UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza

Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

Estado de conservación del sapito arlequín *Atelopus laetissimus* Ruiz-Carranza, Ardila-Robayo, y Hernández-Camacho, 1994 (ANURA: BUFONIDAE)

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza.

HERNAN DARIO GRANDA RODRIGUEZ

Biólogo

SANTIAGO - CHILE.

2017

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

Profesor(a) Guía
Nombre

Pedro Cattan A.

Nota

Firma

Profesor(a) Consejero(a)
Nombre

Jaime Hernández P.

Nota

Firma

Profesor(a) Consejero(a)
Nombre

Cristián Estades M

Nota

Firma

AGRADECIMIENTOS

Durante mi proceso de formación como magister, me han apoyado y ayudado muchas personas.

Quiero agradecer primero a mi esposa Vanessa Henríquez por su apoyo y participar en este viaje a Chile, gracias por tu comprensión y compromiso. A nuestro hijo Matías

A mi familia por siempre estar ahí y nunca abandonarme, por permitirme siempre cumplir mis sueños.

Estoy muy agradeciendo a mi profesor guía Pedro Cattan, por la oportunidad que me dio de formar parte de su equipo de trabajo, por sus consejos y orientación durante el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros de magister sobre todo a Alberto Alaniz, Javier Young, Maelle Monnard, Vanessa Martínez por brindarme una excelente estadía.

A los profesores y funcionarios de la Universidad de Chile por abrirme las puertas al mundo de la Academia

A la comunidad Colombiana en Chile Aminta Salazar, Lizeth Salazar, Wilson Camargo, Carlos Borja, Luis Fuentes, Belus Bravo, Edixon Monsalve por hacer nuestra estadía muy maravillosa.

A Liliana Saboya, Víctor López, Pavol Prokop, Adolfo del Portillo, Miguel De Luque, Andrés Montes, Patricio Hernaez y Gerardo Chaves, por el apoyo técnico y en campo, sin ustedes no hubiera podido desarrollar esta tesis.

A la financiación recibida por parte de la Gobernación del Magdalena

Quiero finalizar agradecimiento a Chile por su calidad de bienvenida, por brindarme una oportunidad más en mi formación, de haber aprendido de su cultura e idiosincrasia. Muchas Gracias Chile

Tabla de contenido

RESUMEN 9
ABSTRACT 11
1 **INTRODUCCIÓN** 12
2 OBJETIVOS 15
2.1 Objetivo general 15
2.2 Objetivos específicos 15
3 MATERIALES Y MÉTODOS 15
3.1 Área de estudio 15
3.2 Método de muestreo 16
3.2.1 Captura y marcaje de individuos 16
3.2.2 Abundancia relativa 17
3.2.3 Densidad poblacional 17
3.2.4 Preferencia de uso de hábitat 17
3.2.5 Selección de microhábitat diurnos 17
3.2.6 Fidelidad de sitios nocturnos 18
3.2.7 Rango de hogar 19
3.3 Percepción social de *A. laetissimus* 19
3.3.1 Área de estudio 19
3.3.2 Prueba piloto 20
3.3.3 Colección de datos 20
3.3.4 Cuestionario 20
3.4 Distribución potencial y pérdida de hábitat 22
3.5 Análisis de los datos 25
4 RESULTADOS 26
4.1 Abundancia relativa y densidad 26
4.2 Preferencia de hábitat 28
4.2.1 Uso de hábitat 28
4.2.2 Fidelidad de sitios nocturnos 29
4.3 Rango de hogar 31
4.4 Percepción social de anfibios 32
4.5 Distribución potencial y pérdida de hábitat 42

4.6 Pérdida de hábitat 45
5 DISCUSIÓN 46
5.1 Abundancia relativa y densidad 46
5.2 Preferencia de hábitat 49
5.3 Rango de Hogar 51
5.4 Percepción social de anfibios 53
5.5 Distribución potencial 56
5.6 Pérdida de hábitat. 57
6 CONCLUSIONES 58
7 BIBLIOGRAFÍA 59
8 APÉNDICES 69

Lista de Figuras

Figura 1. Área de estudio. Fuente: elaboración propia16

Figura 2. Cuadrante de 4 m^2 con los diferentes microhábitats disponibles en la quebrada San Lorenzo.18

Figura 3. Marca de la percha nocturna con identificación de individuos (código), altura y hora de observación.19

Figura 4. Proporción de individuos de A. laetissimus en el sector de San Lorenzo, SNSM. Fuente: elaboración propia28

Figura 5. Juvenil de A. laetissimus sobre la vegetación a 80 cm sobre el suelo. Fuente: elaboración propia.28

Figura 6. Número de individuos recapturados en 12 días.30

Figura 7. Pareja de A. laetissimus en amplexus perchando sobre la vegetación (95 cm sobre el suelo). Noviembre de 2011.30

Figura 8. Rango de hogar de machos de A. laetissimus a lo largo de la quebrada San Lorenzo. En rojo código de los ejemplares.32

Figura 9. Frecuencia de respuesta para nueve grupos de vertebrados, considerados como anfibios. Fuente: elaboración propia.33

Figura 10. Número de encuestados que lograron identificar diferentes especies de anfibios locales. Fuente: elaboración propia.34

Figura 11. Frecuencia de respuesta de los encuestados en escala Likert para la pregunta: ¿Cuán importante son los anfibios en la naturaleza? Fuente: elaboración propia35

Figura 12. Respuesta de los encuestados en escala Likert, si consideran a los anfibios: a) valor medicinal, b) valor alimenticio, c) agradables, d) perjudiciales, e) mascotas. Fuente: elaboración propia.37

Figura 13. Diferencias de respuestas entre grupo de edades si consideran a los anfibios agradables. Fuente: elaboración propia.37

Figura 14. Respuesta de los encuestados en escala Likert, si consideran que los anfibios: a) tiran leche por la piel, b) se inflan hasta explotar, c) generan verrugas en las personas, d) se alimentan de mosquitos, e) vocalizan, f) portadoras de enfermedades. Fuente: elaboración propia.39

Figura 15. a) Diferencias de respuestas entre sexos si consideran que los anfibios se inflan hasta explotar, b) diferencias de respuestas entre sexos si consideran que los anfibios generan verrugas, c) diferencias de respuestas entre grupos de edades si consideran que los anfibios cantan o vocalizan, d) diferencias de respuestas entre grupos de edades si consideran que los anfibios son portadores de enfermedades. Fuente: elaboración propia.40

Figura 16. Clasificación de los encuestados sobre 5 grupos de animales, que consideraban más agradables. P1= posición 1, P2= posición 2, P3= posición 3, P4= posición 4, P5= posición 5. Fuente: elaboración propia.41

Figura 17. a) Respuesta de los encuestados, si conocen o han participado en algún programa de conservación de anfibios, b) Respuesta de los encuestados en escala Likert, si estarían de acuerdo en recibir mayor información de cómo conservar los anfibios. Fuente: elaboración propia.41

Figura 18. Área de extensión de A. laetissimus en la SNSM. Fuente: elaboración propia.42

Figura 19. Mapa del área de estudio muestran la modelación de probabilidad de ocurrencia Modelo de A. laetissimus con máxima entropía. Fuente: elaboración propia.43

Figura 20. Desviación estándar del modelo de probabilidad de ocurrencia de A. laetissimus con máxima entropía. Fuente: elaboración propia.44

Figura 21. Mapa de las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de A. laetissimus en la SNSM. Fuente: elaboración propia.44

Figura 22. Pérdida de cobertura vegetal en la SNSM para los años 2000-2014. Fuente: elaboración propia.45

Figura 23. Pérdida de cobertura vegetal en el área de extensión de A. laetissimus en entre los años 2000-2014. Fuente: elaboración propia.46

Figura 24. Quebradas en la zona norte de la SNSM, localidad de Río Ancho La Guajira, Hábitat de A. laetissimus a 900 msnm. Fuente: Juan David Jiménez49

Figura 25. Individuo de A. laetissimus en Río Ancho La Guajira.49

Lista de Tabla

Agrupación de edades. Fuente: elaboración propia.

. Variables ambientales que más contribuyeron a la distribución del Sapito arlequín A. laetissimus.

RESUMEN

Atelopus laetissimus es un bufónido que habita las quebradas y ríos en las zonas montañosas del sector noroccidental de la Sierra de la Sierra Nevada de Santa Marta y es una especie categorizada como en peligro (EN). Debido a la disminución de varias especies de este género, se ha planteado para ellas la conservación *ex situ. S*in embargo, hay un importante vacío en el conocimiento de su historia natural, por lo que es muy importante realizar estudios de su biología y ecología. En este estudio se planteó como objetivo general analizar en un contexto de conservación, el rango de hogar, las preferencias de hábitat, el efecto de la percepción social y la distribución potencial de *A. laetissimus*. En un primer período se marcaron individuos mediante la técnica de etiquetas numéricas, para determinar la fidelidad de sitio. Además, se estudió la interacción macho-macho por la defensa de estos sitios. En una segunda etapa, se midió el conocimiento de las personas sobre los anfibios locales, por medio de encuestas y una tercera etapa se realizaron modelos de distribución potencial mediante MaxEnt. Como resultados, se observó que *A. laetissimus* usa diferencialmente los sustratos disponibles encontrándose con mayor frecuencia sobre rocas y hojarasca en las horas diurnas y en las horas nocturnas se encuentran sobre hojas de plantas. El rango de hogar no superó 1 m^2 y se observó que individuos que no perchan en la quebrada, sino en el bosque, se movían mucho más, lo que probablemente se deba a que no defienden un territorio como los individuos de la quebrada. El conocimiento de los encuestados fue pobre; la mayoría sólo pudo identificar una especie. Otros reconocieron al menos dos de las mostradas en las pruebas de imágenes y muy pocos lograron superar esa cifra, lo que demuestra una familiaridad muy baja con los anfibios nativos. Para el caso del sapito arlequín, pocos participantes lo reconocieron, pero algunos manifestaron haber visto individuos en paseos turísticos o de carácter académico. Finalmente al modelar el nicho de *A. laetissimus* se encontró que la distribución potencial se restringe a bosques de áreas húmedas del flanco noroccidental y norte de la SNSM. Los resultados indican que el área de ocupación de la especie posiblemente no exceda los 1200 km^2 y que un elevado porcentaje de ésta se encuentra dentro del Parque nacional natural Sierra Nevada de Santa Marta. Es necesario realizar un estudio más detallado con datos de uso de suelo y tipo de bosques, para asegurar la exactitud de la distribución. En general se encontró poca pérdida de hábitat. No se detectó individuos infectados por hongos, ni especies introducidas. Por ello, es probable que esta especie no haya declinado como otras especies de anfibios tropicales como en Costa Rica, Venezuela, Ecuador y panamá.

Palabras claves: Rana Arlequín, Santa Marta, anfibios, Rango de hogar

ABSTRACT

Atelopus laetissimus is a bufonid that inhabits stream and rivers in the mountainous areas of the northwestern sector of the Sierra Nevada Sierra de Santa Marta, a species categorized as endangered (EN). Due to the decrease of several species of this genus, ex situ conservation has been considered, however there is an important gap in the knowledge of its natural history, so it is very important to carry out studies of its biology and ecology. The objective of this study was to analyze the range of habitat, habitat preferences, the effect of social perception and the potential distribution of *A. laetissimus* in a conservation context. In the first period individuals were tagged using the numerical tag technique to determine site fidelity. In addition, male-male interaction was studied by the defense of these sites. In a second stage, people's knowledge about local amphibians was measured through surveys and a third stage was made of potential distribution models using MaxEnt. As a result, it was observed that *A. laetissimus* uses differentially the available substrates being found more frequently on rocks and litter in the daytime hours and in the nocturnal hours they are on leaves of plants. The household range did not exceed 1 m^2 and it was observed that individuals who do not perch in the creek, but in the forest, moved much more, probably because they do not defend a territory like the individuals of the creek. Knowledge of the respondents was poor; most could identify only one species. Others recognized at least two of those shown in the imaging tests and very few managed to exceed that figure, which shows a very low familiarity with native amphibians. In the case of the harlequin toad, few participants acknowledged it, but some said they had seen individuals on tour or academic walks. Finally, in modeling the niche of *A. laetissimus*, it was found that the potential distribution is restricted to forests of moist areas of the northwestern flank and north of the SNSM. The results indicate that the area of occupation of the species probably does not exceed 1200 km2 and that a high percentage of this one is inside the natural National Park Sierra Nevada of Santa Marta. A more detailed study with soil and forest use data is needed to ensure the accuracy of the distribution. In general, little loss of habitat was found. No individuals infected with fungi or introduced species were detected. Therefore, it is likely that this species has not declined like other tropical amphibian species such as Costa Rica, Venezuela, Ecuador and Panama.

Key words: Harlequin toad, Santa Marta, amphibians, home range

1 INTRODUCCIÓN

La pérdida de la diversidad biológica es un hecho que se relaciona, entre otros factores, con la búsqueda de progreso económico del hombre y que ha alcanzado proporciones dramáticas (destrucción de bosques, calentamiento global y extinción de especies), debido a que el medio ambiente ha adquirido estatus de bien económico donde muchos recursos naturales son explotados irregularmente, como el agua y algunas fuentes de energía no renovables, las cuales comienzan a escasear y presentan horizontes de agotamiento previsibles (Ostrom, 2009).

Uno de los casos más llamativos de la pérdida de biodiversidad ha sido la de los anfibios ya que en las últimas décadas se han detectado evidentes disminuciones y en algunos casos extinciones de poblaciones a nivel mundial (Young *et al.* 2001). Este patrón de desapariciones sugiere que varios factores globales, individualmente o en sinergia, puedan estar involucrados (Young *et al.* 2001). Sin embargo, se considera la pérdida de hábitat como el factor más importante en la disminución de especies ya que al menos el 89% de las especies amenazadas sufre este factor, debido a actividades humanas como la conversión de tierras para la agricultura, la explotación maderera, la minería y el desarrollo de infraestructura, incluidas viviendas, industria, caminos y represas (Young *et al.* 2001). Otros factores de disminución son las enfermedades causadas por patógenos, contaminantes químicos, variaciones de clima, introducción de especies y radiación ultravioleta (Blaustein *et al.* 1994; Pounds *et al.* 1997; Berger *et al.* 1998; Broomhall *et al.* 2000; Di rosa *et al.* 2007). Dichas disminuciones se han presentado en todos los órdenes y familias de anfibios, pero especialmente en aquellas especies asociadas a ambientes acuáticos en zonas montañosas (Pounds & Crump 1994; Pounds *et al.* 1997; Lips 1998, 1999; Wells 2007). Estas repentinas desapariciones de especies montanas se notaron simultáneamente en varios países (Young *et al.* 2001; Ron *et al.* 2003; La Marca 2005). En algunas regiones, muchas de las disminuciones se dieron en hábitats aparentemente prístinos, lo cual afirma que las declinaciones no pueden ser explicadas solamente por la destrucción de hábitat.

De 5743 especies de anfibios evaluadas a nivel mundial, se ha encontrado que casi un tercio (1856 especies), están globalmente amenazados y 122 están posiblemente extintas (Stuart *et al.* 2004). Uno de los casos más emblemáticos y preocupante se encuentra en el neotrópico con las ranas arlequines (género *Atelopus),* las cuales tienen

colores muy llamativos y, en algunos casos, coloración del tipo aposemática y de actividad diurna. Durante las últimas décadas estas ranas han disminuido dramáticamente en centro y Sudamérica (La Marca *et al.* 2005). Según La Marca *et al.* (2005) casi todo el género está en peligro de extinción con 81% de las especies incluidas en la Lista Roja de la UICN en la categoría Peligro Crítico. Debido a la pérdida de hábitat, introducción de especies, agentes patógenos y cambio climático se ha producido una alta tasa de disminución que se observa en muchas de sus especies (La Marca *et al*. 2005; Lötters 1996, 2007), Distintos autores señalan que es necesario tomar medidas de manejo y conservación en diferentes áreas de Centro y Sudamérica (La Marca *et al*. 2005; Lötters 1996, 2007). Lotters (2007) sugiere que muchas de las especies de este género deben ser candidatas para la conservación *ex situ*, por la dramática disminución y extinción que presentan.

En la última década ha aumentado el número de publicaciones científicas sobre historia natural de los anfibios, lo que ha facilitado que algunas especies hayan sido propuestas para la conservación *ex situ*. (Urbina-Cardona 2008; Soto-Azat & Valenzuela-Sánchez 2012). Falta aumentar los estudios *in situ* sobre la biología y ecología de los anfibios para planear más integralmente las medidas de conservación; además, en la mayoría de los casos de los proyectos de conservación la problemática se ha evaluado a un nivel técnico-científico, sin tener en cuenta las implicaciones sociales o económicas (Urbina-Cardona 2008), por lo cual es necesario hacer llegar a la comunidad en general los problemas de conservación que enfrentan los anfibios a nivel global. Sobre todo, en estas especies las cuales no son tan carismáticas como los mamíferos o aves. Muchas veces se desconoce la importancia de estas especies en los ecosistemas por parte de la comunidad no científica o han sido considerados “animales asquerosos” (Knegtering *et al.* 2002; Lindemann-Matthies, 2005; Schlegel & Rupf 2010; Tomažič 2011; Ballouard *et al.* 2012; Ceriaco 2012; Hocking & Babbitt 2013; Prokop & Fančovičová, 2013). Esta visión y mala reputación de los anfibios data de muchos años atrás; destaca por ejemplo, la del, zoólogo y botánico Carl Linneo 1778 (Systema Naturae) quien en su clasificación de los anfibios y reptiles comenta lo siguiente:

Estos asquerosos y repugnantes animales se distinguen por tener un corazón con un solo ventrículo, una sola aurícula, dudosos pulmones y doble pene. La mayoría de los anfibios son aborrecibles debido a su frío cuerpo, pálido color, esqueleto cartilaginoso, sucia piel, aspecto feroz, ojo calculador, olor ofensivo, tosca voz, hábito escuálido y

terrible veneno; por lo tanto su creador no ejerció su poder para (crear a) muchos de ellos.

Actualmente aún existen valores negativos hacia los anfibios lo que dificulta la realización de proyectos de conservación en este grupo (Halliday 2008; Ceriaco 2012). Por tal razón, es necesario conocer la percepción social de los anfibios para valorar la conservación desde un nivel más integral y cambiar actitudes negativas para que se apoye a los programas de educación ambiental.

La especie objetivo para el presente trabajo es el sapito Arlequín *A. laetissimus*. **É**ste es endémico de la Sierra Nevada de Santa Marta (de ahora en adelante SNSM) y habita quebradas y ríos en las zonas montañosas en el sector noroccidental. Esta especie está categorizada por la IUCN como en peligro (EN), debido a que su área de extensión aparentemente no supera los 797 km^2 y hay una continua disminución de su hábitat (IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2014). A principio del 2000 se creía que esta especie se había extinguido debido a que no había sido vista en el campo hace más de 15 años y sólo se conocía por su descripción en la década de los noventa (Ruiz-Carranza *et al.* 1994). En 2007 se comunicó el hallazgo de varias poblaciones de *A. laetissimus* en el sector de San Lorenzo, (Granda-Rodríguez & Del Portillo-Mozo 2007, Carvajalino-Fernández *et al*. 2008). Granda *et al.* (2008) estudiaron el uso del hábitat de *Atelopus laetissimus* y caracterizaron su microhábitat en cuanto a la posición horizontal o ubicación con respecto a cuerpos acuáticos, posición vertical o altura, y tipo de sustrato. Se encontró diferencias en la utilización del sustrato entre el día y la noche. Los machos se encontraron con mayor frecuencia sobre rocas y hojarasca en el suelo durante el día, mientras que durante la noche estaban sobre hojas de plantas a más de un metro de altura. Además, estos autores observaron que, en las diferentes épocas de muestreo, los machos de *A. laetissimus* se encontraron cerca de quebradas, a diferencia de las hembras que, mientras no hubo apareamientos, se encontraron más hacia el bosque. Sin embargo, hasta ahora sólo se ha analizado el uso del hábitat, restando por hacer estudios sobre preferencias de hábitat, y de distribución espacial y temporal en la quebrada. Además, un estudio de percepción social sobre la especie permite realizar medidas de conservación más integrales permitiendo vincular en proyectos futuros a la comunidad.

Aunque esta especie está categorizada como en peligro (EN) por la lista roja de la UICN, no está incluida en algún criterio de amenaza en la resolución 0192 de 2014, del ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, ni tampoco existen planes de acción o medidas de conservación propuestas. Por ello, es necesario realizar un acopio de antecedentes y generar más estudios para diseñar medidas de conservación de esta especie.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar en un contexto de conservación, antecedentes sobre el hábitat de *A. laetissimus*, su distribución potencial y la percepción social sobre la especie.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar las preferencias de uso de hábitat y rango de hogar para *A. laetissimus*
- Analizar la percepción de la comunidad rural que habita en la zona de estudio sobre *A. laetissimus*
- Estimar el área de distribución potencial de la especie y la pérdida del hábitat en los últimos años.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

Para el objetivo 1, se usaron datos (**no publicados e inéditos**) de campo obtenidos por el autor durante octubre de 2010 hasta marzo de 2012 (fechas exactas de muestreo del 19 al 25 de octubre de 2010; 30 de marzo al 4 de abril de 2011; 1 al 6 de junio de 2011; 9 al 20 de noviembre 2011; 11 al 21 de diciembre 2011; 14 al 25 de enero de 2012; por último, del 22 de febrero al 2 de marzo de 2012). En la fase de campo se utilizó la metodología que se describe a continuación:

3.1 Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el Corregimiento de Minca, Vereda de San Lorenzo ubicada en el flanco noroccidental de la SNSM, Departamento del Magdalena, Caribe Colombiano (Figura 1) a una altura sobre el nivel de mar de 2100 m. La zona de vida corresponde a bosque muy húmedo montano bajo (Espinal & Montenegro 1963). La precipitación media

anual es de 2622 mm y una temperatura media anual de 13.6°C. El régimen de precipitación es unimodal con un periodo seco entre los meses de diciembre a marzo y un periodo lluvioso que va de abril a noviembre. Se escogió la quebrada San Lorenzo debido a que estudios anteriores (Granda *et al*. 2008), reportaron alta abundancia de la especie. Además, por estar en jurisdicción de Parques Nacionales, hay menos circulación de personas que podrían afectar los muestreos. La quebrada San Lorenzo, posee un bosque secundario poco intervenido y está ubicada en la zona de amortiguación del Parque Natural Nacional SNSM. Se caracteriza por ser ligeramente inclinada, con sotobosque poco expuesto a la incidencia de luz con escasa visibilidad horizontal (Cuadrado-Peña 2005).

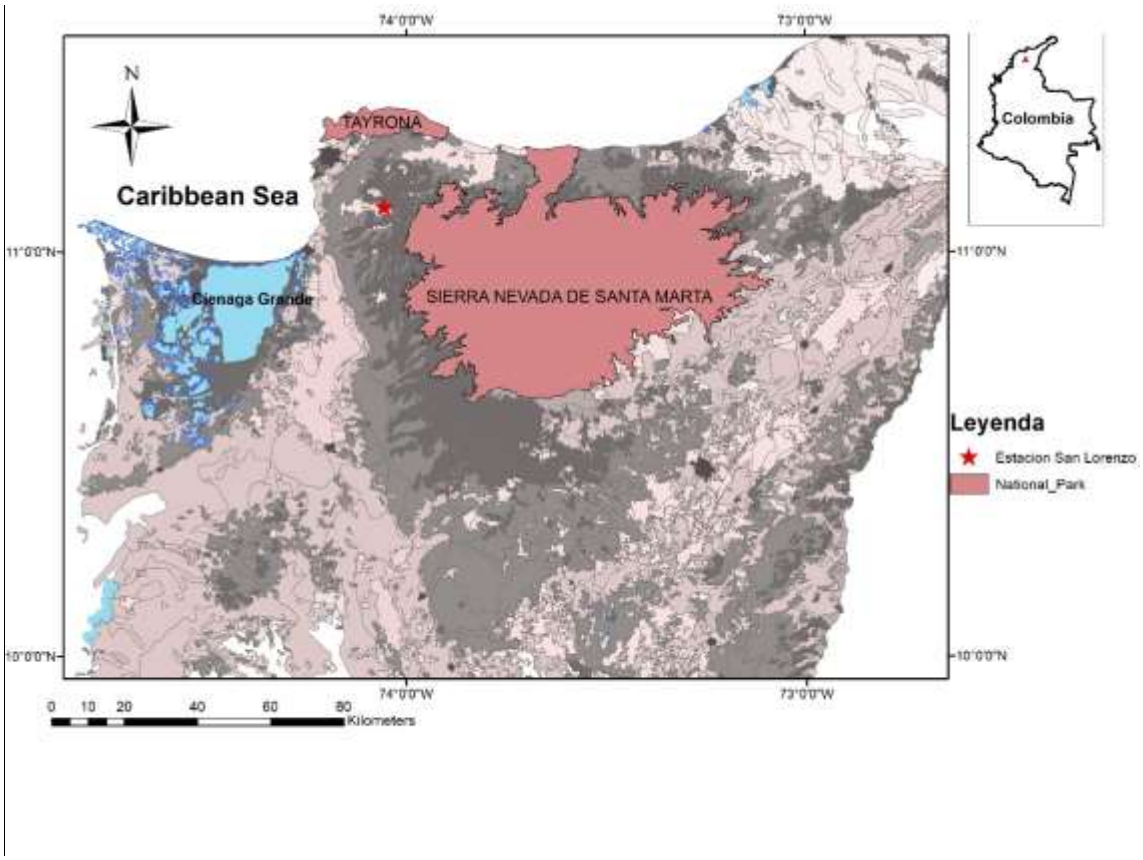

Figura *1*. Área de estudio.

3.2 Método de muestreo

3.2.1 Captura y marcaje de individuos

Las capturas se realizaron manualmente y para identificar individualmente a cada ejemplar en el área de estudio se utilizó la técnica de etiquetas numéricas (*visible implant alpha tags*,

Northwestern Marine Technology Inc.). Esta técnica consiste en implantar una pequeña etiqueta (estándar 1.5 mm x 2.5 mm), debajo de la piel de la especie de estudio. La etiqueta es invisible a simple vista, requiriendo el uso de una linterna fluorescente para hacer visibles estas pequeñas marcas. Se etiquetaron, en total, 60 individuos de *A. laetissimus*

3.2.2 Abundancia relativa

Para determinar la abundancia relativa se realizaron muestreos entre 9.00-12:00, 14:00-17:00 y 18:00-21:00, mediante búsqueda por encuentro casual (Crump & Scott 1994), buscando activamente en los microhábitats. El esfuerzo de muestreo fue de 84 horas/hombre.

Siguiendo la propuesta de Angarita-M *et al.* (2015) se clasificó la abundancia relativa en "muy raras" (VR) sí se observó entre 0.1-0.24 individuos por hora × observador; "Raro" (R) sí se observó entre 0,25 - 0,49; "Común" (C) si se observó entre 0,50- 0,74; "Abundante" (A) si se observó entre 0,75-0,99; Y "muy abundante" (MA) si se observó entre 1,0 o más

3.2.3 Densidad poblacional

Para determinar la densidad poblacional se realizaron 40 transectos de bandas estrechas (Jaeger 1994), 20 dentro de la quebrada y 20 en el bosque cercano a la quebrada. El método consiste en que dos o más personas caminen lentamente a lo largo de un transecto y cuidadosamente busquen individuos a cada lado. Este método además permite estimar la densidad de la especie. Las dimensiones de los transectos fueron de 20 m x 4 m, y los recorridos se realizaron entre las 9.00-12:00 y 14:00-17:00.

3.2.4 Preferencia de uso de hábitat

Para determinar las preferencias de uso de hábitat en *A. laetissimus* se propuso: 1) determinar fidelidad por uso de sitios nocturnos, 2) Comprobar si existe selección por algún determinado tipo de micro hábitat diurno

3.2.5 Selección de microhábitat diurnos

Los muestreos para este objetivo se realizaron en la mañana 8:00 am - 11:00 am. Los microhábitats que utilizó cada individuo de *A. laetissimus* se establecieron mediante observación directa en su sitio de ubicación y se reportó cada sustrato o percha que utiliza

(hojarasca, piedras, troncos caídos entre otros). Con el fin de conocer la disponibilidad de microhábitats que podría utilizar la especie en la zona de estudio, se realizaron 15 cuadrantes de 4 m^2 a cada lado de la quebrada donde se midió el porcentaje de cada microhábitat disponible (Figura 2).

Figura 2. Cuadrante de 4 m^2 con los diferentes microhábitats disponibles en la quebrada San Lorenzo.

3.2.6 Fidelidad de sitios nocturnos

Para determinar la fidelidad a sitios de descanso nocturno se realizaron muestreos de búsqueda directa de los individuos marcados de *A. laetissimus* en la quebrada San Lorenzo entre las 19:00 y 22:00 horas. Para cada individuo recapturado se marcó su ubicación (sitios de descanso nocturno) por medio de una cinta amarilla, las cuales se colocaron a una distancia determinada del sitio de observación y se marcó el código del ejemplar, altura, la fecha y hora de captura (Figura 3). Estas observaciones se realizaron durante 3 días consecutivos, buscando determinar si los ejemplares permanecían en el mismo sitio en que fueron encontrados el primer día. No se tomaron más días consecutivos debido a que la manipulación generaba estrés en los individuos.

Figura 3. Marca de la percha nocturna con identificación de individuos (código), altura y hora de observación.

3.2.7 Rango de hogar

Para determinar el rango de hogar en la quebrada San Lorenzo se dividió en segmentos separados con mojones marcados, ubicados cada cinco metros a lo largo de la quebrada en 300 m lineales. Esto con el objetivo de ubicar a los individuos espacialmente dentro de la cuadrícula y generar coordenadas X y Y. Los muestreos para este objetivo se realizaron mensualmente y se muestrearon un total de seis días en dos sesiones de tres días consecutivos, con tres días de intervalo entre ellos, para que los individuos no se estresaran. Además las horas del muestreo se intercalaron comenzando el primer día entre las 8 am – 11 am y 2 pm – 4 pm, el segundo día 6 am – 9 am y 1 pm – 3 pm y el tercer día 9 am – 12 m y 3 pm – 5 pm, para ver los movimientos de *A. laetissimus* en diferentes horas.

3.3 Percepción social de *A. laetissimus*

3.3.1 Área de estudio

El Distrito turístico, cultural e histórico de Santa Marta posee una población total de 483.861 habitantes, de los cuales 466.327 se encuentran en la zona urbana y 17.538 en la zona rural (PDD 2016). Este distrito está dividido en tres localidades en la zona urbana y en cuatro corregimientos en la zona rural los cuales son: Bonda, Guachaca, Taganga y Minca

(PDD 2016). En este último corregimiento Minca es donde se encuentra *A. laetissimus* a partir de los 1500 msnm (Carvajalino-Fernández *et al.* 2014). Por tal razón para el objetivo 2, se realizaron encuestas en el mes de marzo de 2017 en el corregimiento de Minca, en las veredas de San Lorenzo, Vista Nieve, El Campano y Bella Vista.

3.3.2 Prueba piloto

Para conocer la percepción social de los habitantes, se realizó una prueba piloto con 30 personas en edades comprendidas entre los 15 y 80 años en el corregimiento de Minca, además se escogió una proporción igual entre hombres y mujeres. Las preguntas fueron contestadas de forma clara y sencilla por los encuestados, además no tuvieron una duración de más de 10 minutos.

3.3.3 Colección de datos

En marzo de 2017, época seca en la zona, 200 participantes se seleccionaron al azar (94 mujeres y 106 hombres), en edades comprendidas entre 10 años y 87 años (24 ± 14,5) los cuales fueron abordados en lugares bien visitados como parques, cementerios, mercados y, en el caso de los jóvenes, en las escuelas (institución educativa distrital agroindustrial de Minca y el I.E.D agroecológica Sagrado corazón de Jesús en Vista Nieve). Se les preguntó si estarían dispuestos a participar en un breve cuestionario escrito (véase el apéndice) con prueba de imágenes. Alrededor del 90% de las personas atendidas acordaron participar. Los otros no tenían tiempo o no proporcionaban una razón para su desacuerdo. La entrevista requirió aproximadamente 10 minutos en ser contestada. En todos los ejercicios de recopilación de datos, el anonimato se garantizó a los participantes del estudio.

3.3.4 Cuestionario

Debido a que la encuesta piloto arrojó que las preguntas eran claras para los encuestados, se realizó esta misma encuesta sin modificación de preguntas la cual buscaba conocer cuánto saben las personas sobre la especie de interés (*A. laetissimus*) y preguntas generales sobre los anfibios. El cuestionario se basó en preguntas similares a los estudios de Nates & Lindermann-Matthies (2014, 2015a). La encuesta se realizó de manera personal, debido a que la zona no cuenta con direcciones exactas y no se conoce el número de hogares con Internet

El cuestionario tenía una primera parte con preguntas de información básica como edad, sexo, nivel de estudio y ocupación. Luego se realizaron preguntas sobre el conocimiento de los anfibios, debido a que según Nates & Lindemann-Matthies (2014) la familiaridad con los anfibios en algunas de regiones de Colombia es bastante pobre y tienden a confundir los reptiles con los anfibios. Por tal razón se hizo una prueba de imagen donde se mostraron 9 taxa: perro, gato, tortuga, serpiente, rana, sapo, lagartija, salamandra y cecilia. Se les preguntó qué eligieran cuál era un anfibio (ver apéndice I).

Para investigar la capacidad de los participantes del estudio para identificar a las ranas, se realizó una prueba de imagen. Cuatro ranas que se presentan con frecuencia en la región de estudio fueron seleccionadas y presentadas a los participantes en las fotografías. También se incluyó una rana exótica para controlar la percepción de las especies locales por parte de los participantes. Se pidió a los participantes que identificaran las especies por su nombre común e indicaran si están presentes en el área.

Las fotografías de las especies que se presentaron fueron:

Rhinella terribilis (Wiegmann 1833), especie común en la región Caribe colombiana es muy común encontrarla en zonas urbanas. Con nombre de Sapo común. *A. laetissimus* especie endémica de la SNSM, de actividad diurna y presente en quebradas. *Leptodactylus* fuscus (Schneider 1799), conocida como Rana picuda o silbadora, es común encontrarla en las tierras bajas del Caribe Colombiano. *Boana pugnax* (Schmidt 1857) Pertenece a la familia Hylidae, es una rana común que habita en zonas semiurbanas en la región Caribe Colombiana, sobre todo en cultivos de plátanos, por la cual es llamada rana platanera. *Calyptocephalella Gayi* (Duméril & Bibron 1841), especie endémica de Chile. No presente en Colombia

Se puso gran cuidado en la selección de fotografías adecuadas. Las fotografías (todas digitales) eran de buena calidad, tomadas bajo condiciones de luz similares y con la intención de presentar a la especie en su mejor momento (Apendice II, III y IV).

En tal caso que los encuestados lograran identificar al sapito arlequín, se les hizo una pregunta extra de cuántos habían observado en un día y tal caso que no lograran identificarlo, se continuaba con la siguiente pregunta.

La voluntad de las personas de proteger o conservar ciertas plantas o animales puede depender de sus actitudes hacia ellos y algunos mitos que se han presentado en la región Caribe por el mestizaje (Kellert 1985; Legast 1987; Balmford *et al.* 2002; Carabali-Angola &

Mejía 2006; Lindemann-Matthies 2005, 2006). Por lo tanto, se pidió que indiquen valor medicinal, valor alimenticio, útil, hermosos, valor de conservación, si son perjudiciales, etc. Las preguntas se expresaron sobre la escala de Likert de cinco pasos, que va desde 1: totalmente en desacuerdo, 2: en desacuerdo, 3: ni de acuerdo/ni desacuerdo, 4: de acuerdo al 5: totalmente de acuerdo. Se consultó a los encuestados si habían participado en programas de conservación de anfibios. Estas preguntas se plantearon debido a la proximidad de la zona con la reserva de aves el Dorado de la fundación Proaves y de la jurisdicción de entidades ambientales como la corporación regional del magdalena (Corpamag) y Unidad de Parques Nacionales de Colombia que a veces ofrecen programas de conservación, incluyendo información sobre amenazas a especies de anfibios locales.

Por último se les preguntó a los encuestados si estarían dispuestos a recibir mayor información de cómo conservar a los anfibios.

3.4 Distribución potencial y pérdida de hábitat

Para determinar la distribución potencial se utilizaron datos disponibles de colectas y registros de *A. laetissimus* de diferentes localidades suministradas por colecciones biológicas y artículos científicos, con el fin de conocer su área de extensión (Tabla 1). Se obtuvieron 19 capas ambientales de Worldclim (Hijmans *et al.* 2004, Tabla 2), además de coberturas como elevación, huella humana (*footprint*) y radiación solar (escala de 1 km Fick & Hijmans 2017). Primero, se exploraron los datos a través de un modelo de prueba usando todas las variables ambientales con una técnica de validación cruzada en MaxEnt (Phillips *et al.* 2006). Se eliminaron del modelo las variables con más de 0.7 de índice de correlación y con menor aporte al modelo exploratorio. Se determinó la normalidad de los datos a través de una prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente con el fin de reducir el sobreajuste del modelo, se determinó la colinearidad de los datos utilizando una prueba de correlaciones parciales mediante Spearman. Esto con el fin de generar modelos de distribución con el software MaxEnt. Este programa modela la distribución de especies como una función de las variables ambientales basándose en el algoritmo de máxima entropía, el cual hace predicción con datos de presencia (Phillips *et al.* 2006). Se empleó una técnica de construcción y evaluación de modelos de distribución potencial novedosa, desarrollada por Pearson *et al.* (2007), basada en una partición tipo Jackknife diseñada específicamente para obtener la distribución de modelos de distribución potencial en situaciones donde el número de localidades de presencia es bajo (<25 localidades), el cual ha generado

resultados aceptables cuando ha sido aplicado a especies endémicas o en riesgo de extinción (van Proosdij *et al*. 2016).

Se generó un modelo con siete réplicas usando un 65% de los datos para entrenamiento y 35% para prueba, ya que se considera que un cuarto de la muestra es suficiente para probar el modelo sin afectar el tamaño de muestra (ver Puschendorf *et al.* 2008). Se utilizó la técnica boostrap en MaxEnt, debido al bajo número de localidades. En el bootstrapping el muestreo es con reemplazo, lo que significa que los registros de presencia se pueden utilizar más de una vez en el conjunto de datos de validación para cada réplica (Phillips & Dudík 2008). Se utilizó como modelo final el modelo promedio (*average*) ± su desviación estándar. Debido a que representa la suma de las probabilidades existentes de cada modelo individual de distribución generado para *A. laetissimus* de acuerdo con el método de evaluación propuesto por Pearson *et al.* (2007)

Tabla 1. Localidades reportadas para *A. laetissimus*.

Localidades	Coordenada X	Coordenada Y	altura (m)	Autor
Estación San Lorenzo	-74.0543917	11.1116833	2100	Granda *et al.* 2008
la cascada	-74.1781944	11.1672222	1560	Carvajalino *et al*. 2013
San pedro	-74.0894639	10.8951944	2010	Saboya & Flórez 2007
Cuchilla hierba buena	-74.0110556	10.8888889	1985	Saboya & Flórez 2007
Palmichal bajo	-74.00625	10.8931667	1720	Saboya & Flórez 2007
Palmichal	-74.0300278	10.8966944	1700	Saboya & Flórez 2007
Alto valle del río Buritaca	-73.9354667	11.0224917	2880	Ruiz *et al.* 1994
Betoma 1	-74.0663611	11.1092222	2140	Granda *et al*. 2008
Betoma 2	-74.0615833	11.11175	2093	Granda *et al.* 2008
Rio ancho	-73.5692833	11.1209778	900	Rueda & Warkentin 2016
Quebrada san Lorenzo	-74.0501389	11.1155639	2114	Granda *et al.* 2008
Quebrada san Lorenzo	-74.05005	11.1156139	2125	Granda *et al*. 2008

Localidades	Coordenada X	Coordenada Y	altura (m)	Autor
Quebrada san Lorenzo	-74.0502639	11.1155667	2109	Granda *et al*. 2008
El Dorado	-74.0564333	11.1337194	1700	Granda *et al*. 2008

Tabla 2. Variables climáticas tomadas de *Wordclim*. Fuente: http://www.worldclim.org/

Variable	Identificación
Bio 1	Temperatura media anual,
Bio 2	Rango de temperatura media diurna (media mensual de (temperatura máxima-temperatura. mínima)
Bio 3	Isotermalidad (bio2/bio7)*100,
Bio 4	Estacionalidad de temperatura (desvío estándar *100)
Bio 5	Temperatura máxima del mes más cálido
Bio 6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio 7	Rango de temperatura anual (bio5-bio6)
Bio 8	temperatura media del cuarto más húmedo
Bio 9	Temperatura media del cuarto más seco
Bio 10	Temperatura media del cuarto más cálido
Bio 11	Temperatura media del cuarto más frío
Bio 12	Precipitación anual
Bio 13	Precipitación del mes más húmedo
Bio 14	Precipitación del mes más seco
Bio 15	Estacionalidad de precipitaciones (coeficiente de variación)
Bio 16	Precipitación del cuarto más húmedo
Bio 17	Precipitación del cuarto más seco
Bio 18	Precipitación del cuarto más cálido
Bio 19	Precipitación del cuarto más frío (cuarto= período de tres meses)

Para determinar la pérdida de hábitat se analizaron imágenes *Landsat* (Version 1.3) tomadas de Hansen *et al*. (2013) y modificadas para el área de distribución de la especie de estudio en la SNSM. Estos autores mapearon el alcance, la pérdida y la ganancia de la

cobertura forestal global para el período de 2000 a 2014 con una resolución espacial de 30 m, con una pérdida asignada anualmente. Se analizó la pérdida global de la cubierta forestal 2000-2014 mediante el software ArcGis 10.1 donde se determinó el área perdida para ese periodo.

3.5 Análisis de los datos

La abundancia relativa: se calculó como el número de individuos en cada muestra con respecto al esfuerzo de captura expresada en individuos/horas/persona (Ind/h/pers. tomado y modificado de Lips 1999).

Densidad poblacional: Para comparar la densidad de *A. laetissimus* entre el bosque y la quebrada se realizó una Prueba no paramétrica de U Mann-Whitney para dos muestras independientes con un α de 0.05.

Selección de microhábitat diurno: Para comprobar si *A. laetissimus* exhibe selección por un determinado tipo de microhábitat se comparó el uso y disponibilidad de las diferentes categorías a través de una prueba Chi cuadrado. (Molina-Zuluaga & Gutiérrez-Cárdenas 2007). La disponibilidad se determinó mediante cuadrantes en los cuales se tomaba el porcentaje que ocupaba cada microhábitat en los cuadrantes. Se asumió que la especie exhibía selección cuando la proporción de uso de las categorías de percha fue diferente a su disponibilidad. Con el fin de determinar cuál o cuáles categorías estaban siendo seleccionadas se repitió el análisis después de remover las categorías más abundantes, o aquellas que a simple vista parecían ser usadas de manera desproporcionada a su disponibilidad. Cuando este análisis no mostró diferencias entre las proporciones de uso y disponibilidad, consideramos que la categoría excluida fue seleccionada por la especie (Molina-Zuluaga & Gutiérrez-Cárdenas 2007).

Fidelidad de sitios nocturnos: Mediante presencia-ausencia se determinó si la especie presenta fidelidad de sitios nocturnos (lugares donde percha) en la quebrada San Lorenzo y se realizó una prueba de Chi cuadrado de homogeneidad con un α de 0.05.

Rango de hogar: para estimar el tamaño del rango de hogar de *A. laetissimus* se realizó el método de los polígonos convexos mínimos (Mohr 1947). Este método tiene ventajas sobre otros métodos ya que es simple de calcular, incluso en el campo es adecuado con un número de observaciones y se basa en las observaciones reales del animal (Frutos *et al*.

2007). Sin embargo puede verse afectado por tamaños de muestras pequeñas y se necesitan más de 4 recapturas para poderse realizar.

Análisis de la encuesta

Se utilizó estadística descriptiva básica para adquirir valores medios y frecuencias para cada componente o grupo de datos. Debido a que los datos no presentaban normalidad se realizó una prueba de Kruskal Wallis para ver si había diferencias significativas entre mujeres y hombres; esto se realizó solamente para las preguntas 4, 5 y 6 del cuestionario. Además se realizó una agrupación de edades (Tabla 3), con el fin de realizar comparación y ver si había diferencias estadísticas significativas entre estos, esto también se realizó solamente para las preguntas 4, 5 y 6.

Tabla 3. Agrupación de edades. Fuente: elaboración propia.

DE	Hasta	Frec.	Frec. Relat.	DEFINE	CODIFICA
10	14	25	13%	Menores	1
15	17	86	43%	Adolescentes	2
18	29	40	20%	Jóvenes	3
30	87	49	25%	Adultos	4
TOTALES		**200**	**100%**		

4 RESULTADOS

4.1 Abundancia relativa y densidad

Para *A. laetissimus* se observaron 447 individuos, 16 hembras, 3 juveniles (Figura 5) y 428 machos, (los datos morfológicos se resumen en la tabla 4) en siete salidas de campo en la localidad de San Lorenzo, de los cuales se marcaron 61 individuos mediante las etiquetas numéricas. En febrero de 2012 fue donde se observó un mayor número de individuos con una abundancia relativa de 3,75 ind/h/pers y junio fue donde se observó menor abundancia, siendo una especie muy abundante (Tabla 5 y figura 4).

Tabla 4. Datos morfológicos para *A. laetissimus*. Entre paréntesis el error estándar

Sexo	Número de individuos	LRC (mm)	Peso (gr)
Hembras	*16*	*53,46 ± (3,06)*	*9,1 ± (1,25)*
Juveniles	*3*	*31,53± (1,96)*	*1,8± (0,81)*
Machos	*428*	*39,65 ± (1,82)*	*4,3 ± (0,60)*

Tabla 5. Abundancia relativa para *A. laetissimus* en diferentes épocas de muestreo. Fuente: elaboración propia

Sitio	Fecha	Individuos	Abundancia (Ind/h/pers)
Q. San Lorenzo	*19 – 25 / oct 2010*	39	1.63
	30 Mar- 4 abr / 2011	45	1.88
	1 -6 / jun / 2011	32	1.33
	9 -20 / nov / 2011	85	3.54
	11 - 21 / Dic / 2011	81	3.38
	14 - 25 / enero / 2012	75	3.13
	22 feb – 2 mar / 2012	90	3.75

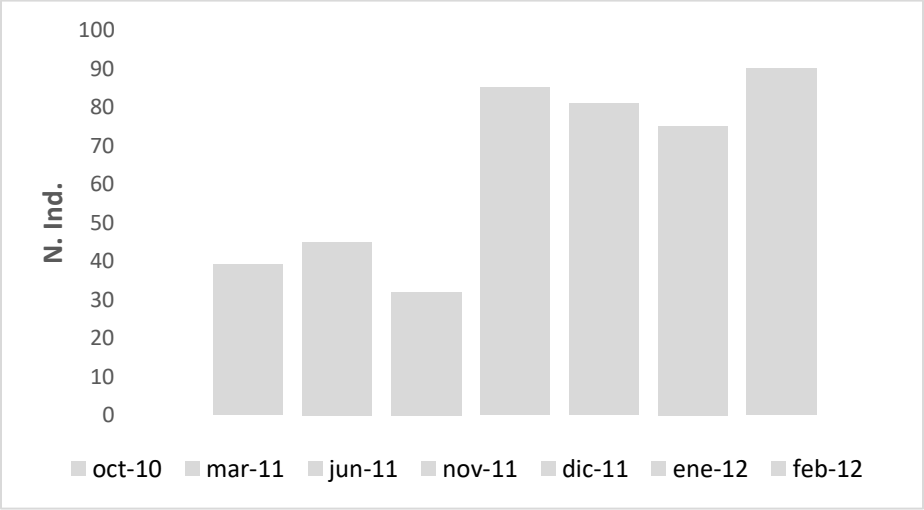

Figura 4. Cantidad de individuos de *A. laetissimus* registrados en el sector de San Lorenzo, SNSM.

Figura 5. Juvenil de *A. laetissimus* sobre la vegetación a 80 cm sobre el suelo.

En cuanto a la densidad poblacional se encontró un promedio de 0,04 ind/m^2 (40 transectos) además existen diferencias significativas entre el bosque y la quebrada (U= 122.5, P = 0.03; n= 40, U Mann-Whitney), donde la quebrada mostró mayor densidad de individuos que el bosque aledaño.

4.2 Preferencia de hábitat

4.2.1 Uso de hábitat

A. laetissimus es una especie que utiliza diferentes sustratos en la quebrada San Lorenzo encontrándose en 7 diferentes microhábitats, siendo las rocas y la hojarasca los sustratos con mayor frecuencia de registro de individuos (Tabla 6). En cuanto a la disponibilidad de sustrato en la quebrada San Lorenzo se encontró una mayor disponibilidad de rocas y hojarascas, que los otros sustratos (Tabla 6). Además, existieron diferencias significativas

en la tasa de uso de los diferentes sustratos (χ^2= 138 P < 0.05; 6 gl). Al excluir del análisis las rocas y hojarasca se siguieron encontrando diferencias significativas (χ^2= 136 P < 0.05; 4 gl) entre el uso y la disponibilidad, lo que muestra que no hubo selección por este tipo de perchas o podría significar que hay selección por más de un tipo. Dado que la frecuencia de uso de rocas y hojarasca no fue diferente a su disponibilidad, pero al excluir el suelo descubierto y helechos no encontramos diferencias en la proporción de uso y disponibilidad (χ^2= 8 P < 0.05; 4 gl), lo que muestra que hubo selección por este tipo de perchas. Dado que la frecuencia de uso de estas perchas fue mayor que su disponibilidad, se considera que ocurrió selección a favor de ellos

Tabla 6. Frecuencia de individuos de *A. laetissimus* respecto a diferentes tipos de sustratos y la disponibilidad de estos en la Quebrada San Lorenzo.

Sustrato	Individuos	Disponibilidad de microhábitat (%) ←
Roca	49	58.6
hojarasca	28	27.6
Otros	5	3
Helechos	3	0.66
Hojas	9	5
Suelo descubierto	12	1
Troncos caídos	7	4

4.2.2 Fidelidad de sitios nocturnos

De los 61 ejemplares de *A. laetissimus* marcados, 31 fueron recapturados al menos una vez durante el período de estudio, lo que representa un 51% de recapturas en la quebrada San Lorenzo. La altura promedio a la que se encontraron los individuos fue de 73 cm ± 48.4 cm. De los 31 individuos recapturados, el 93.5% fueron observados en el mismo sitio la noche siguiente, la segunda noche solo se encontró el 58%, la tercera noche un 67% hasta las últimas noches que fue bajando la frecuencia de ocurrencia en las perchas nocturnas con un 9.7 (Figura 6). Esta alta frecuencia por la fidelidad de pecha nocturna indica que es estadísticamente significativa (χ^2 = 171, P < 0.05; 11 gl), siendo una especie que posee alta fidelidad por la pecha nocturna (Figura 7)

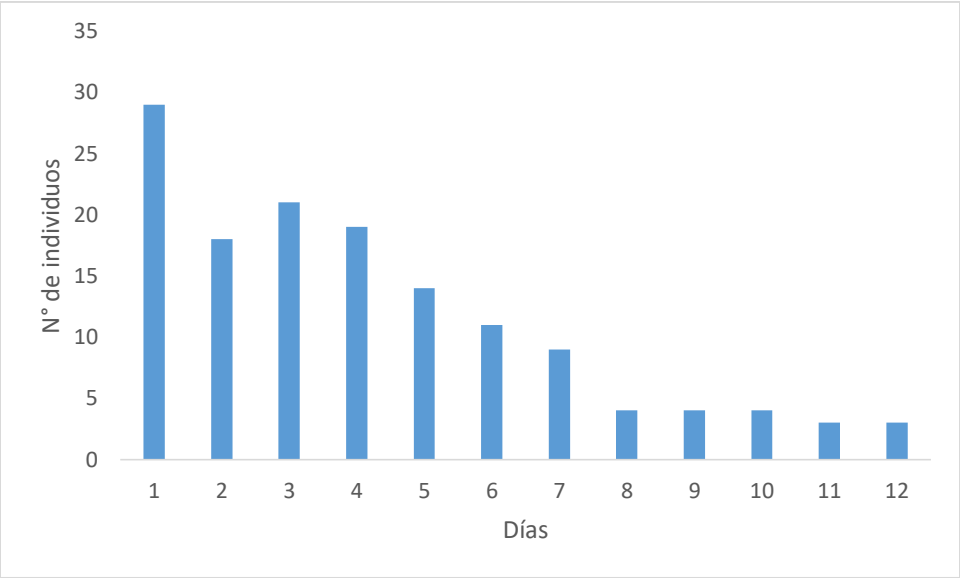

Figura 6. Número de individuos recapturados en 12 días.

Figura 7. Pareja de *A. laetissimus* en amplexus perchando sobre la vegetación (95 cm sobre el suelo). Noviembre de 2011.

4.3 Rango de hogar

De los 61 ejemplares de *A. laetissimus* marcados, solamente 6 individuos fueron recapturados al menos cuatro veces durante el período de estudio. El rango de hogar calculado en promedio fue de 0.35 $m^2 \pm 0.21$ (Figura 8). Los individuos (machos) marcados se encontraron en la quebrada San Lorenzo, durante el día y en la noche se desplazaban en promedio dos metros lineales hacia los sitios de descanso (Tabla 7). Siendo una especie que tiene un rango de hogar en tres dimensiones, sin embargo, en este estudio solo se midió el rango de hogar diurno (dos dimensiones). Solo hubo solapamiento del rango de hogar entre dos individuos (A4 y A1), sin embargo, era común ver machos luchando tanto en el día como en la noche por estos sitios.

Tabla 7. Rango de hogar para *A. laetissimus*

Código del ejemplar	Rango de hogar (m^2)	Número de capturas	Desplazamiento lineal al sitio de descanso nocturno (m)	Altura de percha (m)
A4	0.11	7	2.5	120
A44	0.47	5	1.2	20
A49	0.33	8	3	80
A1	0.54	5	0.8	100
A61	0.10	10	1.8	48
A36	0.59	5	2.2	168

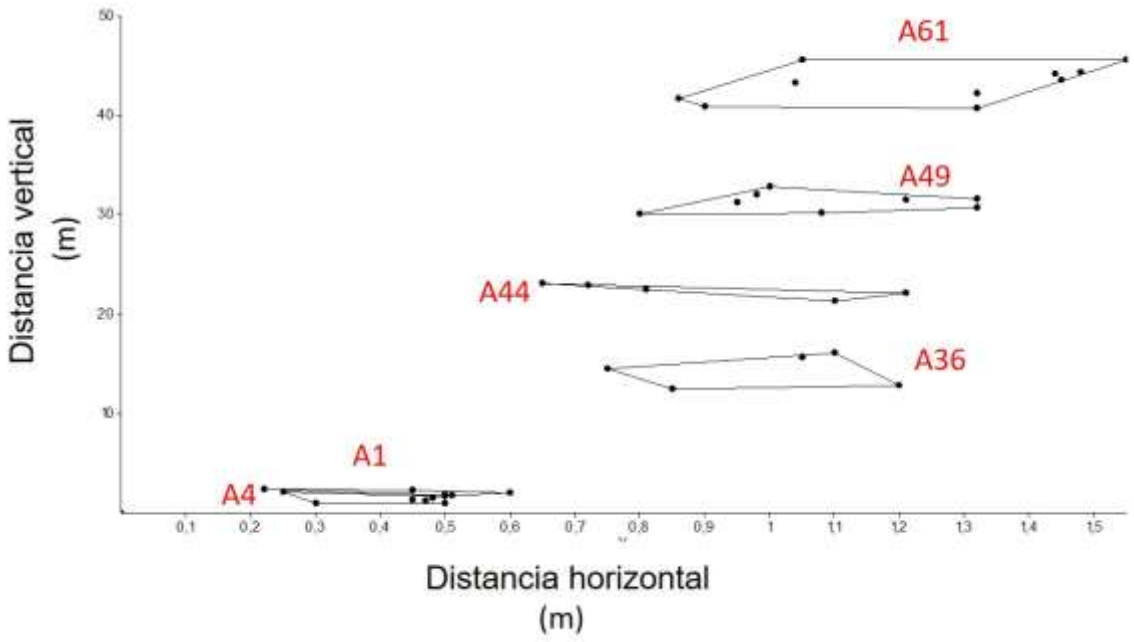

Figura 8. Ubicación de seis individuos de *A. laetissimus* a lo largo de la quebrada San Lorenzo. En rojo código de los ejemplares.

4.4 Percepción social de anfibios

La prueba de imagen con nueve grupos de vertebrados arrojó que los encuestados consideraban con mayor frecuencia un anfibio a los sapos los cuales tuvieron un 84,5% de respuesta, seguido de las ranas con un 59,5%, las salamandras con un 54,5% y por último las Cecilias con un 21,5% (Figura 9). Dentro de los no anfibios, las lagartijas tuvieron una alta frecuencia de respuesta con un 35,5% al igual que las serpientes y tortugas que a menudo eran considerados como anfibios por los encuestados.

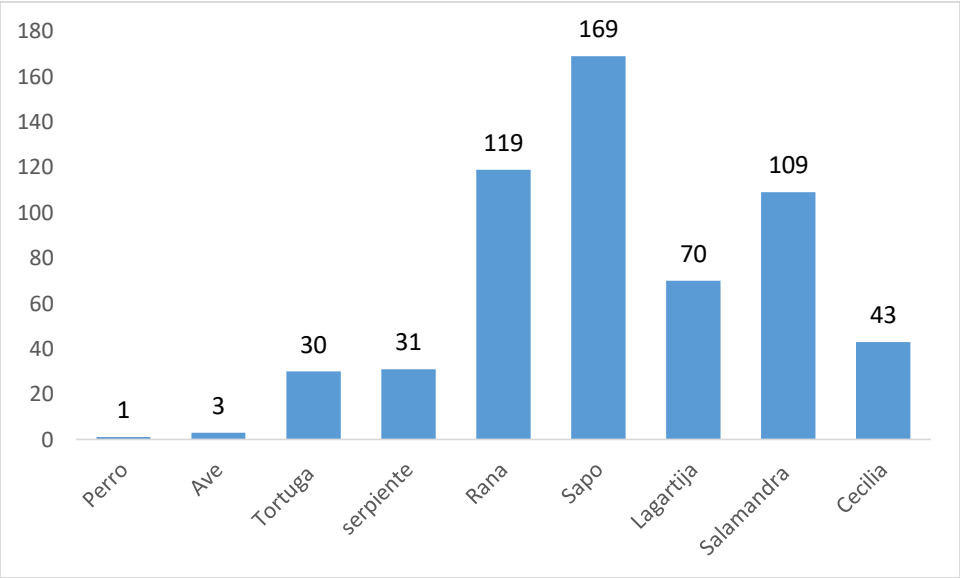

Figura 9. Frecuencia de respuesta para nueve grupos de vertebrados, considerados como anfibios.

La encuesta arrojó que la familiaridad con anfibios locales es pobre sólo el 72% de los participantes podrían nombrar un anfibio, el 34% podría nombrar al menos dos anfibios, el 7% podría nombrar al menos tres anfibios y un 2.5% de los encuestados podría nombrar al menos cuatro anfibios. Solamente dos encuestados identificaron a la Rana chilena (*C. gayi*) como presente en la zona. El anfibio más familiar para los encuestados fue *Boana pugnax* (Rana platanera), seguida por *R. horribilis* (Figura 10). En cuanto a la rana arlequín solo 13 encuestados pudieron identificarla y estos encuestados señalaron que en promedio habían visto entre uno y tres sapitos. Además comentaron que la habían logrado ver en la quebrada San Lorenzo cuando fueron de visita turística o con la escuela.

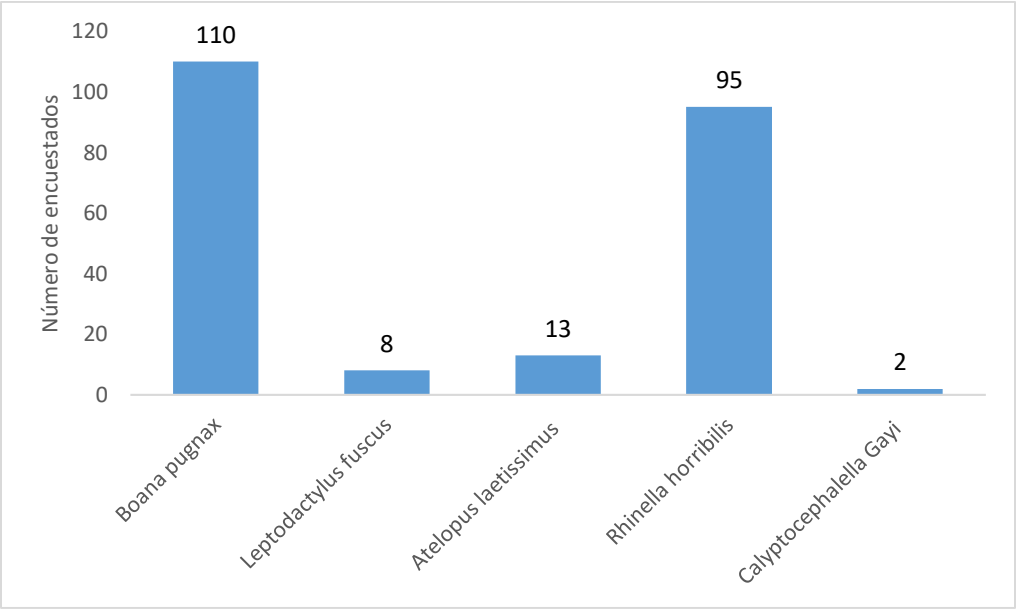

Figura *10*. Número de encuestados que lograron identificar diferentes especies de anfibios locales.

Al preguntarle a los encuestados sobre ¿Cuán importante son los anfibios en la naturaleza? El 91% de los encuestados tiene un valor positivo sobre los anfibios y su papel en la naturaleza (Figura 11). No se encontró diferencias significativas entre hombres y mujeres (K=0,60 P=0,80; 1 GL), debido a que los dos sexos consideraron que eran importantes en la naturaleza (Figura 12). Tampoco se encontró diferencias significativas entre los grupos de edades (K=6,72 P=0,080; 3 GL).

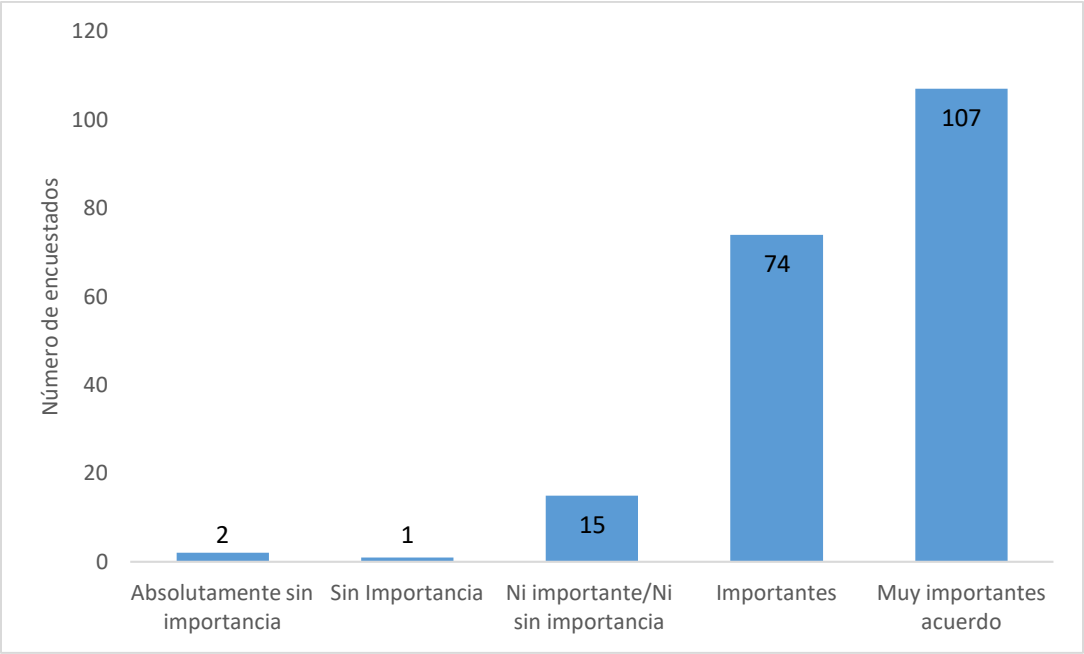

Figura *11*. Frecuencia de respuesta de los encuestados en escala Likert para la pregunta: ¿Cuán importante son los anfibios en la naturaleza? Fuente: elaboración propia

Para la preguntas de percepción tales como el valor medicinal, los encuestados estuvieron divididos entre las respuestas, el 27% está totalmente en desacuerdo que los anfibios tengan un valor medicinal, el 10% en desacuerdo, el 21% ni de acuerdo, ni en desacuerdo, el 22% de acuerdo y un 16% totalmente de acuerdo (Figura 12a). No se encontró diferencias significativas entre los sexos (K=1,32 P=0,25; 1 GL) ni grupo de edades (K=4,83 P=0,184; 3 GL,). La mayoría de los encuestados está totalmente en desacuerdo que los anfibios tengan un valor alimenticio 60% y el 13% en desacuerdo, considerando que los anfibios no son utilizados como alimento en la zona de estudio (Figura 12b). No se encontró diferencias significativas entre los sexos (K=0,55 P=0,45; 1 GL) ni grupo de edades (K=1,41 P=0,70; 3 GL).

Al preguntarle a los encuestados si consideraban a los anfibios agradables, los participantes estuvieron divididos entre las respuestas, el 26% está totalmente en desacuerdo que los anfibios sean agradables, el 22% en desacuerdo, el 25% ni de acuerdo/ni en desacuerdo, el 9.5% de acuerdo y un 17.5 % totalmente de acuerdo (Figura 12c), sin embargo hubo una mayor frecuencia hacía poco agradable (48%) que agradables (27%). No se encontraron diferencias significativas entre los sexos (K=0,55 P=0,45; 1 GL), pero se encontraron diferencias significativas entre el grupo de edades (K=34,14 P< 0,05; 3 GL). Los menores

y adolescentes consideraron más desagradables a los anfibios que los jóvenes y adultos (Figura 13). La mitad de los encuestados consideró que los anfibios no son perjudiciales para los seres humanos (Figura 12d). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sexos (K=0,04 P=0,38; 1 GL) ni grupo de edades (K=3,04 P=0,38; 3 GL).

En cuanto a que si los encuestados consideran a los anfibios como mascotas, la mayoría está en total desacuerdo que puedan tener un anfibio como mascota (Figura 12e). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sexos (K=0,05 P=0,82; 1 GL) ni grupo de edades (K=2,60 P=0,45; 3 GL)

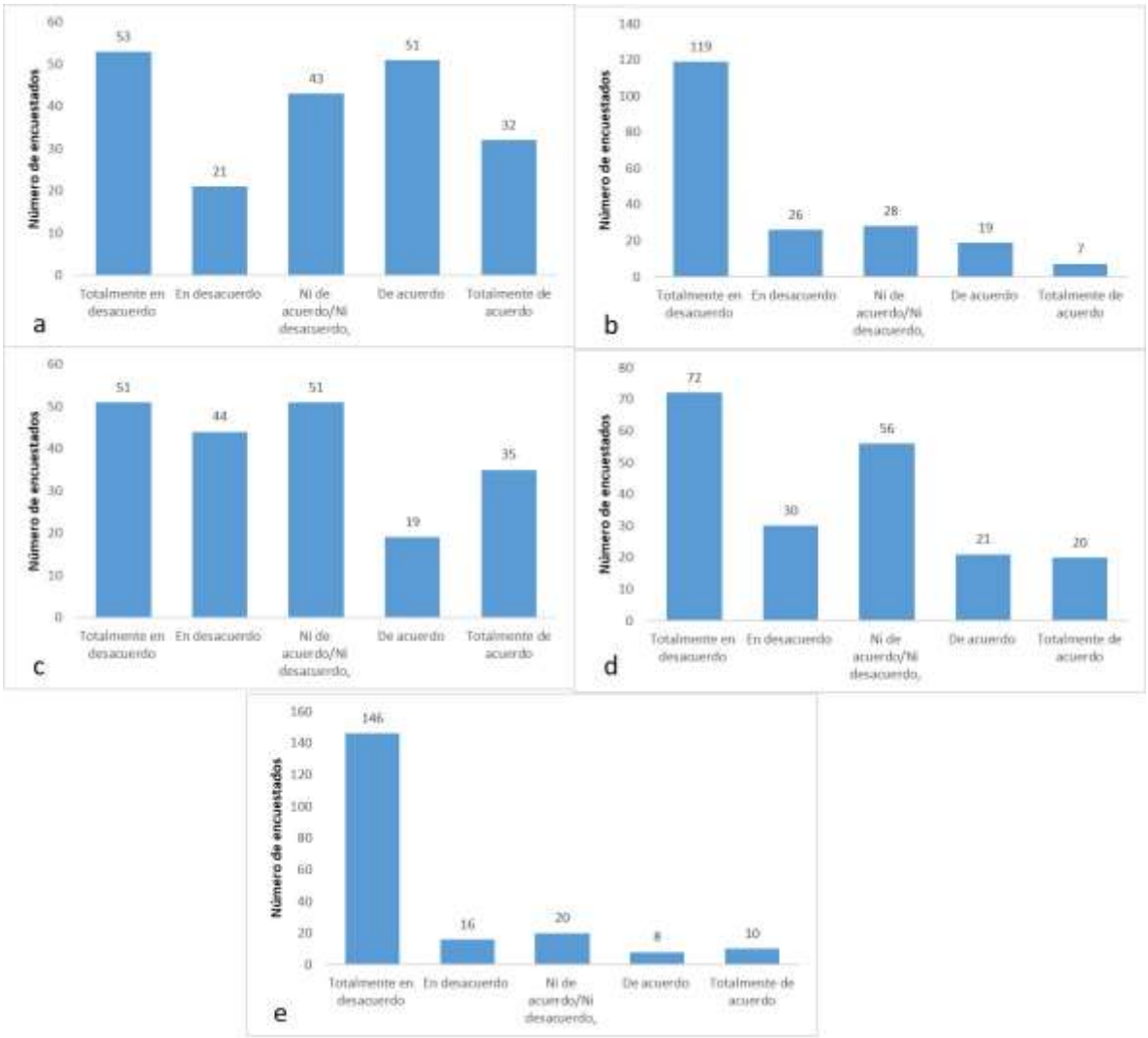

Figura 12. Respuesta de los encuestados en escala Likert, si consideran a los anfibios: a) valor medicinal, b) valor alimenticio, c) agradables, d) perjudiciales, e) mascotas. Fuente: elaboración propia.

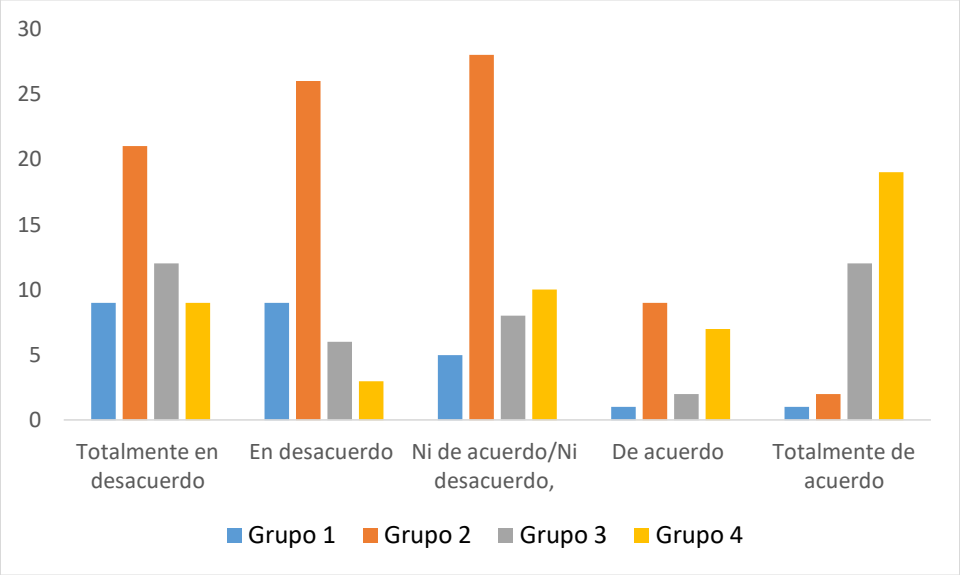

Figura 13. Diferencias de respuestas entre grupo de edades si consideran a los anfibios agradables. Fuente: elaboración propia.

Al preguntar sobre algunas creencias populares sobre los anfibios a los encuestados estos respondieron de la siguiente manera: Creen que tiran leche por la piel; un alto porcentaje de encuestados está totalmente de acuerdo que los anfibios tiran leche por la piel (60%), siendo una percepción alta sobre esta creencia (Figura 14a). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sexos (K=2,77 P=0,09; 1 GL) ni grupo de edades (K=4,43 P=0,21; 3 GL). En cuanto a si creen que los anfibios se inflan hasta explotar la mayoría está totalmente en desacuerdo con esta creencia (Figura 14b). Pero se encontró diferencias estadísticas significativas entre los sexos (K=8,25 P<0,05; 1 GL), las mujeres tuvieron una mayor creencia que los hombres (Figura 15a). En cuanto a los grupos de edad no se encontraron diferencias estadísticas significativas (K=6,34 P=0,09; 3 GL). Los encuestados estuvieron divididos entre las respuestas si creen que los anfibios generan verrugas, el 29% está totalmente en desacuerdo, el 12% en desacuerdo, el 34% ni de acuerdo, ni en desacuerdo, el 12% de acuerdo y un 11 % totalmente de acuerdo (Figura 14c). Se encontró diferencia estadística significativa entre los sexos (K=4,05 P<0,05; 1 GL), las mujeres consideraron que los anfibios pueden generar verrugas, a diferencia de los

hombres que consideraron lo contrario (Figura 15b). En cuanto a los grupos de edad no se encontraron diferencias estadística significativas (K=4,38 P=0,22; 3 GL, Figura 37)

La mayoría de los encuestados está totalmente de acuerdo con que los anfibios se alimentan de mosquitos perjudiciales para las personas (Figura 14d). Pocos encuestados creen lo contrario. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sexos (K=0,02 P=0,88; 1 GL) ni grupo de edades (K=4,04 P=0,08; 3 GL). Al igual que la pregunta anterior la mayoría de los encuestados creen que los anfibios cantan o vocalizan (Figura 14e). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sexos (K=0,54 P=0,48; 1 GL), pero se encontraron diferencias entre los grupos de edades (K=20,29 P<0,05; 3 GL), menores y adolescentes están más en desacuerdo que un anfibio pueda cantar o vocalizar, que jóvenes y adultos (Figura 15c)

Al preguntarle a los encuestados si consideraban que los anfibios son portadoras de enfermedades, los encuestados estuvieron divididos entre las respuestas, el 24% está totalmente en desacuerdo que los anfibios son portadoras de enfermedades, el 3% en desacuerdo, el 26% ni de acuerdo, ni en desacuerdo, el 18% de acuerdo y un 28 % totalmente de acuerdo (Figura 14f). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los sexos (K=2,47 P=0,11; 1 GL), pero se encontraron diferencias entre los grupos de edades (K=19,65 P<0,05; 3 GL), Menores y adolescentes tienden a considerar que los anfibios son portadores de enfermedades más que los jóvenes y adultos (Figura 15d).

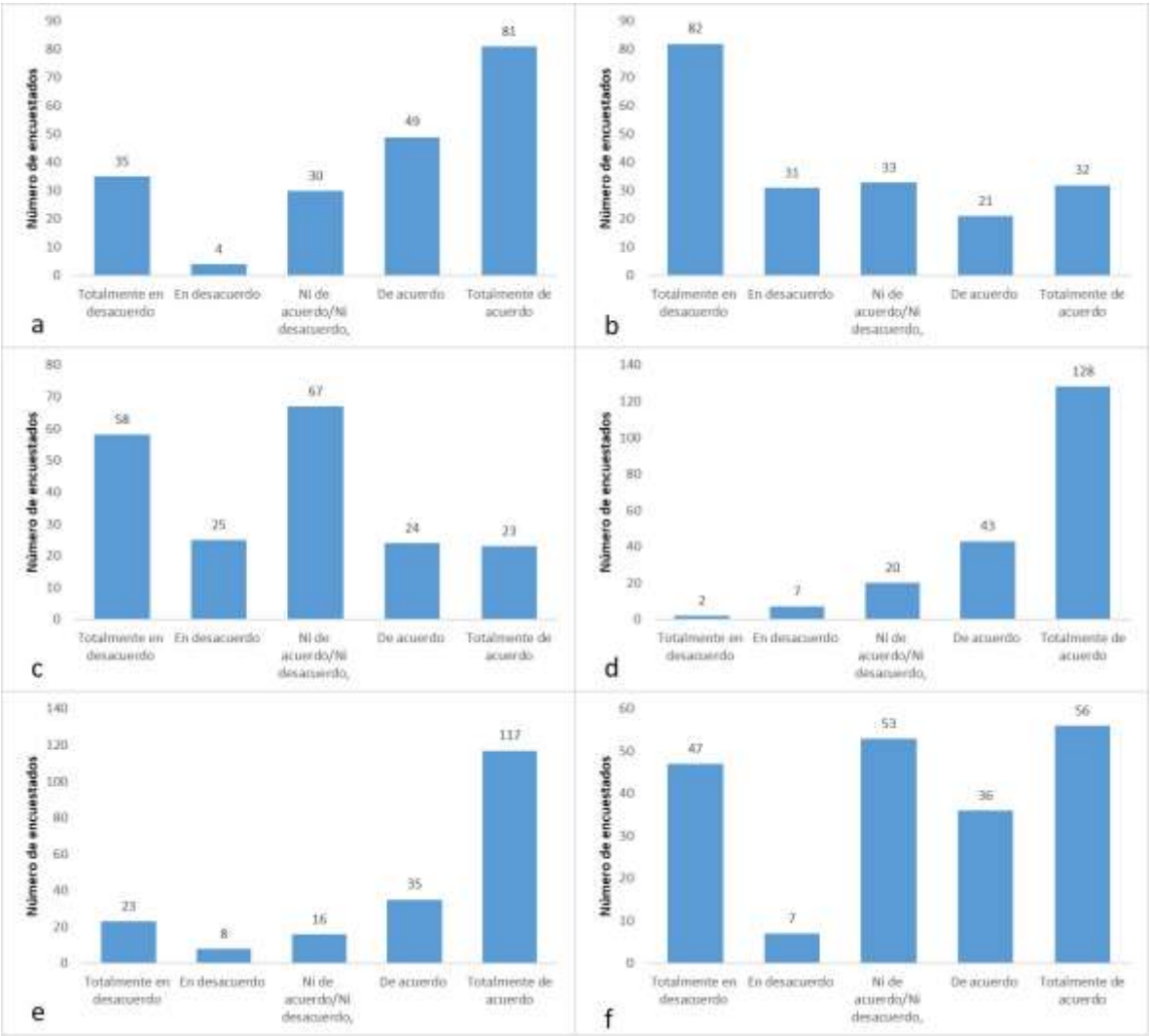

Figura *14*. Respuesta de los encuestados en escala Likert, si consideran que los anfibios: a) tiran leche por la piel, b) se inflan hasta explotar, c) generan verrugas en las personas, d) se alimentan de mosquitos, e) vocalizan, f) portadoras de enfermedades. Fuente: elaboración propia.

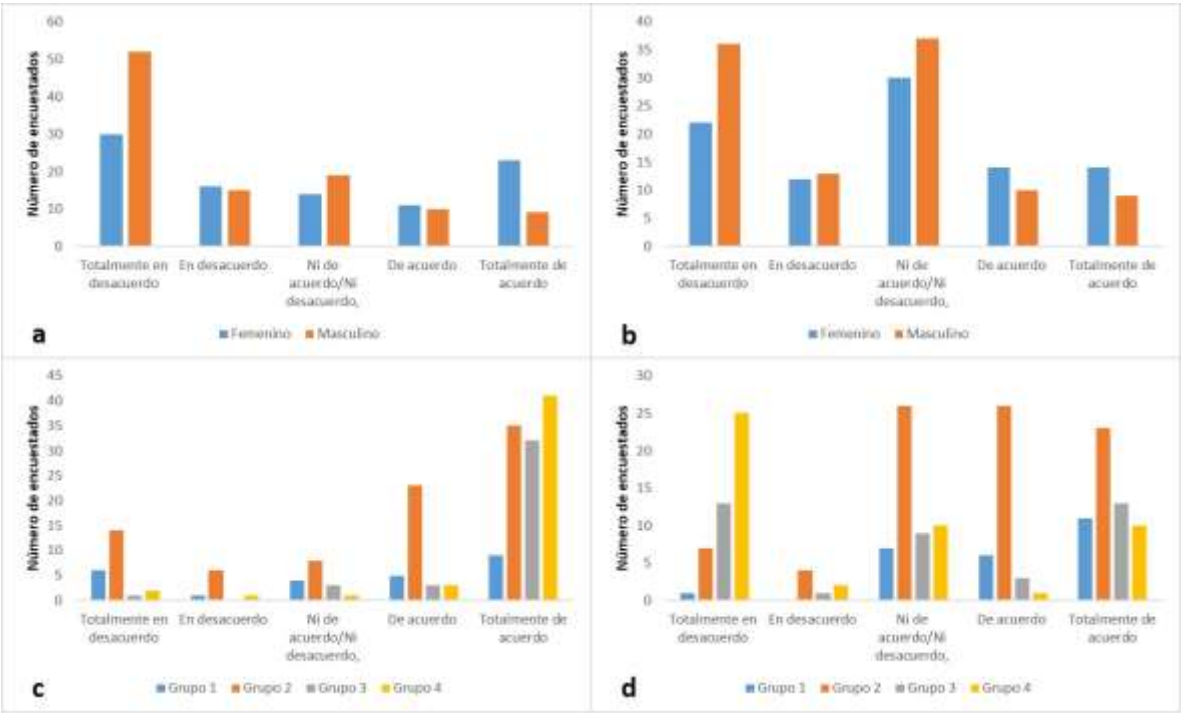

Figura 15. a) Diferencias de respuestas entre sexos si consideran que los anfibios se inflan hasta explotar, b) diferencias de respuestas entre sexos si consideran que los anfibios generan verrugas, c) diferencias de respuestas entre grupos de edades si consideran que los anfibios cantan o vocalizan, d) diferencias de respuestas entre grupos de edades si consideran que los anfibios son portadores de enfermedades. Fuente: elaboración propia.

Los encuestados clasificaron a las aves como los animales más agradables, seguido de los mamíferos (Figura 16). Las tortugas se ubicaron en un tercer puesto y los anfibios en un cuarto puesto. Por último las serpientes fueron clasificadas como las menos agradables para los encuestados.

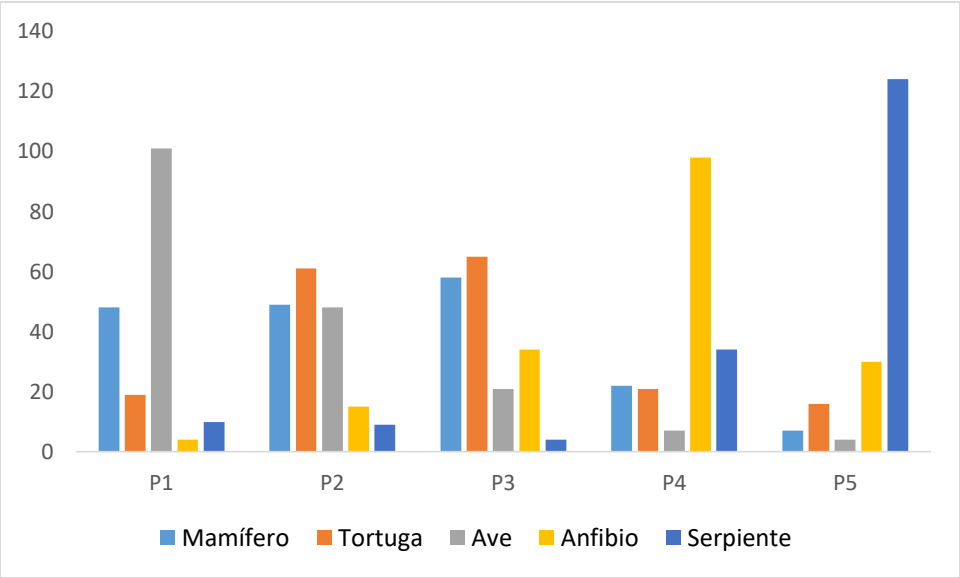

Figura *16*. Clasificación de los encuestados sobre 5 grupos de animales, que consideraban más agradables. *P1= posición 1, P2= posición 2, P3= posición 3, P4= posición 4, P5= posición 5.* Fuente: elaboración propia.

Al preguntarle a los encuestados si conocen o han participado en algún programa de conservación de anfibios, la mayoría respondió que no (Figura 17a). Además La mayoría de los encuestados estaría de acuerdo en recibir mayor información de cómo conservar los anfibios (Figura 17b)

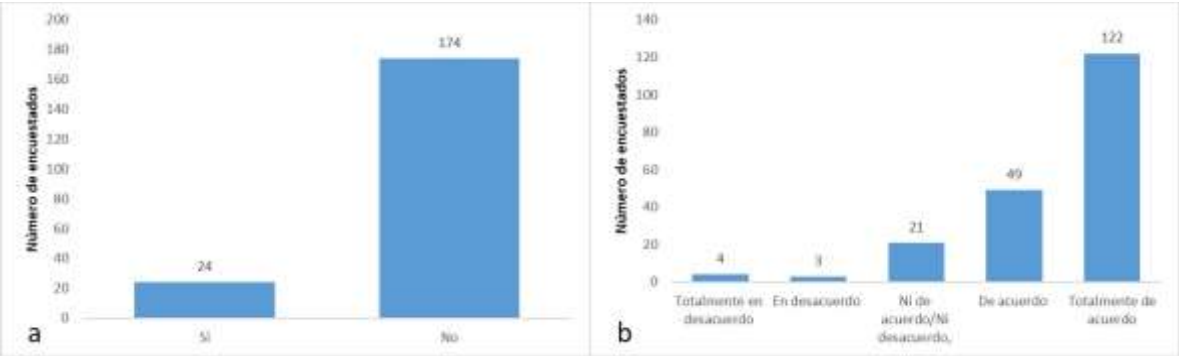

Figura *17*. a) Respuesta de los encuestados, si conocen o han participado en algún programa de conservación de anfibios, b) Respuesta de los encuestados en escala Likert, si estarían de acuerdo en recibir mayor información de cómo conservar los anfibios. Fuente: elaboración propia.

4.5 Distribución potencial y pérdida de hábitat

Se determinó el área de extensión de *A. laetissimus* que alcanzó a 762 km^2 que corresponden en gran medida a la zona noroccidental la SNSM y un punto en la zona norte (Río Ancho en el departamento de la Guajira). Además, se calculó que 344 km^2 de área de extensión se encuentran por fuera de la jurisdicción de parques nacionales, zonas tales como la parte media del río Gaira y San Pedro de la Sierra (Figura 18).

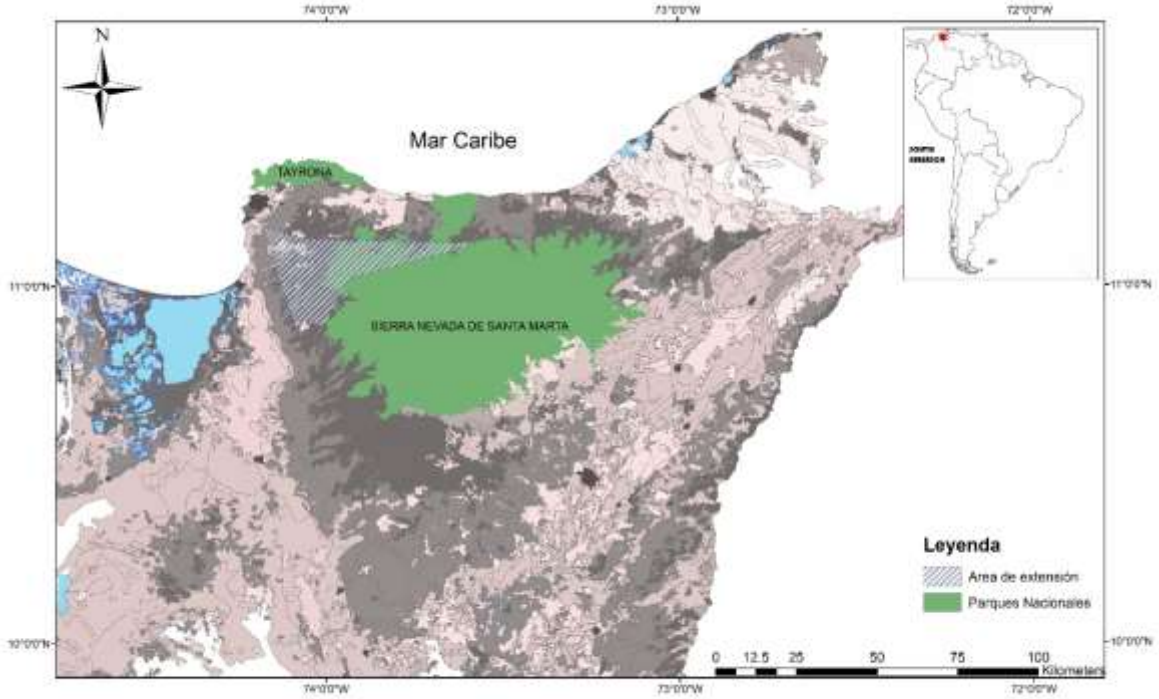

Figura 18. Área de extensión de *A. laetissimus* en la SNSM.

El modelo final de distribución potencial obtenido con MaxEnt considera que las áreas con mayor probabilidad de presencia de *A. laetissimus* se localizan principalmente en la zona noroccidental y norte de la SNSM, concordando con las localidades de presencia (Figura 19). El AUC (valor de área bajo la curva) promedio para las repeticiones es 0.920, (desviación estándar es 0.039) muy cercano a uno por lo que el modelo puede considerarse satisfactorio. La desviación estándar del modelo muestra que este es robusto, ya que no hubo variación en los pixeles (Figura 20). Las pruebas de *Jacknife* mostraron que la variable que más aportó para la construcción del modelo fue la Temperatura mínima del mes más frío (52,9) y rango de temperatura anual (18,3%, Tabla 8).

En cuanto al área de la distribución potencial calculada es de 1125 km^2. Esta zona, se puede considerar como hábitat idóneo para la presencia del sapito arlequín. Dicha predicción abarcó un continuo en el flanco noroccidental de la SNSM y un área considerablemente menor y más fragmentada en la región Norte (Figura 21)

Tabla 8. Variables ambientales que más contribuyeron a la distribución del Sapito arlequín *A. laetissimus.*

Variable	**Identificador**	**Porcentaje**
bio6	Temperatura mínima del mes más frío	52.9
bio7	Rango de temperatura anual (bio5-bio6)	18.3
bio10	Temperatura media del cuarto más cálido	16.6
bio12	Precipitación anual	10.6
bio13	Precipitación del mes más húmedo	1.4
bio18	Precipitación del cuarto más cálido	0.1
Footprint	Huella humana	0
Elevación		0

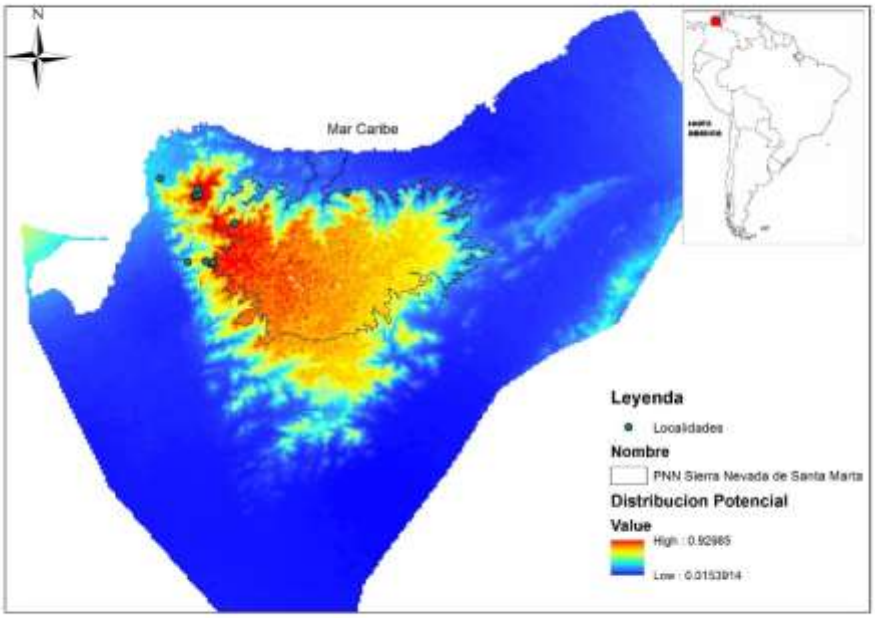

Figura 19. Mapa del área de estudio muestran la modelación de probabilidad de ocurrencia Modelo de *A. laetissimus* con máxima entropía.

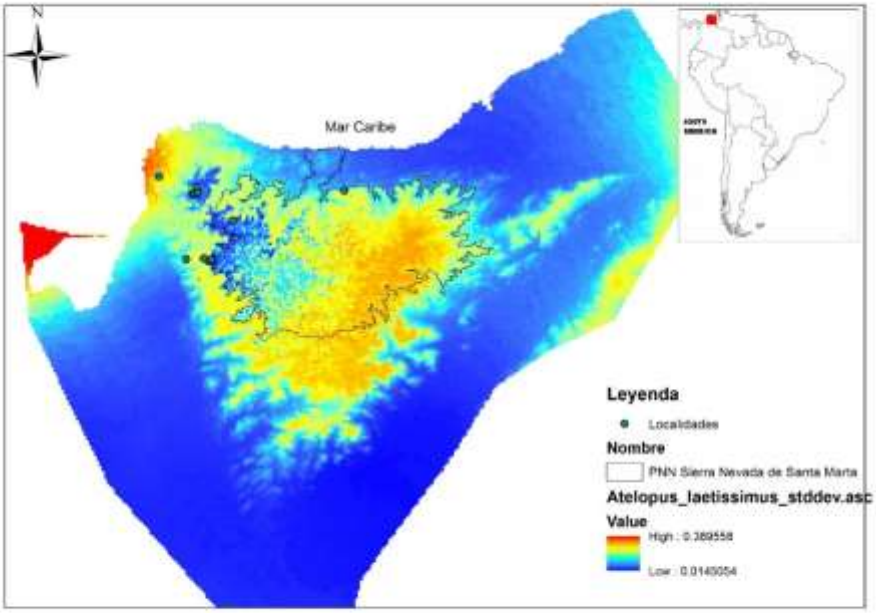

Figura 20. Desviación estándar del modelo de probabilidad de ocurrencia de *A. laetissimus* con máxima entropía.

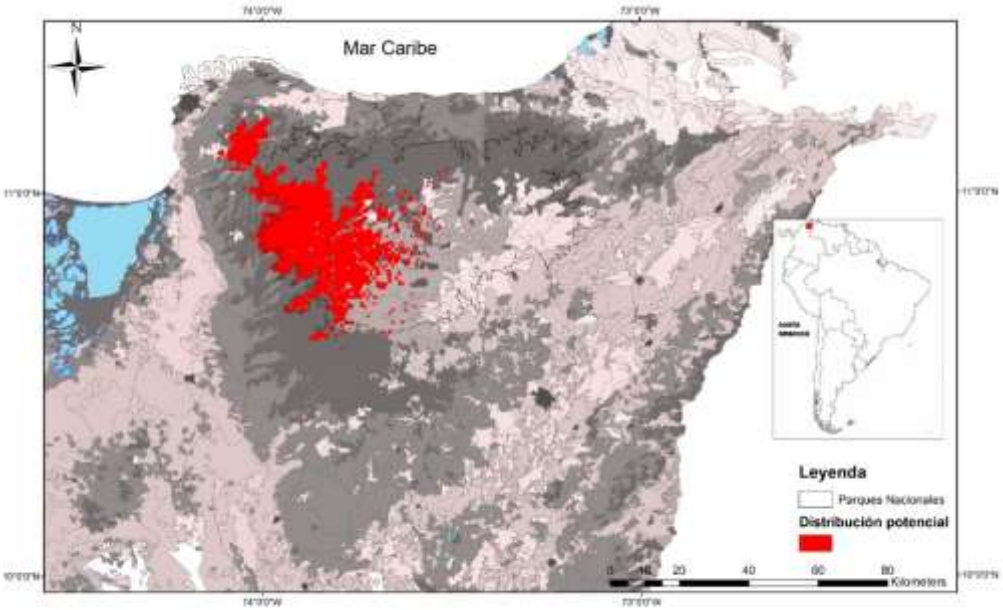

Figura 21. Mapa de las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de *A. laetissimus* en la SNSM.

4.6 Pérdida de hábitat

Al analizar las imágenes *Landsat* para los periodos entre 2000-2014 se observa que la mayor pérdida de hábitat en SNSM es en la zona sur, mucho más que en la zona norte y noroccidental (Figura 22). En cuanto a la pérdida de hábitat en el área de extensión de *A. laetissimus* para los periodos comprendidos entre 2000-2014, ésta solo ha sido del 2% (Figura 23)

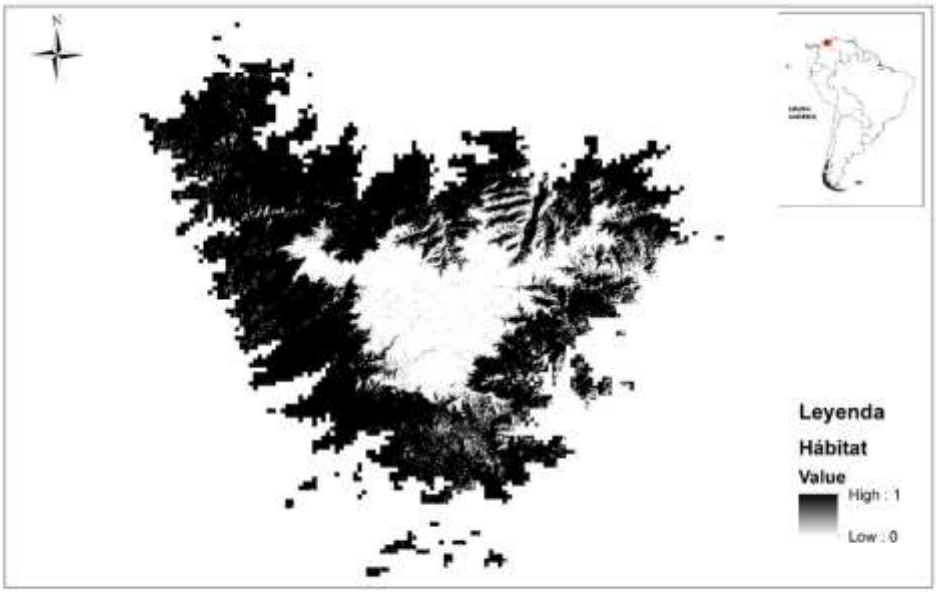

Figura 22. Pérdida de cobertura vegetal en la SNSM para los años 2000-2014. Parches oscuros mayor cobertura vegetal, parches más claro perdida de cobertura vegetal.

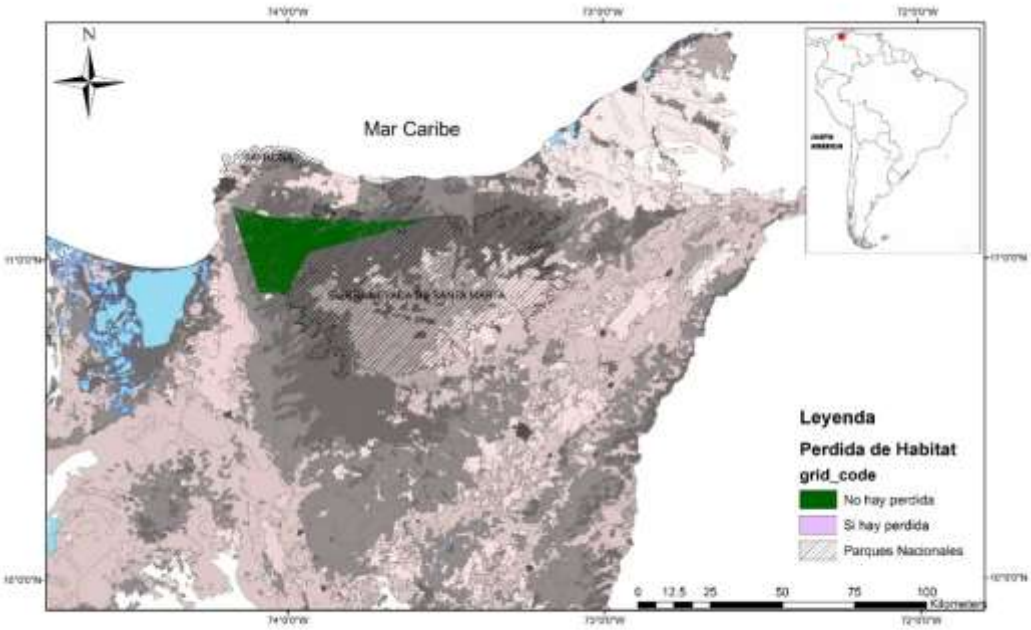

Figura 23. Pérdida de cobertura vegetal en el área de extensión de *A. laetissimus* en entre los años 2000-2014.

5 DISCUSIÓN

5.1 Abundancia relativa y densidad

Los resultados obtenidos hasta ahora indican que *A. laetissimus* es una especie muy abundante en su área de distribución. Todos los estudios que han medido previamente la abundancia relativa de *A. laetissimus* desarrollados a distintas elevaciones en la zona de estudio también arrojan resultados similares, aun cuando presentan esfuerzos de muestreo diferentes. Por ejemplo, aunque Carvajalino-Fernández *et al.* (2008) no reportan el valor puntual de la abundancia relativa por esfuerzo de captura, 12 individuos en 14 horas de muestreo podrían indicar que es una especie común de observar si se calcula con un sólo observador (tampoco es claro el número de observaciones en dicha publicación). Así mismo, Granda-Rodríguez *et al.* (2012) encontraron abundancias relativas entre 0,38-5 ind/h*obs (para muestreos realizados entre 2006-2007), rangos muy similares a los reportados en el presente estudio (años 2010-2012), siendo una especie común a muy abundante. El estudio acerca de la abundancia relativa de *A. laetissimus* inmediatamente anterior a este (Rueda-Solano *et al.* 2016a) también reporta a la especie como común en la zona, sin embargo, este no reporta el valor puntual de abundancia relativa ni el esfuerzo de muestreo específico, por lo tanto no es comparable.

Aunque no existe información acerca de las interacciones ecológicas entre *A. laetissimus* con su especie simpátrica, *A. nahumae*, dos de los tres estudios sobre la abundancia de las ranas arlequines del sector noroccidental de la SNSM muestran que *A. laetissimus* es más abundante que *A. nahumae*, inclusive, llegando a señalar a este último como una especie rara (Granda-Rodríguez *et al*. 2012; Rueda-Solano *et al.* 2016). Sin embargo, el estudio desarrollado por Carvajalino-Fernández *et al.* (2008) muestra un resultado contrario, a una altura ligeramente menor. Aunque se ha reportado la presencia de *A. nahumae* en elevaciones menores que *A. laetissimus* (1092-11500 msnm; Granda-Rodríguez *et al*. 2012; Rueda-Solano *et al.* 2016b), no existe una descripción de los patrones de abundancia de esta especie a en rangos altitudinales menores. En términos generales, la mayor parte de la literatura describe a los arlequines como una especie común a muy abundante. Incluso existen reportes de abundancias relativas medianas a altas previas a eventos de declives poblacionales (Ron *et al.* 2003; La Marca *et al*. 2005).

En cuanto a la densidad, no existe información previa para *A. laetissimus*, por lo tanto, no es posible determinar variaciones en este parámetro poblacional para la especie. Así mismo, a la hora de comparar los resultados de la presente investigación, se deben separar las estimaciones de densidad realizadas por el método directo (como en este caso) o por análisis de distancias, pues los resultados de los dos métodos no son directamente comparables (Gómez-Hoyos *et al.* 2014). Sin embargo, al comparar los estudios de densidad de ranas arlequines, basados en datos observados o modelados, se muestran resultados más o menos similares. Por ejemplo, las densidades modeladas con método de distancias para dos arlequines de tierras bajas de la región pacífica de Colombia, *Atelopus spurrelli* y *Atelopus elegans* fueron ligeramente menores (0,03 ind/m^2 y 0,01 ind/m^2 respectivamente, Gómez-Hoyos *et al.* 2014, 2017) a las descritas en el presente trabajo para *A. laetissimus*. Por otro lado, para el arlequín guyanés de tierras bajas *Atelopus hoogmoedi*, la densidad observada fue ligeramente mayor a la media de la densidad de *A. laetissimus* (0,475 ind/m^2, Luger *et al.* 2009). Sin embargo. Hay que tener en cuenta con todos los estudios de densidad anteriormente se desarrollaron exclusivamente en quebradas y no incluyen resultados de interior de bosque.

Por otro lado, al comparar la densidad de *A. laetissimus* con otras especies de media-alta montaña, se evidencia que todos éstas presentan densidades relativamente altas, sin

embargo en la literatura científica no hay datos sobre una densidad estándar alta, ya que los esfuerzos de muestreo varían entre estudios. Por ejemplo, los datos proporcionados por La Marca *et al.* (2005) para *Atelopus varius* (0,065-0,755 ind/m^2) en Costa Rica o los proveídos por Ron *et al.* (2003) para *Atelopus ignescens* (0,025-0,75 ind/m^2). Sin embargo, esta información proviene de prospecciones desarrolladas en el siglo pasado, y poco se conoce del estado poblacional de estas especies actualmente. Una de las especies de la que se cuenta con información poblacional posterior a un declive es *Atelopus cruciger*. Lampo *et al.* (2012) reportaron una densidad entre 0,005-0,057 ind/m^2. Las poblaciones de esta especie presentan alta prevalencia de *Batrachochytrium dendrobatidis*, sin embargo, se mantienen estables a través de la alta tasa de reclutamiento de individuos sanos a la población (Lampo *et al.* 2017).

En cuanto a otras poblaciones de *A. laetissimus* en localidades como San Pedro de la Sierra o alto valle del río Buritaca (zona dentro del PNN SNSM) no hay información alguna sobre su estatus. Para las poblaciones más al norte como río Ancho tampoco hay información publicada, pero Juan David Jiménez, (com. pers.) reportó 20 individuos de *A. laetissimus* en 4 horas de muestreo, además señala que la zona presenta un bosque denso bien conservado (Figura 24 y 25).

Figura 24. Quebradas en la zona norte de la SNSM, localidad de Río Ancho La Guajira, Hábitat de *A. laetissimus* a 900 msnm. Fuente: Juan David Jiménez

Figura 25. Individuo de *A. laetissimus* en Río Ancho La Guajira.

5.2 Preferencia de hábitat

Los sapos del género *Atelopus* han sido descritos como fuertemente asociados a los cursos de agua. Carvajalino-Fernández *et al*. (2008) detectó un mayor número de individuos de *A. laetissimus* y *A. nahumae* en bosque de galería que en interior de bosque. Los resultados obtenidos al comparar la densidad de *A. laetissimus* concuerdan con el planteamiento anterior, pues se evidencia estadísticamente un sesgo hacia el uso de la quebrada y la vegetación riparia con respecto al interior del bosque. Para los anuros riparios, las condiciones estructurales de los microhábitats ribereños influeyen más significativamente en su idoneidad como hábitat que las del bosque adyacente (Gillespie *et al.* 2004). Aun así, es posible que la utilización de hábitat ripario también esté influida por la estacionalidad, donde en ciertos periodos del año los arlequines pueden dispersarse desde el bosque ripario hasta los bosques adyacentes (Lötters 1996, Wells 2007, Granda-Rodríguez et al. 2008).

Previamente, Granda-Rodríguez *et al.* (2008) reportaron que *A. laetissimus* utilizaba diversos sustratos, donde las rocas y la hojarasca eran los predominantemente usados.. Sin embargo, dicha investigación no tuvo en cuenta la cantidad de microhábitat disponible para la especie. Seguramente, la complejidad estructural de los bosques de galería donde habita *A. laetissimus* influya en el patrón diferencial del uso de hábitat de la especie, como se ha descrito para otras ranas riparias (Gillespie *et al.* 2004). Los resultados de la presente investigación muestran que la especie tiene un mayor uso por rocas y hojarasca; sin embargo, al excluirlos del análisis, se siguieron encontrando diferencias estadísticas entre el hábitat disponible y la frecuencia de uso, ya que estos microhábitats son los que presentan mayor disponibilidad en la quebrada San Lorenzo. Esto podría indicar que *A. laetissimus* es una especie generalista que aprovecha los recursos disponibles (deMaynaider & Hunter, 1999). Sin embargo, al excluir los helechos y suelo descubierto se encontró que si hubo selección por estos microhábitats.

La selección de hábitat es un aspecto muy importante para las ranas de las regiones montañosas, puesto que está relacionada directamente con termorregulación. La selección de un microhábitat idóneo permite a estos organismos evadir las condiciones ambientales adversas (v. gr. temperaturas muy bajas, Navas 1996). Recientemente, se ha descrito a *A. laetissimus* como una especie termoconformista, con una relación directa de la temperatura del sustrato con la temperatura de actividad (Rueda-Solano *et al.* 2016b). Por lo tanto, la selección diferencial de sustratos por parte de esta especie seguramente podría estar encaminada hacía alguna estrategia termoregulatoria.

Para *A. laetissimus*, Granda-Rodríguez *et al.* (2008) planteaban un cambio de uso de hábitat con respecto al día y la noche. Del mismo modo, Luger *et al.* (2009) y Nicolaï *et al*. (2017) encontraron un patrón de uso similar en *A. hoogmoedi*, donde el microhábitat diurno era a nivel del suelo y el nocturno sobre los arbustos. La fidelidad de sitio es muy común en los anfibios, puesto que ofrece ventajas, permitiendo el fácil acceso hacia los sitios de alimentación, reproducción y escape (Wells 2007). De manera contrastante Crump (1986) encontró un patrón dicotómico para *A. varius*, puesto que la proporción de individuos que presentaban o no fidelidad de percha eran similares, sin poder explicar tal dicotomía. Es necesario evaluar para *A. laetissimus* si la condición corporal (talla y masa) o alguna condición ambiental (estructura vegetal, estacionalidad) reflejan algún cambio en los patrones de fidelidad de percha. Adicionalmente, es posible que el uso perchas también

esté relacionado con actividades forrajeras nocturnas. Recientemente, Rueda-Solano & Warketin (2016) reportaron para respuesta depredatoria a estímulos físicos y visuales sobre las hojas donde *A. laetissimus* percha. Por lo tanto, es posible que el uso de percha refleje no solo la búsqueda de sitio de descanso (tal como lo planteó Granda-Rodríguez *et al*. 2008), sino que también se relacione con algunos otros aspectos de la ecología de esta especie.

5.3 Rango de Hogar

Es claro que los datos analizados para determinar el rango de hogar para *A. laetissimus*, son muy pocos por tal motivo no es posible dar inferencias, sin embargo los 6 individuos analizados mostraron que su rango de hogar diurno, no supera el 1 m^2. Se observó que individuos que no perchan en la quebrada, sino en el bosque, se movían mucho más que los que habitan la quebrada, lo que probablemente se deba a que no defienden un territorio como los individuos de la quebrada. Las hembras sólo se observaron cercano a la quebrada cuando estaban en apareamiento y los juveniles solo se observaron en el bosque. En general las especies de *Atelopus s*on especies de movimientos lentos, territoriales y se agregan cerca a quebradas y sus zonas aledañas (Lötters 1996).

El rango de hogar se define como el área que las especies recorren durante sus actividades diarias, para realizar sus necesidades biológicas y de supervivencia. Entre otras, la alimentación, la reproducción, el refugio y las condiciones térmicas adecuadas. En anfibios, estudios detallados de rango de hogar se han realizado más en Norteamérica y Europa con especies de salamandras, ránidos y bufónidos, determinando el tamaño de sus ámbitos de hogar (Wells 2007). Sin embargo, en los anfibios se desconoce la relación entre el tamaño del individuo o el tamaño del hábitat con el tamaño del rango de hogar, aunque algunas ranas pequeñas terrestres como dendrobátidos, lectodactylidos y leiopelmátidos tienden a tener rangos de hogar pequeños (Newman 1990; Roithmair 1992) comparados con ránidos semiacuáticos (Raney 1940; Ingram & Raney 1943). No obstante, el factor que influye en el tamaño del rango de hogar en anfibios es desconocido; se supone que la disponibilidad de refugios adecuados y la abundancia de alimentos, son factores importantes (Wells 2007).

En el caso del género *Atelopus* los estudios de biología y ecología en el género son muy escasos. Sin embargo, Sexton (1958) observó migración hacia quebradas en *A. cruciger* en ambos sexos en época seca. Adicionalmente el autor sugiere que los machos

de esta especie son residentes más prolongados en quebradas, tal como se observó en *A. laetissimus*. Dole & Durant (1974) determinaron el rango de hogar para *A. oxyrhynchus* determinaron una media de 41 m^2 y observaron que éste se mantiene durante todo el año, excepto en época seca cuando migran hacia quebradas con fines de reproducción. En *A. varius* en Costa Rica, tanto machos como hembras, son territoriales y tienen fidelidad por sus sitios reproductivos, además se sugiere que esta especie se agrega en quebradas para la época seca y está más dispersa en época lluviosa (Crump 1986, 1988; Pounds & Crump 1989). Karraker *et al*. (2006) estudió en Panamá *A. zeteki* observando que los individuos se agregaron en quebradas comenzando la estación reproductiva, en la transición de época húmeda a época seca. Estudios recientes realizados por Luger *et al.* (2009) determinaron sitios de fidelidad, utilización de hábitat y rango de hogar en *A. hoogmoedi* durante la época lluviosa en Surinam. Ellos encontraron que tanto los machos y las hembras ocupan hábitats diferentes (quebrada vs bosque) y encontraron que los machos de esta especie tienen un rango de hogar de 38.1 ± 17.7 m^2. En *A. laetissimus* se encuentra un comportamiento similar al de *A. hoogmoedi,* donde los machos y hembras ocupan hábitats diferentes.

Es necesario realizar estudios más detallados de rango de hogar en especies del género *Atelopus* y no solo medirlo en 2 dimensiones, sino en 3 dimensiones, ya que muchas especies tiene este comportamiento de trepar en las horas de la noche y estar en suelo en las horas del día, tales como algunas salamandras que tienen comportamientos similares (Karraker *et al*. 2006; Granda *et al.* 2008; Luger *et al.* 2009; Ousterhout &. Burkhar 2017)

A principio del 2000 como parte de la estrategia de conservación de anfibios la Unión Mundial para la Naturaleza y la Asociación Mundial de Zoológicos y Acuarios, elaboraron el proyecto “Arca de los Anfibios” la cual buscaba promover y desarrollar programas de manejo en cautiverio, como medida prioritaria para asegurar la supervivencia de especies de anfibios cuya conservación *in situ* no era viable (Zippel et al. 2011). Una de las especies que fue propuesta para manejo en cautiverio fue *A. laetissimus* ya que se conocía muy poco sobre su historia natural y se creía se había extinto como otras especies de *Atelopus*. Monitoreos y estudios de historia natural sobre *A. laetissimus* han demostrado que sus poblaciones se encuentran estables en la Sierra Nevada de Santa Marta (Granda et al 2008; Rocha-Usuga *et al.* 2017). Además investigaciones de preferencia de hábitat, rango de hogar, reproducción entre otros ayudaran a planificar mejor acciones de conservación *in situ* sobre la especie, ya que antes se creía que esta especie era netamente diurna y terrestre, hoy día se sabe que la especie cambia su microhábitat en las horas de la noche

para trepar a la vegetación (Granda *et al.* 2008). Es claro que para realizar conservación *ex situ* y generar cría en cautiverio es necesario conocer los requerimientos de las especies en campo ya que esto ayudara a mejorar la salud y bienestar de los individuos en cautiverio.

Los datos acá obtenidos de este estudio ayudaran a planificar mejor las estrategias de conservación tanto *ex situ* como *in situ* ya que al conocer el estado actual de las poblaciones de *A. laetissimus* y su historia natural permitirá planificar mejor la conservación de esta especie. Además la problemática que presenta las especies del género *Atelopus,* es indispensable iniciar seguimientos poblacionales para *A. laetissimus* que permitan identificar las fluctuaciones naturales causadas por factores limitantes. Por esta razón, se deben establecer umbrales de disminución poblacional como referencia para tomar decisiones de manejo fundamentadas y a tiempo.

.

5.4 Percepción social de anfibios

El conocimiento de las personas sobre los anfibios locales fue pobre, la mayoría de los encuestados solo identificó una especie, otros reconocieron al menos dos de las mostradas en las pruebas de imágenes y muy pocos lograron superar esa cifra, lo que demuestra una familiaridad muy baja con los anfibios nativos. Las especies más reconocidas fueron *Boana pugnax* seguida de *Rhinella horribilis*, los participantes manifestaron incluso conocer algunos aspectos de su hábitat, lo que puede deberse a que estas especies suelen tener hábitos sinantrópicos en especial en zonas rurales (Angarita-M *et al.* 2015). Según Nates & Lindemann-Matthies (2015[a]), investigaciones realizadas en otras zonas de Colombia (Zona central) muestran que la familiaridad de los participantes del estudio con las ranas locales es bastante pobre. Casi la mitad de los participantes no podría nombrar ninguna rana en absoluto.

Para el caso del sapito arlequín *A. laetissimus*, fueron pocos los participantes que lo reconocieron. Las 13 personas que lograron identificarlos comentaron haberlo visto en la quebrada San Lorenzo, lo cual hace necesario realizar campañas de conservación sobre esta especie.

En las encuestas realizadas a la población sobre los anfibios la mayoría de los participantes asociaron a los sapos y las ranas con este grupo, sin embargo, el déficit de conocimiento sobre los anfibios es notable, ya que muy pocas personas lograron asociar las salamandras y cecilias como anfibios, sobre todos las cecilias que son especies fosoriales y muy raras

de observar. No obstante varias personas clasificaron a menudo a las lagartijas, tortugas y serpientes como anfibios, lo que nos muestra una falta de conocimiento y una malinterpretación del concepto de anfibio. Esta falta de conocimiento se puede deber a la falta de planes de educación ambiental o de conservación enfocados a estos grupos o a la ausencia de estos mismos en las escuelas locales (Pilgrim *et al*. 2008). De acuerdo a Nates & Lindemann-Matthies (2015a) estudios realizados en la zona central de Colombia en el departamento de Caldas, los encuestados tuvieron un pobre conocimiento taxonómico sobre los anfibios, datos similares a los de este estudio, ya que se les dificultó asignar taxa a la clase de anfibios. A pesar de la poca familiaridad de las personas encuestadas con los anfibios locales y la gran dificultad que estos mostraron para identificarlos, estos afirmaron casi en su totalidad estar de acuerdo con que estos son importantes para la naturaleza.

La percepción sobre el aspecto físico de los anfibios estuvo dividida; la mitad de los encuestados afirmaron que no les parecen desagradables mientras que a la otra mitad les producía rechazo, además de que solo unos cuantos apoyaron la idea de tener anfibios como mascotas, lo que contrasta con estudios realizados en Europa como el caso de Portugal (Ceriaco 2012) donde se obtuvo valores negativos de tolerancia a los anfibios, lo cual está relacionado en gran parte con las creencias y el folclor de dicho país. En Eslovenia fue más notable el desagrado de las personas hacia los anfibios, donde algunas personas manifestaron haber matado anfibios o han pensado en hacerlo (Tomazic, 2011; Prokop & Fančovičová 2013).

En cuanto a la región de estudio los habitantes tienen cierto carisma por las ranas, lo que puede ayudar a estas a ser tenidas en cuenta en proyectos o campañas de protección y o conservación (Stokes 2006; Prokop & Fančovičová 2013). No hubo diferencias significativas entre sexos, pero en edades, los menores y adolescentes se mostraron más en acuerdo de que las especies anfibios son desagradables, los que nos puede indicar que los valores tradicionales no se están transmitiendo de manera correcta. Los ancianos de la comunidad cumplen un papel importante en la percepción de los anfibios de la región, pero que poco a poco con el tiempo han perdido cierta relevancia (Nates & Lindemann-Matthies, 2015a).

Las preguntas del cuestionario sobre el valor medicinal de los anfibios generaron bastantes dudas; un porcentaje considerable no supo responder, lo que resalta la falta de información sobre este grupo. El resto de los encuestados tuvo opiniones divididas sobre si estaba de acuerdo o no sobre la importancia de estos en la medicina, con un 37% en desacuerdo y un 38% de acuerdo, para el punto sobre el valor alimenticio de los anfibios, el resultado fue

un contundente desacuerdo con un 73% de los encuestados, ya que los habitantes de la zona rural no se alimentan de anfibios, estando presente en la zona *Leptodactylus savagei*, especie de gran tamaño y la cual se ha reportado ser consumida en otras zonas de Colombia como el Chocó (Cuesta-Ríos & Rentería 2012). Los resultados de otros países como China reportan que el 75% de las especies de anfibios son aprovechadas para fines alimenticios y medicinales (Xie *et al.* 2007; Nates & Lindemann-Matthies 2015b) se contraponen con los obtenidos en este estudio, sin omitir que la mitad de los encuestados contestaron que los anfibios no son perjudiciales para las personas. En cuanto a otras zonas de como Colombia consideraron que los anfibios tampoco son útiles como alimentos (Nates & Lindemann-Matthies, 2015a)

La percepción sobre los animales está influenciada por las creencias y el folclor, para el caso de los anfibios, hay juicios de valor casi siempre negativos, que determinan sus actitudes hacia estos (Ceriaco 2012). Hay distintas creencias sobre los anfibios, tales como que excreta leche por la piel, que crecen hasta explotar, que generan verrugas al tocarlos o que son portadores de enfermedades (Gallardo 1994). El 60% de la población encuestada, cree que secretan leche por la piel lo que resalta una gran ausencia de información sobre estos animales. Hay que hacer notar que se han realizado trabajos sobre las sustancias y secreciones cutáneas de estos individuos, que no han sido difundidas más allá de la comunidad científica (Barra & Simmaco 1995; Clarke 1997). En cuanto a las otras creencias, se observaron diferencias significativas entre sexos, donde las mujeres estuvieron más de acuerdo por ejemplo, como que crecen hasta explotar o generan verrugas, lo que podría explicarse por cuestiones estéticas o por mitos. En Eslovenia, las actitudes del público frente a los diferentes grupos de anfibios resultaron ser negativas (Tomažič 2008). Por ejemplo, la gente creía que tocar a los sapos les daría verrugas o incluso podrían ser venenosas (Tomažič 2011a). Sin embargo, los niños de Eslovenia no temían a los sapos (Tomažič 2011b).

Las personas tienden a sentir empatía por organismos más afines con los humanos, lo que soporta el alto porcentaje de encuestados que votaron por los mamíferos, aunque las aves fueron las favoritas de los participantes. Los anfibios y reptiles quedaron muy por debajo de estos, debido a que la percepción de las personas es que son desagradables o peligrosos, lo que podría reflejarse en una disminución del apoyo a estas especies para proyectos o trabajos de conservación (Gibbons, 1984; Woods 2000; Knight 2008). Entre los reptiles en

la zona los más aceptados son las tortugas, especies que son utilizadas como mascotas o alimentación.

Uno de los objetivos de los planes de conservación de anfibios es informar y educar al público sobre la importancia de estos en los ecosistemas (Zippel et al. 2011). Sin embargo los resultados de este estudio demuestran que la población en general conoce muy poco sobre los anfibios y según González-Gaudiano (2007) en general, se sabe poco sobre el conocimiento público y las actitudes hacia los anfibios ya que no se incluye en los planes de estudios en Sudamérica. A. *laetissimus* es una especie que no presenta amenaza directa por personas ya sea por tráfico ilegal o muertes directas, pero si presenta amenaza por perdida de hábitat y amenaza potencial por el hongo quitridio (Flechas *et al.* 2017). Además el desconocimiento de los habitantes locales sobre esta especie endémica y amenazada de la SNSM podría dificultar los programas de conservación, ya que la educación constituye un componente fundamental en la planificación de la conservación de vida silvestre; contar con un público informado sobre la problemática y el conocimiento de las especies locales de anfibios pueden conducir a actitudes más positivas hacia ellos y, a su vez, a una mayor disposición para conservar estas especies.

5.5 Distribución potencial

De acuerdo con IUCN SSC Amphibian Specialist Group (2014), *A. laetissimus* es una especie descrita aproximadamente hace 20 años, la que ha sido restringida a la zona de vida de bosque húmedo montano bajo, en alturas entre los 1900-2880 y un área de extensión de 797 km^2. En este estudio se reportan localidades entre los 900 hasta 2880 M.S.N.M y un área de extensión menor a la reportada por el grupo de especialistas de la IUCN, de 762 km^2. Además, aproximadamente la mitad del área de extensión se encuentra por fuera del Parque SNSM. Pese a la existencia de esta área protegida y que alberga poblaciones, se desconoce el estado poblacional dentro del parque sobre todo en localidades como alto valle del río Buritaca o zona alta del río Don Diego. Además, algunas zonas dentro del mismo parque albergan asentamientos humanos donde la especie podría estar expuesta a diversas presiones y amenazas (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta 2000)

La modelación del nicho de *A. laetissimus* sugiere que la distribución potencial se restringe a bosques de áreas húmedas del flanco noroccidental y norte de la SNSM. Los resultados indican que el área de ocupación de la especie posiblemente no exceda los 1200 km^2 y que

un elevado porcentaje de ésta se encuentra dentro del Parque nacional natural SNSM. El análisis del modelo sugirió que las capas ambientales que más influenciaron en la distribución de la especie son la temperatura mínima del mes más frío y rango de temperatura anual. Estas variables serían los factores ambientales que limitan la presencia de la especie en otras zonas del macizo.

Algunos estudios no recomiendan la realización de modelos de distribución potencial cuando se cuenta con escasas localidades de presencia, ya que a menor número de localidades, el ajuste de los modelos decrece (Kadmon *et al.* 2003). Sin embargo, otros autores han demostrado que el empleo del algoritmo MaxEnt en la modelación de la distribución potencial puede generar resultados satisfactorios con 10 o incluso menos localidades (Stockwell & Peterson 2002; Peterson *et al*. 2007; van Proosdij *et al*. 2016). Cabe resaltar que el modelo realizado para *A. laetissimus* tiene como fortaleza haber sido construido a partir de localidades de presencia plenamente confirmada, cuyas coordenadas fueron revisadas exhaustivamente. Lo anterior permitió que los modelos se ajustaran mejor a la distribución geográfica actual de dicha especie así como a la historia geográfica del taxón. Así, se pudo predecir correctamente como áreas de alta probabilidad de presencia, sitios donde recientemente se ha colectado la especie, tales como la zona norte (Rueda & Warkentin 2016). De todas formas, las predicciones de estos modelos deben interpretarse con precaución y considerarse una primera aproximación a la distribución real de esta especie endémica, lo que ayudaría a crear áreas protegidas para su conservación.

5.6 Pérdida de hábitat.

Los valores encontrados en este estudio para la pérdida de hábitat entre los años 2000-2014 no superan el 2%. Estudios similares realizados en la SNSM para un ave endémica *Pyrrhura viridicata*, la cual posee también una distribución potencial similar a *A. laetissimus* encontraron que la pérdida de hábitat para esta especie es de 26% (Botero-Delgadillo *et al.* 2012). Además, sugieren que hay gran conectividad de bosques en la zona noroccidental de la SNSM entre las cuencas de San Lorenzo, Rio Frio y San Salvador, Lo que permite el movimiento de diferentes especies.

Estos resultados hay que manejarlos con cautela ya que las imágenes Landsat tomadas de Hansen *et al.* (2013) solo tienen en cuenta la pérdida de cobertura vegetal y no hay datos sobre uso de suelo o tipo de bosques. Granda *et al.* (2012) no reportaron individuos de *A.*

laetissimus en cobertura boscosa de pinos introducidos (*Pinus spp*) ni en quebradas asociadas a estos bosques en la localidad de San Lorenzo. Tampoco se conoce cómo pueden afectar las plantaciones de café y aguacate a esta especie, ya que en la parte media y alta hay grandes cultivos de estos (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta 2000). En general tanto la estructura, como la composición y configuración, así como la fragmentación del paisaje pueden modelar la presencia y el comportamiento de una especie en una determinada área (Estupiñán & Galatti 1999; Block *et al.* 1998). Por tal razón es necesario realizar un estudio del paisaje en el área de distribución de *A. laetissimus*, ver aislamientos de parches de bosques, conectividad y los diferentes elementos que puedan traer consecuencias negativas para la especie de estudio.

Es necesario realizar un estudio más detallado con datos de uso de suelo y tipo de bosques, pero la poca pérdida de hábitat reportada en este estudio puede ser un factor de porqué esta especie de *Atelopus* así como otras especies endémicas de la SNSM no han declinados como especies en Costa Rica, Venezuela, Ecuador y panamá (Pounds & Crump 1994; Lips 1998, 1999; Ron & Merino-Viteri 2000; La Marca *et al*. 2005)

6 CONCLUSIONES

- Se concluye que las poblaciones de *A. laetissimus* son muy abundantes en la zona noroccidental de la SNSM y que esta ha sido así en los últimos 10 años, sin embargo, se desconoce cómo están las poblaciones dentro del Parque Nacional SNSM. En cuanto a las poblaciones más al norte al parecer estas son comunes.
- *A. laetissimus* utiliza diferentes microhábitats diurnos y al parecer es generalista. En cuanto a los sitios de descanso nocturno, esta especie presenta alta fidelidad por ellos.
- A. *laetissimus* es una especie poco conocida por los lugareños, siendo muy poco los habitantes que la han visto, sin embargo los que han visitado la quebrada San Lorenzo ya se por actividades académicas o recreativas han podido observar entre 1 y 3 individuos.
- En general los habitantes del corregimiento de Minca tienen muy poco conocimiento sobre los anfibios y pocos son los que logran identificar a especies presentes en la zona.
- *A. laetissimus* tiene un rango de extensión de 762 m^2 y un rango potencial no excede los 1200 km^2.

- En cuanto a la pérdida de hábitat en el área de extensión de la especie entre 2000 y 2014 solo ha sido del 2%.

7 BIBLIOGRAFÍA

1. Angarita-M, O., A. C. Montes-Correa & J. M. Renjifo. (2015). Amphibians and reptiles of an agroforestry system in the Colombian Caribbean. Amphibian & Reptile Conservation. 8(2): 19-38.
2. Balmford, A., L. Clegg, T. Coulson & J. Taylor. 2002. Why conservationists should heed Pokemon. Science. 295: 2367.
3. Ballouard, J.M., R. Ajtic, H. Balint, J. Brito, J. Crnobrnja-Isailovic, E. L. Elmouden, M. Erdogan, M. Feriche, J. M. Pleuguezuelos, P. Prokop, A. Sanchez, X. Santos, T. Slimani, B. Sterijovski, L. Tomovic, M. Usak, M. Zuffi & X. Bonnet. 2013. Schoolchildren and one of the most unpopular animals: are they ready to protect snakes? Anthrozoös. 26: 93-109.
4. Barra, D. & M. Simmaco. 1995. Amphibian skin: a promising resource for antimicrobial peptides. Trends in biotechnology. 13(6): 205-209.
5. Berger, L., R. Speare, P. Daszak, D. E. Green, A. A. Cunningham, C. L. Goggin, R. Slocombe, M. A. Ragan, A. D. Hyatt, K. R. MCDonald, H. B. Hines, K. R. Lips, G. Marantelli, & H. Parkes. 1998. Chytriodiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rainforest of Australia and Central America. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America 95: 9031-9036
6. Blaustein, A. R., P. D. Hoffman, D. G. Hokit, J. F. Kiesecker, S. C. Walls & J. B. Hays. 1994. UV repair and resistance to solar UV-B in amphibian eggs: a link to population declines? Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America 91: 1791-1795.
7. Block, W.M., M.L. Morrrison & M.E. Scoth. 1998. Development and Evaluation of habitat models for herpetofauna and small mammals. Forest science. 44(3): 430-437
8. Botero-Delgadillo, E., C. A. Páez & J. C. Verhelst. 2012. Distribución geográfica y ecológica, tamaño poblacional y vacíos de conservación del Periquito de Santa Marta (*Pyrrhura viridicata*). Ornitología Colombiana 12: 32-46
9. Broomhall, S. D., W. S. Osborne & R. B. Cunningham. 2000. Compative effects of ambient ultraviolet-B radiation on two sympatric species Australian frog. Conser. Biol. 14: 420-427

10. Carabali-Angola A. & B. Mejía. 2006. Simbolismo de la serpiente entre los wayuu. Jagwa pana 5: 95-112
11. Carvajalino-Fernández, J.M., B. Cuadrado-Peña & M.P. Ramírez-P. 2008. Registros adicionales de *Atelopus nahumae* y *Atelopus laetissimus* para la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Actual Biol. 30: 97-103.
12. Carvajalino-Fernandez, J.C., L.A. Rueda-Solano & M.F. Porras. 2013. Altitudinal and life zone extension of the Harlequin frog *Atelopus laetissimus*, in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Herpetological Bulletin. 25: 18-2
13. Carvajalino- Fernández, J.C., L. A. Rueda-Solano & M.F. Porras. 2013. Altitudinal and life zone extension of the Harlequin frog *Atelopus laetissimus*, in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Herpetological Bulletin, 25: 18-21.
14. Ceríaco, L.M.P. 2012. Human attitudes towards herpetofauna: the influence of folklore and negative values on the conservation of amphibians and reptiles in Portugal. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 8: 8-15
15. Clarke, B. T. 1997. The natural history of amphibian skin secretions, their normal functioning and potential medical applications. Biological Reviews. 72 (3): 365-379.
16. Crump, M.L. 1986. Homing and site fidelity in a Neotropical frog, *Atelopus varius* (Bufonidae). Copeia. 1986:438-444.
17. Crump, M.L. 1988. Aggression in harlequin frogs: male-male competition and a possible conflict of interest between the sexes. Anim. Behave. 36:1064-1077.
18. Crump, M. L., & N.J. Scott. 1994. Standard techniques for inventory and monitoring. Pp. 77-171. En: Heyer, M. A., R.W. Donnelly, L.A. Mcdiarmid, C. Hayek & M.S. Foster. (eds). *Measuring and Monitoring Biological Diversity*. Standard Methods for Amphibians. The Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 364 pp
19. Cuadrado-Peña, B. J. 2005. Estructura y composición florística del bosque ripario de la cuenca del río Gaira. Tesis de grado. Universidad del Magdalena. Pp 180
20. Cuesta-Ríos, E. Y. & L. E. R. Moreno. (2012). Importancia etnozoológica de herpetos en bosques de la selva pluvial central del Chocó. Revista Bioetnia 9(2): 196.
21. DeMaynadier P.G. & M.L. Hunter. 1999. Forest canopy closure and juvenile emigration by pool-breeding amphibians in Maine. The Journal of Wildlife Management 62 (2): 441-450.
22. Di Rosa I., F. Simoncelli, A. Fagotti & R. Pascolini. 2007. The proximate cause of frog declines? Nature 447: E3-E4.

23. Dole, J.W. & P. Durant. 1974. Movements and seasonal activity of *Atelopus oxyrhynchus* (Anura: Atelopodidae) in a Venezuelan cloud forest. Copeia. 1974:230-235.
24. Espinal, L.S. & E. Montenegro. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.
25. Estupiñan, R.A. & U. Galatti.1999. La fauna anura en áreas con diferentes grados de intervención entrópica de la amazonia oriental brasileña. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23 (Suplemento especial): 275-286.
26. Fick, S. E. & R. J. Hijmans. 2017. Wordclim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International journal of climatology. 37 (12): 4302-4315
27. Flechas, S. V., A. Paz, A.J. Crawford, C.Sarmiento, A.A. Acevedo, A. Arboleda, W. Bolívar-García, C.L Echeverry-Sandoval, R. Franco, C. Mojica, A. Muñoz, P. Palacios-Rodríguez, A. M. Posso-Terranova, P. Quintero-Marín, L.A Rueda-Solano, F. Castro-Herrera & A. Amézquita. (2017), Current and predicted distribution of the pathogenic fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in Colombia, a hotspot of amphibian biodiversity. Biotropica (0): 1-10
28. Frutos, N., L. A. Camporro & L. J. Avila. 2007. Ámbito de hogar de *Liolaemus melanops* Burmeister, 1888 (Squamata: Liolaemini) en el centro de chubut, Argentina. Gayana 71 142-149.
29. Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. 2000. Evaluación ecológica rápida: Definición de áreas críticas para la conservación en la Sierra Nevada de Santa Marta - Colombia. Santa Marta: Fundación ProSierra Nevada de Santa Marta, Ministerio del Medio Ambiente - UAESPNN,The Nature Conservancy.
30. Gallardo, J. M. (1994). Anfibios y Reptiles. Relatos y Leyendas, Etimologías, Usos y Abusos. Librería Agropecuaria, Buenos Aires. 161 p.
31. Gibbons, J.W. 1989. The management of amphibians, reptiles and small mammals in North America: the need for an environmental attitude adjustment. Páginas 4-10. En: Szaro, R.C., K.E. Severson & D.R. (eds). Management of Amphibians, Reptiles, and Small Mammals in North America. General technical report RM-166. U.S. Departament of agriculture, Forest Service, Fort Collin, CO
32. Gillespie G.R., D. Lockie, M.P. Scroggie & D.T. Iskandar. 2004. Habitat use by stream-breeding frogs in south-east Sulawesi, with some preliminary observations on community organization. Journal of Tropical Ecology 20:439-448.

33. Gómez-Hoyos D.A., W. Bolívar-G. C.E. Burbano-Yandi & J.L. García. 2014. Evaluación poblacional y estrategia de monitoreo para *Atelopus spurrelli* en el Parque Nacional Natural Utría, Colombia. Revista de Biodiversidad Neotropical. 4 (2): 104-112.
34. Gómez-Hoyos D.A., T. Suárez-Joaqui, W. Bolívar-G. & J.L. García. 2017. Population assessment strategy for *Atelopus elegans* (Bufonidae) in the Gorgona National Natural Park, Colombia. North-Western Journal of Zoology. 13 (1): 154-158.
35. Granda-Rodríguez, H.D. & A. Del Portillo-Mozo. 2007. Evaluación poblacional de *Atelopus laetissimus* y *Atelopus nahumae* (Anura: Bufonidae) del sector San Lorenzo, Sierra Nevada de Santa Marta. Tesis de grado. Universidad del Magdalena, Colombia.
36. Granda-Rodríguez, H.D., A.G. Del Portillo-Mozo & J.M. Renjifo. 2008. Uso de hábitat en *Atelopus laetissimus* (Anura: Bufonidae) en una localidad de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Herpetotropicos 4:87-93
37. Granda-Rodríguez, H.D., A. Del Portillo Mozo, J.M. Renjifo & F. Bolaños. 2012. ¿Están declinando todos los *Atelopus* de alta montaña? El caso de las ranas arlequín de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Herpetotropicos. 7: 21-30.
38. González-Gaudiano, E. 2007. Schooling and environment in Latin America in the third millennium. Environmental Education Research 13: 155–169
39. IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2014. *Atelopus laetissimus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T54519A3015811. Descargado el 31 de Agosto 2016.
40. Halliday, T.R. 2008. Why amphibians are important. Int. Zoo Yearbook 42: 7-14.
41. Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice & J. R. G. Townshend. 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change." Science. 342: 850–853. Data available on-line from:. Descargado el 25 de Junio 2017.
42. Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones & A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global areas. International Journal of Climatology, 25: 1965– 1978.
43. Hocking, D. J. & K. J. Babbitt. 2014. Amphibian contributions to ecosystem services. Herpetological Conservation and Biology 9(1):1−17.
44. Ingram, W. M. & E. C. Raney. 1943. Additional studies of the movement of tagged bullfrog *Rana catesbeiana* Shaw. Am. Midl. Nat. 29:239–41.
45. Jaeger, R. G. 1994. Transect Sampling. Pp. 103-107 en: Heyer, R. W., M. A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L. C. Hayek y M. S. Foster (eds.). Measuring and Monitorin Biological

Diversity. Standard Methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., 364 pp.

46. Nates, J. & P. Lindemann-Matthies. 2014. PP 116-154. Public knowledge and perception of frogs – a case study from Colombia. En: Nates, J (Ed). People´s familiarity with and attitudes towards native and exotic plant and animal species - case studies from Argentina, Colombia and China. Disertación de tesis de doctorado. Universidad de Zurich, Suiza.
47. Nates, J. & P. Lindemann-Matthies. 2015a. Public knowledge and perception of toads and frogs in three areas of subtropical Southeast China. Society and Animals. 23 (2): 166-192.
48. Nates, J. & P. Lindemann-Matthies. 2015b. Public knowledge and perception of toads and frogs in three areas of subtropical Southeast China. Society & Animals. 23 (2): 166-192.
49. Kadmon, R., O. Farber & A. Danin. 2003. A systematic analysis of factors affecting the performance of climatic envelope models. Ecological Applications. 13: 853–867
50. Karraker, N., C.L. Richards & H.L. Ross 2006. Reproductive ecology of *Atelopus zeteki* and comparisons to other members of the genus. Herpetol. Rev. 37:284-288.
51. Kellert, S.R. 1985. Attitudes toward animals: age-related development among children. Journal of Environmental Education. 16: 29-39.
52. Knegtering, E., L. Hendrickx, H. J. Van Der Windt & A. J. S. Uiterkamp. 2002. Effects of species' characteristics on nongovernmental organizations' attitudes toward species conservation policy. Environment and Behavior. 34(3): 378-400.
53. Knight A. J. 2008. "Bats, snakes and spiders, Oh my!" How aesthetic and negativistic attitudes, and other concepts predict support for species protection. J Environ Psychol. 28: 94-103.
54. UICN. (2012). Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. vi + 34pp. Originalmente publicado como IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).
55. La Marca, E., K.R. Lips, S. Lötters, R. Puschendorf, R. Ibáñez, J.V. Rueda-Almonacid, R. Schulte, C. Marty, F. Castro, J. Manzanilla-Puppo, J.E. García-Pérez, F. Bolaños, G. Chaves, J.A. Pounds, E. Toral & B. E. Young. 2005. Catastrophic population declines and extinctions in neotropical harlequin frogs (Bufonidae: *Atelopus*). Biotropica 37:190-201.

56. Lampo M., J.C. Señaris, A. Rodríguez-Contreras, F.J.M. Rojas-Runjaic & C.Z. García. 2012. High turnover rates in remnant populations of the Harlequin Frog *Atelopus cruciger* (Bufonidae): Low risk of extinction? *Biotropica* 43 (3): 420-426.
57. Lampo M, J.C. Señaris, A. Rodríguez-Contreras & C.Z. García. 2017. Population dynamics of the critically endangered toad *Atelopus cruciger* and the fungal disease chytridiomycosis. PLoS ONE 12 (6): 1-18.
58. Legast A. 1982. "La *fauna mítica Tairona*". En: Boletín. Año 5, pp. 1-18. Museo del Oro, Banco de la República, Bogotá.
59. Lindemann-Matthies, P. 2002. The influence of an educational program on children's perception of biodiversity. The Journal of Environmental Education. 33: 22-31.
60. Lindemann-Matthies, P. 2005. 'Loveable' mammals and 'lifeless' plants: how children's interest in common local organisms can be enhanced through observation of nature. International Journal of Science Education. 27: 655-677.
61. Lips, K. R. 1998. Decline of a tropical montane amphibian fauna. Conser. Biol. 13: 117-125
62. Lips, K.R. 1999. Mass mortality and population declines of anurans at an upland site in western Panama. Conser. Biol. 13:117-125.
63. Lötters, S. 1996. The Neotropical Toad Genus *Atelopus.* Vences y Glaw Köln, Germany.
64. Lötters, S. 2007. The fate of the harlequin toads - help through a synchronous multidisciplinary approach and the IUCN 'Amphibian Conservation Action Plan'. Mitteilungen Museum für Naturkunde Berlin, 83:69-73.
65. Luger, M., W. Hodl & S. Lötters. 2009. Site fidelity, home range behavior and habitat utilization of male harlequin toads (Amphibia: *Atelopus hoogmoedi*) from Suriname: relevant aspects for conservation breeding. Salamandra 45:211-218.
66. Molina-Zuluaga, C. & P.D.A. Gutiérrez-Cárdenas. 2007. Uso nocturno de perchas en dos especies de *Anolis* (Squamata: Polychrotidae) en un bosque Andino de Colombia. Pap. Avul. Zool. 47:2007.
67. Mohr, C.O. 1947. Table of equivalent populations of North American small mammals. Am. Midl. Nat. 24:581–84.
68. Navas, C.A. 1996. Implications of microhabitat selection and patterns of activity on the thermal ecology of high elevation Neotropical anurans. *Oecologia* 108:617-626.

69. Newman, D.G. 1990. Activity, dispersion, and population densities of Hamilton's frog (*Leiopelma hamiltoni*) on Maud and Stephens Islands, New Zealand. Herpetologica. 46:319–30.
70. Nicolaï M.P.J., S. Porchetta, S. Balakrishna, D.P Botha, P.J.R. Kok. 2017. Preliminary observations on the circadian variation in site fidelity in *Atelopus hoogmoedi* (Lescure, 1974) (Anura, Bufonidae). Amphibian & Reptile Conservation 11 (1) [General Section]: 45–50.
71. Ostrom, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science 325: 419-422.
72. Ousterhout B. H & J.J. Burkhart. 2017. Moving beyond the plane: measuring 3D home ranges of juvenile salamanders with passive integrated transponder (PIT) tags. Behav. Ecol. Sociobiol. 71:59.
73. Peterson A.T, M. Papes & M. Eaton. 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: A comparison of GARP and Maxent. Ecography. 30: 550-560.
74. Plan de desarrollo distrital (2016-2019). Unidos por el cambio, Santa Marta, ciudad del buen vivir. Alcaldía de Santa Marta
75. Pearson, R. G. 2007. Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. Synthesis. American Museum of Natural History. Available at http://ncep.amnh.org.
76. Phillips S.J., R.P. Anderson & R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190: 231–259.
77. Phillips, S. J. & M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography, 31: 161-175.
78. Pilgrim, S. E., L.C. Cullen, D.J. Smith & J. Pretty. (2008). Ecological knowledge is lost in wealthier communities and countries. Environmental science & technology. 42 (4): 1004-1009
79. Pounds, A.J. & M.L. Crump 1989. Temporal variation in the dispersion of a tropical anuran. Copeia 1989:209-211.
80. Pounds, J.A., M. P. L. Fogden, J. M. Savage, & G. C. Gorman. 1997. Tests of null models for amphibian declines on a tropical mountain. Conservation Biology. 11:1307–1322.
81. Prokop, P. & J. Fančovičová. 2012. Tolerance of amphibians in Slovakian people: a comparison of pond owners and non-owners. Anthrozoös. 25: 277-288.

82. Prokop, P. & J. Fančovičová. 2013. Does colour matter? The influence of animal warning coloration on human emotions and willingness to protect them. Animal Conservation. 16: 458–466.

83. Puschendorf R., A.C. Carnaval, J. VanderWal, H. Zumbado-Ulate, G. Chaves, F. Bolaños & R.A. Alford. 2008. Distribution models for the amphibian chytrid *Batrachochytrium dendrobatidis* in Costa Rica: proposing climatic refuges as a conservation tool. Diversity and Distribution.

84. Raney, E.C. 1940. Summer movements of the bullfrog *Rana catesbeiana* Shaw as determined by the jaw-tag method. Am. Midl. Nat. 23:733–45.

85. Roithmair, M.E. 1992. Territoriality and male mating success in the dart-poison frog, *Epipedobates femoralis* (Dendrobatidae, Anura). Ethology. 92:331–43.

86. Rocha Usuga, A.A., F. Vargas Salinas & L.A.Rueda–Solano**.** Not Every Drought is Bad: Quantifying Reproductive Effort in the Harlequin Frog *Atelopus laetissimus* (Anura: Bufonidae)**.** Journal of Natural History. 50 (31-32): 1913-1928

87. Ron, S. R., & A.Merino-Viteri. 2000. Amphibian declines in Ecuador: overview and firt report of Chytridiomycosis From South America. Froglog 42: 2-3

88. Ron, S. R., W. E. Duellman., L. E. Coloma & M. Bustamante. 2003. Population decline of the Jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. Conser. Biol. 12:106-117.

89. Rueda–Solano, L. A & K. M. Warkentin. 2016. Foraging behavior with possible use of substrate-borne vibrational cues for prey localization in *Atelopus laetissimus* (Ruiz-Carranza, Ardila-Robayo, and Hernández-Camacho, 1994). Herpetology Notes. 9: 191-195.

90. Rueda-Solano L.A., S.V. Flechas, M. Galvis-Aparicio, A.A. Rocha-Úsuga, E.J. Rincón, B. Cuadrado-Peña & R. Franke-Ante. 2016a. Epidemiological surveillance and amphibian assemblage status at the Estación Experimental de San Lorenzo, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Amphibian & Reptile Conservation* 10 (1) [General Section]: 7–19.

91. Rueda-Solano L.A., C.A. Navas, J.M. Carvajalino-Fernández & A. Amézquita. 2016b. Thermal ecology of montane *Atelopus* (Anura: Bufonidae): A study of intrageneric diversity. *Journal of Thermal Biology* 58: 91-98.

92. Schlegel, J. & R. Rupf. 2010. Attitudes towards potential animal flagship species in nature conservation: a survey among students of different educational institutions. Journal for Nature Conservation. 18: 278-290.
93. Sexton, O. 1958: Observation on the life history of a Venezuelan frog *Atelopus cruciger*. Acta Biol. Ven. 2: 235-242.
94. Soto-Azat C & A Valenzuela-Sánchez. 2012. Conservación de anfibios de Chile. Universidad Nacional Andrés Bello, Santiago, Chile
95. Stokes, D. L. 2006. Things we like: human preferences among similar organisms and implications for conservation. Human Ecology 35: 361–369.
96. Stockwell, D. R. B. & A.T Peterson. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. Ecological Modelling. 148: 1-13.
97. Stuart, S. N., J. S. Chanson, N. A. Cox, B. E. Young, A. S. L. Rodrigues, D. L. Fischman, & R.W.Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. Science 306: 1783–1786.
98. Tomažič, I. 2011. Seventh graders' direct experience with, and feelings toward, amphibians and some other nonhuman animals. Society and Animals. 19: 225-247.
99. Urbina-Cardona, J. N. 2008. Conservation of neotropical herpetofauna: research trends and challenges. Tropical Conservation Science. 1(4):359-375
100. van Proosdij, A.S.J., Sosef, M.S.M., Wieringa, J.J., Raes, N., 2016. Minimum required number of specimen records to develop accurate species distribution models. Ecography. 39, 542–552.
101. Young, B. E., K. R. Lips, J. K. Reaser, R. Ibáñez, A. W. Salas, j. R. Cedeño, l. A. Coloma, S. Ron, E. La Marca, J. R. Meyer, A. Muñoz, f. Bolaños, G. Chaves, & D. Romo. 2001. Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. Conser. Biol. 15: 1213–1223
102. Wells, K. 2007. The Behaviour and Ecology of Amphibians. Chicago: Univ. Chicago Press.
103. Woods, B. 2000. Beauty and the beast: preferences for animals in Australia. J. Tour Stud. 11: 25-35.
104. Xie, F., M.W.N. Lau, S.N. Stuart, J.S. Chanson, N.A, Cox & D.L. Fischman. 2007. Conservation needs of amphibians in China: A review. Science in China Series C: Life Sciences. 50: 265–276.

105. Zippel, K., K. Johnson, R. Gagliardo, R. Gibson, M. McFadden, R. Browne, C. Martinez & E. Townsend. 2011. The Amphibian Ark: A global community for ex situ conservation of amphibians. Herpetological Conservation and Biology 6: 340–352.

8 APÉNDICES

Apéndice I. Encuesta de percepción sobre los anfibios

A. INFORMACIÓN BÁSICA DEL ENCUESTADO

Encuestador (a): _____

Fecha de Entrevista: ____/____/____ Hora _____

Municipio: Corregimiento: Vereda:

Dirección: _____

Posición geográfica: _____

Sexo: masculino: ( ) femenino ( ) otro_____
Edad:_____
Nivel de estudio Primaria__- Secundaria___- Técnico__- Profesional__- Especializado___- Ninguno__
Ocupación: Informal _____ Empleado _____ Independiente_____ Ninguno_____

B. PREGUNTAS DE PERCEPCIÓN Y ACTITUDES

1. De las siguientes imágenes cual considera que es un anfibio:
   Perro ( ), Ave ( ) Tortuga ( ), serpiente ( ), Rana ( ), Sapo ( ), Lagartija ( ), Salamandra ( ) Cecilia ( )
2. De estas 5 imágenes de anfibios, cuál vive en su región y en lo posible de su nombre común:

   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

3. ¿Cuantos individuos ha visto en un día del sapito Arlequín *A. laetissimus*?

   _____

4. ¿Cuán importante son los anfibios en la naturaleza? (rango 1: absolutamente sin importancia, 2: sin importancia, 3: ni importante/ni sin importancia, 4: importantes y 5: muy importantes):

5. Los anfibios son importantes como (rango 1: totalmente en desacuerdo, 2: en desacuerdo, 3: ni de acuerdo/ni desacuerdo, 4: de acuerdo y 5: totalmente de acuerdo):

Valor medicinal

Valor alimenticio

Agradables

Son perjudiciales

Mascota

6. De acuerdo a sus creencias populares o conocimiento sobre los anfibios, estos producen lo siguiente: rango 1: Totalmente en desacuerdo, 2: en desacuerdo, 3: ni de acuerdo/ni desacuerdo, 4: de acuerdo y 5: totalmente de acuerdo):

Tiran leche por la piel

Se inflan hasta explotar

Generan verrugas en las personas

Se alimentan de mosquitos perjudiciales para las personas

Vocalizan o cantan

Portadoras de enfermedades

7. Clasifique de 1 a 5, cuál de estas especies es más agradable para usted. Siendo 5 superior y 1 inferior. Prueba de imagen
   Mamífero ( )
   Tortuga ( )
   Ave ( )
   Anfibio ( )
   Serpiente ( )

8. ¿Ha participado en algún programa de conservación anfibios?

   Si ( ) No ( ). Nombra alguno si ha participado _____

9. . ¿Estaría dispuesto a recibir mayor información sobre cómo conservar los anfibios? Rango 1: totalmente en desacuerdo, 2: en desacuerdo, 3: ni de acuerdo/ni desacuerdo, 4: de acuerdo y 5: totalmente de acuerdo):

HUBIERA SIDO IMPORTANTE INCLUIR UNA PREGUNTA ACERCA DE QUÉ FACTORES CREEN ELLOS QUE ATENTAN CONTRA LA CONSERVACIÓN DE LOS ANFIBIOS

Apéndice II. Fotografías utilizadas para la pregunta 1, de la encuesta

Ave	*Perro*
Cecilia	*Lagartija*

Rana	*Salamandra*
Sapo	*Serpiente*

Tortuga

Apéndice III. Fotografías de la pregunta 2 de la encuesta

A. laetissimus	***C. gayi***
B. pugnax	***L. fuscus***

H. horribilis

Apéndice IV. Fotografías para la pregunta 7, de la encuesta

Anfibio	***Ave***
Mamífero	***Serpiente***

Tortuga