias térmicas de las dos especies podemos establecer que *Scinax ruber* posee una mayor capacidad de soportar diferentes temperaturas ya que su valor es de 24.74°C. y el rango de tolerancia térmica de *Hyloxalus yasuni* fue más bajo con un valor de 16.68°C.

El hecho de que *Scinax ruber* tenga un rango de tolerancia térmica más grande (ver sección 6.3) le daría más posibilidades de sobrevivir al cambio climático en el PNY, migrar a zonas nuevas y soportar mejor cambios más amplios de temperatura que *Hyloxalus yasuni*.

Los microhábitats o sitios de refugio influyen en la temperatura del cuerpo y regular las tasas de deshidratación en anfibios; el mantenerse en estos microclimas pueden ayudar en la persistencia de la especie (Shoo *et al.*, 2011). Esto quiere decir que *Hyloxalus yasuni* para poder sobrevivir al cambio climático debería mantenerse o moverse a áreas que cumplan con los requisitos de sus microambientes actuales (Hansen *et al.*, 2001).

La correlación entre la TCM_{max} y las temperaturas ambientales sugieren que la tolerancia a las altas temperaturas reflejan adaptaciones de las poblaciones a sus ambientes térmicos locales a lo largo de su historia evolutiva (Christian *et al.*, 1988).

Los anfibios prefieren microhábitats cálidos y húmedos para regular su estado de hidratación y maximizar el rendimiento fisiológico. Sin embargo, una temperatura ambiental superior suele estar vinculada a la desecación, por lo que los anfibios pueden enfrentarse a una disyuntiva entre la elección de una temperatura ambiental inferior para evitar la desecación y una temperatura ambiental superior que maximiza el rendimiento del aparato locomotor a través del aumento de temperatura corporal (Köhler *et al.*, 2011; Tracy *et al.*, 2008).

Sin embargo, el efecto directo del aumento de las temperaturas máximas, en general, ha sido descuidada como un factor causal directo de la declinación de anfibios posiblemente porque, hasta ahora, no hay evidencia o reportes de episodios de calentamiento en una población de anfibios (Duarte *et al.*, 2011).

7 CONCLUSIONES

El estudio de comportamiento muestra que *Hyloxalus yasuni* inicia su actividad desde las 06:30 hasta las 18:30, mientras que *Scinax ruber* es una rana de actividad nocturna. Su actividad empieza desde las 17:00 y termina cerca de las 03:30.

En los ensayos para medir la potencial tasa de desecación de *Scinax ruber* se demostró que la tasa de pérdida de agua por hora de los modelos permeables es muy baja del 1.02% de su peso por hora por lo tanto está lejos de alcanzar su límite de desecación, en el microambiente en el que son activos.

Hyloxalus yasuni es una especie terrestre que está menos expuesta a la desecación ya que pasa todo el día muy cerca del riachuelo, por lo que se asume que no están amenazados por la pérdida de agua.

Scinax ruber posee un límite de temperatura superior de $TC_{Max} = 36.88^{\circ}C$, es decir $4.18^{\circ}C$ más que la especie que *Hyloxalus yasuni*, que tiene una $TC_{Max} = 32.70^{\circ}C$. Esto se puede deber a que *Scinax ruber* es una rana que se encuentra en áreas abiertas, zonas disturbadas o intervenidas y esto la ha expuesto a temperaturas más amplias en su evolución.

Scinax ruber posee un límite de temperatura mínimo (TC_{Min}) = $12.15^{\circ}C$, es decir $3.91^{\circ}C$ más que la especie que *Hyloxalus yasuni*, que tiene una $TC_{Min} = 16.06^{\circ}C$.

Scinax ruber posee una mayor capacidad de soportar diferentes temperaturas ya que su rango de tolerancia térmica tiene un valor de $24.73^{\circ}C$ y el rango de tolerancia térmica

de *Hyloxalus yasuni* fue más bajo con un valor de 16.68°C. *Scinax ruber* tendría más capacidad de sobrevivir a cambios en sus ambientes e *Hyloxalus Yasuní*.

La temperatura máxima de exposición de *Scinax ruber* fue de 26.61°C, es decir 1.24°C más que la temperatura de exposición del mismo mes de *Hyloxalus yasuni* que fue de 25.37°C, que vive dentro del bosque. *Hyloxalus yasuni* tiene una temperatura mínima de exposición de 23.31°C es decir 2.50°C más alta que *Scinax ruber* que fue de 20.80°C.

Hyloxalus yasuni posee una tolerancia al calentamiento de 7.37°C mientras que la tolerancia al calentamiento de *Scinax ruber* fue 10.28°C, es decir que *Hyloxalus yasuni* es probablemente más vulnerable ante el cambio climático ya estaría expuesta más pronto a temperaturas cercanas a su límite fisiológico.

La tolerancia al enfriamiento para *Hyloxalus yasuni* fue de 8.66°C y de *Scinax ruber* de 7.24°C. Es decir que *Scinax ruber* podría ser más vulnerable que *Hyloxalus yasuni* pues su resistencia es menor y podría estar expuesto más fácilmente a su TCMín. Este parámetro en caso de presentarse eventos climáticos extremos de enfriamiento.

6. LITERATURA CITADA

- Amey, A.P., y Grigg, G.C. 1995. Lipid-reduced evaporative water loss in two arboreal hylid frogs. *Comparative biochemistry and physiology* 111: 283–291.
- Angilletta, M. J., Niewiarowski, P. H., y Navasc, C.A. 2002. The evolution of the thermal physiology in ectotherms. *Journal of Thermal Biology* 27: 249–268.
- Bass, M., Finer, M., Jenkins, C. N., Kreft, H., Cisneros-Heredia, D. F., McCracke, S. F., Pitman, N. C. A, English, P. H., Swing, K., Villa, G., Di Fiore, A., Voigt, C. C. y Kunz, T. H. 2010. Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuní National Park, *PLoS Biology* ONE 5(1): e8767.
- Bernardo, J. y Spotila, J. 2006. Physiological constraints on organismal response to global warming: mechanistic insights from clinally varying populations and implications for assessing endangerment. *Biology Letters* 2:135–139.
- Bernardo, J., Ossola R. J., Spotila, J. y Crandall, K. A. 2007. Interspecies physiological variation as a tool for cross-species assessments of global warming-induced endangerment: validation of an intrinsic determinant of macroecological and phylogeographic structure. *Biology letters*: 695–698.
- Blaustein. A. R., y Kiesecker, J. M. 2002. Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters* 5: 597–608.
- Botkin, D. B., Saxe, H., Araújo, M. B, Betts, R., Bradshaw, R., Cedhagen, T., Chesson, P., Dawson, T. P., Petterson, J. R., Faith, D. P., Ferrier, S., Guisan, A., Skjoldborg Hansen, A., Hilbert, D. W., Loehle, C., Margules, C., New, M., Sobel, M. J., y Stockwell, D. R. B. 2007. Forecasting the Effects of Global Warming on Biodiversity, *BioScience* 57(3):227–236.

- Brattstrom, B. H. 1979. Amphibian temperature regulation studies in the field and in the laboratory. *American Zoologist* 19:345–356.
- Christian, K. A., Nunez, F., Clos, L. y Diaz, L. 1988. Thermal relations of some tropical frogs along an altitudinal gradient. *Biotropica* 20: 236–239.
- Compton, T. J., Rijkenberg, M. J. A, Drent J. y Piersma, T., 2007. Thermal tolerance ranges and climate variability: A comparison between bivalves from differing climates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 352: 200–211.
- Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Huey, R.B., Sheldon, K.S., Ghalambor, C.K., Haak, D.C. y Martin, P.R. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *PNAS* 105: 6668–6672.
- Diamond, S. E., Nichols, L. M., Mccoy, N., Hirsch, C., Pelini, S. L., Sanders, N. J., Ellison, A., Gotelli, N. J. y Dunn. R. R. 2012. A physiological trait-based approach to predicting the responses of species to experimental climate warming. *Ecology* 93: 2305–2312.
- Dillon, M. E., Wang, G. y Huey, R. B. 2010. Global metabolic impacts of recent climate warming. *Nature* 467: 704–707.
- Duarte, H., Tejedó, M., Katzenberger, M., Marangon, F., Baldo, D., Beltrán, J. F., Marti, D. A., Richter-Boix A. y 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.

- Finner, M., Vijay, V., Ponce, F., Jenkins, C. N. y Kahn, T. R. 2009. Ecuador's Yasuni Biosphere Reserve: a brief modern history and conservation challenges. *Environmental Research* 4: 15.
- Hansen, A. J., Neilson R. P., Dale, V. H., Flather C. H., Iverson L. R., Currie D. J., Shafer S., Cook. R, and Bartlein P. J. 2001. Global Change in Forests: Responses of Species, Communities, and Biomes *BioScience* 51(9):765-779.
- Hill, R. W., Wyse, G. A. y Anderson, M. 2008. *Animal Physiology*. Second edition. Sinauer. USA.
- Hillman, S. S., Withers, P. C., Drewes, R. C. y Hillyard, S. D. 2009. *Ecological and Environmental Physiology of Amphibians*. Oxford university Press. Vol 1. Estados Unidos de America United States– New York.
- Hoffmann, A. A., Hallas, R. J., Dean, J. A. y Schiffer, M. 2003. Low potential for climatic stress adaptation in a rainforest *Drosophila* species. *Science* 301:100–102.
- Hutchinson, V. H. y Maness, J. D., 1979. the role of behavior in temperature acclimation and tolerance in ectotherms. *American Zoologist* 19: 367–384.
- Kearney, M., Phillips, B. L., Tracy, C. R., Christian, K. A., Betts, G. y Porter, W. P. 2008. Modelling species distributions without using species distributions: the cane toad in Australia under current and future climates. *Ecography*.
- Kennedy, A. D. 1997. Bridging the gap between general circulation model (GCM) output and biological microenvironments. *Biometeorol* 40: 119–122.
- King, R. B., Hauff, S. y Phillips, J. B. 1994. Physiological color change in the green treefrog: responses to background brightness and temperature. *Copeia* 1994: 422–432.

- Köhler, A., Sadowska, J., Olszewska, J., Trzeciak, P., Berger–Tal, O. y Tracy, C.R. 2011. Staying warm or moist? Operative temperature and thermal preferences of common frogs (*Rana temporaria*), and effects on locomotion. *The Herpetological Journal* 21: 17–26.
- Lutterschmidt, W. I. y Hutchison, V. H. 1997. The critical thermal maximum: data to support the onset of spasms as the definitive end point. *Can. J. Zool.* 75: 1553– 1560.
- Navas, C. A. y Araujo, C. 2000. The Use of Agar Models to Study Amphibian Thermal Ecology. *Journal of Herpetology* 34(2):330–334.
- Navas, C. A., Gomes, F. R. y Carvalho, J. E. 2008. Thermal relationships and exercise physiology in anuran amphibians: integration and evolutionary implications. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 151, 344–362.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 37:637–669.
- Parmesan, C., y Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37–42.
- Peters, R. H. 1983. *The ecological implications of body size.* Cambridge University Press.
- Pough, F. H., Taigen, T. L., Stewart, M. M. y Brussard, P. F. 1983. Behavioral modification of evaporative water loss by a Puerto Rican frog. *Ecology* 64(2): 244–252.
- Ron, S. R. 2001-2011. *Anfibios de Parque Nacional Yasuní, Amazonía ecuatoriana.* [en línea]. Ver. 1.7 (2011). Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. <<http://tropicalfrogs.net/yasuni/>> [Consulta: 10 de mayo 2013].

- Ron, S. R., Guayasamin, J. M. y Yanez-Muñoz, M. H. (eds.) AmphibiaWebEcuador. Version 2013.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <<http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/anfibios/FichaEspecie.aspx?Id=8150>>, acceso abril 17, 2013.
- Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C. y Pounds, J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Letters to Nature* 421:57–60.
- Shoo, L. P. C., Storlie, Y. M., Williams, S. E. y Williams. 2010. Potential for mountaintop boulder fields to buffer species against extreme heat stress under climate change. *International Journal of Biometeorology* 54: 475–478.
- Shoo, L. P., C. Storlie, J., VanDerWal, J. y Williams, S. E. 2011. Targeted protection and restoration to conserve tropical biodiversity in a warming world. *Global Change Biology* 17: 186–193.
- Shoo, L. P., Olson, D. H., McMenamin S. K., Murray, K. A., Van Sluys, M., Donnelly, M. A., Stratford, D., Terhivuo, J., Merino-Viteri, A., Herbert, S. M., Bishop, P. J., Corn, P. S., Dovey, L., Griffiths, R. A, Lowe K., Mahony, M., McCallum, H., Shuker J. D., Simpkins, C., Skerratt, L. F., Williams, S. E. y Hero, J. M.. 2011. Engineering a future for amphibians under climate change. *Journal of Applied Ecology*. 48, 487–492.
- Snyder, G. K. y Wesley W. 1975. Temperature adaptations in amphibians. *The American Naturalist*. Vol. 109: 93–101.
- Somero, G. N. 2002. Thermal physiology and vertical zonation of intertidal animals: optimal limits and cost of living. *Integrative and Comparative Biology* 42: 780–789.

- Spotila, J. R. y Berman, E. N. 1976. Determination of skin resistance and the role of the skin in controlling water loss in amphibians and reptiles. *Biochem physiology* 55A: 407–411.
- Stillman, J. H. 2003. Acclimation capacity underlies susceptibility to climate change. *Science* 301:65.
- Tewksbury, J.J., Huey, R.B. y Deutsch, C.A. 2008. Putting the heat on tropical animals. *Science* 320: 1296–1297.
- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., Ferreira de Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, T., Phillips, O. L. y Williams, S. E. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 345–457.
- Tracy, C. R., Betts, G., Tracy, C.R. y Christian, K. A. 2007. Plaster models to measure operative temperature and evaporative water loss of amphibians. *Journal of Herpetology* 41(4):597–603.
- Tracy, C.R., Christian, K.A., Betts, G. y Tracy, C.R. 2008. Body temperature and resistance to evaporative water loss in tropical Australian frogs. *Comparative Biochemistry and Physiology* 150 : 102–108.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, K. C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O., y Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389–395.
- Williams, S. E., Shoo, L. P., Isaac, J. L., Hoffmann, A. y Langham, G. 2008. Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change, *PLoS Biology* 6: 2621–2626.

- Wilson, R. J., Gutiérrez, D., Gutiérrez, J., Martínez, D., Argudo, R., y Monserrat, D. 2005. Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters* 8: 1138–1146.
- Wygodá, M. L. 1984. Low cutaneous evaporative water loss in arboreal frogs. *Physiological Zoology* 57: 329–337.

8. FIGURAS



Figura 1. Cámara de rotación y materiales para ensayos de temperatura crítica máxima (TCMax) y temperatura crítica mínima (TCMin).



Figura2. Cámara de rotación con registrador de temperatura automático.



Figura 3. Modelos de agar para medir tasas de desecación de *Scinax ruber*: Modelo permeable (izquierda) e impermeable (derecha).



Figura 4. Adulto de *Hyloxalus yasuni* saliendo de su refugio, una cueva en el lodo a la orilla del riachuelo a las 6:30am.

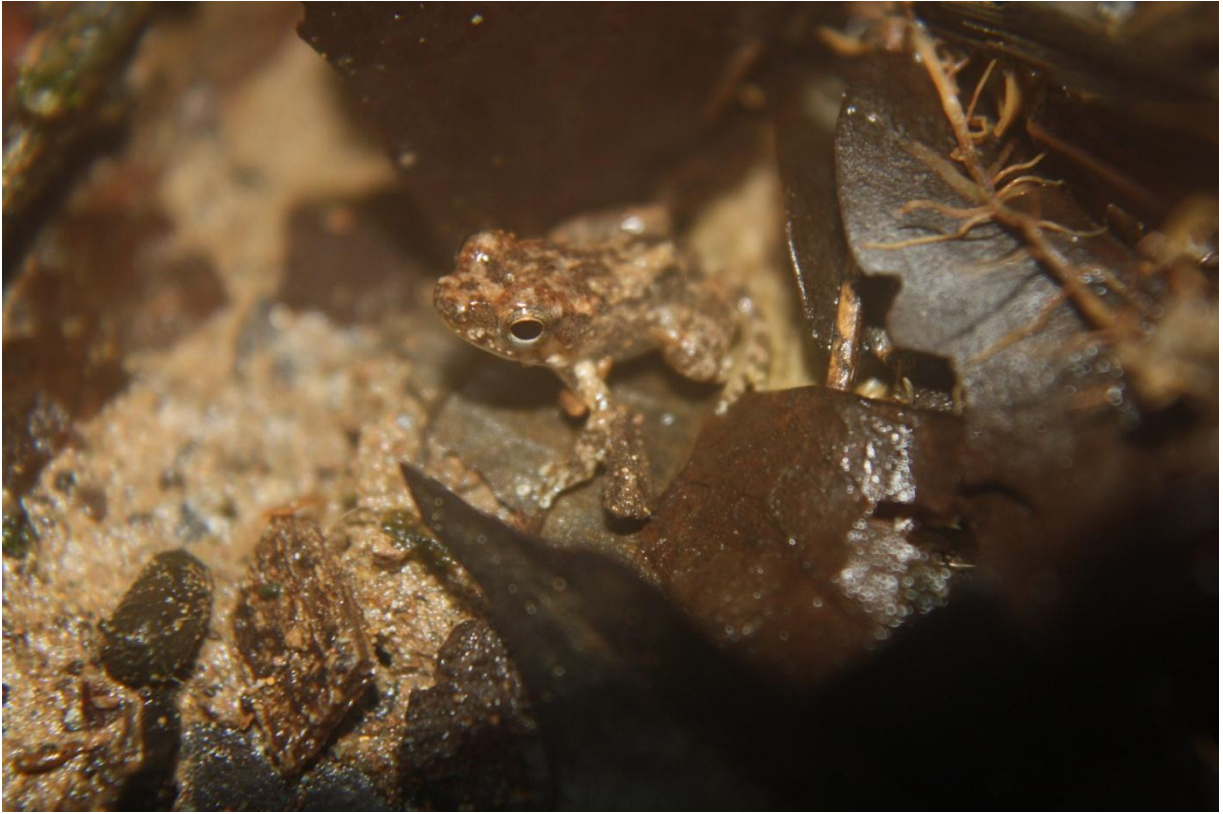


Figura 5. Metamorfo de *Hyloxalus yasuni* encontrado entre la hojarasca al filo del riachuelo.



Figura 6. Adulto de *Hyloxalus yasuni* cerca de la cueva de refugio, estos individuos pueden camuflarse entre las pequeñas rocas del riachuelo o quedándose inmóviles entre el lodo y la hojarasca que rodea el riachuelo.

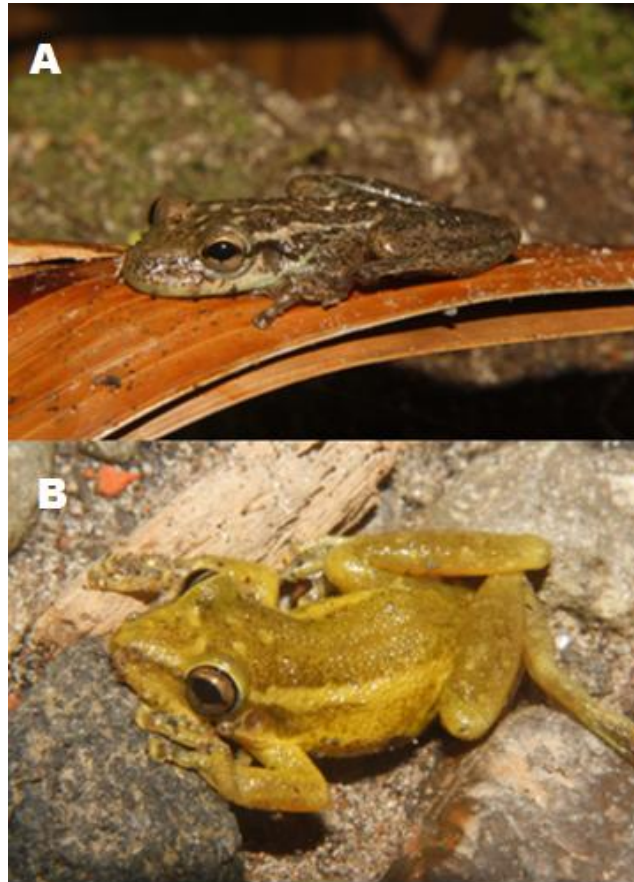


Figura 7. Posición comportamental de *Scinax ruber* para evitar la pérdida de vapor de agua (cabeza pegada al suelo y las extremidades cerca al cuerpo) A) durante el día y B) durante la noche.

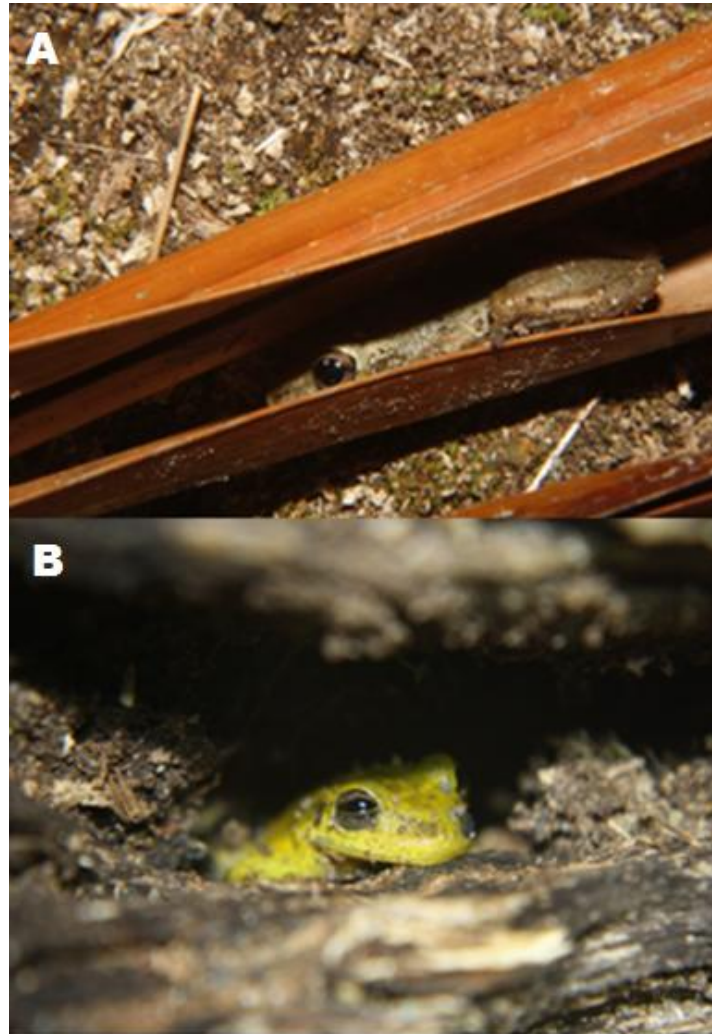


Figura 8. Individuos de *Scinax ruber* escondidos. A) En hojas secas de palma durante el día y B) En troncos durante la noche.

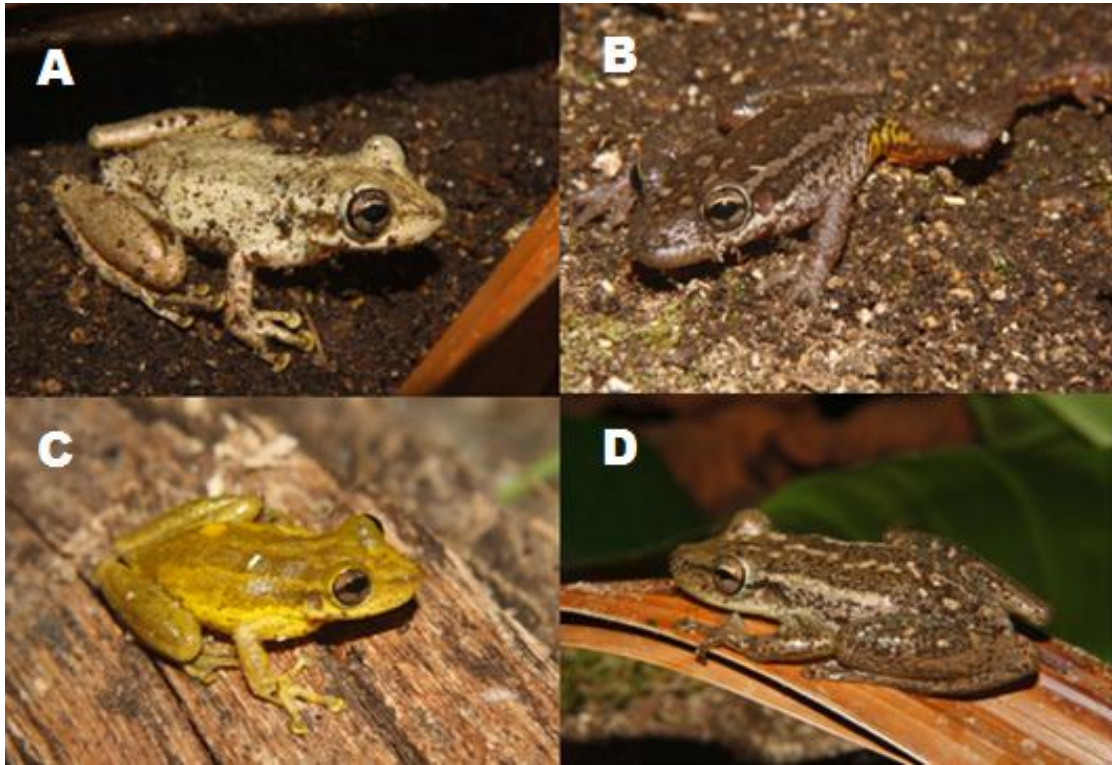


Figura 9. Coloraciones que pueden tener *Scinax ruber* en diferentes ambientes A) Coloración durante el día. B) Color oscuro durante la noche. C) Coloración verde brillante obtenida durante la noche entre el pastizal. D) Coloración verde oscura también es obtenida durante el día.

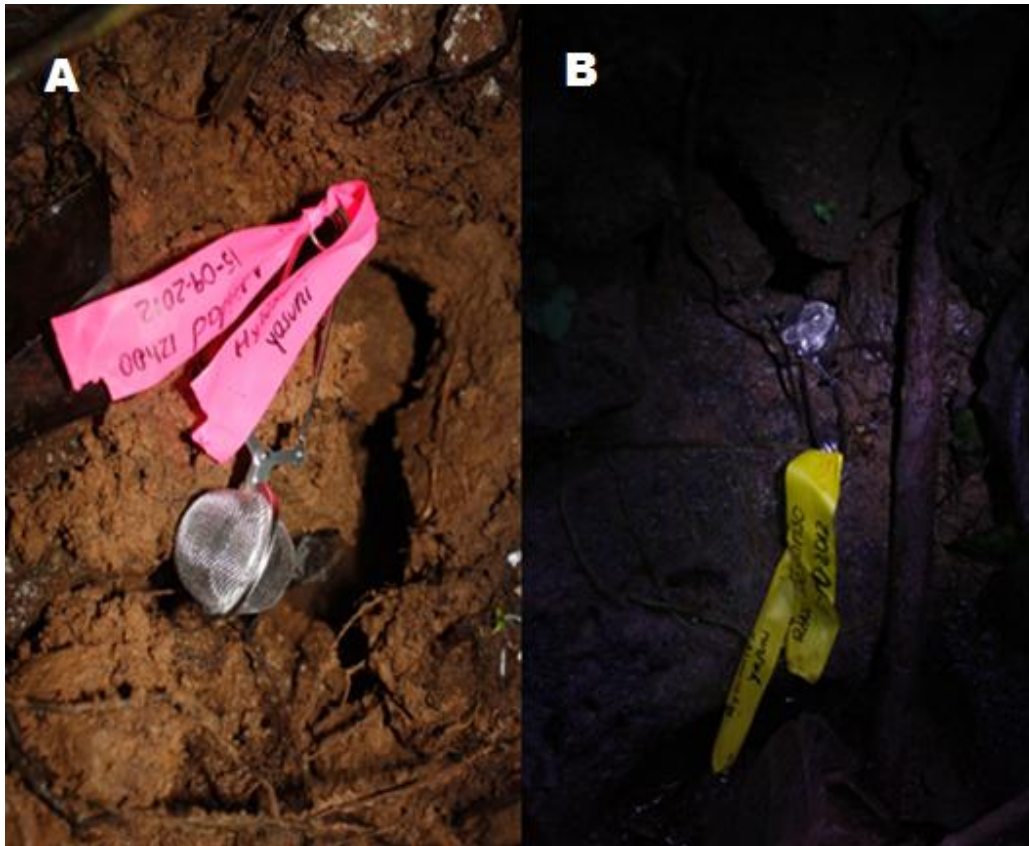


Figura 10. Registrador de temperatura en el sitio de actividad de *Hyloxalus yasuni* (izquierda) y sitio de descanso (derecha).



Figura 11. A) Registrador de temperatura para sitio de descanso de *Scinax ruber*.
B) Registrador de temperatura del sitio activo de esta especie.

9. TABLAS

Tabla 3. Correlación entre las temperaturas críticas máximas (TCMax) para *Scinax ruber* de los meses de octubre 2012 y marzo 2013.

Correlaciones			TCMaxScinaxOct	TCMaxScinaxMar
Tau_b de Kendall	TCMaxScinaxOct	Coeficiente de correlación	1,000	-,405
		Sig. (bilateral)	.	,106
		N	10	10
	TCMaxScinaxMar	Coeficiente de correlación	-,405	1,000
		Sig. (bilateral)	,106	.
		N	10	10
Rho de Spearman	TCMaxScinaxOct	Coeficiente de correlación	1,000	-,529
		Sig. (bilateral)	.	,116
		N	10	10
	TCMaxScinaxMar	Coeficiente de correlación	-,529	1,000
		Sig. (bilateral)	,116	.
		N	10	10

Tabla 4. Correlación entre las temperaturas críticas mínimas (TCMin) de *Scinax ruber* de los meses de octubre 2012 y marzo 2013.

Correlaciones			TCMinScinaxOct	TCMinScinaxMar
Tau_b de Kendall	TCMinScinaxOct	Coefficiente de correlación	1,000	-,432
		Sig. (bilateral)	.	,087
		N	10	10
	TCMinScinaxMar	Coefficiente de correlación	-,432	1,000
		Sig. (bilateral)	,087	.
		N	10	10
Rho de Spearman	TCMinScinaxOct	Coefficiente de correlación	1,000	-,579
		Sig. (bilateral)	.	,079
		N	10	10
	TCMinScinaxMar	Coefficiente de correlación	-,579	1,000
		Sig. (bilateral)	,079	.
		N	10	10

Tabla 5. Correlación Rho de Spearman para las temperaturas críticas máximas (TCMax) de *Hyloxalus yasuni* obtenidos durante el mes de octubre 2012 y marzo 2013.

Correlaciones			TCMaxHyloxalusOct	TCMaxHyloxalusMar
Tau_b de Kendall	TCMaxHyloxalusOct	Coeficiente de correlación	1,000	,389
		Sig. (bilateral)	.	,144
		N	9	9
	TCMaxHyloxalusMar	Coeficiente de correlación	,389	1,000
		Sig. (bilateral)	,144	.
		N	9	10
Rho de Spearman	TCMaxHyloxalusOct	Coeficiente de correlación	1,000	,467
		Sig. (bilateral)	.	,205
		N	9	9
	TCMaxHyloxalusMar	Coeficiente de correlación	,467	1,000
		Sig. (bilateral)	,205	.
		N	9	10

Tabla 6. Correlación Rho de Spearman para las temperaturas críticas mínimas (TCMin) de *Hyloxalus yasuni* obtenidos durante el mes de octubre 2012 y marzo 2013.

Correlaciones			TCMinHyloxalusOct	TCMinHyloxalusMar
Tau_b de Kendall	TCMinHyloxalusOct	Coeficiente de correlación	1,000	,067
		Sig. (bilateral)	.	,788
		N	10	10
	TCMinHyloxalusMar	Coeficiente de correlación	,067	1,000
		Sig. (bilateral)	,788	.
		N	10	10
Rho de Spearman	TCMinHyloxalusOct	Coeficiente de correlación	1,000	,091
		Sig. (bilateral)	.	,803
		N	10	10
	TCMinHyloxalusMar	Coeficiente de correlación	,091	1,000
		Sig. (bilateral)	,803	.
		N	10	10

Tabla 7. Temperatura inicial, crítica máxima, SVL y tiempo de duración de los experimentos de *Scinax ruber* en los ensayos de temperatura crítica mínima (TCMax).

Octubre 2012				
Espécimen	T inicial (°C)	TCMax (°C)	SVL (mm)	Duración (min)
Scinax 001	27.37	33.68	34.78	12.2
Scinax 002	27.25	39.54	38.76	11.2
Scinax 003	26.87	36.98	35.82	11.6
Scinax 004	28.58	38.98	38.93	11.8
Scinax 005	23.75	36.79	36.8	12.4
Scinax 006	23.62	35.98	35.69	11.8
Scinax 007	25.5	31.24	32.64	10.8
Scinax 008	24.25	27.12	32.02	11.4
Scinax 009	25.25	37.85	38.59	14.1
Scinax 010	23.75	38.42	40.05	13.3
Promedio	25.62	35.66±3.91	36.41	12.06
Marzo 2013				
Espécimen	T inicial (°C)	TCMax (°C)	SVL (mm)	Duración (min)
Scinax 011	22.81	37.85	33.56	11
Scinax 012	26.87	37.29	37.39	8.3
Scinax 013	25.62	37.6	36.49	10.8
Scinax 014	22.87	37.43	36.62	9.8
Scinax 015	25.62	40.97	35.45	8.6
Scinax 016	23.68	38.6	35.93	9.1
Scinax 017	24.87	37.67	33.12	7.7
Scinax 018	22.43	37.98	32.65	11.8
Scinax 019	24.31	37.43	39.39	11.8
Scinax 020	24.75	38.23	38.38	9.8
Promedio	24.38	38.11±1.08	35.9	9.87
Total dos épocas	25	36.88	36.15	10.96

Tabla 8. Temperatura inicial, crítica mínima, SVL y tiempo de duración de los experimentos de *Scinax ruber* en los ensayos de temperatura crítica mínima (TCMin).

Octubre 2012				
Espécimen	T inicial (°C)	TCMin (°C)	SVL (mm)	Duración (min)
Scinax 001	26.31	15.49	34.78	18.8
Scinax 002	25.81	11.72	38.76	15
Scinax 003	26.87	11.22	35.82	18.6
Scinax 004	23.81	11.79	38.93	20.8
Scinax 005	21.43	14.29	36.8	16.3
Scinax 006	22.12	14.23	35.69	21.2
Scinax 007	24	14.23	32.64	17.9
Scinax 008	24.81	16.24	32.02	13.8
Scinax 009	24.62	15.55	38.59	14
Scinax 010	22.62	14.67	40.05	1.9
Promedio	24.24	13.94±1.76	36.41	16.93
Marzo 2013				
Espécimen	T inicial (°C)	TCMin (°C)	SVL (mm)	Duración (min)]
Scinax 011	22.81	10.16	33.56	22.1
Scinax 012	20.55	10.22	37.39	17.5
Scinax 013	23.5	9.59	36.49	21
Scinax 014	22	13.29	36.62	15.8
Scinax 015	22.31	10.16	35.45	17.3
Scinax 016	22.12	9.91	35.93	22.5
Scinax 017	20.12	10.97	33.12	16.2
Scinax 018	20.93	10.94	32.65	16.8
Scinax 019	23.81	9.53	39.39	15.8
Scinax 020	22.37	8.71	38.38	13.9
Promedio	22.05	10.35±1.22	35.9	17.89
Total dos épocas	23.14	12.15	36.15	17.41

Tabla 9. Correlación de Rho de Spearman entre la temperatura crítica máxima (TCMax) y SVL *Scinax ruber*.

Correlaciones			TCMaxScinax	SVLScinax
Rho de Spearman	TCMaxScinax	Coefficiente de correlación	1,000	,438
		Sig. (bilateral)	.	,053
		N	20	20
	SVLScinax	Coefficiente de correlación	,438	1,000
		Sig. (bilateral)	,053	.
		N	20	20

Tabla 10. Correlación de Rho de Spearman entre la temperatura crítica mínima (TCMin) y SVL *Scinax ruber*.

Correlaciones			TCMinScinax	SVLScinax
Rho de Spearman	TCMinScinax	Coeficiente de correlación	1,000	-,122
		Sig. (bilateral)	.	,609
		N	20	20
	SVLScinax	Coeficiente de correlación	-,122	1,000
		Sig. (bilateral)	,609	.
		N	20	20

Tabla 11. Correlación de Rho de Spearman entre las temperaturas críticas máximas (TCMax) y la temperatura inicial de los ensayos en *Scinax ruber*

Correlaciones			TCMaxScinax	Tinicial
Rho de Spearman	TCMaxScinax	Coeficiente de correlación	1,000	,056
		Sig. (bilateral)	.	,815
		N	20	20
	Tinicial	Coeficiente de correlación	,056	1,000
		Sig. (bilateral)	,815	.
		N	20	20

Tabla 12. Correlación de Rho de Spearman entre las temperaturas críticas mínimas (TCMin) y la temperatura inicial de los ensayos en *Scinax ruber*

Correlaciones			TCMinScinax	Tinicial
Rho de Spearman	TCMinScinax	Coeficiente de correlación	1,000	,303
		Sig. (bilateral)		,194
		N	20	20
	Tinicial	Coeficiente de correlación	,303	1,000
		Sig. (bilateral)	,194	
		N	20	20

Tabla 13. Correlación de Rho de Spearman entre las temperaturas críticas máximas (TCMax) y el tiempo de duración de cada ensayo de *Scinax ruber*.

Correlaciones			TCMaxScinax	TimepoDuración
Rho de Spearman	TCMaxScinax	Coefficiente de correlación	1,000	-,162
		Sig. (bilateral)		,496
		N	20	20
	TimepoDuración	Coefficiente de correlación	-,162	1,000
		Sig. (bilateral)	,496	
		N	20	20

Tabla 14. Correlación de Rho de Spearman entre las temperaturas críticas mínimas (TCMin) y el tiempo de duración de cada ensayo de *Scinax ruber*.

Correlaciones			TCMinScinax	TiempoduracionSrT cmin
Rho de Spearman	TCMinScinax	Coeficiente de correlación	1,000	-,285
		Sig. (bilateral)	.	,224
		N	20	20
	TiempoduracionSrTcmin	Coeficiente de correlación	-,285	1,000
		Sig. (bilateral)	,224	.
		N	20	20

Tabla 15. Temperatura inicial, crítica máxima, SVL y tiempo de duración de los experimentos de *Hyloxalus yasuni* en los ensayos de TCMax.

Octubre 2012				
Espécimen	T inicial (°C)	TCMax (°C)	SVL (mm)	Duración (min)
Hyloxalus 001	25.12	32.49	21.86	9.9
Hyloxalus 002	27.12	29.62	25.06	7.9
Hyloxalus 003	21.49	33.24	23.45	13.2
Hyloxalus 005	24	30.99	23.5	11.6
Hyloxalus 006	26.18	32.87	25.79	10.9
Hyloxalus 007	23.81	28.62	22.35	9.7
Hyloxalus 008	24.81	33.52	23.08	11.4
Hyloxalus 009	26.59	32.62	22.38	10
Hyloxalus 010	25.43	32.93	23.76	10.3
Promedio	24.95	31.88±1.73	23.47	12.9
Marzo 2013				10.78
Espécimen	T inicial (°C)	TCMax (°C)	SVL (mm)	Duración (min)
Hyloxalus 011	24.12	32.49	23.5	6.7
Hyloxalus 012	25.12	30.99	24.38	6.2
Hyloxalus 013	25.18	33.24	23.45	7.2
Hyloxalus 014	25.62	31.55	23.4	8.8
Hyloxalus 015	26.25	34.86	24.89	5.3
Hyloxalus 016	23.43	34.8	24.56	8
Hyloxalus 017	26.81	35.36	22.37	8.2
Hyloxalus 018	26.99	34	25.69	6.7
Hyloxalus 019	25.25	33.8	22.83	7.4
Hyloxalus 020	25.63	34.17	22.32	9.9
Promedio	25.44	33.53±1.52	23.74	13.9
Total dos épocas	25.2	32.7	23.6	8.16

Tabla 16. Temperatura inicial, TCmin, SVL y tiempo de duración de los experimentos de *Hyloxalus yasuni* en los ensayos de TCMin.

Octubre 2012				
Especimen	T inicial (°C)	TCMin (°C)	SVL (mm)	Duración (min)
Hyloxalus 001	27.93	18.93	21.86	11.1
Hyloxalus 002	26.87	14.92	25.06	15
Hyloxalus 003	23.18	15.49	23.45	12.9
Hyloxalus 004	23.43	19.68	21.29	10.1
Hyloxalus 005	21.68	15.42	23.5	14.7
Hyloxalus 006	20.87	14.36	25.79	13.3
Hyloxalus 007	22.81	18.43	22.35	8.9
Hyloxalus 008	23.25	16.11	23.08	12
Hyloxalus 009	22.93	17.11	22.38	13.9
Hyloxalus 010	22	16.86	23.76	12.2
Promedio	23.5	16.73±1.80	23.25	12.41
Marzo 2013				
Espécimen	T inicial (°C)	TCMin (°C)	SVL (mm)	Duración(min)
Hyloxalus 011	21.69	14.92	23.5	18.7
Hyloxalus 012	22.57	14.86	24.38	20.8
Hyloxalus 013	19.49	14.92	23.45	12.2
Hyloxalus 014	19.56	15.8	23.4	10.3
Hyloxalus 015	21.12	13.98	24.89	21.3
Hyloxalus 016	25.5	15.99	24.56	19.6
Hyloxalus 017	23.75	15.61	22.37	16.3
Hyloxalus 018	23.58	16.74	25.69	17.9
Hyloxalus 019	22.37	15.3	22.83	13.4
Hyloxalus 020	24.871	15.923	22.32	15.9
Promedio	22.45	15.40±0.77	23.74	16.64
Total dos épocas	22.97	16.07	23.5	14.525

Tabla 17. Correlación Rho de Spearman entre las temperaturas críticas máximas (TCMax) y el SVL de *Hyloxalus yasuni*.

Correlaciones			TCMaxHyloxalus	SVLHyloxalus
Rho de Spearman	TCMaxHyloxalus	Coeficiente de correlación	1,000	,005
		Sig. (bilateral)	.	,983
		N	19	19
	SVLHyloxalus	Coeficiente de correlación	,005	1,000
		Sig. (bilateral)	,983	.
		N	19	19

Tabla 18. Correlación Rho de Spearman entre las temperaturas críticas mínimas (TCMin) y el SVL de *Hyloxalus yasuni*.

Correlaciones			TCminHyloxalus	SVLHyloxalus
Rho de Spearman	TCminHyloxalus	Coeficiente de correlación	1,000	-,622**
		Sig. (bilateral)	.	,003
		N	20	20
	SVLHyloxalus	Coeficiente de correlación	-,622**	1,000
		Sig. (bilateral)	,003	.
		N	20	20

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 19. Correlación De Rho de Spearman entre las temperaturas críticas máximas (TCMax) y las temperaturas iniciales de cada ensayo para *Hyloxalus yasuni*

Correlaciones			TCMaxHyloxalus	TinicialTCmax
Rho de Spearman	TCMaxHyloxalus	Coefficiente de correlación	1,000	,240
		Sig. (bilateral)	.	,323
		N	19	19
	TinicialTCmax	Coefficiente de correlación	,240	1,000
		Sig. (bilateral)	,323	.
		N	19	19

Tabla 20. Correlación de Rho de Spearman entre las temperaturas críticas mínimas (TCMin) y la temperatura inicial de cada ensayo para *Hyloxalus yasuni*.

Correlaciones			TCminHyloxalus	TinicialTcmin
Rho de Spearman	TCminHyloxalus	Coeficiente de correlación	1,000	,477*
		Sig. (bilateral)	.	,039
		N	19	19
	TinicialTcmin	Coeficiente de correlación	,477*	1,000
		Sig. (bilateral)	,039	.
		N	19	19

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 21. Correlación de Rho de Spearman entre las temperaturas críticas máximas (TCMax) y el tiempo de duración de los ensayos de *Hyloxalus yasuni*.

Correlaciones			TCMaxHyloxalus	SVLHyloxalus
Rho de Spearman	TCMaxHyloxalus	Coefficiente de correlación	1,000	,005
		Sig. (bilateral)	.	,983
		N	19	19
	SVLHyloxalus	Coefficiente de correlación	,005	1,000
		Sig. (bilateral)	,983	.
		N	19	19

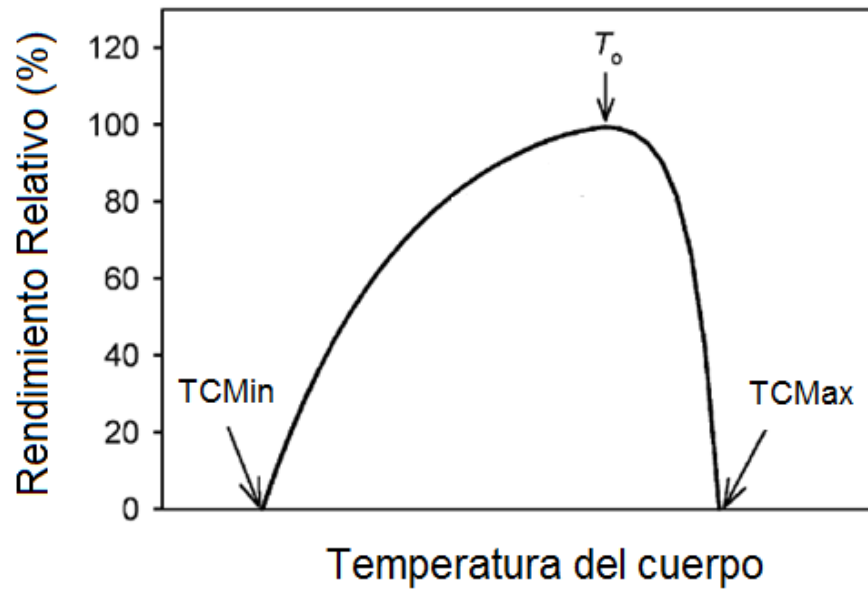
Tabla 22. Correlación Rho de Spearman entre la temperatura crítica mínima (TCMin) y el tiempo de duración de los ensayos de *Hyloxalus yasuni*.

Correlaciones			TCminHyloxalus	timepoduracionHyTCmin
Rho de Spearman	TCminHyloxalus	Coeficiente de correlación	1,000	-,500*
		Sig. (bilateral)	.	,029
		N	19	19
	timepoduracionHyTCmin	Coeficiente de correlación	-,500*	1,000
		Sig. (bilateral)	,029	.
		N	19	19

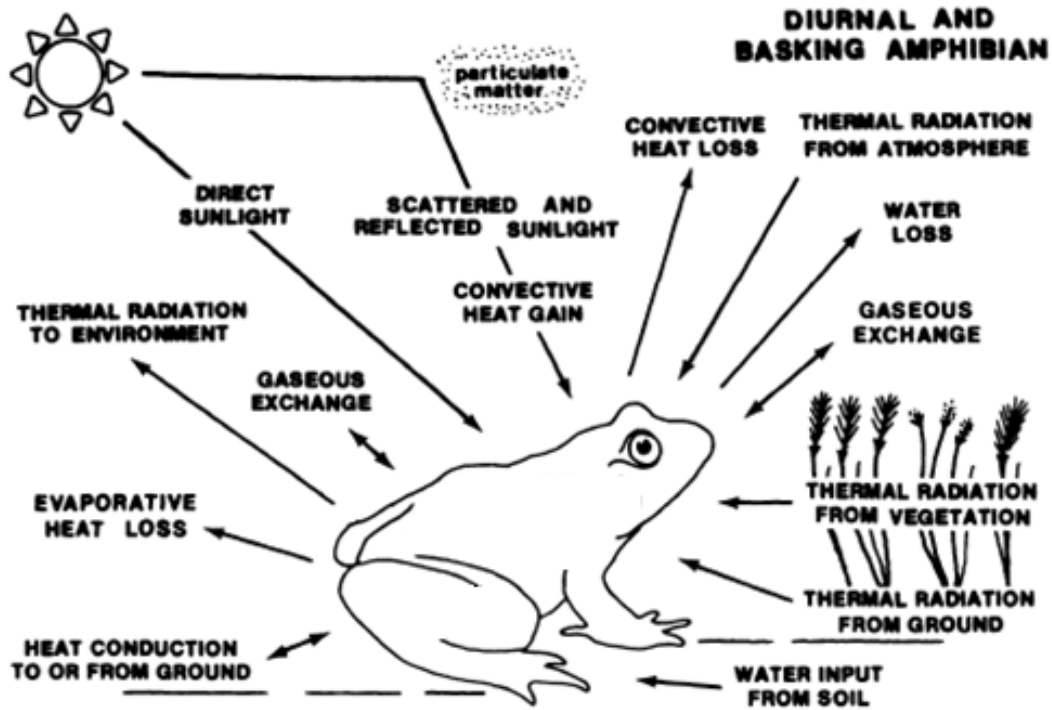
*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

10.ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de la relación entre la temperatura del cuerpo y el rendimiento en ectotermos. La temperatura optima (T_{opt}), TC_{Max} y TC_{Min} (Modificado de Angilletta *et al.*, 2002).



Anexo 2. Diagrama de la interacción cuerpo-ambiente de dos tipos de anfibios (Modificado de Brattstrom, 1979).



Anexo3: Posturas de conservación de agua. A) Posición de conservación de agua, B) Posición de conservación de agua con el mentón levantado (Modificado de Pough *et al.*, 1983).

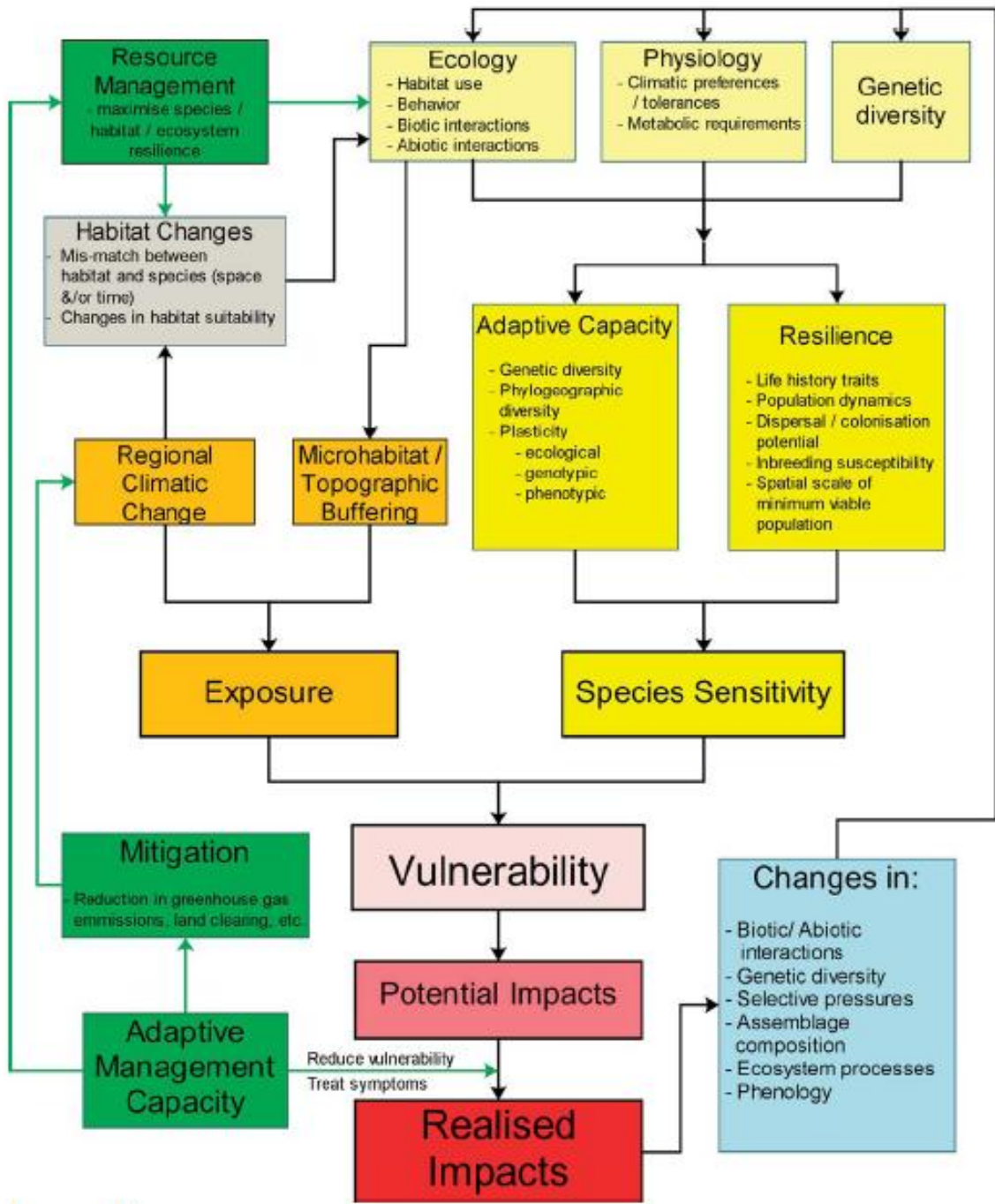


A

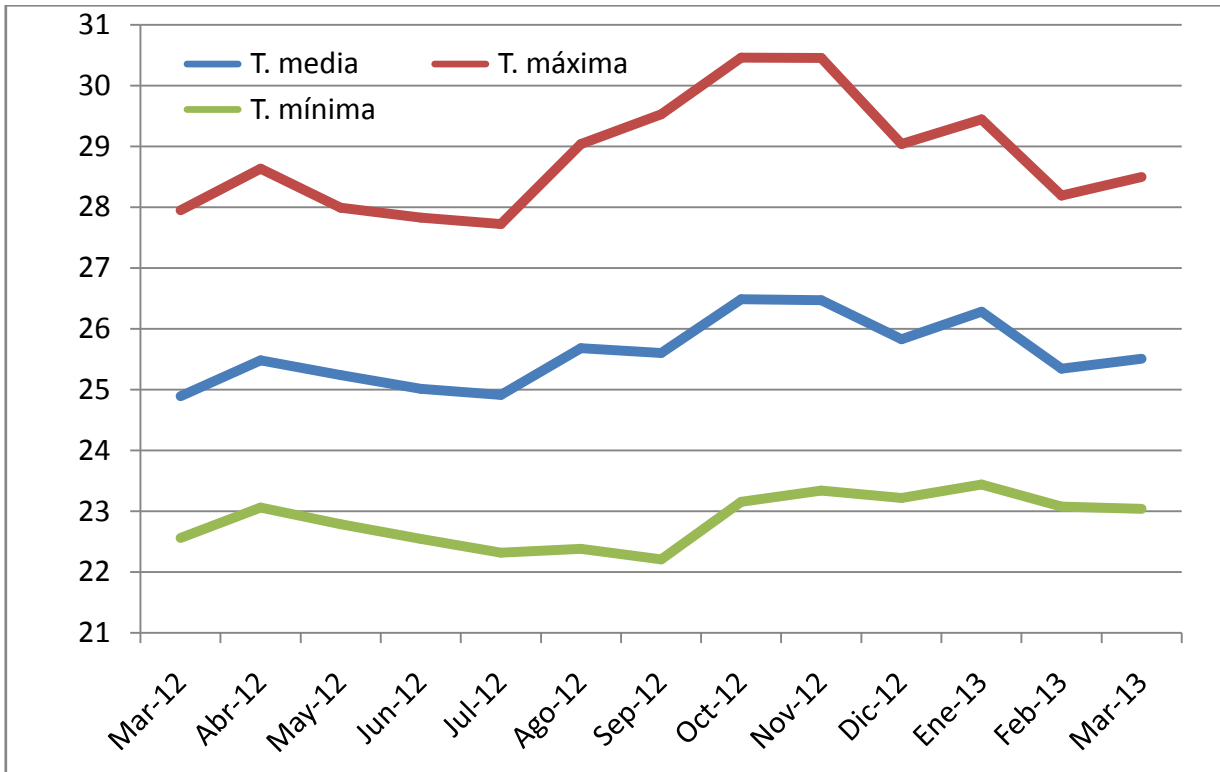


B

Anexo 4. Diagrama general para evaluar la vulnerabilidad de las especies al cambio climático (Tomado de Williams *et al.*, 2008).



Anexo 5. Datos de temperatura media, máxima y mínima desde marzo 2012 a marzo 2013 provenientes del sensor a 20m sobre el suelo (fuente: estación de datos microambientales).



Anexo 6. Pruebas de normalidad de Shapiro Wilk y Kolmogorov-Smirnov para los datos de Temperatura inicial, TCMin, TCMax y SVL de *Hyloxalus yasuni* y *Scinax ruber*.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TinicialTCmaxHyloxalus	,354	19	,000	,472	19	,000
TCMaxHyloxalus	,180	19	,108	,948	19	,359
SVLHyloxalus	,170	19	,153	,939	19	,253
TinicialTcminHyloxalus	,148	19	,200*	,956	19	,497
TCminHyloxalus	,164	19	,190	,923	19	,129
TinicialTcmaxScinax	,126	19	,200*	,947	19	,349
TCmaxScinax	,292	19	,000	,767	19	,000
SVLScinax	,107	19	,200*	,958	19	,533
TinicialTcminScinax	,142	19	,200*	,960	19	,582
TCminScinax	,177	19	,119	,903	19	,055

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Anexo 7. Prueba de *t* Student entre los datos de la microestación y el sitio de refugio de *Hyloxalus yasuni*.

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 RefugioHyloxalus - Microestación	- 1.505,976	2.106,972	82,014	-1.667,016	-1.344,936	-18,362	659	,000

Anexo 8. Prueba de *t* student entre los datos de la microestación y el sitio de actividad de *Hyloxalus yasuni*.

Prueba de muestras relacionadas									
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1 ActividadHyloxalus - Microestación	-941,414	1.779,624	48,257	-1.036,080	-846,748	-19,508	1359	,000	

Anexo 9. Prueba de *t* Student entre los datos de la microestación y el sitio de refugio de *Scinax ruber*.

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 RefugioScinax - Microestación	677,621	1.054,432	32,071	614,693	740,548	21,129	1080	,000

Anexo10. Prueba de *t* Student entre los datos de la microestación y el sitio de actividad de *Scinax ruber*.

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	ActividadScinax - Microestación	547,165	904,160	28,241	491,748	602,582	19,375	1024	,000

Tabla1. Porcentaje de observaciones de los diez tipos de comportamiento registrados para *Hyloxalus yasuni*.

	Comportamiento	Numero de observaciones	Pocentaje (%)	Total de comportamiento por categoría	% de comportamiento por categoría
Comportamientos generales	Forrajear	8	6.723	50	42.02
	Alimentarse	5	4.202		
	Chapuzon	12	10.084		
	Cantos	10	8.403		
Descanso	Salir de la cueva	15	12.605	31	26.05
	reposar en agua	12	10.084		
	Entrar a la cueva	19	15.966		
Huida	Huir a la cueva	14	11.765	38	31.93
	Huir a la hojarasca	12	10.084		
	Huir al rio	12	10.084		
	Total Observaciones	119	100	119	100

Tabla 2. Porcentaje de observaciones de los diez tipos de comportamiento registrados para *Scinax ruber*.

	Comportamiento	Numero de observaciones	Pocentaje (%)	total de comportamiento por categoría	% de comportamiento por categoría
Comportamientos generales	Forrajeando	18	15.254	43	36.44
	Alimentarse	6	5.085		
	Cantando cerca pozas	9	7.627		
	Perchadas	10	8.475		
Descanso	Semienterradas	9	7.627	33	27.97
	Hojarasca del suelo	7	5.932		
	Dormidas a dos metros	17	14.407		
Huida	Zambullirse para huir	14	11.864	42	35.59
	Saltos hacia el pastizal	12	10.169		
	Escalar arboles evitando luz	16	13.559		
Total Observaciones		118	100	118	100

Tabla 23. Tasas de desecación para los cinco sitios de mayor actividad de *Scinax ruber*.

Hora	Repeticiones											
	Modelos permeables (g)						Modelos impermeables (g)					
	1	2	3	4	5	Promedio	1	2	3	4	5	Promedio
18h00 (peso inicial)	5.73	6.69	6.12	6.52	6.61		5.73	6.04	5.9	6.34	5.8	
19h00	5.66	5.47	6.04	6.45	6.55		5.97	5.58	5.83	6.29	7.73	
20h00	5.61	5.39	5.98	6.42	6.52		5.94	5.53	5.8	6.25	5.71	
21h00	5.59	5.34	5.96	6.39	6.51		5.93	5.56	5.8	6.24	5.68	
22h00	5.51	5.27	5.89	6.36	6.49		5.87	5.52	5.77	6.21	5.67	
23h00	5.53	5.16	5.85	6.34	6.46		5.91	5.45	5.75	6.2	5.65	
24h00	5.47	5.09	5.84	6.32	6.45		5.88	5.43	5.74	6.17	5.57	
01h00	5.42	4.98	5.8	6.29	6.43		5.88	5.42	5.72	6.15	5.55	
02h00	5.37	4.92	5.73	6.27	6.38		5.83	5.39	5.7	6.13	5.52	
03h00 (peso final)	5.29	4.87	5.65	6.26	6.37		5.8	5.37	5.67	6.12	5.5	
Peso inicial - Peso final	0.44	1.82	0.47	0.26	0.24		0.02	0.67	0.23	0.22	0.29	
Tasa de pérdida de agua/ hora	0.04	0.18	0.05	0.03	0.02		0.00	0.07	0.02	0.02	0.02	
Porcentaje/hora	0.77	2.72	0.77	0.40	0.36	1.02±0.98	0.03	1.11	0.39	0.35	0.50	0.48±0.40

Tabla 24. Temperaturas críticas máximas y mínimas, de exposición y tolerancias de las dos especies (todos los valores están en °C).

Especie	TCMax	TCMin	Rango de tolerancia (TCMax-TCMin)	TEMax	TEMin	Rango de exposición (TEMax-TEMin)	Tolerancia al calentamiento (TCMax-TEMax)	Tolerancia al enfriamiento (TEMin -TCMin)
<i>Hyloxalus yasuni</i>	32.70	16.07	16.63	25.37	23.31	2.06	7.23	7.24
<i>Scinax ruber</i>	36.88	12.15	24.73	26.61	20.6	5.8	10.28	8.65
Diferencia	4.18	3.92	8.1				3.05	1.41

