



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

**Influencia de variables ambientales en la abundancia de  
*Hyloxalus vertebralis* en el área de influencia del proyecto  
hidroeléctrico Paute - Mazar.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:  
**BIÓLOGO, CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN.**

**Autores:**

**MARÍA JOSÉ BARRERA YUNGA**

**NELLY ALEXANDRA CALLE CASTILLO**

**Director:**

**DAVID CHRISTOPHER SIDDONS**

**CUENCA, ECUADOR**

**2017**

## DEDICATORIA

A Dios, a su amor constante e incondicional en este camino, que por medio de Cristo, sin su presencia hubiera sido imposible realizar este sueño.

A mis padres, Mónica y Rolando, en especial a mi mamá que con su apoyo y empeño a diario me ayudó a cumplir esta meta; a mi hermana Jenny que con su ejemplo y consejos me enseñó a luchar; a mis sobrinos: Daniel, Lupita, Paula y Milagros por los momentos únicos compartidos; a mis tíos; a mis abuelos que con su enseñanza y apoyo me instruyeron cómo luchar y avanzar sin caer.

*María José Barrera*

En memoria de Severo Calle, mi padre, quien me impulsó a escoger este camino y me animó a cumplir mi meta.

A Dios, porque sin él nada es posible, a su constancia en la lucha para cumplir mi anhelo.

*Nelly Alexandra Calle*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por todo lo brindado.

A la escuela de Biología, por su enseñanza a lo largo de la carrera en esta disciplina científica. Al Dr. Pedro Astudillo por su ayuda brindada en nuestro análisis e investigación. A nuestro director de Tesis Ecólogo David Siddons por su apoyo constante y las correcciones pertinentes a la investigación. Al Blgo. Santiago Barros por su colaboración brindada. A los miembros del tribunal, Dr. Sebastián Padrón y Dr. Pedro Astudillo por las observaciones realizadas al documento preliminar de tesis. A Henry Garzón por su ayuda en el área de Botánica. A la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP), en especial los Ingenieros: Rafael Vélez, Pedro Alvarado y David Vásquez dentro del Área de Gestión Ambiental por su participación para el desarrollo de esta investigación.

A mis padres Mónica y Rolando, a mi hermana Jenny, a mis sobrinos Daniel, Lupita, Ana Paula y Milagros. Gracias por el apoyo incondicional para lograr una meta en mi vida, son el motor que Dios me brindó.

A mis amigos: Verónica, Jaime, Boris, Jéssica y Carolina. Gracias a ustedes por estar durante mi carrera universitaria.

*María José.*

A mi padre, quien fue el motor principal de mi vida y mi carrera, gracias por los bellos momentos que nos has dado y por ser el mejor padre del mundo.

A mis hermanos: Daysi, Carlos, Diego, Antonio y Danilo por su apoyo constante y por compartir muchos momentos hermosos durante mi carrera.

A mi madre luchadora, gracias por tus desvelos, tu trabajo y tus consejos para hacer de cada uno de tus hijos personas de bien y verlos triunfar.

A Karina, Lucas y Stuart, quienes fueron los que me impulsaron a conocer la Biología más de cerca y que con su apoyo imperecedero han ayudado a cumplir mi meta.

*Nelly Alexandra.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: MATERIALES Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>4</b>
1.1 Área de estudio.....	4
1.2 Descripción de <i>H. vertebralis</i> .....	5
1.3 Caracterización del hábitat.....	5
1.4 Muestreo de <i>H. vertebralis</i> .....	6
1.5 Análisis de datos.....	6
<b>CAPÍTULO 2: RESULTADOS.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 3: DISCUSIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>16</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>20</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa de ubicación del área de estudio, 37 parcelas en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar. Triángulos rojos en círculo (Presencia de <i>Hyloxalus vertebralis</i> ) zonas conservadas. Triángulos amarillos (Ausencia de <i>Hyloxalus vertebralis</i> ) zonas perturbadas.....	4
Figura 2.1. Abundancia de <i>Hyloxalus vertebralis</i> registrada en 37 parcelas entre las provincias de Azuay y Cañar.....	9
Figura 2.2. Efecto de las variables ambientales: PCI (estrato arbóreo) (1); PCII (estrato herbáceo) (2); Distancia al agua (3); Elevación (4) sobre la abundancia de <i>Hyloxalus vertebralis</i> . Líneas rojas entrecortadas: <i>regression tree</i> (nodos que explican el umbral de cambio). Líneas negras continuas: curvas gam no paramétricas.....	10

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Vectores propios del Análisis de Componentes Principales (PCA) de las 37 parcelas en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar.....	7
--	---

## ÍNDICE DE ANEXOS


Anexo 1. Abundancia de <i>Hyloxalus vertebralis</i> capturados en cada estrato (arbóreo, arbustivo, herbáceo) en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar.....	20
Anexo 2. Información sobre las variables ambientales en 37 parcelas (Localidades) del proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar.....	21
Anexo 3. Fotografías que ilustran el trabajo de campo realizado entre los meses (septiembre-diciembre de 2015).....	23

**INFLUENCIA DE VARIABLES AMBIENTALES EN LA ABUNDANCIA DE  
*HYLOXALUS VERTEBRALIS* EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL  
PROYECTO HIDROELÉCTRICO PAUTE-MAZAR**

**RESUMEN**

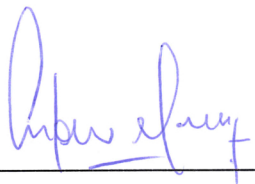
*Hyloxalus vertebralis* es una especie nativa de Ecuador catalogada en Peligro Crítico por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Se estudió la influencia de las variables ambientales (estrato arbóreo, elevación, distancia al cuerpo de agua) sobre la abundancia de *H. vertebralis* y se reportó un incremento de abundancia a medida que aumenta la proporción de árboles y la disponibilidad de cuerpos de agua en el rango 2600 - 2800 msnm, mientras que la abundancia disminuye en el rango 2400 - 2500 msnm, posiblemente a que en zonas bajas existe vegetación arbustiva y herbácea asociada a cambios antropogénicos. Este estudio genera información sobre *H. vertebralis* que puede ser útil para la conservación y el manejo de la especie.

**Palabras clave:** *Hyloxalus vertebralis*, abundancia, estrato, elevación, distancia al agua.




Ecol. David Christopher Siddons.

**DIRECTOR DE TESIS**




Dr. Antonio Manuel Crespo Ampudia

**COORDINADOR DE ESCUELA**



María José Barrera Yunga



Nelly Alexandra Calle Castillo

**AUTORAS**

**INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL VARIABLES ON THE ABUNDANCE OF  
THE FROG, *HYLOXALUS VERTEBRALIS* AT PAUTE-MAZAR  
HYDROELECTRIC PLANT**

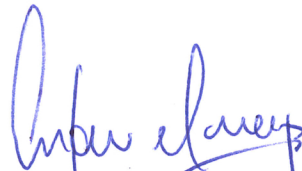
**ABSTRACT**

*Hyloxalus vertebralis* is a native species of Ecuador classified as Critically Endangered by the International Union for Conservation of Nature (IUCN). The influence of environmental variables (tree stratum, elevation, and distance to body of water) on the abundance of *H. vertebralis* was studied. An increase in abundance was reported as the proportion of trees and the availability of water bodies in the 2600 - 2800 masl range raises. While abundance decreases in the 2400 - 2500 masl range, possibly because in lower zones, there are shrub and herbaceous vegetation associated with anthropogenic changes. This study presents information on *H. vertebralis* that may be useful for the conservation and management of the species

**Keywords:** *Hyloxalus vertebralis*, abundance, stratum, elevation, distance to water.



Ecol. David Christopher Siddons.  
**THESIS DIRECTOR**



Dr. Antonio Manuel Crespo Ampudia  
**SCHOOL COORDINATOR**



María José Barrera Yunga



Nelly Alexandra Calle Castillo

**AUTHORS**



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Barrera Yunga María José  
Calle Castillo Nelly Alexandra  
Trabajo de Titulación  
Ecol. David Christopher Siddons  
Mayo, 2017

**INFLUENCIA DE VARIABLES AMBIENTALES EN LA ABUNDANCIA DE  
*HYLOXALUS VERTEBRALIS* EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL  
PROYECTO HIDROELÉCTRICO PAUTE - MAZAR**

**INTRODUCCIÓN**

Los cambios ambientales y la intervención antropogénica han provocado cambios en la estructura y composición del hábitat; generando así cambios en el tamaño de poblaciones de especies como son los anfibios (Blaustein & Wake, 1995). Los modos reproductivos de los anfibios los hacen muy dependientes de microhábitats específicos, de los cuales se derivan procesos de reproducción y desarrollo (Zug *et al.*, 2001). En consecuencia, los anfibios muestran alta especificidad de hábitat por ejemplo, especies de metamorfosis completa dependen de agua dulce para el desarrollo de los juveniles los cuales posteriormente pasan a la etapa adulta en la cual los individuos interactúan entre hábitats terrestres y acuáticos (Angulo *et al.*, 2006).

Estos cambios que ocurren dentro de los hábitats afectan a los anfibios de manera directa e indirecta. Los efectos directos comprenden variaciones reproductivas, fisiológicas y de comportamiento, mientras que los efectos indirectos se refieren a la disponibilidad de alimentos y al cambio de hábitat (Uribe, 2015). La mayoría de los anfibios reaccionan a ciertas características para establecer su hábitat, tales como la disponibilidad a cuerpos de agua, tipo de sustrato y cobertura vegetal (Navas, 1996) al igual que su distribución esta proporcionada por la variable de elevación (Villacampa, 2013).

Por otra parte, es importante mencionar que las especies que se encuentran en rangos de elevación muy estrechos presentan un mayor riesgo ante diversas características

ambientales (Uribe, 2015), como por ejemplo; los cambios que ocurren en la humedad hacen que algunos anfibios reduzcan su actividad y perturben sus patrones de migración (Uribe, 2015).

En el Ecuador, la pérdida de hábitat, particularmente en los valles interandinos y estribaciones occidentales de los Andes, es extensiva (Brandt & Townsend, 2006). *Hyloxalus vertebralis* (Dendrobatidae) ocupa arroyos, campos abiertos y en especial hábitats con estratos arbóreos (Grant *et al.*, 2006). La información pertinente sobre el actual estado de conservación de *H. vertebralis* en el Ecuador es escasa (CELEC EP, 2014; Cáceres & Martínez, 2008). Este último aspecto ha generado un cierto desinterés en entender las variaciones en la abundancia de *H. vertebralis*, postulando de esta manera que las poblaciones podrían estar disminuyendo. En los Andes sur del Ecuador, particularmente entre las provincias de Azuay y Cañar, se ha construido el proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar, una obra de gran magnitud, la cual ha generado impactos en el microhábitat de especies pequeñas y de distribución limitada como es el caso de *H. vertebralis* (ACOTECNIC, 2006; Bustamante, 2008). Así, el presente estudio busca evaluar la influencia de variables ambientales (tipo de estrato, elevación, distancia a los cuerpos de agua) sobre poblaciones de *H. vertebralis* en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar. Se hipotetiza una disminución de la abundancia de *H. vertebralis* por los cambios generados en el microclima de la zona de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar, además de ello, existen localidades con alta intervención antropogénica, presencia de ganado vacuno, y escombreras.

## OBJETIVOS

### **Objetivo general:**

Explorar cambios en la abundancia de *Hyloxalus vertebralis* a través de gradientes ambientales.

### **Objetivos específicos:**

- Determinar la abundancia de poblaciones *Hyloxalus vertebralis* en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar.
- Examinar las variables ambientales: estrato arbóreo, elevación y distancias a cuerpos de agua que influyen en la abundancia de *H. vertebralis*.
- Establecer la relación existente entre la abundancia de *H. vertebralis* y las variables ambientales.



## CAPÍTULO I

## MATERIALES Y METODOLOGÍA

## 1.1 Área de estudio

El área evaluada se encuentra en la región centro sur del Ecuador, entre las provincias de Azuay y Cañar, en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar. Esta zona fue concesionada a la Corporación Eléctrica del Ecuador, Unidad de Negocio Hidropaute (CELEC EP). El área de influencia comprende aquellos sitios que están en la franja superior al sitio de presa y área de reservorio, ubicándose entre los 2000 y 2800 msnm. (Figura 1.1).

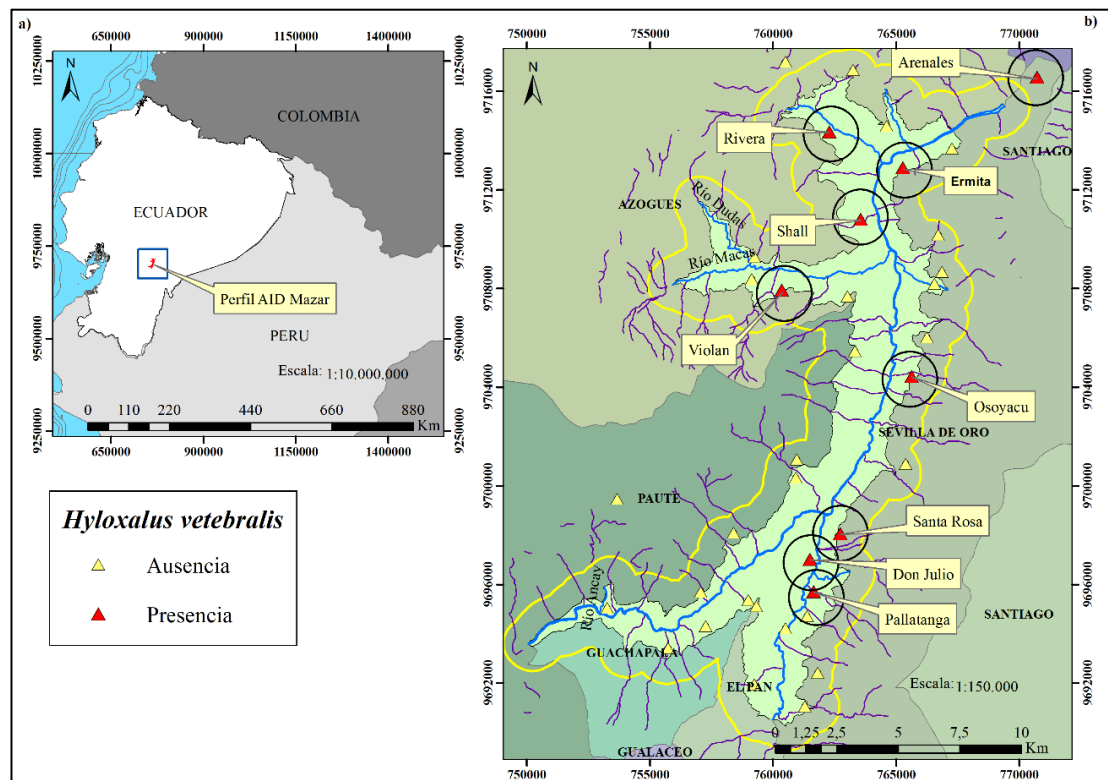


Figura 1.1. Mapa de ubicación del área de estudio, 37 parcelas en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar. Triángulos rojos en círculo (Presencia de *Hyloxalus vertebralis*) zonas conservadas. Triángulos amarillos (Ausencia de *Hyloxalus vertebralis*) zonas perturbadas.

El área evaluada conserva un clima semi-húmedo, la temperatura varía desde 11 a 23 °C., con una pluviosidad media anual de 1219 mm y una humedad relativa mínima entre 19 y 25% y máxima entre 73 y 100% (ACOTECNIC, 2006). La vegetación está caracterizada por bosques maduros, con alta heterogeneidad de estratos vegetales, evidencia de un área muy conservada, además de la presencia de briófitos y bromelias. Mientras que en zonas alteradas domina el bosque secundario con mayor homogeneidad de estratos vegetales herbáceo-rasante y matorral evidencia de escasa cobertura de estratos superiores (Sierra, 1999). Existen amplias áreas intervenidas por procesos antropogénicos. Entre los sitios más intervenidos están: Don Julo, Santa Rosa, Pallatanga y Rivera; mientras que Arenales, Shal, Violán, Ermita y Osoyacu son los sitios menos disturbados.

### **1.2 Descripción de *Hyloxalus vertebralis***

La especie se caracteriza por poseer una banda lateral oblicua de color dorado que se extiende a ambos lados del cuerpo desde los ojos hacia la región inguinal en donde la coloración es más intensa (Coloma, 2005). Presenta dos marcas pequeñas en la región garganta - pectoral y no tiene membranas interdigitales. Los juveniles tienen una coloración negra en la región garganta - pectoral y pequeñas manchas que no se distinguen claramente (Coloma, 2005). El tamaño varía de acuerdo al sexo y a la edad de la especie. Las hembras miden de 17 a 20.2 mm de Longitud hocico - cloaca y los machos de 14.1 a 17.5 mm. En tanto que los juveniles miden 9.4 mm (Grant *et al.*, 2006).

Al momento de la reproducción los huevos son colocados en el suelo, en sitios protegidos con vegetación baja. Los machos cuidan de la puesta (Ron *et al.*, 2016); cuando los huevos eclosionan llevan en su dorso a los renacuajos hacia charcas temporales o arroyos, donde empieza su desarrollo; una puesta de esta especie contiene por lo general 10 huevos (Ron *et al.*, 2009).

### **1.3 Caracterización del hábitat**

Se caracterizó la vegetación en 37 parcelas de 10 x 10 m empleando un muestreo estratificado con el fin de abarcar toda el área de estudio, se tomó datos de las características fisonómicas y de heterogeneidad del hábitat, para ello se utilizó el método propuesto por Rangel & Lozano (1986), que clasifica la vegetación herbácea,

arbustiva y arbórea de acuerdo al tamaño de perfil de vegetación: i) estrato herbáceo de 0.25-1.5 m; ii) estrato arbustivo de 1.5-5 m y, iii) estrato arbóreo > 25m. Así se estimó el porcentaje de cada estrato presente por parcela. La cobertura del dosel fue estimada vía cobertura de cuadrantes al cielo (porcentaje de lo que está obstruido por ramas y hojas). En relación a los requerimientos de hábitat de la especie, se determinó la profundidad de hojarasca (cm), distancia del punto marcado hacia el cuerpo de agua (m) a través del programa ArcGIS, versión 10.1 y elevación msnm) mediante un GPS diferencial de alta precisión Magellan Tritón 1500 en cada parcela definida.

#### **1.4 Muestreo de *Hyloxalus vertebralis***

Para determinar la presencia de la especie se trabajó en base a parcelas. Este método consiste en inspeccionar de manera exhaustiva a los anfibios en lugares seleccionados aleatoriamente, y ha sido empleado con éxito para la determinación de abundancias (Lieberman, 1986; Scott 1976). Cada parcela tuvo una dimensión de 10\*10 m en la cual se realizó búsquedas intensivas registrando a los individuos de *Hyloxalus vertebralis* en la parcela establecida.

Los censos de *H. vertebralis* fueron realizados durante los meses de septiembre a diciembre del año 2015. El horario de muestreo fue de 09:00 a 12:00 y de 15:00 a 19:00 durante tres días por semana debido a la actividad diurna de la especie. Todos los individuos registrados fueron capturados temporalmente, hasta describir la caracterización del hábitat, para después proceder a liberarlos.

#### **1.5 Análisis de datos**

Para reducir la variación subyacente de las variables de hábitat (estrato arbóreo, estrato herbáceo, estrato arbustivo, profundidad de hojarasca y distancia al cuerpo de agua) se utilizó un Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) generando así nuevas variables que contienen la información sintetizada de las variables originales (Cayuela, 2011) (estrato arbóreo y estrato herbáceo). (Tabla 1.1). El primer componente (PCI) contiene el 56.6 % de la varianza y representa una gradiente de cambio desde el menor porcentaje de estrato arbustivo y herbáceo hacia un incremento del porcentaje de árboles con mayor cobertura del dosel y profundidad de hojarasca. El segundo componente (PCII) contiene el 18.5 % de la varianza y

representa una gradiente de cambio desde el menor porcentaje de arbustos hacia el mayor porcentaje del estrato herbáceo. Así PCI es considerado como estrato arbóreo, y PCII como estrato herbáceo. Para corroborar los componentes se utilizó el método *broken stick*, el cual nos muestra qué componentes deben ser utilizados (Jackson, 1993), demostrándonos en qué componentes se tiene el mayor porcentaje de la variabilidad de las muestras explicadas; y así conocer si la varianza explicada en esa porción difiere de la varianza total.

Tabla 1.1 Vectores propios del Análisis de Componentes Principales (PCA) de las 37 parcelas en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar.

Variable Hábitat	PCI	PCII
Árbol (%)	0.566	0.185
Arbusto (%)	-0.384	-0.732
Herbáceo (%)	-0.379	0.593
Profundidad hojarasca (cm)	0.388	-0.244
Cobertura del dosel (%)	0.488	-0.135

Los cambios en la abundancia de *Hyloxalus vertebralis* fueron explorados mediante modelos aditivos generalizados a través de la función “gam” del paquete estadístico “mgcv”, versión 1.12 (Wood, 2006). Este análisis permite hacer ajustes no paramétricos de variables, representando de manera resumida la relación entre variable dependiente y las variables independientes; así realiza funciones aditivas y de componentes lisos, en particular utiliza una función para establecer una relación entre la media de una variable de respuesta y una función no paramétrica de las variables explicativas, de manera que la estructura de los datos no lineales queden ajustados (Guisan *et al.*, 2002). Para los modelos gam se utilizó la abundancia total de *H. vertebralis* en relación a PCI (estrato arbóreo); PCII (estrato herbáceo), distancia al cuerpo de agua y elevación para explorar el posible efecto de cada variable sobre la abundancia.

Por consiguiente para explorar el efecto de las variables ambientales sobre la abundancia determinamos si existen umbrales de cambio dentro de las curvas de los modelos gam usando la función *regression tree*; esta es una técnica de análisis no paramétrica, en la cual los datos se dividen a lo largo de los ejes de manera que a cualquier nodo se elige la división que distingue al máximo la variable de respuesta y

muestra todos los nodos que existen dentro de las curvas posibles. Por último, para poder identificar si estos umbrales de cambio muestran cambios significativos aplicamos un análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) para identificar en qué nodo (lugar específico de la curva) los cambios en la abundancia difirieron significativamente (Crawley, 2013). Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el software R (versión 3.2.0, R Core Team, 2015).

## CAPÍTULO 2

### RESULTADOS

En total se registraron 91 individuos de *Hyloxalus vertebralis* (Anexo 1). Los sitios que presentaron mayor abundancia fueron: Osoyacu y Violán, mientras que los sitios con menor abundancia fueron: Don Julo, Santa Rosa, Pallatanga y Rivera. (Figura 2.1).

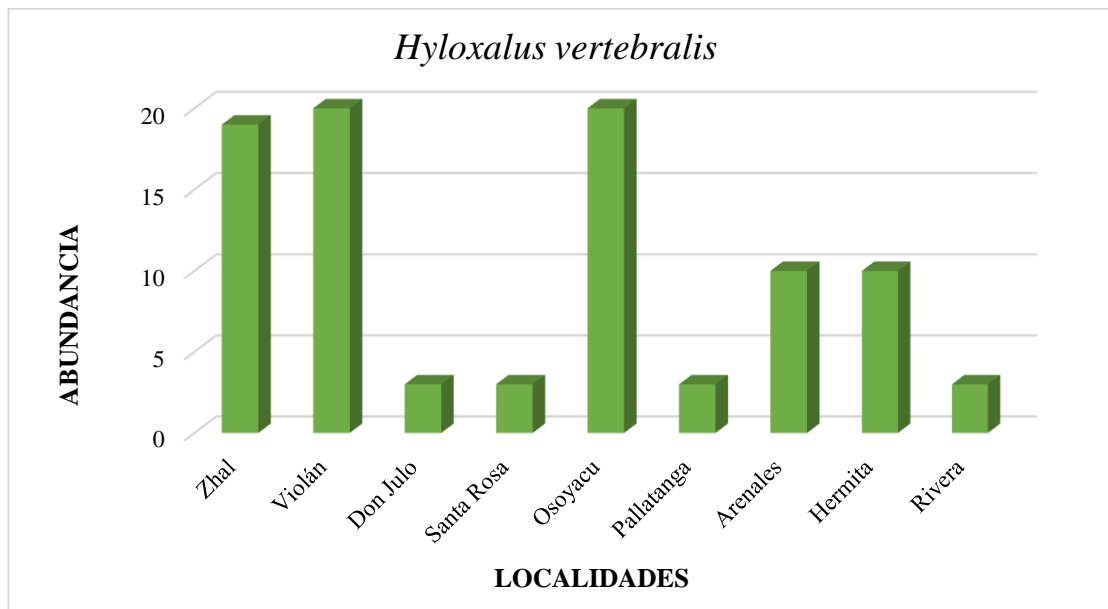


Figura 2.1. Abundancia de *Hyloxalus vertebralis* registrada en 37 parcelas entre las provincias de Azuay y Cañar.

Los modelos gam demuestran que las variables ambientales que influyeron en los cambios de abundancia de *Hyloxalus vertebralis* fueron: PCI= ( $F = 5.56$ ;  $P = 0.004$ ) distancia al agua ( $F = 4.51$ ;  $P = 0.005$ ), y elevación ( $F = 3.23$ ;  $P = 0.042$ ) (Figura 2.2). El efecto del PCI sobre la abundancia es positivo, a medida que el estrato arbóreo incrementa, la abundancia también incrementa; en la elevación la abundancia incrementa pero solo sobre los 2200 msnm como así también en el rango de los 2600 – 2800 msnm, mientras que la abundancia declina en el rango de 2400 – 2500 msnm. Respecto a la distancia al agua, a los 12 m de distancia incrementa la abundancia,

mientras que disminuye entre los 15 – 20 m, y a partir de los 20 m aumenta la abundancia nuevamente.

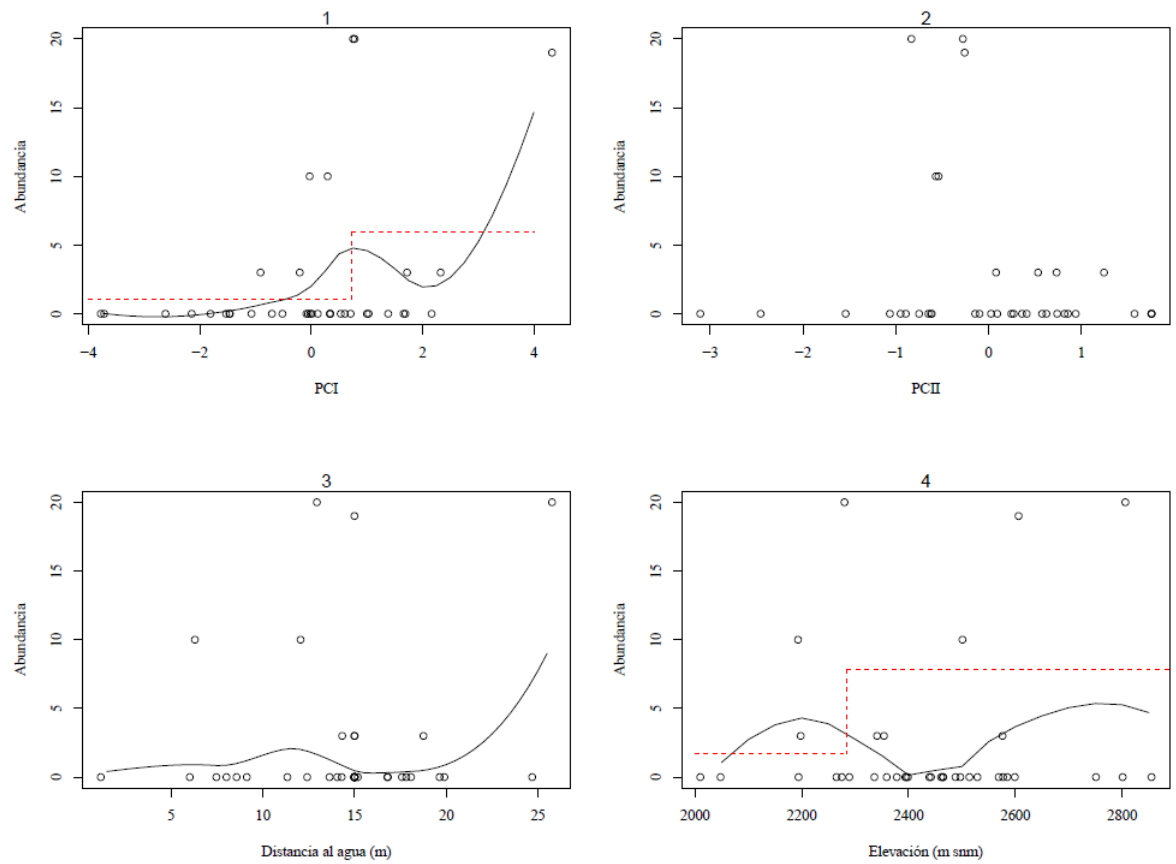


Figura 2.2. Efecto de las variables ambientales: PCI (estrato arbóreo) (1); PCII (estrato herbáceo) (2); Distancia al agua (3); Elevación (4) sobre la abundancia de *Hyloxalus vertebralis*. Líneas rojas entrecortadas: *regression tree* (nodos que explican el umbral de cambio). Líneas negras continuas: curvas gam no paramétricas.

### CAPÍTULO 3

#### DISCUSIÓN

Los resultados señalan que *Hyloxalus vertebralis* mantiene poblaciones abundantes en una pequeña franja de hábitat conveniente del paisaje. Esa pequeña franja se caracteriza por un rango pequeño de elevación 2600 - 2800 msnm y una elevación de 2200 msnm, con una fuerte presencia de estrato arbóreo y distancias medias a cuerpos de agua. Se registró un incremento de la abundancia de *H. vertebralis* alrededor de los 12 m de distancia al agua, y una menor abundancia entre los 15 – 20 m, posteriormente su abundancia aumentó a partir de los 20 m de distancia. Estos cuerpos de agua estuvieron siempre cerca de estratos arbóreos. Sin embargo (Hurtado, 2012) menciona que *H. vertebralis* es un habitante específico de bosques muy húmedos, registrado en potreros, lagunas, charcas, quebradas y en bordes húmedos de bosques montanos; así mismo indica que esta especie prefiere desarrollar su actividad cerca de un cuerpo de agua, señalando que les gusta vivir en sitios que presenten la mayor cantidad de hojarasca. La abundancia de esta especie hacia estas características de la franja se relaciona con nuestro análisis al demostrar que *H. vertebralis* es abundante en el estrato arbóreo, con cercanía a los cuerpos de agua.

En la elevación existe un incremento de abundancia de *H. vertebralis* a los 2200 msnm, sin embargo este aumento no se presenta de manera continua, lo cual puede ser un factor asociado a la disponibilidad de microhábitats (Cortez-Fernández, 2006). En el rango de 2600 – 2800 msnm la abundancia se mantiene constante, debido a que en zonas de mayor elevación aumentan las zonas de bosque, convirtiéndose en sitios inaccesibles con mayor heterogeneidad de microhábitats; y a su vez el hábitat se torna mucho más complejo. Mientras que en tierras con menor elevación existe un mayor impacto de cambio del hábitat, debido al uso inapropiado del suelo, caracterizándose en la formación de caminos de ganado y establecimientos de escombreras y cultivos, eliminando casi toda la vegetación nativa (ACOTECNIC, 2006). Un bosque muestra un mayor número de especies de anfibios con relación a una zona de tierras bajas, esto contrasta con el estudio de Duellman, 1987; Fauth *et*



*al.*, 1989 al mencionar que la abundancia de las especies disminuye conforme aumenta la elevación. Ron *et al.*, 2014 en su estudio menciona que el rango de elevación de *H. vertebralis* se encuentra entre los 70 y 1500 msnm, registros que no se corrobora con el presente resultado. Por otra parte es importante mencionar que la abundancia disminuyó en el rango 2400 - 2500 msnm, lo cual puede deberse a que en estas altitudes se registró más estrato herbáceo, asociado a cambios en el uso de suelo que ocurren luego de incendios provocados por el hombre, y pastoreo de ganado.

CELEC EP, 2014; Cáceres & Martínez, 2008 postulan que *H. vertebralis* tolera hábitats degradados e intervenidos, argumentos que son altamente cuestionables, mientras que los resultados de este estudio demuestran que *H. vertebralis* es más abundante en zonas bien conservadas, con mayor elevación, en espacios muy reducidos de la región; mientras que en zonas con baja elevación se registró una menor abundancia debido a que en el sector del proyecto hidroeléctrico conforme se desciende hacia sectores más bajos, la vegetación arbustiva y herbácea posee fines de ganadería extensiva y actividades que muchas veces provoca efectos degradativos en el ecosistema ocasionado por el pastoreo y sumándose a ello las quemadas de pajonal y matorral (ACOTECNIC, 2006). Por lo que se concluye que esta especie no tolera hábitats intervenidos con vegetación herbácea y arbustiva, sino al contrario que *H. vertebralis* se desplaza hacia microhábitats con alta presencia de estrato arbóreo, disponibilidad de cuerpos de agua, y conjuntamente con rangos de elevación altos el bosque tiende a formar una composición de recursos favorables para esta especie. Además la alta especificidad de hábitats promueve que las especies de áreas boscosas sean abundantes en áreas con alta cobertura vegetal, mayor hojarasca y alta humedad (Crump, 1974; Jaeger, 1994; Marsh & Pearman, 1997; Tocher *et al.*, 1997; De Maynadier & Hunter, 1998) permitiéndoles determinar nichos más específicos de acuerdo a sus requerimientos.

Es así que los patrones de abundancia en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico estuvieron relacionados en hábitats muy reducidos con alta presencia de estrato arbóreo, disponibilidad de cuerpos de agua y elevación; sin embargo los cambios inadecuados que ocurren en los suelos no son los indicados para este grupo de anfibios, entonces por más cambios pequeños que se involucren en el uso del suelo (carreteras, cultivos y deforestación) implicaría una gran pérdida de esa

pequeña franja de hábitat de la cual depende *H. vertebralis*, generando consecuencias negativas sobre las poblaciones de esta especie en la región.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

La elevación, la estructura del hábitat (estrato arbóreo) y la distancia al cuerpo de agua, influyeron en los cambios de abundancia de *Hyloxalus vertebralis* en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar; en una gradiente que va del estrato herbáceo y arbustivo hacia el estrato arbóreo, aumentando su abundancia en los 2200 msnm y en el rango 2600 – 2800 msnm.

*H. vertebralis* disminuyó notablemente en zonas con vegetación herbácea y arbustiva, ya que en estas zonas el uso inadecuado del suelo prevalece debido a intervenciones de pastoreo y cultivos, en donde la vegetación se encuentra muy reducida por la alta intervención antropogénica y el área natural ha sido reemplazada por plantaciones forestales, mientras que en zonas altas se incrementó la abundancia de *H. vertebralis*, debido a que en estas zonas existen áreas de bosque muy diversas con respecto a la composición florística, que posee la heterogeneidad del hábitat convirtiéndose así mismo en zonas inaccesibles y complejas.

En cuanto a la distancia al agua, según la función gam se tuvo una significancia entre los 5 a 25 m de distancia, presentando una particular inclinación a disponerse cerca o en diferentes cuerpos de agua, sin encontrar distancia específica (basado en los árboles de regresiones) que explique el punto de inflexión en el incremento de la abundancia.

Pese a ser una de las pocas investigaciones sobre *H. vertebralis* que se ha llevado a cabo, se espera que esta investigación inspire al desarrollo de nuevos trabajos en el estudio ecológico de *H. vertebralis*.

### **Recomendaciones:**

Es fundamental que una vez reconocidas las influencias de las variables ambientales sobre la abundancia de *Hyloxalus vertebralis*, se realice una segunda etapa de monitoreo para comprobar si las influencias demostradas en este estudio continúan de igual manera. Así mismo, se recomienda extender el tiempo de muestreo con el fin de estudiar a la especie en diferentes épocas del año y poder conocer cómo responden los cambios de abundancia frente a estos periodos.

Referente a los análisis de datos recomendamos el uso de los modelos gam, ya que se han podido cumplir con facilidad los objetivos planteados para el presente estudio. Este modelo está diseñado por la suma de suavizados que son las variables predictoras; mientras que para otros modelos, como el modelo lineal por ejemplo, se deben determinar los parámetros correspondientes a cada una de las variables predictoras. Además, el modelo gam se diferencia de los otros modelos porque utiliza datos que otros modelos los rechazan, como por ejemplo los modelos paramétricos y los lineales.

*H. vertebralis* al ser una especie nativa de Ecuador que se encuentra en peligro crítico de desaparecer, y al ser una especie que ocupa pequeños lugares estrechos en la región, se la considera como una de las especies que genera gran influencia dentro del paisaje; sin embargo existen influencias negativas sobre sus poblaciones que dificultan de cierta forma la sobrevivencia de *H. vertebralis* como el uso inadecuado del suelo y la vegetación herbácea y arbustiva asociada a cambios antropogénicos. Por ello que recomendamos un estudio en el cual se tome en cuenta estos argumentos y se pueda investigar mucho más sobre el desarrollo de la especie frente a estos factores. Este aporte sentaría las bases necesarias sobre los requerimientos esenciales para *H. vertebralis*.

Sería interesante indagar la influencia de más variables ambientales sobre la abundancia de *H. vertebralis* ya que en nuestra investigación la especie ha mostrado resultados positivos frente a la presencia de áreas de bosque, cuerpos de agua y elevación, sin embargo los cambios ambientales y las estructuras del hábitat cambian constantemente y la especie puede responder de diversas formas.

## BIBLIOGRAFÍA

ACOTECNIC, (2006). Estudio de Impacto Ambiental Definitivo, Proyecto Hidroeléctrico Mazar. HIDROPAUTE S.A. Pg. 7, 363-364; 569.

Angulo, A., Rueda–Almonacid, J., Rodríguez–Mahecha & LaMarca, E. (Eds). (2006). Técnicas de inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina, Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N°2. Panamericana Formas e impresos S.A. Bogotá. D.C. Pg. 298

Blaustein, A. & Wake, D. (1995). The puzzle of declining amphibian populations. *Scientific American*, Pg. 52-57.

Brandt, J. and Townsend, P. (2006) ‘Land use - Land cover conversion, regeneration and degradation in the high elevation Bolivian Andes’, *Landscape Ecology*, 21(4), Pg. 607–623. doi: 10.1007/s10980-005-4120-z.

Bustamante, C. (2008). Efectos Ambientales Generados por la Construcción y Operación de un Embalse. Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería Civil.

Cáceres, J., Martínez, A. (2008). Distribución actual potencial de *Hyloxalus vertebralis* en la Provincia del Azuay. Universidad del Azuay. Facultad Ciencia y Tecnología. Cuenca, Ecuador.

Cayuela, L. (2011). Análisis Multivariante, Madrid–España.

CELEC EP. (2014). Estudio y Monitoreo del Componente biótico y manejo *ex situ* de la especie *Hyloxalus vertebralis* en el área de influencia del proyecto Paute Mazar. Cuenca-Ecuador.

Crawley, M. (2013). The R Book. Imperial College London and Silwood Park, UK. Editorial John Wiley & Sons Ltda. Pg. 768 – 784

Crump, M., (1974). Reproductive strategies in a tropical anuran community. *Miscellaneous Publications (6) University of Kansas*. Pg. 69.

Coloma, L. (2005). *Anfibios de Ecuador*. Museo de Zoología. Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

Cortez-Fernández, C. (2006). Variación altitudinal de la riqueza y abundancia relativa de los Anuros del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata. *Ecología en Bolivia*, 41(1): Pg. 46-64.

De Maynadier, P. & Hunter, M. (1998). Amphibians and forest edge effects. *Conservation Biology* 12(2): Pg. 314-352.

Duellman, W. (1987). Patterns of species diversity in anuran amphibians in the American tropics. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 75 Pg. 79- 104.

Fauth, J., Crother, B. & Slowinski, J. (1989). Elevational patterns of species richness, evenness and abundance of the Costa Rican leaf – litter herpetofauna. *Biotropica* 21: Pg.178-185.

Guisan, A., Edwards, T., Hastie, T. (2002). Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling*. USA 157 (2002) Pg. 89-100.

Grant, T., Frost, D., Caldwell, J., Gagliardo, R., Haddad, C., Kok, P., Means, D., Noonan, B., Schargel, W. & Wheeler, W. (2006). Phylogenetic systematics of dart-Poison frogs and their relatives (Amphibia: Athesphatanura: Dendrobatidae). *American Museum of Natural History*.

Hurtado, W. (2012). *Determinación y tratamiento de enfermedades fúngicas en ranas y sapos en el centro de conservación de anfibios Mazan*. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda-Ecuador.

Jackson, D. (1993). Stopping Rules in Principal Components Analysis: A Comparison of Heuristical and Statistical Approaches. *Ecology*, 74(8), Pg. 2204-2214.

Jaeger, R., (1994). Transect sampling. In: Heyer, W., Donnelley, M. A., McDiarmid, R. A., Hayer, L. C. & Foster, M. C. (Ed.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington D. C. Pg. 364.

Lieberman, S. (1986). Ecology of the leaf litter herpetofauna of a Neotropical rain forest: La Selva, Costa Rica. *Acta Zoológica Mexicana* 15: Pg 1-72.

Marsh, D. & Pearman, P. (1997). Effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of Leptodactylid Frogs in an Andean Montane Forest. *Conservation Biology* 11(6): Pg. 1323- 1328.

Navas, C (1996). Implications of microhabitat selection and patterns on activity of terman ecology on high elevation neotropical anuras. *OEcology* 108.

R Core Team (2015). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Available at: <https://www.r-project.org/>.

Rangel, O. & Lozano, G. (1986). Un perfil de vegetación entre la Plata (Huila) y el volcán Puracé. *Caldasia* 14: Pg. 503-547.

Ron, S., Guayasamin, J., Yanez-Muñoz, M., Merino-Viteri, A., Ortiz, D. & Nicolalde, D. (2016). Amphibia Web Ecuador. Version 2016.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <<http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/anfibios/FichaEspecie.aspx?Id=1256>>, acceso marzo 19, 2017.

Ron, S., Bustamante, M., Coloma, L., & Mena, B. (2009). SAPOS; Ecuador Sapodiverso. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Museo de Zoología. Serie

de Divulgación (10). Imprenta Mariscal. Quito Ecuador. ISBN: 978-9942-02-070-3. Pg. 126-131.

Ron, S. (2014). Guía dinámica de los anfibios del Ecuador. AmphibiaWebEcuador. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Sierra, R. (1999). Sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental. Quito.

Scott, N. Jr. (1976). The abundance and diversity of the herpetofaunas of tropical foresto litter. *Biotropica* 8 Pg. 41-58.

Tocher, M., Glascon, C., Zimmerman, B. (1997). Fragmentation Effects on a Central Amazonian Frog Community: A ten-Year Study. Pg. 815-816.

UICN. (2015). The UICN Red List of Threatened Species of the world. Available: [www.uicn.org](http://www.uicn.org)

Uribe, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Estudios del cambio climático en América Latina. Unión Europea.

Villacampa-Ortega, J. (2013). Comunidades de anfibios de la cordillera del Piñi-Piñi (Reserva de la Biosfera del Manu, Perú): cambios altitudinales e implicaciones para la conservación. Pg. 21

Wood, S. (2006) Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman and Hall/CRC. Available at: <https://www.r-project.org/>.

Zug, G., Vitt, L & Caldwell, J. (2001). Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. Second Edition. Academic Press. California. Pg. 630.



**ANEXOS**

Anexo 1. Abundancia de *Hyloxalus vertebralis* capturados en cada estrato (arbóreo, arbustivo, herbáceo) en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Paute – Mazar.

Sitio	Estrato			Total
	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo	
Zhal	8	5	6	19
Violán	10	3	7	20
Don Julo		3		3
Santa Rosa	1		2	3
Osoyacu	8	7	5	20
Pallatanga			3	3
Arenales	7	3		10
Ermita	4		6	10
Rivera	3			3
<b>TOTAL</b>				<b>91</b>

Anexo 2. Información sobre las variables ambientales en 37 parcelas (Localidades) del proyecto hidroeléctrico Paute - Mazar. Columnas 10-14 utilizamos para calcular los componentes principales de las características del hábitat de cada parcela. Elevación, distancia al cuerpo de agua, estrato arbóreo se incluyeron en los modelos aditivos generalizados “gam” por sus siglas en inglés y regression tree

Sitio	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)	Clima	T agua	pH	T ambiente	Distancia al agua (m)	Árbol	Arbusto	Herbácea	Cob del dosel (%)	Profundidad de hojarasca (cm)	<i>Hyloxalus vertebralis</i>
Pindilig	759243	9709276	2514	soleado	14,6	7,37	20	9,13	35	35	30	35	3	0
Shal	763557	9710807	2606	sombreado	18,01	7,84	20	15	20	40	40	20	3	19
Mazar	760507	9717192	2529	soleado	16,4	8,3	19	15,18	0	60	40	0	0	0
Llavircay	763252	9716859	2497	soleado	7	8	20	13,64	35	35	30	35	10	0
Violan	760346	9707931	2806	soleado	17,6	7,54	21	12,95	35	25	40	35	15	20
Guaraynac	763324	9705450	2599	Sombreado	17,5	8,53	20	18,08	40	40	20	40	0	0
Tuncay	760921	9700329	2464	Sombreado	13,4	7,1	19	15	15	40	45	15	0	0
Uzhurloma	753264	9695034	2289	soleado	16,3	7,5	20	14,3	20	50	30	20	0	0
Paute	753663	9699458	2336	soleado	18	8,22	20	15	20	30	50	20	10	0
Don Julo	761499	9697006	2341	lluvioso	17,5	6,7	18	15	40	30	30	40	0	3
Sevilla de Oro	761291	9691048	2396	soleado	17,5	6,4	20	16,82	15	50	35	15	0	0
Santa Rosa	762722	9698052	2354	soleado	19	7,8	19	15	25	50	25	25	8	3
Osoyacu	765619	9704432	2280	lluvioso	17,8	7,65	21	25,77	30	40	30	30	15	20
Guambilo	755739	9693408	2394	lluvioso	15,2	8,04	22	17,59	0	50	50	0	0	0
Sacre	757260	9694304	2461	sombreado	19,7	8,98	18	15	25	35	40	25	5	0
Chauyayacu	758994	9695355	2585	soleado	18,3	8,3	18	15	50	35	15	50	5	0
Ñanurco	759325	9695111	2751	soleado	19	7,4	20	15	20	60	20	20	20	0
El pan	759231	9691932	2569	soleado	18,3	7,47	20	15	40	20	40	40	5	0
La unión	761813	9692407	2577	soleado	18,7	8,24	20	24,69	40	20	40	40	5	0

Collay	760502	9694215	2194	sombreado	17,2	7,91	19	15	40	20	40	40	5	0
Osorancho	761380	9694709	2359	sombreado	19,5	7,97	19	8,02	10	40	50	10	0	0
Pallatanga	761643	9695694	2198	lluvioso	19,9	8,31	18	14,33	30	40	30	30	0	3
Cruz pamba	765386	9700884	2010	soleado	17	8,25	21	12,42	30	50	20	30	15	0
Arenales	770721	9716570	2193	soleado	20,3	6,9	21	6,3	60	20	20	60	20	10
Ermita	765272	9712902	2501	sombreado	14,6	7,3	19	12,06	40	20	40	40	5	10
Jurupuillos	766248	9706010	2439	soleado	21,7	7,37	21	14,06	40	30	30	40	5	0
Jordan	766546	9708186	2488	sombreado	19,8	8	21	7,47	50	20	30	50	10	0
Paguancay	766859	9708664	2378	lluvioso	21,7	7,87	20	15	40	40	20	40	0	0
Santa rita	766701	9710167	2399	soleado	21,7	7,87	21	1,17	30	40	30	30	5	0
San pablo	767257	9713670	2048	sombreado	18,1	7,59	21	6,02	40	30	30	40	8	0
San antonio	764604	9714587	2265	soleado	21	8,45	21	16,79	30	35	35	30	10	0
Rivera	762282	9714350	2576	soleado	17,6	7,96	19	18,76	30	40	30	30	10	3
Gun	759135	9708378	2855	soleado	18,48	7,15	20	11,34	40	30	30	40	5	0
Tampanchi	763024	9707677	2801	soleado	15,9	7,51	20	8,57	20	40	40	20	0	0
Juntas	760960	9701061	2465	soleado	16,84	8,58	19	19,9	40	40	20	40	0	0
Toctohuaico	758388	9698083	2442	sombreado	19,1	8,51	18	19,64	30	30	40	30	10	0
Tombemba	757063	9695686	2275	sombreado	16,6	8,45	18	17,82	60	20	20	60	10	0

Anexo 3. Fotografías que ilustran el trabajo de campo realizado entre los meses (septiembre-diciembre-2015).





Larvas sobre el dorso de un individuo de *Hyloxalus vertebralis*



Registro de *Hyloxalus vertebralis*





Captura de *Hyloxalus vertebralis*



Búsqueda de *Hyloxalus vertebralis*





*Hyloxalus vertebralis* en riachuelos





Alteración del Hábitat



Toma de datos





Dstrucción de Bromelias



Intervención de ganado





*Lithobates catesbeianus* (Rana toro).



Pendientes pronunciadas





Cobertura del dosel



Zonas conservadas