



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE**

**Distribución actual y potencial de *Hyloxalus vertebralis* en la Provincia del  
Azuay**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Biólogo del Medio Ambiente**

**Autores:**

**José F. Cáceres A. y Andrés Martínez Sojos**

**Director:**

**M.S.c.: Juan Pablo Martínez**

**Cuenca, Ecuador**

**2008**

**Dedicatoria:**

A la vida, a la Gaia, por darme el don y la oportunidad...

A mis padres por el apoyo incondicional y el ejemplo en creer y en luchar.

A los amigos, sin su apoyo nada sería posible.

Jose Francisco

A Zaira, por revelarme la senda de la Biología, la ciencia de la vida.

A mis padres, por permitirme caminar por dicha senda, hasta el final.

Andrés

**Agradecimientos:**

A nuestras familias por el apoyo brindado

A nuestros profesores y maestros por la paciencia y las enseñanzas

A nuestros amigos por la gran mano que nos echaron siempre que los necesitamos

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Deseamos agradecer en especial a: Dr. Luis A. Coloma, Dr. Néstor Acosta B., Ms.C. Juan Pablo Martínez M., Dr. Piercósimo Tripaldi, Ernesto Arbeláez O., Blga. Zaira Vicuña, Dis. Toa Tripaldi, Sebastián Ramírez P., Blgo. Sebastián Padrón, Juan Fernando Webster, Blgo. Edgar Segovia.

**ÍNDICE DE CONTENIDOS:**

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Anexos	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Introducción	1

**CAPÍTULO 1: LA PROBLEMÁTICA EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA “RANITA PUNTA DE FLECHA ANDINA” *Hyloxalus vertebralis* EN LA PROVINCIA DEL AZUAY**

1.1 La Ranita Punta de Flecha Andina, la información que se conoce y la Situación en la Provincia del Azuay	
1.2 Descripción de la Especie	14
1.3 El Microhábitat de <i>Hyloxalus vertebralis</i>	16

**CAPÍTULO 2: ESTUDIANDO A LA RANITA PUNTA DE FLECHA ANDINA 17**

2.1 Delimitación del sitio de Estudio y la Metodología utilizada en el Terreno	17
2.1.1 El Sitio de Estudio	17
2.1.2 Análisis sobre el Terreno	20
2.2 Los Datos Recogidos en el Campo	22
2.3 Metodología Utilizada para el Análisis Estadístico y Estudio de los Datos	23

**CAPÍTULO 3: LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1 Resultados de la Delimitación del Sitio de Estudio y de la Metodología aplicada en el Terreno	27
3.2 Fase de Campo	28
3.2.1 Los Datos hallados en el Terreno	28

3.2.2 Ausencia versus Presencia	33
3.3 Los Resultados Estadísticos	35
3.4 Los Resultados del Índice SUMIN	38
<b>CAPÍTULO 4: DISCUSIONES</b>	
4.1. Analizando los Resultados Objetivos	41
4.1.1 Fase de Laboratorio I	41
4.1.2 Fase de Campo	42
4.1.3 Análisis de los Resultados Estadísticos	47
4.1.4 Análisis de los Resultados del Índice SUMIN	52
<b>CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
Conclusiones Metodológicas	54
Conclusiones Teóricas	55
Conclusiones Pragmáticas	56
<b>GLOSARIO</b>	59
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS:</b>	61
Anexos	65
Anexo 1	65
Anexo 2	66
Anexo 3	67
Anexo 4	69
Anexo 5	70
Anexo 6	74
Anexo 7	77

## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene por objeto hacer un análisis y prospección de la distribución actual y potencial de las poblaciones de la ranita punta de flecha andina, *Hyloxalus vertebralis*, en la provincia del Azuay en zonas que tengan mayores probabilidades ecológicas para la ocurrencia de la especie. A partir de la generación de esta información se realizó la verificación en el campo de la existencia de la especie. En una fase posterior se evaluó la categoría de riesgo de la especie mediante el índice SUMIN. Los resultados obtenidos sugieren que *Hyloxalus vertebralis* está bien distribuida en la provincia, pero que se encuentra en Peligro Crítico de desaparecer.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis was to analyze and investigate the current and potential distribution of the populations of the Andean arroz frog, *Hyloxalus vertebralis*, within areas that have the greatest ecological probability of their existence of the species in the Azuay province. The existence of the species was then verified by a field study from generated information. The risk category was then evaluated using the SUMIN index. Results showed that *Hyloxalus vertebralis* is well distributed in the province; however, it is Critically Endangered.

**Cáceres Andrade José Francisco**  
**Martínez Sojos Andrés Enrique**  
**Trabajo de Graduación**  
**Blgo. Juan Pablo Martínez**  
**Junio 2008**

## **DISTRIBUCIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE “*Hyloxalus vertebralis*” EN LA PROVINCIA DEL AZUAY**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **Ámbito universal y regional:**

Los anfibios a escala mundial se encuentran cruzando por una mega extinción de proporciones alarmantes debido a diversos factores que han afectado tanto de manera directa como indirectamente a su salud y a su ecología. Este fenómeno, que ha sido descrito desde hace muy pocos años, es considerado como una de las grandes catástrofes por la que ha atravesado la vida en este planeta y al parecer factores antrópicos han contribuido trascendentalmente en el desarrollo de esta situación. Durante los últimos años, los científicos han analizado la distribución y el status de conservación de todas las 5743 especies de anfibios, que incluye a las ranas, sapos, salamandras y cecilias. De todas estas, 1856 o el 32 por ciento están consideradas amenazadas por la extinción. Además, existen datos suficientes como para creer que cerca de 1300 otras especies se encuentran también amenazadas.

Colombia tiene 208 especies de sus anfibios amenazadas, el mayor número en el mundo, seguido por México con 191, Ecuador con 163, Brasil con 110, y China con 86. Haití tiene el porcentaje más alto de anfibios amenazados con el 92 por ciento de sus especies con riesgo de extinción. (<http://www.iucnredlist.org>, 2008).

#### **Declinación**

La desaparición de varias especies de ranas se relaciona con anormalidades climáticas y la existencia de una enfermedad producida por el hongo

Batrachochytrium. El hongo es prácticamente nuevo para la ciencia, ya que fue descubierto en 1999. “Por eso es importante considerar el factor clima, porque si el hongo estaba ya en ciertos lugares del mundo al mismo tiempo sin causar mayor daño, algo debió haber hecho que empiece a funcionar mal o que empiece a atacar a las ranas”. (Merino A. 2001).

Andrés Hubenthal, Coordinador de temas forestales de la Corporación para la Promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio de Ecuador (Cordelim), afirma que “Los impactos que existen hoy en día sobre la biodiversidad, debido, por ejemplo, a la pérdida de hábitat o a fenómenos de contaminación local, pueden agravarse debido al cambio climático”.

En el Ecuador la información pertinente sobre el estado de conservación de *Hyloxalus vertebralis* es insuficiente y es de suma importancia realizar estudios y análisis de su situación actual y futura.

### **Importancia**

“Los anfibios son uno de los mejores indicadores de la salud de todos los ecosistemas en los que viven” según Rusell A. Mittermeier, presidente de Conservación Internacional (CI). “Su declinamiento catastrófico sirve como alerta de que nos encontramos en un período de importante y significativa degradación ambiental.” (<http://www.iucnredlist.org/search/details.php/55165/summ>, 2008).

### **Descripción de la especie**

*Hyloxalus* es un género nativo de Centro y Sudamérica. No se parecen a la mayoría de los miembros de la familia Dendrobatidae, ya que los integrantes de este género no son usualmente de colores brillantes y/o venenosos. Su tamaño varía entre 1/2cm a 2 ½ cm de longitud cuando están en su máximo tamaño, dependiendo de la edad y la especie. (Coloma, 1995)

### **La especie *Hyloxalus vertebralis*:**

Físicamente *Hyloxalus vertebralis* es comparada con aquellas especies que tienen una banda completa lateral oblicua y dos marcas discretas en la región garganta - pectoral, y carecen de membranas interdigitales. Un juvenil recién pasado la metamorfosis tiene 9.4mm de SVL. Los juveniles tienen además un pigmento negro concentrado en la región garganta - pectoral en donde manchas escasamente distinguibles están presentes. (Eduards 1971, en Coloma 1995). *Hyloxalus vertebralis* además se encuentra, según la categoría UICN en estado crítico (CR) de conservación debido a una declinación drástica de la población, estimada en más del 80% sobre las últimas tres generaciones, deducida de la aparente desaparición de la mayoría de la población, posiblemente debida a la quitridiomycosis.

### **Distribución e historia natural**

*H. vertebralis* se encuentra en altas elevaciones de los 1700 a 3500 m s.n.m. en los valles interandinos y en las laderas andinas del oeste en el sur del Ecuador. (Coloma 1995). Los anfibios que se encuentran en zonas altas tienen distribuciones restringidas y se caracterizan por sus ciclos vitales terrestres. La distribución se asocia principalmente con el bosque montano muy húmedo y bosque muy húmedo montano bajo. La media anual de temperatura va desde los 7 a los 12° C y 12 a 18° C respectivamente, la media anual de precipitación es de 1000 a 2000 en ambas zonas. La rana punta de flecha andina ocupa hábitats abiertos en los páramos, así como áreas intervenidas. Se conoce gracias a la información registrada que *Hyloxalus vertebralis* fue la rana más abundante en Mazán en 1996 y 1997, sin embargo actualmente ha desaparecido de la reserva. (Coloma, 2005)

### **Problemática**

“La actual crisis de extinción que enfrenta el grupo de los anfibios no tiene comparación en su historial evolutivo ya que, de las 5743 especies registradas en el mundo, cerca del 32% se encuentran amenazadas de extinción, incluidas 337 especies consideradas como En Peligro Crítico (CR)”(Coloma, 1995). Una de estas

especies en Peligro Crítico es *Hyloxalus vertebralis*, la ranita punta de flecha andina que se halla, entre otros lugares en la Provincia del Azuay en Ecuador. La escasez de información referente a distribución geográfica, estado de conservación, tamaño y viabilidad poblacional de *H. vertebralis* es uno de los principales factores que contribuyen al gran conflicto por el que atraviesan estos anfibios.

En esta zona existe la urgente necesidad de realizar estudios destinados a estimar el nivel de la abundancia actual y el estado de conservación de la ranita punta de flecha andina y en función de los resultados, poner en práctica estrategias de protección que sean específicas y adaptadas. Las especies principalmente diurnas como es el caso del género *Hyloxalus* han estado desapareciendo, mientras que géneros de hábitos nocturnos como *Gastrotheca* y *Eleutherodactylus* se han visto menos afectados. Esto es consistente con los datos que afirman que las especies de altitudes elevadas y de hábitos diurnos han sido las mayormente afectadas. (<http://www.research.amnh.org/herpetology/amphibia/references.php?id=3090>, 2008)

Como para otros grupos de organismos, se ha manejado la hipótesis de que la destrucción de hábitats ha sido el factor principal del fenómeno de declinación de estos anfibios, pero una característica de esta crisis es que también se han visto afectadas zonas naturales no intervenidas. Varios investigadores han propuesto posibles causas por las que este fenómeno podría ocurrir, pero ninguna ha sido completamente clara. Las mismas se basan en aspectos de los anfibios que los hacen susceptibles a las perturbaciones del ambiente como son: tener un ciclo de vida complejo, diversidad de modos reproductivos asociados a ambientes específicos y tener una piel permeable. Como causas potenciales podemos contar con: la destrucción de hábitats, introducción de especies exóticas, incremento en la radiación ultravioleta, acidificación de hábitats, alteraciones en los patrones de lluvia, contaminación ambiental, presencia de patógenos y/o la interacción de dos o más de estas.

Este estudio espera contribuir de manera significativa a profundizar los conocimientos sobre el estado de conservación y realizar una estimación de la abundancia y viabilidad poblacional de *Hyloxalus vertebralis* además de establecer la distribución geográfica y ecológica de este anfibio en la Provincia del Azuay.

### **OBJETIVO:**

El objetivo de este estudio es determinar la distribución geográfica, y el estado de conservación actual y potencial de *Hyloxalus vertebralis* en la Provincia del Azuay, a través de los siguientes procesos:

1. Obtener un SIG con la distribución actual y potencial de *Hyloxalus vertebralis*.
2. Obtener información demográfica de *Hyloxalus vertebralis* dentro de la Provincia del Azuay.
3. Evaluar la categoría de amenaza de la especie utilizando el índice SUMIN de *Reca, et al.*
4. Examinar la categoría UICN de amenaza de la especie para el Azuay.

### **Metodología:**

#### **1) Descripción del sitio de estudio**

El estudio se desarrolló en Azuay, provincia de Ecuador, en el centro sur del país. Esta provincia limita al norte con la de Cañar, al sur con la de Loja, al oeste con las de El Oro y Guayas, y al este con Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Son tierras altas pertenecientes al sector septentrional de la cordillera andina formadas por conjuntos de montañas, altiplanicies y valles, que se disponen preferentemente, en dirección norte sur. Las mayores altitudes se encuentran en la zona oeste de la provincia con elevaciones como Soldados (4.138 m) o Minas (4.096 m); en la parte oriental de la provincia se encuentran elevaciones como Tinajillas (3.489 m), o Borma (3.125 m). La variedad altitudinal y topográfica produce un importante

mosaico climático, desde páramos fríos de altura, con clima fresco, y en las zonas más bajas y abrigadas, un clima subtropical.

Las rocas son predominantemente volcánicas, como corresponde a un área tectónica y sísmicamente muy activa. Gran parte de este territorio vierte a la cuenca del Amazonas, por medio del río Marañón. Los principales colectores son el Gualaceo y el Paute. Otros sectores meridionales vierten al Pacífico. La capital provincial es Cuenca, situada en el centro norte de la provincia (a 2.535 m de altitud) y en el corredor andino que constituye el eje central de la provincia, por donde discurre la carretera Panamericana. La superficie del Azuay es de 8.125 km<sup>2</sup> y la población (1997), 597.798 habitantes.

Debido a que el presente trabajo se refiere a la distribución de *Hyloxalus vertebralis* dentro de la Provincia del Azuay y tomando en cuenta que esta zona presenta una extensión de 8.125 km<sup>2</sup>, debimos remitirnos únicamente al estudio de las zonas que de acuerdo a la ecología de la especie sean las más adecuadas para el desarrollo de esta rana.

Se seleccionó las zonas de la Provincia que presentan las siguientes características:

- Altitud: 1700 a 3500 m s.n.m.
- Temperatura: 7 a 18°C
- Pluviosidad: 1000 a 2000mm
- Vegetación: Bosque montano muy húmedo/Bosque muy húmedo montano bajo

El mapa que representa las zonas anteriormente citadas se lo puede observar en los Anexos 1 y 6.

## **Hábitat**

Ya que las “ranas punta de flecha andinas” *H. vertebralis*, son de hábitos terrestres, los datos tomados para descripción de hábitat fueron los siguientes:

- Vegetación
- Áreas naturales, estado de Conservación de Hábitat
- Grado de cobertura vegetal
- Clima
- Grado de impacto humano
- Breve mención sobre otros factores del hábitat

## **Fase de laboratorio I:**

Esta fase se la realizó completamente en el laboratorio. A través de diferentes programas de SIG (Sistemas de Información Geográfica), utilizando la información recabada de la Historia Natural de *Hyloxalus vertebralis*, datos de avistamiento directo recolectados en el campo mediante un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y datos de las condiciones ecológicas favorables en las que esta especie se puede desarrollar con el fin de identificar los sitios potenciales en donde se la podría encontrar. Todos estos datos se sistematizaron a través de un programa (DIVA) de SIG desarrollado para que, utilizando todas las variables disponibles, se elabore un mapa con diferentes grados de probabilidad de encontrar las condiciones favorables para el normal desenvolvimiento de la especie.

## **Fase de campo:**

Dentro de esta fase los procedimientos fueron:

A) Se recurrió a los datos obtenidos en la fase I para comprobar en el campo en cuáles de los sitios potenciales ubicados se encuentran poblaciones de *H. vertebralis* a través del método AST (Transectos de bandas auditivas, por sus siglas en inglés)

### Transectas de bandas auditivas (AST)

Los machos en condición reproductiva de la mayoría de las especies de anuros emplean vocalizaciones especie-específicas para anunciar su posición a parejas y rivales potenciales. La técnica de AST (Audio Strip Transect) aprovecha este comportamiento para ubicar individuos y/o poblaciones y estimar o determinar abundancia, sobre todo en los casos de machos y adultos. Así como también la composición de especies, los hábitats de reproducción o el uso de micro hábitats y la fenología reproductiva de la o las especies. Los anuros que cantan satisfacen muchos de los criterios básicos para el análisis de transectos y son fácilmente detectables e identificables. (Eberhardt, 1978).

El método de contar cantos para elaborar mapas de distribución y para estimar la abundancia relativa de los machos que cantan es amplio y eficaz. No se necesita emplear mucho tiempo en búsquedas dado que en una determinada banda definida por el umbral de detección del canto de una especie la probabilidad de encontrar al macho emisor se aproxima a 1. De este modo se pueden relevar rápidamente cientos de hectáreas (Zimmerman, 1991).

Los métodos de transecto más utilizados para determinar presencia o ausencia de animales terrestres son dos:

1.-) El muestreo de transectos en línea, en donde el observador estima cada distancia perpendicular de cada individuo observado visual o auditivamente, y la línea media del transecto (Burnham et al, 1981)

2.-) El muestreo de transectos en banda registra todos los individuos o animales de interés para el observador que se encuentren dentro de una distancia perpendicular prefijada a cada lado del transecto (el ancho de la banda). El presupuesto crítico de este método es que se detectan todos los individuos dentro de la banda. Dado que se cuentan todos los individuos, los transectos en banda son tratados como cuadrantes (Burnham et al, 1981; Seber, 1982), en el caso de que se las use para determinar o

estimar abundancia. En este caso se utilizó este método sólo para determinar presencia o ausencia en las zonas potenciales de distribución de la especie.

**B.-)** Se realizó la toma de datos ecológicos que servirían como base en la fase posterior.

Estos datos fueron tomados con la ayuda de métodos como los VES (Relevamiento por encuentros visuales) y los AST, mismos que permitieron, (en el caso del VES), establecer la densidad poblacional relativa y hacer una estimación del tamaño poblacional, además de (en el caso de los dos) establecer la ausencia o presencia del anuro.

#### Relevamientos por encuentros visuales (VES)

En la técnica de relevamiento por encuentros visuales (Visual Encounter Survey), una persona camina a través de un área o hábitat por un período de tiempo predeterminado buscando animales de modo sistemático. El tiempo se expresa como el número de horas/ hombre de búsqueda en cada una de las áreas a comparar, y el VES es una técnica apropiada tanto para estudios de inventario como de monitoreo.

#### **Descripción del sitio de estudio**

Como los anfibios presentan una distribución irregular, de forma particular en hábitats complejos, fue necesario realizar una descripción del micro hábitat en el que se encuentra cada individuo registrado. Esta información es esencial para determinar las distribuciones ecológicas y al hacer que sean repetibles de un lugar a otro, permiten la aplicación de tratamientos estadísticos. La utilidad general de los registros de especímenes que incluyen esta información es notablemente superior a la de aquellos que carecen de esta. Cada especie ocupa un micro hábitat, es decir un subconjunto limitado del hábitat de cada lugar, en otras palabras, son lugares precisos donde se encuentran los individuos dentro del ambiente general.

Para lograr una óptima utilización de los datos recopilados dentro de la descripción de micro hábitats se hizo una tabla o plantilla para micro hábitats tomando en cuenta que: **1.-** ningún esquema en papel podrá duplicar toda la complejidad del mundo real y por lo tanto el investigador deberá ampliar ciertos registros con información en forma de notas suplementarias; y **2.-** el empleo de planillas para descripción de micro hábitats no nos libera de registrar caracteres del ambiente en general como son los tipos de vegetación, elevación, topografía general, clima, etc.

Las planillas para descripción de micro hábitats nos permitieron registrar tanto los caracteres únicos como los caracteres generales del ambiente y su complejidad depende de los hábitats muestreados. El empleo de una planilla de caracteres y de los descriptores normalizados facilitó el registro completo y estandarizado de la información. Se utilizaron planillas separadas para larvas y adultos. Generalmente se describen seis elementos del micro hábitat para cada individuo observado y son:

- Fecha y hora de observación (reloj de 24 horas)
- Ubicación general, tipo de vegetación y altitud
- Posición horizontal, con referencia a los cuerpos de agua; sombra producida por la vegetación y, en el caso de ciertos ambientes lacustres línea de costa. Cada posición necesita ser caracterizada en detalle.
- Posición vertical. En ambientes terrestres la posición vertical se define como: bajo la superficie, en la superficie expuesta del suelo, bajo un refugio; sobre el sustrato o en el agua. En ambientes acuáticos la posición vertical se define por la profundidad.
- Sustrato; incluye suelo mineral, rocas, o vegetación. Con frecuencia requiere subdivisiones más finas
- Información especial, que no encaja fácilmente en las categorías anteriores-, por ejemplo, miembros proyectados sobre un cuerpo de agua, en nido de termitas, bajo una roca exfoliada, etc.

Estas planillas fueron modificadas para adaptarlas al estudio. Véase Anexo 4.

### **Fase de laboratorio II:**

En esta fase se utilizaron los datos ecológicos tomados en la fase de campo, y a través del Índice SUMIN de Reca *et al.*, se realizó una evaluación del estado de conservación de la especie en comparación con otras taxa de anfibios que comparten el mismo hábitat.

### **Diseño experimental:**

La toma de datos fue realizada utilizando el diseño de muestreo aleatorio estratificado de Neymann debido a que las zonas a ser estudiadas presentaban estratificaciones físicas de temperatura, precipitación, altura y cobertura vegetal entre otras. El software DIVA generó cuadrantes con mayores probabilidades de ocurrencia de la especie basándose en parámetros ecológicos. De manera general, los cuadrantes muestreados fueron aquellos que presentaron probabilidades mayores al 90 % de ocurrencia de la especie.

### **Análisis estadísticos:**

Se utilizó el Modelo de Muestreo Aleatorio estratificado de Neymann que permitió determinar el tamaño de la muestra (cuántos cuadrantes se debía tomar) en una primera fase y en una segunda fase cuántos sub-cuadrantes de cada cuadrante previamente dividido en cien. En cada sub cuadrante se realizó una repetición. Para los análisis de datos se utilizó SCANWIN con los modelos estadísticos CART y KNN para establecer los factores y condiciones determinantes en la relación presencia/ausencia.

## CAPITULO I

### **LA PROBLEMÁTICA EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA “RANITA PUNTA DE FLECHA ANDINA” *Hyloxalus vertebralis* EN LA PROVINCIA DEL AZUAY.**

#### **1.1.- La ranita punta de flecha andina, la información que se conoce y la situación en la Provincia del Azuay.**

La “ranita punta de flecha andina” (*Hyloxalus vertebralis*), es un anfibio de trascendental importancia dentro de la cadena trófica del ecosistema en el que habita como predador de muchos insectos como larvas de moscas, hormigas, saltamontes y demás. De la misma manera es una importante fuente de proteínas para animales tales como aves silvestres, aves de corral, mamíferos pequeños como ratones e inclusive para otros anfibios como las “ranas arborícolas marsupiales” (*Gasthrotheca pseustes*, *Gasthrotheca litonedis*).

Sin embargo, no es difícil conjeturar, especialmente hoy en día, que, la mayor relevancia que esta especie presenta con respecto al ser humano es la de su propia existencia. Esta permite inferir el nivel de transformación que ha venido ocurriendo en los hábitats naturales desde hace algunos años y cada vez con mayor intensidad y alerta sobre las consecuencias que a futuro dichas transformaciones podrían producir sobre el medioambiente y su relación con los hombres.

La provincia del Azuay ha sido sobreexplotada durante muchos años por las poblaciones que la habitan. Esto ha ocurrido en formas tales como: la minería, el pastoreo, la agricultura, las construcciones de carreteros, el establecimiento de

centros poblados y hasta el levantamiento de represas. Al sumarse a esta sobreexplotación los factores antrópicos comúnmente ligados a los asentamientos poblacionales de la serranía como son por ejemplo, la generación de basura, la contaminación de las aguas por uso de detergentes, la quema del pajonal, el re-causamiento de quebradas, las actividades extractivas en formaciones vegetales tales como el chaparro, etc., las consecuencias directas e indirectas que se obtienen como resultado, son altamente significativas para la composición, establecimiento y reestructuración de los hábitats naturales propios de animales silvestres como *Hyloxalus vertebralis*.

No es difícil imaginar que el saldo que dejan estos cambios es negativo para animales tan frágiles como los anfibios, pero es importante insistir que también existe perjuicio a corto, mediano y largo plazo para los seres humanos convirtiéndose el asunto, de esta manera, en un problema social muy grave. La desaparición de una especie de anuro en cierto rango geográfico no solo implica que no veremos más al animal, tampoco únicamente que se han perdido fuentes de posibles sustancias químicas que podrían resultar beneficiosas para la humanidad. Implica sobretodo que el sitio sobre el que se daba la ocurrencia de la especie está siendo fuertemente intervenido y que no solo esta especie, sino muchísimas más incluyendo la humana se encuentra en un grave riesgo.

Uno de los más grandes problemas con que cuenta el dendrobátido al que se refiere este estudio es la casi total ausencia de información que se tiene sobre la gran mayoría de los aspectos de su vida como pueden ser: presiones medioambientales, tasas de nacimientos, reproducción y muerte, su relación frente al *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), hongo que está produciendo la desaparición de la mayoría de los anfibios, depresión en las poblaciones por endogamia e inclusive preguntas tan elementales como el tiempo promedio de vida del animal o la distribución que tiene en sus áreas de vida naturales.

Esta última inquietud fue considerada para la realización de este estudio, ya que nos parece una información muy valiosa saber donde se encuentra normalmente distribuido el anuro para, a partir de entonces y teniéndolo bien ubicado, tratar de responder las dudas restantes que se tienen sobre él e intentar pronosticar su posible disposición geográfica. Si se conoce la distribución actual y los posibles sitios en los que se podría hallar al animal también sería posible proponer medidas de protección específicas y adaptadas particularmente para *Hyloxalus vertebralis* en dichas áreas. Ahora, si nos viene a la cabeza la idea de poder hacer algo al respecto para que mejore la situación de esta ranita, también se nos viene a la cabeza una inquietud, ¿Como hacer para poder localizar a un animal que mide en promedio 1 ½ cm, es de color café oscuro a negro y permanece hundido en el lodo siempre que tiene oportunidad?

## **1.2.- Descripción de la especie.**

*Hyloxalus vertebralis* es conocida comúnmente como la ranita punta de flecha andina en español y Boulenger's dart frog en inglés. La primera denominación viene dada de familia ya que ella pertenece a la familia Dendrobatidae perteneciente al orden Anura. En esta familia la gran mayoría de sus exponentes exhiben colores vivos y venenos muy tóxicos exudados por su piel, de allí la denominación de punta de flecha, ya que, en varias etnias aborígenes del Ecuador, sus venenos se utilizan para cargar los dardos con los que salen a cazar. En el caso de *H. vertebralis* el nombre es heredado de sus parientes, a pesar de que carezca por completo de toxinas que puedan causar la más mínima irritación en la piel. Ya que se encuentra restringida a los andes, de allí la denominación completa de Ranita punta de flecha andina. Para nuestro orgullo y preocupación a la vez, se conoce que esta ranita es endémica del Ecuador.

La segunda denominación, Boulenger's dart frog, se encuentra relacionada con el científico e investigador que describió por primera vez a este animal. Boulenger describió al anfibio en 1899, hace aproximadamente 110 años, por lo que resulta casi increíble que se tenga tan enorme desconocimiento del mismo. Lo que se ha llegado a saber es prácticamente lo que se puede ver a simple vista, su tamaño, que varía

entre  $\frac{1}{2}$  cm a  $2\frac{1}{2}$  cm de longitud SVL dependiendo del sexo (siendo los machos más pequeños) y de la edad del animal; su coloración principal que, como ya se mencionó anteriormente, es café oscura a negra presentando una banda completa lateral oblicua anaranjada o dorada a cada lado desde la parte posterior del ojo hasta la región inguinal en donde alcanza una coloración amarilla intensa; y que algunos ejemplares muestran marcas discretas en la región garganta – pectoral y carecen de membranas interdigitales.

**Figura 1.-** Especimen de *Hyloxalus vertebralis* registrado en la localidad de Sayausí, cantón Cuenca, Provincia del Azuay. Nótese la banda lateral oblicua anaranjada característica de la especie.



**Fuente:** Andrés Martínez S

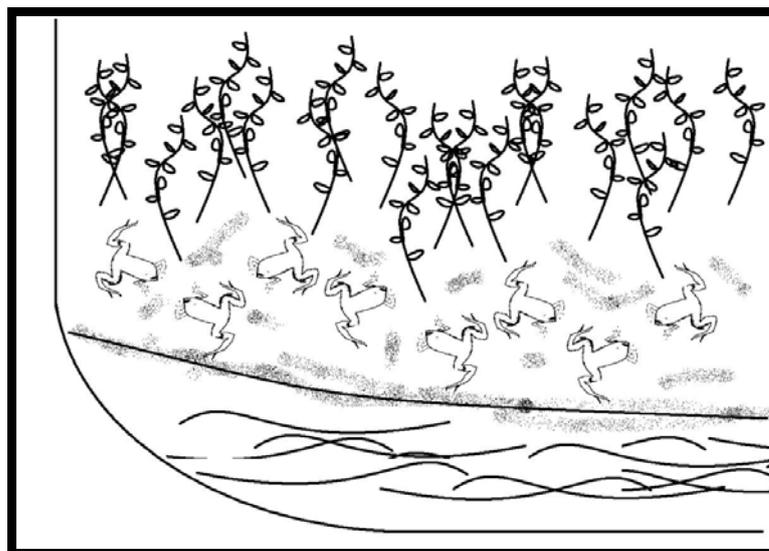
Aparte de las características físicas que se pueden observar fácilmente en el animal, la información recopilada es de algunos datos del entorno en que prefiere desenvolverse y ciertos hábitos que exhibe en su vida cotidiana. Sobre el primer aspecto se sabe que es una especie que altitudinalmente se desarrolla entre los 1700 a 3500 m s.n.m. en los valles interandinos y en las laderas andinas del oeste en el sur del Ecuador, aunque en ciertos registros de alcance realizados en esta investigación se superan esos límites altitudinales. También parece preferir temperaturas de los 7° C hasta los 18°C, una pluviosidad de entre 1000 y 2000 mm anuales y un tipo de

vegetación tal como bosque montano muy húmedo y bosque muy húmedo montano bajo. Estos datos serán cotejados posteriormente con los que se obtuvo en este estudio.

### 1.3.- El microhábitat de *Hyloxalus vertebralis*.

Con respecto a los hábitos biológicos que ostenta y el microhábitat en el cual normalmente se dispone, se conoce que la rana punta de flecha andina ocupa hábitats abiertos en los páramos, así como áreas intervenidas. Generalmente se la encuentra cercana a estanques de agua corriente o quebradas. Sus huevos son colocados en el suelo, entre las hierbas y resguardados bajo piedras. Los machos llevan los renacuajos a los estanques donde estos se desenvolverán en el futuro. Presenta hábitos terrestres y para prosperar con normalidad necesita áreas con agua corriendo muy lentamente. Prefiere la claridad del día para realizar sus actividades, es decir, es diurna. El carecer de membranas interdigitales en sus patas nos indica que no se desplaza tan cómodamente dentro del agua como fuera de ella, sin embargo prefiere pasar la mayoría de su tiempo humedeciéndose la piel, semi-sumergida en agua poco correntosa y entre los claros de la pequeña vegetación acuática recibiendo el sol y dispuesta a desaparecer entre las plantas al primer indicio de peligro.

**Figura 2.-** Esquema que muestra la disposición que suele adoptar *Hyloxalus vertebralis* entre la vegetación acuática. Los animales se esconden entre las plantas y el agua en una quebrada de un potrero.



**Por: Andrés Martínez S**

## CAPITULO II

### ESTUDIANDO A LA RANITA PUNTA DE FLECHA ANDINA

#### 2.1.- Delimitación del sitio de estudio y la metodología utilizada en el terreno:

##### 2.1.1.- El sitio de estudio:

Ya que este estudio se desarrolló por completo en la provincia del Azuay delimitar bien la zona de estudio fue de trascendental importancia. Azuay, provincia de Ecuador, se encuentra ubicada en el centro sur del país. Como ya hemos señalado, la provincia limita al norte con la de Cañar, al sur con la de Loja, al oeste con las de El Oro y Guayas, y al este con Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Son tierras altas pertenecientes al sector septentrional de la cordillera andina formadas por conjuntos de montañas, altiplanicies y valles, que se disponen preferentemente, en dirección norte sur. ("Azuay." Microsoft® Student 2008 [DVD]. Microsoft Corporation, 2007). Se escogió al Azuay sobre otras provincias con características similares debido a factores logísticos tales como tiempo y dinero, sin embargo, se conoce de registros no publicados de la especie en Cañar.

Las rocas son predominantemente volcánicas, como corresponde a un área tectónica y sísmicamente muy activa. Gran parte de este territorio vierte a la cuenca del Amazonas, por medio del río Marañón. Los principales colectores son el Gualaceo y el Paute. Otros sectores meridionales vierten al Pacífico. La capital provincial es Cuenca, situada en el centro norte de la provincia (a 2.535 m de altitud) y en el corredor andino que constituye el eje central de la provincia, por donde discurre la carretera Panamericana. La superficie del Azuay es de 8.125 km<sup>2</sup> y la población (2001), 599.546 habitantes. ("Azuay." Microsoft® Student 2008 [DVD]. Microsoft Corporation, 2007. )

Como ya se ha mencionado en la introducción, el presente trabajo hace referencia a la distribución de *Hyloxalus vertebralis* dentro de la Provincia del Azuay, es decir su distribución en una extensión de 8.125 km<sup>2</sup>, por esta razón, el primer ajuste de la metodología que se utilizó fue restringirse únicamente al estudio de las zonas que de acuerdo a la ecología de la especie presentaban condiciones aptas para el desarrollo de esta rana, zonas dentro de la provincia que presentan las siguientes características:

- altitud: 1700 a 3500 m s.n.m.
- temperatura: 7 a 18°C
- pluviosidad: 1000 a 2000mm
- tipo de vegetación: bosque montano muy húmedo y bosque muy húmedo montano bajo

Las zonas ecológicamente propias para estos anfibios se encontraron dentro de la Provincia con ayuda de un programa informático llamado DIVA. El programa utiliza información cartográfica previamente instalada en el ordenador para ubicar de inmediato los parámetros que se le pide encontrar. Una vez hecho esto el programa genera (por defecto) áreas cuadradas que presentan las características exigidas. Para el caso de nuestro estudio, el programa generó 12 cuadrantes con probabilidades mayores al 90% de encontrar al animal, lo cual nos restringió, aún más, a nuestros sitios definitivos de análisis. Ya que, de todas maneras, los cuadrantes eran aún de aproximadamente 46 km<sup>2</sup> se dividió a cada uno en cien sub cuadrantes de 462 m<sup>2</sup>. Los 1200 sub cuadrantes obtenidos de esta manera se clasificaron en tres grupos de acuerdo con las probabilidades que tenían de alojar a la rana dentro de sí. El primer grupo con probabilidades de ocurrencia de la especie del 90 al 94%; el segundo del 95 al 97% y el tercero con probabilidades iguales y superiores al 98%.

No es difícil darse cuenta que, aunque hubiésemos buscado aleatoriamente en los tres grupos el mismo número de sub cuadrantes, habríamos sin duda hallado muchos más animales en el grupo tres que en el grupo uno, por el simple hecho de la probabilidad mayor al 98% que presenta el grupo tres. Por tal razón, decidimos acudir a la estadística para definir el tamaño de la muestra que debíamos analizar en cada grupo.

Utilizando el Modelo de Muestreo Aleatorio Estratificado de Neymann, que permite determinar cuál será el tamaño de la muestra (cuántos cuadrantes se deberá tomar), se consiguió definir que los sub cuadrantes a ser muestreados debían ser en total 44, de los cuales 31 debían ubicarse en el primer grupo, 9 en el segundo y 4 en el tercero.

Como ya se indicó previamente, este modelo contempla algunos prerequisites que se los debe tener de antemano como son: Error, Coeficiente de Confianza ( $Z$ ) y el Peso ( $W$ - que se encuentra en base a la experiencia, sea esta información previa, literatura, datos de otros estudios, etc.)

$$n = \frac{\sum (w_i (\sqrt{P_i Q_i})^2)}{V + \frac{((\sum w_i)(P_i Q_i))}{N}}$$

$Z$  (95%) = 1,64485363

$P$  (Cada zona tiene su valor)

Error% = 0,1

$Q$  (Cada zona tiene su valor)

$V$  = 0,00369612

$W$  (Peso de cada zona)

Así pues, luego de todos los análisis respectivos y las restricciones del caso para este estudio, se logró muestrear 20328m<sup>2</sup>, dispuestos como lo mencionamos anteriormente. Esto fue realizado durante la fase de trabajo de campo.

### 2.1.2.- Análisis sobre el terreno.-

Una vez definida la ubicación de las áreas a estudiar nos preguntamos ¿Cómo analizamos los 213000 m de cada cuadrante? La metodología sugerida fue realizar un AST y un VES

#### Transectas de bandas auditivas (AST)

Ya que se desarrolló de manera más amplia este tema en la introducción únicamente nos limitaremos a explicar superficialmente la técnica y nos centraremos más en nuestra experiencia con éste método en el campo. La técnica de AST (audio strip transect) aprovecha el canto de los machos (el cual es especie-específico) en edad reproductiva para poder ubicar individuos y/o poblaciones y estimar o determinar abundancia. También, en nuestro caso se la utilizó para conocer y analizar sus microhábitats. Realmente, la experiencia que se tuvo en nuestra investigación al utilizar esta técnica fue bastante satisfactoria. Se comenzó por grabar los cantos de los machos en un sitio del que previamente teníamos registros de la presencia de *Hyloxalus vertebralis*. A través de estos cantos y utilizando la técnica de play back conseguimos la respuesta de muchos de los anfibios que estábamos buscando.

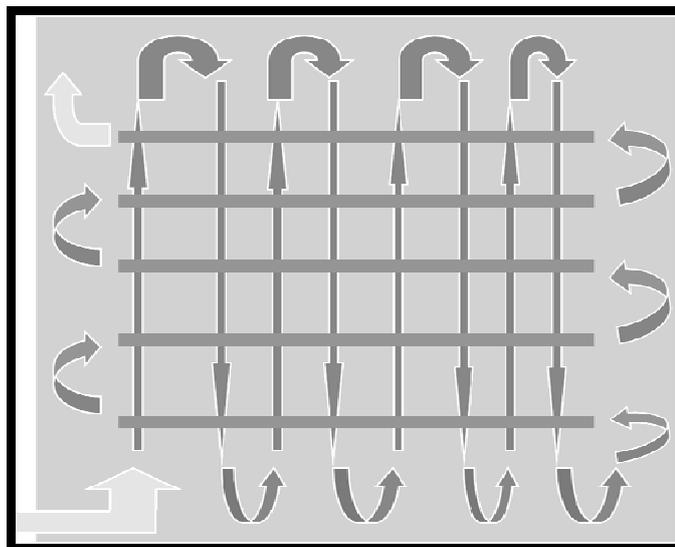
Utilizando el AST y como mencionara Zimmerman en 1991 se consigue relevar rápidamente grandes extensiones de terreno. A medida que se iban registrando los individuos, también se anotaban las características de la zona más próxima a la que se escuchaba el canto. Estos aspectos se detallan más adelante con mayor precisión. Sin embargo, al encontrarse esta técnica basada únicamente en un registro auditivo, fue necesario realizar una técnica complementaria para reducir a la mínima expresión el riesgo de error. No existe mejor forma de comprobar los datos recogidos en el campo que la visualización de los mismos por lo que se utilizó simultáneamente la técnica del VES.

### Relevamientos por encuentros visuales (VES)

El Visual Encounter Survey o V.E.S, recomienda caminar a través del cuadrante de estudio por un período de tiempo predeterminado buscando animales de modo sistemático. El tiempo se expresó, tal como advierte la técnica, como el número de horas/ hombre de búsqueda en cada una de las áreas a comparar. Al final, la totalidad del área muestreada en cada cuadrante por cuatro investigadores, se cubría alrededor de las dos horas, obviamente esto también, dependiendo de la facilidad que presentaba cada cuadrante para ser muestreado.

En muchas ocasiones se presentaron cuadrantes que se cubrían en periodos más prolongados de tiempo ya que se debieron cruzar ríos, matorrales, subir montañas y hasta convencer a los dueños de los sitios que solo buscábamos anfibios. El método visual utiliza mucho tiempo y concentración debido a la minuciosidad que se debe tener al buscar y al volver a colocar las piezas de microhábitat en el lugar original en el que fueron halladas, pero los resultados no dejan ningún lugar a dudas por lo que bien merece la pena el esfuerzo realizado.

**Figura 3.-** Esquema que muestra la manera sistemática en que fueron muestreados los 44 cuadrantes en los que se buscó visual y auditivamente a *Hyloxalus vertebralis* en la provincia del Azuay.



**Por: Andrés Martínez S.**

## 2.2.- Los datos recogidos en el campo:

Ya que *Hyloxalus vertebralis* es una especie tan poco conocida, cualquier dato recogido en el campo es muy valioso, por lo que se intentó obtener la mayor cantidad de información. Para cada cuadrante muestreado los datos registrados fueron: Número de registro, Fecha, Número de cuadrante, número de sub cuadrante y localidad del registro como datos básicos. Como datos climáticos generales se registró la temperatura, precipitación y porcentaje de nubosidad. Dentro de los datos del hábitat se reconocieron los siguientes datos: descripción de uso de suelo, descripción de formación vegetal, grado de impacto humano (que se podría interpretar como el nivel de influencia humana en el hábitat), tipo de suelo, factores estacionales y datos de charcas.

Por último para el micro hábitat: hora de observación (24 horas), la ubicación general, el tipo de vegetación, altitud, inclinación (grados), posición horizontal (distancia en metros del investigador al animal), posición vertical (distancia en metros del animal hacia arriba o hacia abajo del investigador), tipo de registro (auditivo, visual, colectado) y viento. Adicionalmente se añadieron las observaciones que cada investigador pudo realizar en el campo para mejorar la comprensión del panorama de cada cuadrante. También se registraron fotográficamente y en video los individuos encontrados, así como los hábitats en los que se los halló.

Los equipos que se utilizaron para la realización de esta investigación en su fase de campo comprenden:

- G.P.S. MAGELLAN (Modelo Explorist 600),
- Grabador y reproductor de sonidos SONY (modelo K- 189)
- Radios de onda corta RADIOSHACK (modelo IPH- 900)
- Para realizar el soporte técnico de datos y para correr los programas informáticos se utilizó un computador HP Pavilion dv1000, equipo portátil.

- Termómetro KAYSTER modelo RPK6F
- Cámara fotográfica OLYMPUS modelo SP-510UZ

### **2.3.- Metodología utilizada para el análisis estadístico y el estudio de los datos**

Ya que la preocupación de la presente labor concierne al conocimiento sobre la distribución de *Hyloxalus vertebralis* en la Provincia del Azuay, estadísticamente se intentó dilucidar cuales, de entre las condiciones registradas en el campo fueron aquellas que preferían las ranas, cuales serían las que determinarían la ausencia o presencia de el anuro en tal o cual localidad. Con este objeto se utilizó para el análisis estadístico de los datos el programa informático SCANWIN. Con este programa se corrió mediante CART (Classification and regression trees) y K Nearest Neighbors Classification (KNN) los diferentes análisis que serán objeto de discusión en capítulos posteriores.

En cuanto al análisis de los datos, una vez que estos se hallaran recogidos y sistematizados, con la finalidad de realizar un análisis de viabilidad poblacional, se había propuesto utilizar el Software VORTEX, el mismo que se preveía podía ayudar a simular el riesgo de extinción y las posibilidad de persistencia de la especie *H. vertebralis* dentro de la Provincia del Azuay. La escasez de información ecológica relevante sobre la ranita punta de flecha andina hizo imposible la realización veraz del PVA. Datos tales como tasas de mortalidad, tasas reproductivas, cantidad de individuos que sobreviven a la dispersión reproductiva entre muchos otros eran simplemente tan complejos de descubrirlos que una sola de estas inquietudes habría sido el tema perfecto de otra tesis.

Coulson, Maceb *et al.*, indican textualmente lo siguiente con respecto a los PVAs: “Los PVA’s solo pueden ser precisos al predecir las probabilidades de extinción únicamente si los datos son extensos y confiables, y si la distribución de las tasas vitales entre los individuos y los años pueden ser asumidos como estacionales en el futuro, o si cualquier tipo de cambios pueden ser predichos con precisión. En particular, nosotros hemos notado que aunque las catástrofes probablemente

precipitan muchas extinciones, las estimaciones de las probabilidades de catástrofes son muy poco fiables.”

Es obvio que, a partir de la casi completa ignorancia que tenemos sobre la ecología de la especie y la poca información con que contamos de estudios anteriores, hacer el PVA hubiese sido totalmente inútil y carente de sentido. Por ello para realizar la evaluación de la categoría UICN de amenaza de la especie y para poder generar una línea base a ser utilizada en futuros planes de manejo de la especie, se recurrió al índice SUMIN. El índice SUMIN fue propuesto por Reca *et al.*, en 1994 para calificar el estado de conservación de las especies, considerando las variables relevantes para su supervivencia y la necesidad de prestarles especial atención basado en criterios explícitos, objetivos y cuantificables (Reca *et al.*, 1994)

La ventaja que presenta el índice SUMIN es que puede ser utilizado para cualquier especie, siempre que se someta un tratamiento común. Únicamente necesita la información básica existente. Esta metodología utiliza 12 variables que representan factores importantes para la sobrevivencia o para la conservación de la especie. Cada una de las variables ( $v_i$ ) asume un valor numérico dentro de un rango determinado, correspondiendo el valor más alto a la situación más adversa para la especie. El valor del índice es la suma de los valores asignados a cada variable:

**Figura 4.- Fórmula del Índice SUMIN**

$$\text{SUMIN} = \sum_{i=1}^{12} v_i$$

**Fuente: Reca *et al.*, 1994**

Se propone una suma dado que se desconoce una ecuación que represente las interacciones reales entre las variables. El índice puede tomar valores entre 0 y 30, implicando los valores más altos una mayor necesidad de conservación. Fue importante en esta investigación, al momento de correr el índice SUMIN, también hacerlo para las especies de anfibios que normalmente comparten el hábitat de *Hyloxalus vertebralis*, esto con la finalidad de poder obtener una medida



## CAPÍTULO III

### LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1.- Resultados de la delimitación del sitio de estudio y de la metodología aplicada en el terreno

Como se mencionara previamente, el primer resultado que se obtuvo pertenece a la fase de laboratorio I. Los datos obtenidos en esta fase dieron como resultado un mapa geográficamente referenciado que incluía los sitios de posible distribución de *Hyloxalus vertebralis* dentro de la provincia del Azuay restringidos a 44 cuadrantes. Estos cuadrantes estaban dispersos en zonas tan diversas como Nabón, Tarqui, Checa, Challuabamba, Sayausí, Sevilla de Oro, entre otras. También en la cartografía obtenida se incluyen variables de humedad relativa, pluviosidad, temperatura, nubosidad entre otros parámetros.

Los 44 cuadrantes a ser estudiados fueron obtenidos mediante la tabla de números aleatorios para evitar cualquier tipo de inferencia dada por un error humano. En este mapa también se incluye información relevante, bastante útil al momento de analizar la ecología de la especie como puede ser por ejemplo: formación vegetal, uso del suelo, altura en m s.n.m., etc. En los anexos 1 y 6 podrá observarse el mapa obtenido como resultado de la fase de laboratorio I. En el se muestran los cuadrantes obtenidos mediante DIVA.

### **3.2.- Fase de campo:**

#### **3.2.1.- Los datos hallados en el terreno**

En la posterior fase de campo los resultados obtenidos confirman la presencia de *Hyloxalus vertebralis* en las zonas de: Checa (sub cuadrantes C5, C17 y C28); Mayancela (sub cuadrante C317); Chalacay (sub cuadrante C143); Victoria del Portete (sub cuadrantes C573, C695 y C753) y en Nabón (sub cuadrantes C796, C861 y C878). En zonas como Challuabamba (C446, C463, C466, C473 y C485); Piñan (C824, C834); Hno. Miguel (C871); entrada a LLaviucu (sub cuadrantes C7, C27, C35); Sidcay (C48); Machángara (C242); Guarumales (C58) entre otras, no se encontró al anuro.

Por otra parte, en los cuadrantes de ciertas zonas como Sayausí se confirmó la presencia en ciertos sectores del terreno de *vertebralis*, (subcuadrante C105), mientras que en otras muestras del mismo cuadrante (subcuadrantes C50 y C123) no se halló al animal. Lo mismo sucedió en sitios tales como Sevilla de Oro (C110, C38 y C126) entre otros. Del total de 44 sub cuadrantes examinados, en catorce de ellos se registró la presencia de la rana, mientras que en los treinta restantes sucedió lo contrario.

**Cuadro 2.- Se muestran los 44 sub cuadrantes analizados con sus localidades. Nótese la variedad de lugares de la Provincia del Azuay que se muestrearon.**

PRESENCIA		AUSENCIA			
<b>C5/Z2</b>	Checa	<b>C50/Z3</b>	Sayausí	<b>C3/Z1</b>	Amaluza
<b>C17/Z2</b>	Checa	<b>C123/Z2</b>	Sayausí	<b>C746/Z1</b>	Yanasacha
<b>C28/Z2</b>	Checa	<b>C38/Z1</b>	Sevilla de oro - Paguancay	<b>C757/Z1</b>	Yanasacha
<b>C105/Z2</b>	Sayausí	<b>C360/Z1</b>	Ricaurte- Mayancela	<b>C7/Z3</b>	Entrada Llaviucu
<b>C110/Z2</b>	Sevilla de oro/Jurupillos - Osoyacu	<b>C446/Z1</b>	Challuabamba/ El Plateado	<b>C27/Z3</b>	Entrada Llaviucu
<b>C126/Z1</b>	Sevilla de oro – Osoyacu	<b>C463/Z1</b>	Challuabamba/ El Plateado	<b>C35/Z3</b>	Entrada Llaviucu
<b>C317/Z1</b>	Mayancela- Bellavista	<b>C466/Z1</b>	Challuabamba/ El Plateado	<b>C48/Z2</b>	Sidcay
<b>C861/Z1</b>	Nabón	<b>C473/Z1</b>	Challuabamba/ El Plateado	<b>C58/Z1</b>	Guarumales
<b>C878/Z1</b>	Nabón	<b>C485/Z1</b>	Challuabamba/ El Plateado	<b>C242/Z1</b>	Machángara
<b>C753/Z1</b>	Victoria del portete	<b>C566/Z1</b>	Yanasacha	<b>C337/Z1</b>	Ricaurte
<b>C695/Z1</b>	Victoria del portete 2	<b>C620/Z1</b>	Tarqui	<b>C821/Z1</b>	Nabón
<b>C573/Z1</b>	Soldados/Victoria del Portete- Duraznos	<b>C824/Z1</b>	Piñán	<b>C598/Z1</b>	Turi/Patapamba
<b>C796/Z1</b>	Nabón	<b>C834/Z1</b>	Piñán	<b>C147/Z2</b>	San Joaquín
<b>C143/Z1</b>	Chalacay	<b>C871/Z1</b>	Hno Miguel	<b>C119/Z2</b>	San Joaquín
		<b>C382/Z1</b>	Ricaurte	<b>C343/Z1</b>	Ricaurte

**Fuente: José F. Cáceres/Andrés Martínez S., 2008**

En cuanto a la densidad de animales encontrada, la misma varió desde zonas con poblaciones superiores a los cien individuos distribuidos en diez metros lineales, hasta zonas en las que solamente se hallaron menos de diez individuos en todo el cuadrante analizado. En este punto vale recordar que, ya que esta es una especie de muy difícil localización visual, la estimación de la densidad, en la mayoría de los casos, se ha dado por localización auditiva, lo cual hace que el margen de error sea más amplio, pero, al mismo tiempo recordemos que el objetivo de este estudio no es hacer un censo poblacional sino más bien una estimación. En el siguiente cuadro se hace referencia a la localidad en la que se hallaron los individuos y la densidad poblacional registrada:

**Cuadro 3.** Se observa una estimación del número total de individuos que se registraron por cuadrante, además del tipo de registro, el número y tamaño de áreas dentro del cuadrante en los que se localizaban las ranas y el número de individuos por área.

Cuadrante	Localidad	Tipo de registro	Nº de áreas	Tamaño del área (m <sup>2</sup> )	~ Nº de individuos por área	~Total
<b>C5/Z2</b>	Checa	1	1	462	50	50
<b>C17/Z2</b>	Checa	1	1	462	10	10
<b>C28/Z2</b>	Checa	1	1	462	5	5
<b>C105/Z2</b>	Sayausí	1	2	4,47	50	100
<b>C110/Z2</b>	Sevilla de Oro - Jurupillos	1	1	31,62	más de 100	más de 100
<b>C126/Z1</b>	Sevilla de oro - Osoyacu	1	1	100	más de 100	más de 100
<b>C317/Z1</b>	Mayancela - Bellavista	4	1	462	5	5
<b>C796/Z1</b>	Nabón	1	7	55	25	175
<b>C861/Z1</b>	Nabón	1	6	1	1	6
<b>C878/Z1</b>	Nabón	1	1	462	8	8
<b>C753/Z1</b>	Duraznos	1	6	32,40	25	150
<b>C695/Z1</b>	Portete	1	1	462	6	6
<b>C573/Z1</b>	Portete	1	1	462	10	10
<b>C143/Z1</b>	Chalacay	1	1	5,48	más de 100	más de 100

Fuente: José F. Cáceres/Andrés Martínez S., 2008

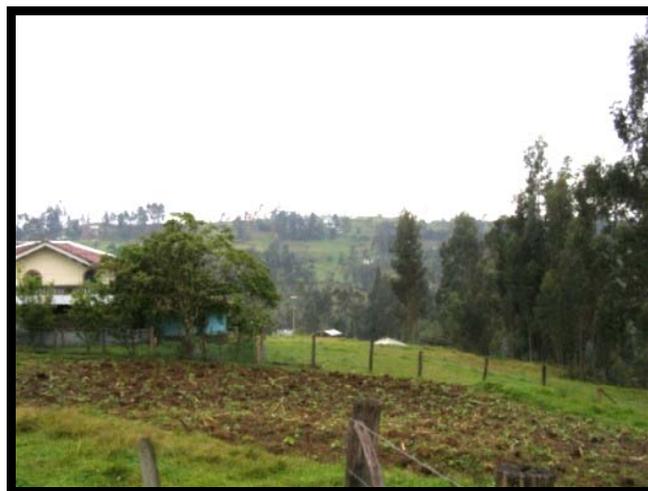
Un dato que cabe señalar dentro de este espacio es la heterogeneidad de hábitats en los que se halló a este animal, entre los que podemos anotar desde parches de bosque nativo a más de 3000 m s.n.m., pasando por pajonal cubierto en su totalidad de bosques de pino, hasta acequias repletas de basura a un lado de la carretera en medio de una zona urbana de la ciudad como se puede observar en los gráficos. Los mismos exponen la pluralidad de hábitats en los que se encontró a *H. vertebralis* en la provincia del Azuay.

**Figura 4. - Zona urbana de Cuenca, Parroquia Sayausí. Los animales se encontraban entre los lechuguines ocupando la totalidad de la cuneta al lado del carretero y completamente rodeados de basura y jabón de desecho del lavado de ropa.**



**Fuente: Andrés Martínez S.**

**Figura 5.- Parroquia Checa. Las ranas se encontraban cantando entre la hierba y en los cultivos. En la zona se puede observar arboles de eucalipto y había presencia de ganado y aves de corral.**



**Fuente: Andrés Martínez S.**

**Figura 6.- Localidad Chalacay. Se hallaron animales en ambiente limpio y sano a pesar de que se encontraba al lado del carretero**



**Fuente: José F. Cáceres/Sebastián Padrón.**

Se podrán observar los diferentes hábitats en los que se halló al anuro en el anexo 3.

Los animales registrados en la fase de campo se encontraron en variantes climáticas como: temperatura desde los 8°C hasta los 18°C; en zonas con una precipitación nula hasta zonas con precipitación moderada; zonas con amplio rango de nubosidad hasta zonas totalmente despejadas. En la gran mayoría de áreas donde se halló al animal no existió presencia de viento. Algo bastante interesante es que se descubrió a estos animales en terrenos con un grado de impacto humano profundo y también en zonas de presencia humana casi nula. La formación vegetal que más se repitió entre los datos de presencia del animal fueron los bosques húmedos montanos.

En la mayoría de los casos se los pudo observar en el suelo, muy relacionados a cuerpos de agua, aunque en un par de ocasiones se los registró en zonas sin cuerpos de agua corriente. Los datos nos indican que se hallaban con mayor frecuencia en suelos de tipo arcilloso o arcilloso-rocoso. La mayor parte de los registros fueron realizados en un horario comprendido entre las 07h00 a.m. a las 09h00 a.m. y desde las 19h00 p.m. a las 21h00 p.m.

En cuanto a los microhábitats registrados se hallaron zonas con pastizales, potreros, urbanizaciones, quebradas, bosque nativo, bosque con plantaciones exóticas, borde de carretero, ciénego y pajonal en la montaña. Fueron avistados con mayor frecuencia en terrenos con un grado de inclinación comprendido entre los 28° a los 42°. Además se los percibió en la montaña entre la hierba, junto a bosques de pino y eucalipto, en lechuguines al borde de la carretera y en acequias.

Todos estos datos fueron sistematizados y se analizan en el siguiente capítulo mediante el programa estadístico Scanwin, aunque de manera previa podemos decir que se obtuvieron, como resultado del análisis estadístico cuatro grandes grupos de datos con un árbol de clasificación. El KNN y el CART nos dan resultados altamente similares que facilitan el entendimiento de la ecología de la especie. Por último, también se registraron observaciones y peculiaridades de cada zona estudiada y cada cuadrante consiguiendo, de esta manera, plasmar un cuadro más específico que ayudó a la consecución, también como un resultado, del panorama general en el que habitan estos anfibios.

### **3.2.2.- Ausencia vs Presencia.**

Luego de examinar los resultados obtenidos en esta fase del estudio, compararemos los diferentes parámetros que se presentaron tanto en los cuadrantes en los que se halló al animal, cuanto en aquellos en que las condiciones no parecen serles las más favorables. En las siguientes tablas se esquematizan las preferencias más percibidas de los dos tipos de cuadrantes:

**Cuadro 4. Preferencias percibidas en los cuadrantes en los que se registró *Hyloxalus vertebralis* en la provincia del Azuay.**

<b>Presencia de <i>H. vertebralis</i></b>			
<b>Temperatura</b>	Entre los 6°C a los 12°C	<b>Viento</b>	Nulo, 0%
<b>Nubosidad</b>	Entre el 80% al 100%	<b>Factores estacionales</b>	Estación lluviosa
<b>Precipitación</b>	Nula, de 0%	<b>Datos de charcas</b>	Complejas o mixtas
<b>Tipo de suelo</b>	Arcilloso/Arcilloso-Rocoso	<b>Altitud</b>	Entre 2791 m s.n.m. a los 3129 m s.n.m.
<b>Grado de Inclinación</b>	Entre los 28° a los 42°	<b>Tipo Formación Vegetal</b>	Bosque muy húmedo montano
<b>Grado Impacto Humano</b>	Grado de impacto humano medio	<b>Ubicación General</b>	Más de un tipo de ubicación
<b>Tipo de Vegetación</b>	Compuesta o mixta		

Fuente: José F. Cáceres/Andrés Martínez S. 2008

**Cuadro 5. Parámetros más usualmente encontrados en aquellos cuadrantes en los cuales no se registró a *H. vertebralis* en la provincia del Azuay.**

<b>Ausencia de <i>H. vertebralis</i></b>			
<b>Temperatura</b>	Entre los 12°C a los 18°C	<b>Viento</b>	Ligero (brisa)
<b>Nubosidad</b>	Entre el 80% al 100%	<b>Factores estacionales</b>	Estación seca
<b>Precipitación</b>	0% es decir Nula	<b>Datos de charcas</b>	Quebradas y charcas naturales
<b>Tipo de suelo</b>	Arcilloso-Arenoso	<b>Altitud</b>	Entre los 2452 m s.n.m. a los 2791m s.n.m.
<b>Grado de Inclinación</b>	Entre los 14° a los 28°	<b>Tipo Formación Vegetal</b>	Bosque seco montano bajo
<b>Grado Impacto Humano</b>	Grado de impacto humano medio	<b>Ubicación General</b>	Más de un tipo de ubicación
<b>Tipo de Vegetación</b>	Compuesta o mixta		

Fuente: José F. Cáceres/Andrés Martínez S. 2008

Adviértase que no siempre los valores registrados en los parámetros de presencia son contrarios a los de los registros de ausencia. Por ejemplo, en los registros de tipo de vegetación, nubosidad y grado de impacto humano, podemos ver similitud en los valores, algo muy importante al momento de realizar el análisis de datos respectivo. Si se prefiere estos datos se los puede revisar con mayor detalle en el anexo 5.

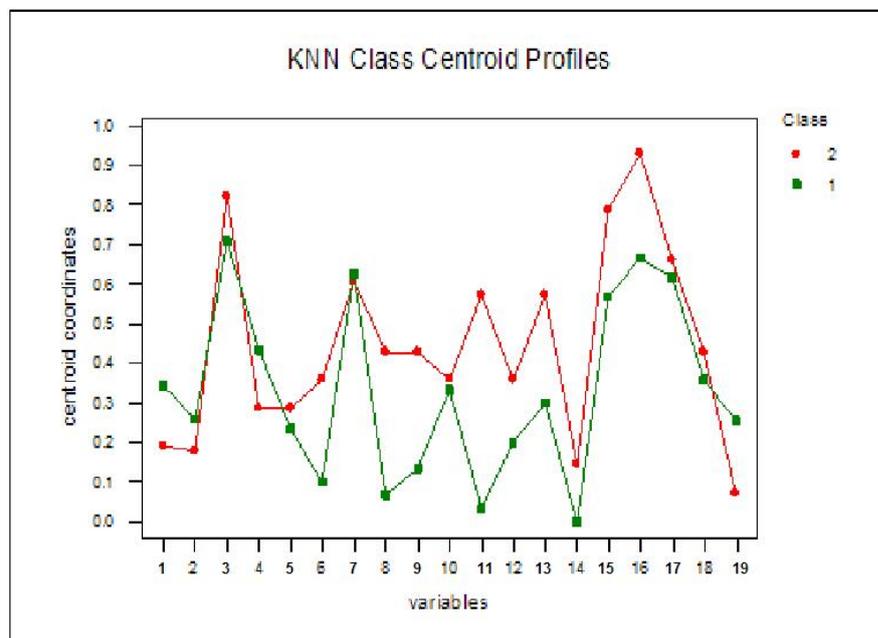
### **3.3.- Los resultados estadísticos:**

Los análisis estadísticos que se usaron para reunir, organizar y analizar los datos obtenidos y por medio de los cuales se intentaron resolver las hipótesis planteadas, fueron los siguientes: “Clasificación de vecinos más cercanos en K” (KNN por sus siglas en inglés) y “Arboles de clasificación y regresión (CART por sus siglas en inglés). El programa informático utilizado para la sistematización de las variables fue SCANWIN. Al momento de realizar los análisis se retiraron ciertas variables que no tenían un peso estadístico real y que en la mayoría de los casos causaban una interferencia en la lectura concreta de los datos. Al final se realizaron los análisis con 19 variables (véase anexo 7), las mismas que se plantearon de tal manera, que fuese posible distinguir cuales de ellas tenían un mayor peso al momento de definir la presencia o ausencia de la especie en los sitios estudiados.

Tanto con el KNN como con el CART, los “Class Centroid Profiles”, utilizados para generar los gráficos y analizar los datos muestran diferencias representativas en muchas variables estudiadas estableciendo de esta manera que la mayor parte de las variables determinan la presencia de la especie, mientras que al mismo tiempo hay algunas que determinan la ausencia de la misma. También es importante anotar que no siempre las variables de presencia son contrarias a las de ausencia, siguiendo en su mayoría el mismo patrón ascendente o descendente como se puede ver en los gráficos que siguen, pero existen ciertas variables que si mostraron un comportamiento totalmente inverso en la determinación de la ausencia-presencia de la especie.

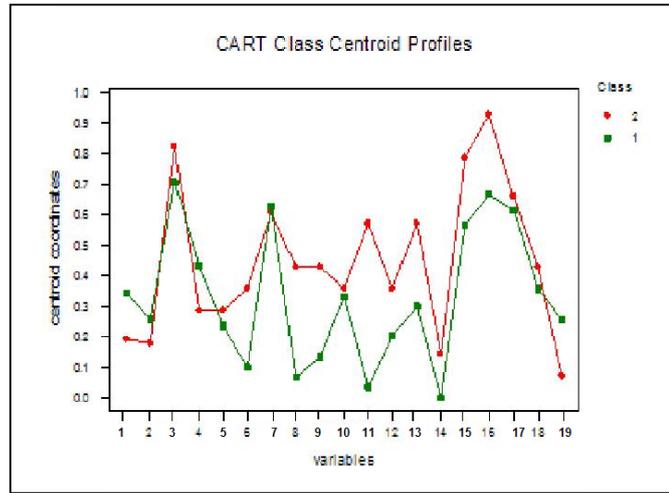
Los “Class Centroid Profiles” de KNN y CART mostraron casi exactamente el mismo comportamiento; por otro lado con CART se realizó un “Classification Tree” el cual nos dio como resultado dos combinaciones de variables que determinan la presencia de *vertebralis* en los sitios estudiados y dos grupos de combinaciones más que determinarían ausencia. Todos estos datos se los puede observar a continuación en las figuras 2, 3 y 4:

**Figura 7. Análisis estadístico realizado para *H. vertebralis* en la provincia del Azuay con KNN Class Centroid Profiles. En rojo se advierte la presencia del animal, en verde la ausencia. Las coordenadas muestran del 0 al 1 el grado de significación de los factores analizados.**



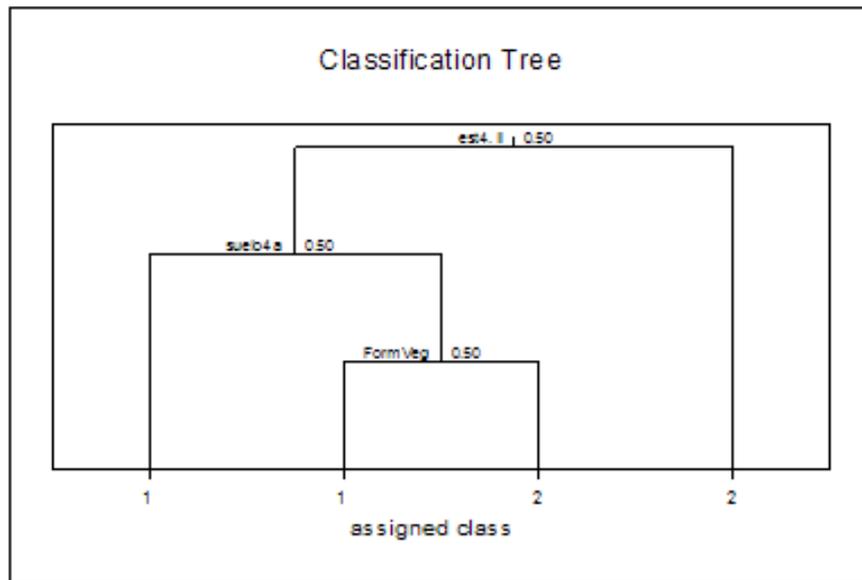
**Fuente: Scanwin en Cáceres/Martínez, 2008**

Figura 8. Análisis estadístico realizado para *H. vertebralis* en la provincia del Azuay con CART Class Centroid Profiles. Las 19 variables numeradas se encontrarán en el anexo 7.



Fuente: Scanwin en Cáceres/Martínez, 2008

Figura 9. Análisis estadístico realizado para *H. vertebralis* en la provincia del Azuay con CART Classification Tree. El grupo 1 muestra ausencia mientras que el 2 presencia, como se verá más adelante, la estación 4 (lluviosa), por ejemplo, determina la presencia del anfibio.



Fuente: Scanwin en Cáceres/Martínez, 2008

Todos los análisis estadísticos serán estudiados con mayor profundidad en los siguientes capítulos.

### 3.4.- Los resultados del índice SUMIN:

La UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales) coloca a *Hyloxalus vertebralis* categoría (CR) En peligro crítico de desaparecer por los siguientes motivos, CR A2 (a) (c) (e), mismos que se especifican a continuación:

CR: En Peligro Crítico debido a:

A. Reducción en el tamaño poblacional basada en cualquiera de las siguientes:

2. Una reducción poblacional observada, estimada, inferida o sospechada de ser  $\geq$  80% en los últimos 10 años o tres generaciones, cualquiera que sea el más largo, donde la reducción o sus causas no vayan a cesar O no sean entendidas O no sean reversibles, basadas en (y especificando) cualquiera de la (a) a la (e) bajo A1.

(a) observación directa.

(c) una declinación en el área de ocupación, extensión de la ocurrencia y/o calidad de hábitat

(e) los efectos de un taxón introducido, hibridación, patógenos, contaminantes, competidores o parásitos. (<http://www.iucnredlist.org/search/details.php/55165/summ>, 2008)

Para poder cotejar la información de este trabajo con aquella con la que cuenta la ciencia, gracias a los expertos que colaboran con la UICN, se utilizó el índice SUMIN creado por Reca *et al.* en 1994 y que posteriormente sería modificado por Lavilla *et al.* en 2000. Con esta metodología se evaluaron los anuros de Argentina, Chile y Uruguay y se están evaluando los de Paraguay y Venezuela.

Para *H. vertebralis* los valores utilizados en cada una de las variables fueron los siguientes:

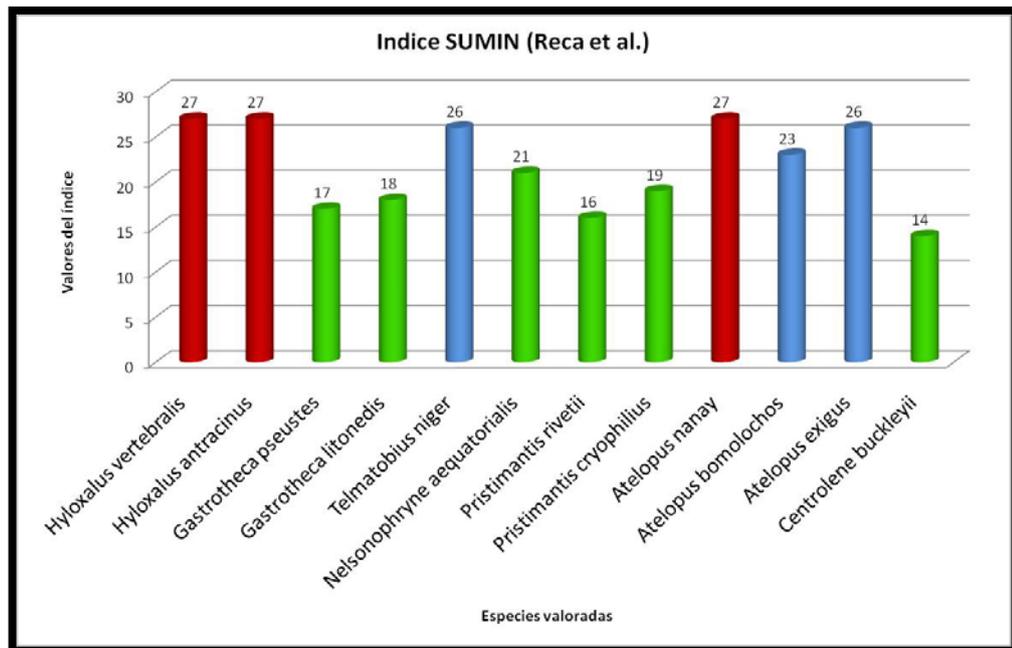
- Para la distribución continental *H. vertebralis* esta considerada como una especie endémica del Ecuador, por lo que se le dio el valor más alto que es 3

- Dentro de la distribución nacional a *H. vertebralis* se lo considera con una restricción del 20 al 1% del territorio de Ecuador, por lo que se colocaría en categoría 4
- *H. vertebralis* ha mostrado para la amplitud del uso del Hábitat que necesita obligado más de un tipo de hábitat por lo que está en categoría 2
- En cuanto a la amplitud del Uso del Espacio Vertical *H. vertebralis* muestra que debe utilizar de dos a tres estratos, lo cual lo colocaría en clase 1
- Obviamente su tamaño corporal es muy pequeño lo cual indica que es clase 0 para esta variable en el índice SUMIN.
- La categoría 2 es la elegida para este anfibio ya que las hembras colocan menos de 99 huevos por puesta.
- Su peculiaridad al comer ciertas clases de animales, hace que en la variable de Amplitud Trófica *H. vertebralis* sea considerado como un carnívoro especialista, por lo que se le asigno la categoría 2
- En la variable de Abundancia se consideró a *Hyloxalus vertebralis* como una especie rara por lo que se le ha asignado el valor 2
- Ya que la singularidad Taxonómica de la especie *Hyloxalus vertebralis* ha sido considerada como ausente, este factor la coloca en la categoría 0
- Se reconoce a la ranita punta de flecha andina como una especie singular debido, sobre todo, por la necesidad que tienen de desarrollarse sobre su progenitor.
- Ya que dentro de las actividades extractivas también se considera la destrucción irreversible del hábitat como el más alto valor designado éste fue asignado a *Hyloxalus vertebralis* poniéndolo en categoría 5
- Como *Hyloxalus vertebralis* no se encuentra en Parques nacionales o Áreas de vegetación protectora el grado de protección que se le impuso fue el de especie No Protegida, es decir, valor 3.

Utilizando la metodología provista por el índice SUMIN para evaluar el riesgo de amenaza en el que se encuentra *Hyloxalus vertebralis*, conseguimos asignar los valores numéricos anteriormente citados, lo cual condujo al resultado de que la especie se encuentra en categoría CR del índice SUMIN, es decir, en Peligro Crítico, lo cual, como se puede observar, concuerda con la categorización

utilizada por los expertos que asesoran a UICN. La situación del resto de especies que se analizaron junto a *Hyloxalus vertebralis* con éste sistema se puede observar en el anexo 2.

Figura 10. Índice SUMIN. Las especies que se ven sobre los 26,65 puntos se encuentran en Peligro Crítico.



Fuente: José F. Cáceres/Andrés Martínez

## CAPÍTULO IV

### DISCUSIONES

#### **4.1.- Analizando los resultados obtenidos.-**

Ya que nuestro trabajo de investigación está clasificado en tres fases, las discusiones sobre los resultados obtenidos en cada una de ellas serán presentadas de la misma manera:

##### **4.1.1.- Fase de laboratorio I:**

Con respecto a la fase de laboratorio I, en la cual se obtuvo como resultado el mapa de distribución potencial de *Hyloxalus vertebralis* para la provincia del Azuay y que luego se utilizó para ubicar nuestros sitios de muestreo, se observaron ciertas peculiaridades que deben tomarse en cuenta y que, de hecho, influyeron en las siguientes fases. La primera de estas características es que, dada la escasez de información conocida sobre *H. vertebralis*, el mapa generado, incluye el bajo porcentaje de variables que se había averiguado hasta ese momento, es decir, las variables que eran de la preferencia del anuro. Esto hizo que los cuadrantes generados por el programa informático DIVA fuesen bastante grandes, ya que, a medida que se ingresa mayor cantidad de información en el ordenador, los cuadrantes que se componen son cada vez más restringidos y por lo tanto más pequeños. De esta manera se consigue que el esfuerzo de búsqueda sea cada vez menor y así se facilite la localización del animal.

Otra particularidad importante que notamos es que, puesto que el programa permite incluir la variable de “registro previo de la especie”, los cuadrantes derivados tienen una alta influencia de esta categoría. Esto hace que siempre que se realice un estudio

donde se registra la presencia de la especie, cada vez será mejor la distribución potencial que se puede esperar del programa, es decir, si en este momento, con la información que se recopiló en el campo se volvería a correr el programa, el programa será mucho más eficaz al momento de generar el futuro mapa.

El mapa fue realmente de mucha ayuda y aunque hoy existan programas informáticos más exactos para poder determinar los sitios potenciales donde se podrían encontrar los animales que buscamos, dada la poca información con que contábamos, usar el mapa de DIVA fue una buena elección. Se logró disminuir la distribución potencial del anfibio, al principio desde la totalidad de la Provincia del Azuay, pasando por los 12 cuadrantes que se escogió aleatoriamente, hasta conseguir los 44 sub cuadrantes que fueron muestreados al final. Consideramos el desempeño del programa como satisfactorio.

#### **4.1.2.- Fase de campo:**

Los resultados de la fase de campo resultan bastante interesantes dentro de los parámetros de esta investigación. Lo primero que se puede observar de los datos de campo es la ausencia o presencia de *Hyloxalus vertebralis*. De los 44 cuadrantes que se muestrearon 14 de ellos resultaron positivos en lo que a presencia de la especie se refiere, en contraste con los 30 restantes en los que no se halló al animal. Esto representa un 31,8% lo cual consideramos es un porcentaje bastante alto para lo que esperábamos encontrar. Sin embargo, tomando en cuenta los datos históricos y relatos personales que se cuentan del anfibio, la disminución de su población parece haber sido realmente drástica.

Con respecto a las densidades que se encontraron en cada población éstas fueron muy variables. En ciertas zonas se registraron cientos de individuos, mientras que en otras zonas menos de diez. Algo que presumimos es que, en zonas más abiertas, con mayor cantidad de espacios y sitios para esconderse, los animales se encuentran más dispersos, mientras que, en zonas como, por ejemplo Sayausí o Checa los animales

tenían muy pocas posibilidades de esparcirse, ya que, en dichos sitios las fuentes de agua estaban restringidas a cunetas o quebradas. En esos lugares había congregaciones poblacionales muy altas distribuidas en muy poco espacio. Por el contrario, en sitios como Nabón, a pesar de registrarse gran cantidad de individuos, los mismos se hallaban bien esparcidos por toda el área. Estos cuadrantes mostraban grandes espacios abiertos, poco intervenidos y con abundantes fuentes de agua.

Resulta muy probable que en muchos de los sitios muestreados se encontraran mayores cantidades de individuos de aquellos que se registraron, pero que, al hallarse mejor esparcidos en el terreno de estudio fuesen más difíciles de hallar y por lo tanto hubiesen quedado al margen del reconocimiento. Por otro lado los anfibios encontrados fueron vistos, tanto en zonas prácticamente prístinas, cuanto en zonas muy alteradas por la influencia humana. Si asumimos, por sitios poco intervenidos en los que se conoce la presencia de la especie y por registros históricos como el de Mazán, que esta especie ocupaba amplias extensiones de terreno contiguo, podríamos presumir que la expansión de la frontera humana, habría producido una gran fragmentación en la mayoría de los hábitats que ocupaba *Hyloxalus vertebralis* dejando como resultado poblaciones muy aisladas propensas a los efectos de la endogamia.

De ser este el caso, la probabilidad de supervivencia de la especie en la naturaleza se vería muy comprometida, puesto que una reversión o siquiera un estancamiento en dichos procesos divisores es bastante irreal en la práctica. Esto, sumado a la presencia del *Batrachochytrium dendrobatidis* en el campo, podría llevar a una situación definitiva por la cual el anuro tendría el riesgo de desaparecer. Una buena posibilidad entonces, de supervivencia de la especie, se encontraría en los laboratorios de cría, mantenimiento y reproducción de anfibios de los que dispone la ciencia actualmente. Podrían también aplicarse planes y políticas de conservación de las zonas en las que habita el anfibio y así se evitaría considerar a la especie como EW (Extinta en la Naturaleza).

Continuando con el análisis de resultados del campo, otro rasgo que resultó muy notorio para nosotros fue la gran diversidad de condiciones en las que se halló a la rana. Se los pudo observar dentro del chaparro en montañas muy poco intervenidas, viviendo en agua muy pura filtrada en las rocas, mientras que por otro lado se las halló, viviendo en grandes grupos, en medio de la basura y en agua con rastros de detergente que escurría de lavaderos cercanos. Inclusive en cierto lugar se los pudo observar en sus actividades bajo los desperdicios de un chiquero.

Reflexionando al respecto, intuimos que la supuesta gran capacidad de la ranita punta de flecha andina para soportar la convivencia con los desperdicios de los seres humanos y los de sus animales domésticos podría obtenerse únicamente en el corto plazo. Realmente no sabemos las consecuencias que, a mediano o largo plazo produzca el contacto con sustancias químicas sobre los aspectos físicos del anfibio o sobre su capacidad de engendramiento y por ende sobre sus poblaciones, pero no es complicado suponer que las pompas de jabón no son el ambiente más adecuado para criar a su prole.

Acerca de las condiciones que parecen determinar la presencia o ausencia del anuro se observaron ciertas condiciones que, parecía, podrían determinar la presencia de *H. vertebralis*, mientras que otras condiciones parecían determinar más bien la ausencia de la misma. Aquí se muestra un esquema que compara dichas medidas

**Cuadro 6.- Parámetros más usualmente encontrados en aquellos cuadrantes en los cuales no se registró a *H. vertebralis* en la provincia del Azuay. La explicación sobre las unidades utilizadas para medir estos parámetros se encuentra en el anexo 7.**

PRESENCIA		AUSENCIA	
Temperatura	6 a 12°C	Temperatura	12 a 18°C
Nubosidad	80 al 100%	Nubosidad	80 al 100%
Precipitación	Nula	Precipitación	Nula
Tipo de Suelo	Arcilloso/Arcilloso-rocoso	Tipo de Suelo	Arcilloso-arenoso
Grado de impacto	medio	Grado de impacto	medio
Viento	Nulo	Viento	ligero
Estación	lluviosa	Estación	seca
Charcas	complejas	Charcas	naturales
Altitud	2791 a 3129	Altitud	2452 a 2791
Inclinación	28 a 42°	Inclinación	14 a 28°
Formación vegetal	b.m.h.m.	Formación vegetal	b.s.m.b.
Ubicación General	dos o más	Ubicación General	dos o más
Tipo Vegetación	Compuesta	Tipo Vegetación	compuesta

**Fuente: José F. Cáceres/Andrés Martínez S., 2008**

Como se puede observar también existe un tercer caso en el cual ciertas variables parecen no determinar ni la ausencia ni la presencia del anuro, sin embargo no se puede considerar estas variables menos importantes al momento de determinar el hábitat de preferencia de la rana. Lo más probable es que los datos obtenidos sean insuficientes para mostrar la tendencia que presentan tales parámetros. Para el caso

de estudio actual se toman en cuenta aquellos parámetros comprendidos en los dos casos anteriores.

Al parecer, dentro de los 44 cuadrantes muestreados, la preferencia de *Hyloxalus vertebralis* fue por aquellos que presentaban temperaturas más bajas, lo cual podría tener relación, al mismo tiempo, con la supuesta preferencia por sitios a mayores altitudes. Se puede intuir que estas condiciones podrían ser preferidas por el animal debido a su relación con la cantidad de humedad que normalmente presentan. Como es bien conocido, la gran mayoría de los anfibios presenta una estrecha vinculación al agua. Lo mismo podría decirse de la aparente preferencia del anuro por la ausencia de viento. Si el viento es cada vez mayor, la sequedad en la piel del anfibio también, lo cual, por los motivos previamente mencionados no sería agradable para la rana.

De igual manera, se puede presumir que, por los mismos motivos, estas ranitas prefieren más de un solo tipo de charca. Es decir, no solamente prefieren charcas naturales como ojos de agua y quebradas sino que se sentirían más a gusto si también encuentran fuentes de agua artificiales. Esto podría significar más cantidad de territorio en el cual desenvolverse. Así mismo, parecen elegir la estación lluviosa del año a la estación seca, pero esto podría también ser consecuencia de que en esa época la especie se encuentra más activa sexualmente y por lo tanto los machos cantan más haciendo más fácil el registro auditivo.

En cuanto a la inclinación y el tipo de vegetación por los que aparentemente optan, los bosques muy húmedos montanos serían la opción adecuada si lo que se quiere es retener el agua, esto claro, si se los combina con dos o más tipos de vegetación como las plantas herbáceas, los arbustos, lechuguines y demás plantas acuáticas. La inclinación más registrada en los cuadrantes de presencia de la especie fue mayor a los de ausencia. La explicación podría hallarse en la dependencia que presenta la especie a los cuerpos de agua corriente. *Hyloxalus vertebralis* no suele seleccionar como un ambiente habitual los estanques de aguas pútridas. Se lo ha visto situado en

aguas de corrientes suaves y poco profundas en donde al medio día pueda acercarse a la orilla y tomar el sol.

Así pues, hemos examinado las posibles causas que determinarían las preferencias de la ranita punta de flecha andina al momento de escoger su hábitat. Sin embargo, y como mencionáramos antes, la muestra es muy pequeña y sugerimos continuar con las investigaciones si se desea conocer con mayor profundidad estos ámbitos en la vida de éste anfibio. Es importante recalcar que esto es lo que se ha analizado por los datos que hemos observado durante nuestra etapa de muestreo en el campo, pero estos datos también fueron analizados estadísticamente.

#### 4.1.3.- Análisis de los resultados estadísticos:

Como ya hemos dicho, los estudios estadísticos investigaron las variables más determinantes de ausencia y presencia de *Hyloxalus vertebralis* en las esferas estudiadas. Por igual, mostraron afinidades entre variables que podrían correlacionarse para dar lugar a las condiciones favorables para el desarrollo de la especie. Por ejemplo, si revisamos el árbol de clasificación (CART de SCANWIN, pág. 35) podremos observar cuatro grandes grupos que se disponen de la siguiente manera: dos que determinarían presencia **a)** si la estación es lluviosa y **b)** si la estación es seca, el suelo es arcilloso y la formación vegetal es un bosque seco montano bajo; y otras dos que determinarían la ausencia **c)** si la estación es seca y el suelo es diferente al suelo arcilloso y **d)** si la estación es seca, el suelo es arcilloso pero la formación vegetal es diferente a bosque seco montano bajo.

Como interpretamos con anterioridad, no es difícil imaginar que la estación lluviosa es propicia para el desenvolvimiento de las actividades de la rana, en especial para las actividades de apareamiento. Para el siguiente caso, que estaría determinando presencia, si la estación es seca, el suelo arcilloso podría mantenerse durante un periodo más prolongado de tiempo reteniendo el agua en charcas, especialmente si se encuentra protegido de la evaporación dentro o cercano a un bosque montano bajo.

Al contrario si la estación es seca y el suelo es, por ejemplo, arenoso es natural que estas condiciones le sean desfavorables al animal. Por último si la estación sigue siendo seca, se cuenta con el suelo arcilloso pero se está en una formación vegetal como el páramo, la tasa de evaporación aumentaría demasiado haciendo de todas maneras que los cuerpos de agua se esfumen perjudicando a la rana. Razón demás para evadir estas circunstancias.

A propósito del resto de análisis estadísticos realizados, tanto el KNN y el CART, arrojaron resultados totalmente parecidos al producir sus respectivos “Class Centroid Profiles”, por lo que se toman en cuenta como una sola a las variables que aquí se discuten. Según muestran los gráficos, las variables de **temperatura** no serían realmente un factor determinante de presencia-ausencia en los cuadrantes estudiados. Se cree que esto podría deberse en parte al amplio rango de temperatura que la especie parece tolerar, sin embargo si se compara con los datos directos obtenidos de cada cuadrante muestreado se podría suponer que la rana puede desarrollarse en un amplio espectro de temperatura, pero que mostraría preferencia por ambientes más fríos, lo que coincide con el gráfico estadístico.

Concordando con las observaciones en el campo, los análisis estadísticos muestran que el rango de **precipitación** no sería una variable determinante para el objeto de esta discusión. Cabe recalcar que el año de estudio de esta investigación ha mostrado patrones climáticos fuera del promedio, lo que podría haber influenciado el peso de esta variable con respecto a las otras. Por otra parte vale también recordar que la historia natural de *H. vertebralis* habla de rangos de tolerancia de aproximadamente 1000 a 2000mm de precipitación, lo que no haría tan extraño la supuesta indiferencia de la especie a las precipitaciones.

Al referirnos a la **nubosidad**, este aspecto parece tener estadísticamente mayor influencia en la presencia de las ranas, lo que sería lógico si se piensa que las otras variables preferidas son las temperaturas bajas y las mayores elevaciones, sin embargo se debe aclarar que en la mayoría de los cuadrantes muestreados la

nubosidad se hizo presente. Esto pudo haber influido para que la relevancia de esta categoría fuese mayor a la real. Consideramos a la nubosidad una variante influyente únicamente si está en combinación con otras variables.

La **formación vegetal** es un aspecto importante a tomar en cuenta si se tratan de determinar las preferencias de un anfibio. A la especie en cuestión parece serle desfavorable el Bosque seco montano bajo, mientras que el Bosque húmedo montano bajo, se cree, le es más acorde y el Bosque Muy húmedo montano podría parecerle el más ventajoso. Esto parecería contradecir a los resultados obtenidos con el árbol de clasificación de CART que mencionamos previamente, pero se piensa que el Bosque seco montano bajo por si solo, es decir, sin relacionarse con las características como suelo arcilloso y estación seca, es un ecosistema totalmente diferente que no presenta normalmente las condiciones más favorables para acoger a *Hyloxalus vertebralis* con todas sus exigencias y por esta razón la rana parece escoger los otros tipos de formación vegetal, siempre con una mayor tendencia a la alta humedad.

Es importante resaltar al analizar el **grado de impacto humano** que tal vez la palabra impacto no sea la más adecuada ya que, siempre que se usa, trae a la cabeza una imagen negativa, aunque por definición un impacto puede ser positivo o negativo. De cualquier manera, creemos que lo mejor sería utilizar palabras como presencia o influencia humana. Es interesante observar que, tanto en los datos directos cuanto en el análisis estadístico, esta variable no presenta ninguna inferencia al momento de determinar la ausencia o presencia de la especie. Como ya se dijo antes, el nivel de tolerancia de la rana a las alteraciones del medio natural parece ser sorprendente, pero no se debe perder de vista su reacción a mediano y largo plazo.

Los **suelos** que contienen o son conformados en gran parte por arcilla y arcilla en mixtura con roca, aquellos capaces de mantener agua empozada por más tiempo, son considerados aquí, como de preferencia de la especie. Esta tendencia se ha visto reflejada tanto en los datos directos recogidos en el campo, cuanto en los datos

estadísticos. Además los suelos arcillosos, si se encuentran en pendiente, son los que más fácilmente dejan correr el agua, lo cual es otra de las condiciones preferidas por el anuro.

Las ranas, no solamente de esta especie sino de muchas otras, prefieren la **estación** lluviosa a la seca o a la transicional. Este factor obviamente, para una zona pequeña como el Azuay, es independiente del sitio en que se hallan los anuros. Esta tendencia se debe a que durante esta estación se forman las charcas que les permiten salir a reproducirse. Por ello, para perpetuar la especie, los machos salen a cantar para atraer a las hembras y así poder engendrar. Pero, como ya se dijo anteriormente, también existe el riesgo del error humano en captar más registros auditivos en la estación lluviosa que en la estación seca, restándole importancia a esta última. Pero, a su vez, al observar los gráficos se puede notar que, la estación lluviosa presenta la más clara diferencia entre los factores determinantes de presencia con los que determinan ausencia, lo que nos vuelve a demostrar la dependencia del anfibio por el agua.

El tipo de charca en que puede desarrollar su vida un anuro siempre tendrá una importancia trascendental dentro de sus predilecciones. Los criterios investigativos coinciden al afirmar que éste dendrobátido prefiere (¿o se ha adaptado a?) ambientes acuáticos complejos tales como la combinación de quebradas, pantanos, estanques, caídas de agua, etc., antes que a un solo tipo de ambiente. Esto lo consideramos verídico, sobre todo si tomamos en cuenta la ampliación del horizonte en que puede llegar a desplegarse el animal. Además, por otra parte, si se considera el hecho de la presencia humana en casi todo el hábitat de *H. vertebralis*, es muy difícil hallar cuerpos de agua naturales que no hayan sido convertidos en sistemas acuáticos complejos por el hombre.

De la misma manera que en el caso de la variable anterior, se pudo determinar que el Dendrobátido prefiere más de un tipo único de ubicación, y es muy probable que esto suceda por la misma razón que se mencionó en el párrafo anterior. La rana no posee ninguna clase de veneno, por lo que su mejor defensa sería ampliar los sitios en

donde puede conseguir más escondrijos, roquedales, vegetación y micro cuevas bajo las cuales protegerse en caso de ataque. También si se lo analiza de manera inversa, los hábitats que antes eran homogéneos, poco a poco y gracias a la acción del ser humano, han ido fragmentándose y transformándose en pequeños diferentes micro hábitats, lo que podría también ser otra causa por la cual la rana se encuentra en una gran variedad de ecosistemas.

En las últimas variables discutidas se ha observado que la presencia humana ha jugado un papel fundamental en la nueva composición y reestructuración de hábitats ocupados por *Hyloxalus vertebralis*. Lo mismo podría ser lo que sucede cuando se toca el tema de los tipos de vegetación, ya que, mediante los análisis estadísticos se observa que la preferencia de esta rana es de dos o más tipos de vegetación. De igual manera que en los anteriores casos, se supone que la cobertura florística hasta hace no mucho tiempo, era más homogénea, pero que, con el paso del tiempo, las construcciones, expansión de la frontera agrícola, pastoreo y quemas, este hábitat fue alterado, tal vez irreversiblemente. El anuro se encuentra actualmente con facilidad en ese mosaico de vegetación que conforma su hábitat, con la presunta consecuencia de que, al mismo tiempo, se han ido aislando sus poblaciones.

La variable altitudinal registrada parece no tener un peso significativo, estadísticamente hablando, en los registros realizados. Sin embargo no hay que restarle importancia ya que por los datos directos obtenidos en el campo se pudo observar, que, aunque este anfibio soporta un amplio rango de condiciones, parece preferir las altitudes más elevadas que aquellas más cercanas al nivel del mar. Sin embargo, cabe señalar que los individuos registrados se encontraron en sitios a mayor altitud que los 3400 m s.n.m. y en sitios más bajos que los 1800 m s.n.m.

Al igual que con otras variables previamente discutidas, en el caso de la pendiente, los análisis del KNN y el CART corroboran que la especie parece preferir lugares con mayor cantidad de pendiente que sitios más planos. Como ya se lo ha discutido, se considera que la ranita prefiere agua siempre limpia antes que agua reposada o

estancada. Esto posiblemente se deba a factores físico químicos en la constitución de la rana, a requerimientos de mayor oxigenación y pureza del agua en la que transcurren las diferentes etapas de su vida. En el campo, si bien no siempre se la encontró en pendiente, siempre estaba muy cercana a grandes elevaciones que permitían al agua correr.

La última variable que se corrió en los programas estadísticos fue el viento, siendo éste un factor que mostró influencia al determinar la ausencia del anfibio cuando se hallaba presente. A nivel macro pocas briznas corrían por las zonas estudiadas, pero en el micro hábitat las ranas se encontraban protegidas por completo de la presencia del viento. Como ya se había especulado con anterioridad, se cree que el viento es un factor capaz de causar sequedad en la piel de la rana, limitando de esta manera la estrecha relación que muestra *Hyloxalus vertebralis* con el agua.

#### **4.1.4.- Análisis de los resultados del índice SUMIN:**

Como se vio, los resultados del índice SUMIN mostraron que la especie estudiada se encuentra en categoría CR, es decir en Peligro Crítico de desaparecer. Esto estaría en perfecta concordancia con la categorización UICN realizada por expertos asesores en el tema. El análisis con respecto a esta situación puede ser muy claro; por el lado de la UICN, la especie está considerada de ésta manera debido a una reducción drástica de la población estimada en más del 80%, inferida principalmente de la observación directa, una declinación en el área de ocupación, extensión de la ocurrencia y/o calidad de hábitat y de los efectos de un taxón introducido, hibridación, patógenos, contaminantes, competidores o parásitos. Por los relatos de gente interesada en el tema se ha podido observar directamente la reducción poblacional. Es obvio que la calidad de su hábitat original se ha visto desmejorada y que la presencia tanto de patógenos como de especies como la trucha, han sido factores que colaboraron para causar tan grave declinación.

Por el lado del índice SUMIN, se puede observar una especie muy vulnerable que está restringida no solamente al Ecuador, sino que dentro de él se halla únicamente en una porción del 20 al 1% de su superficie, que se encuentra obligado a ocupar más de un tipo de hábitat, que coloca únicamente de 5 a 12 huevos por puesta, se alimenta de cierto tipo de animales, no es generalista. Además, los machos llevan a las crías sobre su espalda lo que los compromete aún más, sobre todo tomando en cuenta que su hábitat puede haber sido alterado de manera permanente. Por último ninguna de las áreas en que habita *Hyloxalus vertebralis* está sujeta a protección por parte de la autoridad. Por lo tanto, analizando los dos tipos de metodologías de evaluación, creemos correcta nuestra apreciación sobre la categorización de Peligro Crítico para *Hyloxalus vertebralis* en la Provincia del Azuay y seguramente a nivel del país.

## CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

### Conclusiones metodológicas:

Luego de haber analizado y discutido los resultados obtenidos, se pueden obtener varias conclusiones, mismas que esperamos que en futuras investigaciones sobre el tema sean cuestionadas, desechadas o corroboradas por más científicos que muestren interés sobre la trama de este estudio.

En lo que concierne a la pregunta básica del tema de este estudio, la distribución actual y potencial de *Hyloxalus vertebralis* en la Provincia del Azuay, nuestras conclusiones han sido que, la metodología utilizada para estimar dicha distribución fue apropiada, ya que resultó ser de mucha utilidad porque cubrió el nivel de precisión que se buscaba y aunque se pudo utilizar métodos más exactos, dada la escasez de información con que contábamos, nos sentimos conformes con su desempeño.

Analizando las metodologías utilizadas en la fase de campo, tanto el VES como el AST resultaron técnicas bastante significativas. Se consiguió, al utilizarlas, poder relevar una gran cantidad de extensión de terreno en un tiempo relativamente corto. Así mismo, se pudo observar a profundidad los hábitats y micro hábitats en los que vive la especie. Se registraron varios componentes del hábitat que luego servirían para intentar descubrir las preferencias de la especie dentro de sus refugios. Son técnicas bastante fiables y poco costosas, aunque eso sí, bastante minuciosas y demandantes de tiempo. Al parecer fueron las técnicas correctas para realizar esta investigación.

Otro aspecto importante fue, al realizar el trabajo de campo, la utilización del método de playback, el cual permitió encontrar al anuro en zonas donde las condiciones ambientales eran adversas para que cante. No siempre el ambiente tiene las condiciones requeridas por esta especie para desencadenar la reacción del canto, pero

al momento en que escuchan a otro macho queriendo adentrarse en su territorio, las ranas hacen saber de su presencia al contrario, lo cual fue muy beneficioso para nuestra labor.

### **Conclusiones teóricas:**

Se ha observado que *Hyloxalus vertebralis* se encuentra bien esparcida en la parte central y más al oriente de la Provincia del Azuay. Al parecer su distribución original era mucho más homogénea que la actual y de hecho, se está enfrentando a una grave fragmentación de sus hábitats, un factor claramente irreversible. De igual manera, los sitios potenciales que podría ocupar se encuentran alterados, por lo cual parecería que de muy poco valdrían los programas de traslocación de poblaciones que podría intentar emprenderse. Por lo tanto, en cuanto a la posible distribución de *H. vertebralis* en la naturaleza, nuestra conclusión es que sería difícil vislumbrarla, a menos que se conserve un gran pool genético en los laboratorios hasta encontrar una solución consistente a largo plazo, sin querer decir con esto que no se deban emprender políticas de conservación y recuperación de las áreas intervenidas que ocupa el anuro.

Al obtener los resultados de los análisis estadísticos, se esclarecieron muchas inquietudes que se tenía, favoreciendo los mismos a la comprensión de las preferencias que tiene la especie en cuanto a sus requerimientos de hábitat y micro hábitat. Esto es algo que se lo ha considerado sumamente importante al momento de determinar la distribución actual y potencial de *Hyloxalus vertebralis* en el Azuay, ya que, al conocer un poco mejor las necesidades que presentan estos animalitos para sobrevivir en la naturaleza se pueden distinguir zonas que presentan las características más adecuadas y así emprender planes de manejo orientados a conservar dichas zonas

Las categorías de evaluación de riesgo por las que está cruzando la especie son claras y contundentes. No es necesario comprender a profundidad el tema para concluir que la especie se encuentra altamente amenazada. Esto, sumado al desconocimiento que se tiene sobre la información básica de manejo de poblaciones de este anuro por

parte de la comunidad científica a nivel mundial y el desinterés por parte de autoridades y público en general, hacen que el riesgo de extinción de la especie sea muy elevado. Si bien se han venido realizando esfuerzos, de los cuales este trabajo pretende ser uno, para contrarrestar esta tendencia en todos los niveles, estos parecen no ser suficientes. Esperamos se siga trabajando, ya sea a nivel institucional, en los laboratorios o en el campo tratando de alcanzar esta meta común que es mantener con vida a estos animales.

### **Conclusiones pragmáticas:**

Al distinguir la validez e importancia de este estudio, parece útil llamar la atención sobre la insuficiencia de datos con que se contaba al inicio del mismo. Ahora, esperamos se pueda contar con datos válidos sobre la distribución hallada en el campo, la distribución potencial que podría ocupar el anuro, datos de hábitat y de micro hábitat que incluyen variables mucho más focalizadas en las preferencias de *Hyloxalus vertebralis* como son el grado de pendiente, los tipos de sistemas acuáticos, el tipo de vegetación que prefiere y el tipo de suelo, por citar unos pocos. Desde ese punto de vista, el aporte realizado podría ser bastante valioso al pensar en futuros planes de manejo de las zonas que acogen o podrían acoger al animal o en próximas investigaciones que rastreen al anfibio.

También es necesario señalar la importancia de los análisis estadísticos realizados ya que gracias a ellos, especialmente al Árbol de clasificación, se ha podido analizar con mayor profundidad cuales de los factores estudiados, en combinación, podrían definir la presencia del anuro en un lugar u otro o en diferentes circunstancias. En pocas palabras, se examinó la composición de factores que hacen que un sitio y una estación sean aptos para el desarrollo de la especie, sobre todo a nivel macro hábitat.

Los análisis estadísticos realizados con el KNN, mismos que fueron corroborados por el CART mostraron mayor número de predilecciones que de rechazos, pero estos últimos serían de gran utilidad para las próximas búsquedas del animal, ya que por ejemplo, variables tales como el Bosque seco montano bajo, dentro de ciertas condiciones, podrían ser resultar límites naturales para la expansión geográfica de la

ranita punta de flecha andina. También se espera haber ayudado a convalidar los datos que indican la gran tolerancia de la especie a condiciones ambientales tales como la precipitación, la altitud y la temperatura, porque, como se observó en los gráficos, las tendencias en cuanto a ausencia o presencia se mostraron a la vez ascendentes o descendentes para las dos categorías en cada una de estas variables.

Encontramos de suma importancia los valores de densidad poblacional hallados en las diferentes áreas estudiadas, esto obviamente con énfasis en aquellas zonas tales como las que revelan menos de diez individuos en todo el cuadrante muestreado (462 m<sup>2</sup>). Si se asume que un simple deslave, o un accidente de similares características podría acabar con esa fuente de genes en cualquier momento, estaremos enfrentándonos a la desaparición de peculiaridades claves, únicas para la especie y tan valiosas como podrían ser los genes que permitan al taxón soportar el embate del *Batrachochytrium dendrobatidis*, hongo que está aniquilando a la mayoría de los anfibios a nivel mundial. Bajo esa mirada, este trabajo ha procurado categorizar las zonas estudiadas por prioridades de búsqueda y rescate de estos animales que se hallan en un riesgo profundo.

Parece ser, de igual manera, de alta relevancia, el haber entendido las razones por las cuales la UICN categorizó a este anfibio como en Peligro Crítico. Muchas de las personas que trabajamos en el manejo de especies amenazadas nos llegamos a acostumbrar a la “etiqueta” que nos llega de la UICN para estos animales. Creemos muy importante que cada investigador, parafraseando uno de los cimientos del método científico, “coloque en tela de juicio la información obtenida de la autoridad”. Por esta razón al utilizar el índice SUMIN hemos tratado de revalorizar y dar énfasis al Peligro Crítico por el que en realidad atraviesa éste anuro en la provincia del Azuay.

Por último y como conclusión, esperamos que futuros proyectos muestreen nuevamente las zonas habitadas por el anuro, utilizando nuevas y mejores metodologías. Esperamos que se revisen los datos obtenidos en nuestro trabajo y como ya lo dijimos antes, que se dude de ellos y que se comprueben en el campo, se confirmen o se rechacen por el bien de la especie. Consideramos como el punto focal más importante de nuestra labor el permanecer siempre atentos sobre el tema de la

declinación de poblaciones de anfibios alrededor del mundo. Esta es una alarma de prevención, una alarma que se encuentra sonando muy fuerte y ya por demasiado tiempo.

Consideramos por último que no podemos perder tiempo, debemos, de manera inmediata, realizar acciones pertinentes tanto a nivel político, administrativo, de laboratorio, de campo, etc., acciones profundas y eficaces que muestren resultados al intentar mantener a éste y todos los anfibios con vida, libres de amenazas y fuera del peligro en el que, muy probablemente, nosotros mismos los hemos metido.

**“El poder de uno está en hacer algo, no importa lo pequeño o grande que sea, simplemente se trata de hacer algo”. (WWF).**

## GLOSARIO

**ANFIBIOS:** Se dice del animal que puede vivir indistintamente en tierra o sumergido en el agua, y, por extensión, de los que, como la rana y los sapos, han vivido en el agua cuando jóvenes por tener branquias, y en tierra cuando adultos, al perder dichos órganos adquiriendo pulmones.

**ANUROS:** Se dice de los vertebrados de temperatura variable que son acuáticos y respiran por branquias durante su primera edad, se hacen aéreos y respiran por pulmones en su estado adulto. En el estado embrionario carecen de amnios y alantoides tienen cuatro extremidades y carecen de cola; p. ej., la rana y el sapo.

**BIODIVERSIDAD.** La totalidad de genes, de especies y de ecosistemas de cualquier área en el planeta.

**ECOSISTEMAS:** Comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.

**FACTORES ANTROPOGÉNICOS.** Cualquier acto, generalmente perturbador, que es originado y ejecutado por los seres humanos.

**FENOLOGÍA.** Parte de la meteorología que investiga las variaciones atmosféricas en su relación con la vida de animales y plantas.

**HÁBITAT.** Lugar que ocupa el organismo o la población. Es la suma total de las condiciones ambientales características de un sitio específico ocupado adecuado a las demandas de la población (e.g.: una playa, la corteza de un árbol, un río, la sangre de un mamífero, etc.).

**MEMBRANAS INTERDIGITALES:** Tejido o agregado de tejidos que en conjunto presenta forma laminar, es de consistencia blanda y se halla entre los dedos.

**METAMORFOSIS.** Transformaciones que realizan muchos organismos, especialmente los insectos, en el curso de su desarrollo, desde que nacen hasta adquirir las características de adulto. (e.g.: estadios de larva, pupa e imago).

**QUITRIDIOMICOSIS.** Enfermedad micótica mortal que ataca la piel de los anuros y es causada por *Batrachochytrium dendrobatidis*.

**TAXÓN:** Unidad de series vivientes

**TRANSECTO DE LÍNEA.** Técnica de muestreo por la cual se elige una línea de máximo 1 m de ancho a lo largo de la cual se colectan las muestras que topan o cruzan esa línea.

**TRANSECTO EN BANDA.** Técnica de muestreo por la cual se elige una línea de máximo 5m de ancho a lo largo de la cual se colectan las muestras que topan o cruzan esa línea.

## BIBLIOGRAFIA

AMPHIBIAN SPECIES OF THE WORLD 3.0. 2008. An Online Reference).  
<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/references.php?id=3090,2008>.

BAILLIE, J.E.M., et al. (Editors) 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xxiv + 191 pp.

BURNHAM ET AL. Line Transect Estimation of Bird Population Density Using a Fourier Series. Pp. 466-482. en C. J. Ralph y J. M. Scout (Eds.), Estimating Numbers of Terrestrial Birds. Studies in Avian Biology 6. 1981. W. R. Heyer. M. A. Donnelly. R. W. McDiarmid. L. C. Hayek y M. S. Foster (Eds.). en Métodos Estandarizados para Anfibios, Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Editorial Universitaria de la Patagonia. Argentina. 2001. 349pps. Primera Edición.

COLOMA, L. A (ed). 2005–2006. Anfibios de Ecuador. [en línea]. Ver. 2.0 (29 Octubre 2005). Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.  
<http://www.puce.edu.ec/zoologia/vertebrados/amphibiawebec/index.html> [Consulta: fecha].

COLOMA. Luis A. et al. 2000-2002. Anfibios del Ecuador: lista de especies y distribución. [en línea]. Ver. 1.1. 25 Mayo 2000. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.  
<<http://www.puce.edu.ec/Zoologia/repecua.htm>> con acceso: 10 de agosto de 2006.

COLOMA. L.A. 1995. Ecuadorian Frogs of the genus *Hyloxalus* (Anura: Dendrobatidae). United States Of America. Miscellaneous Publication of the Natural History Museum. University of Kansas, No. 87. 1995. 74pps.

EDUARDES. S.R. Taxonomic Notes on South American *Hyloxalus* with Descriptions of Two New Species. Proc. Biol. Sos. Washington. 84: 147-162. 1971 en COLOMA. L.A. .Ecuadorian Frogs of the genus *Hyloxalus* (Anura: Dendrobatidae). United States Of America. Miscellaneous Publication of the Natural History Museum. University of Kansas, No. 87. 1995. 74pps.

EBERHARDT. L. Transect Methods for Population Studies. Journal of Wildlife Management, N 42. 1978, en W. R. Heyer. et al (Eds.). Métodos Estandarizados para Anfibios, Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Editorial Universitaria de la Patagonia. Argentina. 2001. 349pps. Primera Edición.

INFONATURA: BIRDS, MAMMALS, AND AMPHIBIANS OF LATIN AMERICA [web application]. 2004. Version 4.1. Arlington, Virginia (USA): Nature Serve. Available: <http://www.natureserve.org/infonatura>. (Accessed: August 11, 2006 ).

IUCN, CONSERVATION INTERNATIONAL, AND NATURE SERVE. 2004. Global Amphibian Assessment. <[http://globalamphibians.org/AmphibiaWebREDLIST ECUADOR.htm](http://globalamphibians.org/AmphibiaWebREDLIST_ECUADOR.htm) >. Accessed on 15 august 2006.

LAVILLA, E.O et al (Eds). Categorización de los Anfibios y Reptiles de la República Argentina. 2000. Argentina. Asociación Herpetológica Argentina. 97pps.

MARTÍNEZ, C. 1984. Muestreo: Algunos Métodos y sus Aplicaciones Prácticas. Ecoe, Bogotá, Colombia. Págs 201-250.

MERINO-VITERI, A. 2001. Análisis de Posibles Causas de la disminución de poblaciones de Anfibios en los Andes del Ecuador. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 66 Pgs

MICROSOFT ® ENCARTA ® 2008. “Azúay” © 1993-2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

MORRONE, J. J. 2001. Biogeografía de América Latina y el Caribe. M&T-SEA, vol. 3. Zaragoza, 148 pp.

SARMIENTO FAUSTO O. Sarmiento. 2001. Diccionario de ecología: paisajes, conservación y ... CEPEIGE, AMA [Primera edición digital de Diccionario de ecología, ...

SEBER. G. The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters. 2nd Ed. Mc Millan. New York. 1982. en W. R. Heyer. M. A. Donnelly. R. W. McDiarmid. L. C. Hayek y M. S. Foster (Eds.). en Métodos Estandarizados para Anfibios, Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Editorial Universitaria de la Patagonia. Argentina. 2001. 349pps. Primera Edición.

PÉREZ, C. 2000. Técnicas de Muestreo Estadístico: Teoría, Práctica y aplicaciones informáticas. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V, México Df. Págs 165-309

UICN. 2005. Red List of threatened species of the World. Available: <http://www.redlist.org>. (Accessed: August 11 2006 ).

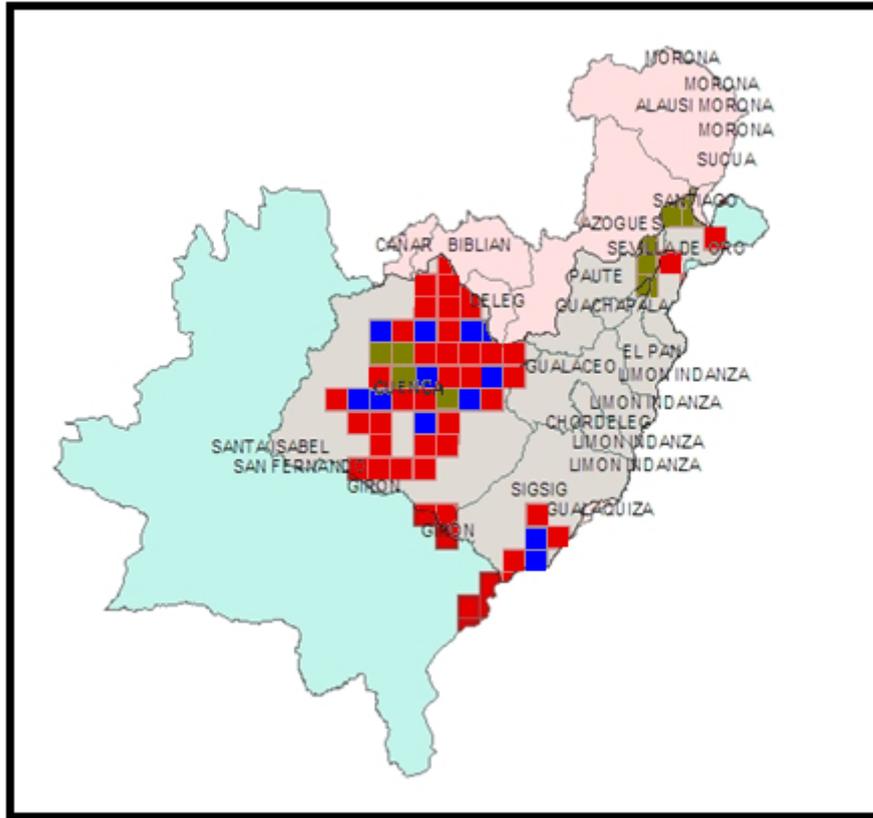
WORLD WIDE FUND FOR NATURE, Página web del Fondo Mundial para la Naturaleza , 2008. [www.wwf.es](http://www.wwf.es)

YOUNG, B. E., et al. 2004. Disappearing Jewels: The Status of New World Amphibians. Nature Serve, Arlington, Virginia.

ZIMMERMAN. B. Distribution and Abundance of Frogs in a Central Amazonian Forest. Disert. Ph.D. ined., Florida State University, Tallase, Florida. 1991, en W. R. Heyer. M. A. Donnelly. R. W. McDiarmid. L. C. Hayek y M. S. Foster (Eds.). Métodos Estandarizados para Anfibios, Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Editorial Universitaria de la Patagonia. Argentina. 2001. 349pps. Primera Edición.)

## ANEXOS

Anexo 1.- Mapa generado por el Software Diva que indica en rojo, verde y azul los cuadrantes que debían ser muestreados y con que grado de intensidad debido al nivel de estratificación de los mismos. Referente a las páginas 6, 26.



Fuente: Software DIVA en Cáceres/Martínez, 2008

Anexo 2.- Cuadro que muestra los valores asignados a *Hyloxalus vertebralis* y al resto de especies que comparten su hábitat con él. Referente a la página 37.

	DICON	DINAC	AUHA	AUEVE	TAM	POTRE	AMTRO	ABUND	SINTA	SING	ACEXT	PROT	SUMIN	CATEGORIA
<i>Hyloxalus vertebralis</i>	3	4	2	1	2	2	2	2	0	1	5	3	27	PRIORIDAD DE CONSERVACIÓN
<i>Hyloxalus antracinus</i>	3	4	2	1	2	2	2	2	0	1	5	3	27	PRIORIDAD DE CONSERVACIÓN
<i>Gastrotheca pseustes</i>	3	3	2	1	2	2	1	0	0	1	0	2	17	FUERA DE PELIGRO
<i>Gastrotheca litonedis</i>	3	4	2	1	2	2	1	0	0	1	0	2	18	FUERA DE PELIGRO
<i>Telmatobius niger</i>	3	4	2	1	2	2	2	2	0	1	5	2	26	NECESIDAD DE CONSERVACIÓN
<i>Nelsonophryne aequatorialis</i>	3	4	2	1	2	2	2	2	0	1	0	2	21	FUERA DE PELIGRO
<i>Pristimantis rivetii</i>	3	3	2	0	2	2	1	1	0	1	0	1	16	FUERA DE PELIGRO
<i>Pristimantis cryophilus</i>	3	4	2	0	2	2	2	1	0	1	0	2	19	FUERA DE PELIGRO
<i>Atelopus nanay</i>	3	5	2	1	2	2	2	2	0	1	5	2	27	PRIORIDAD DE CONSERVACIÓN
<i>Atelopus bomolochos</i>	3	3	2	1	2	2	2	1	0	1	5	1	23	NECESIDAD DE CONSERVACIÓN
<i>Atelopus exigus</i>	3	4	2	1	2	2	2	2	0	1	5	2	26	NECESIDAD DE CONSERVACIÓN
<i>Centrolene buckleyi</i>	3	3	2	1	2	2	1	0	0	0	0	0	14	FUERA DE PELIGRO

VULNERABLE 0 - 21,9

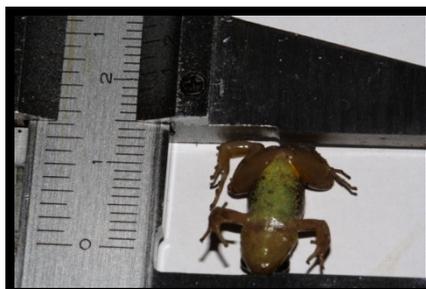
EN PELIGRO 22 - 26,64

EN PELIGRO CRÍTICO >26,64

Mediana 22,00 STD V 4,55

Anexo 3.- Fotografías que ilustran el trabajo de campo realizado y ciertos hallazgos interesantes y llamativos. También se pueden observar varias zonas tanto prístinas como altamente alteradas en donde se halló a la especie. Referente a la página 30.





Fuente: José Cáceres/Sebastián Padrón/Andrés Martínez S.

**Anexo 4.- Muestra de las fichas utilizadas para relevar datos del campo. Referente a página 11:**

Fecha: 13 de Noviembre de 2007

Cuadrante N:

Sub cuadrante N: C5/Z2

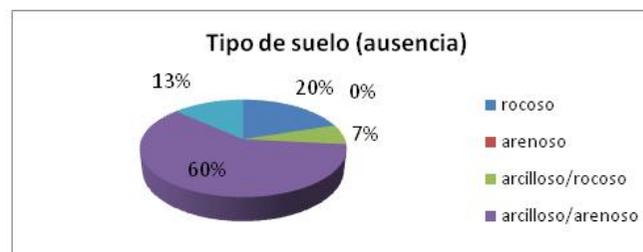
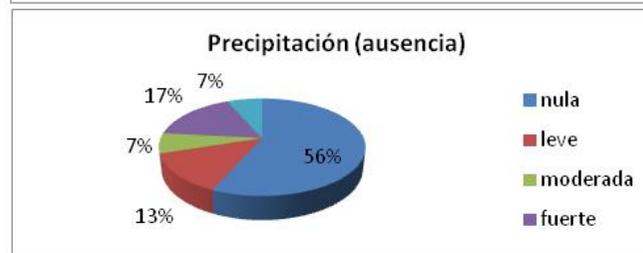
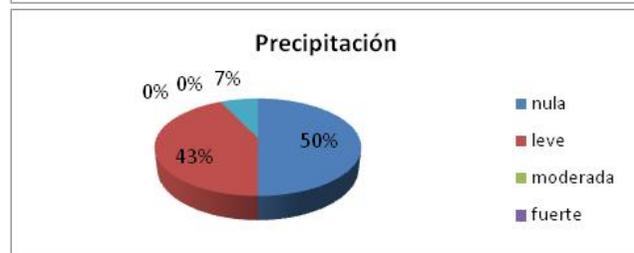
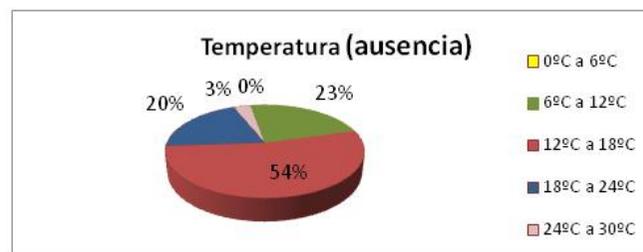
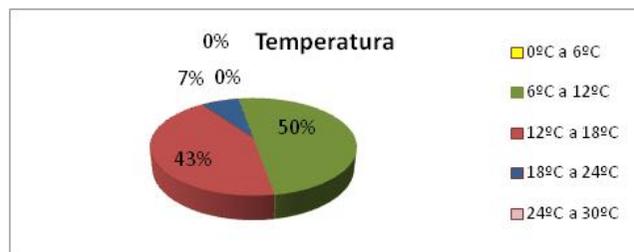
Zona: Checa 724073/9690813

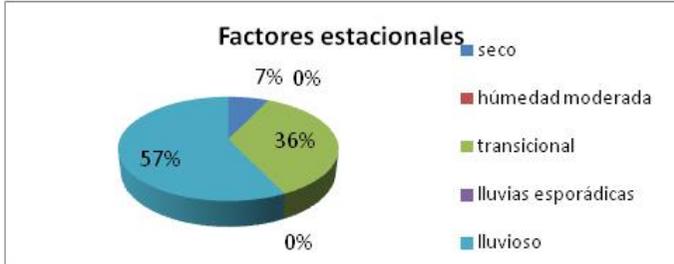
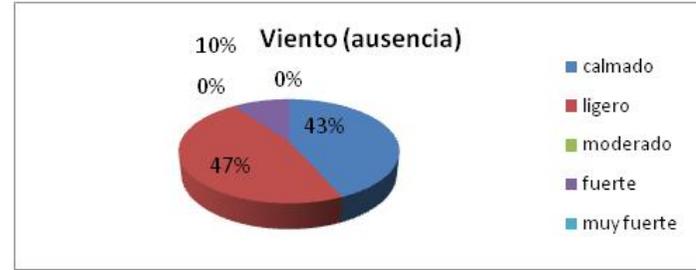
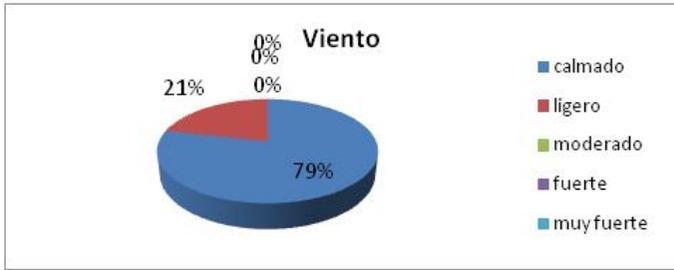
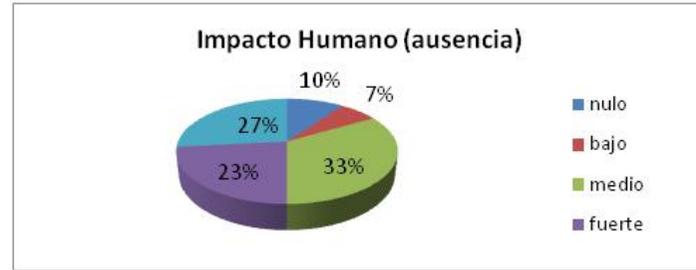
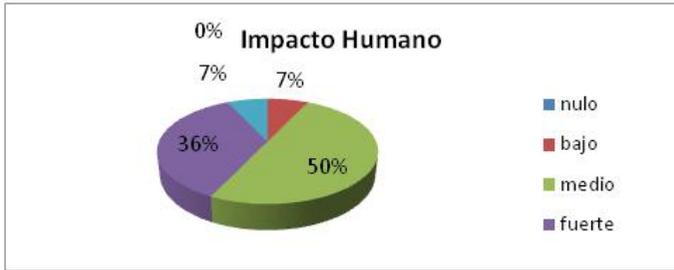
FICHAS PARA DATOS DE HABITAT	
Datos climáticos básicos:	
Temperatura	12°C
Precipitación	Llovizna leve y esporádica
Datos ambientales adicionales	Cielo nublado al 100%
<b>Datos del hábitat:</b>	
Descripción de formación vegetal	Arbustos nativos
Grado de impacto humano	Alto X Medio Bajo
Tipo de suelo	Arcilloso
Factores estacionales	Noviembre 2007 (transicional)
Datos de charcas	Quebrada
<b>Para el Micro hábitat:</b>	
Fecha y hora de observación (24 horas)	07h00 – 09h00
Ubicación general	Quebrada cercana a carretero
tipo de vegetación	Potrero/Carretero/Arbustos nativos regenerándose
Altitud	2834 m s.n.m.
Posición horizontal	Piso
Posición vertical	Potrero y Arbustos nativos regenerándose
Tipo de registro:	Auditivo X Visual Colectado
Viento:	Calmado X Ligero Fuerte

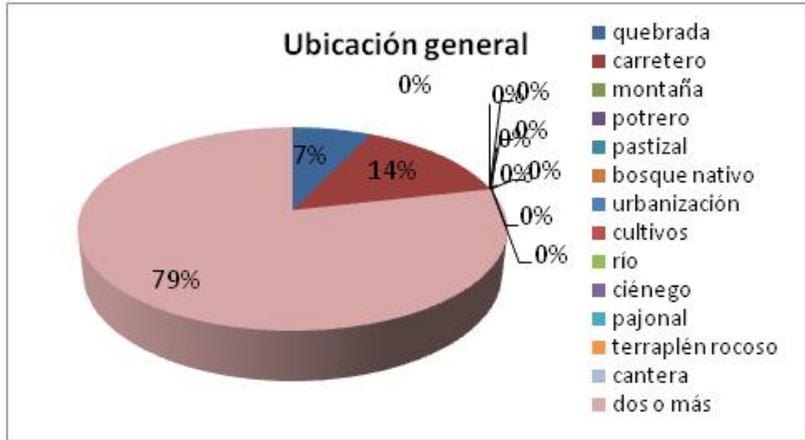
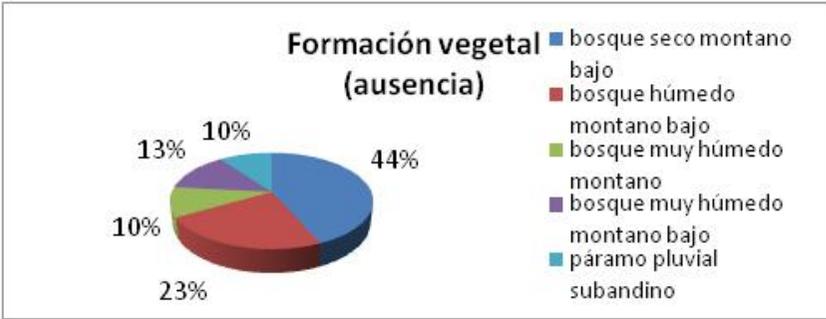
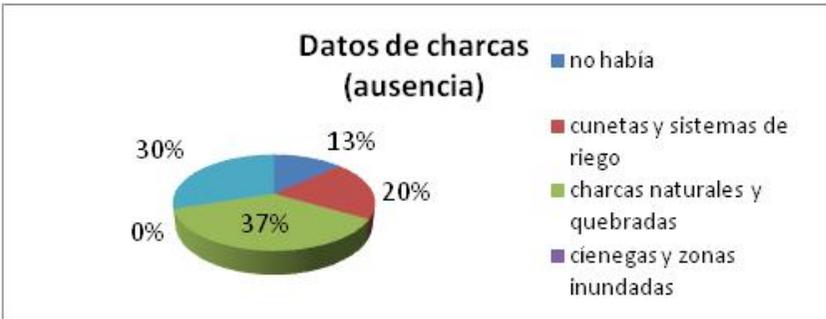
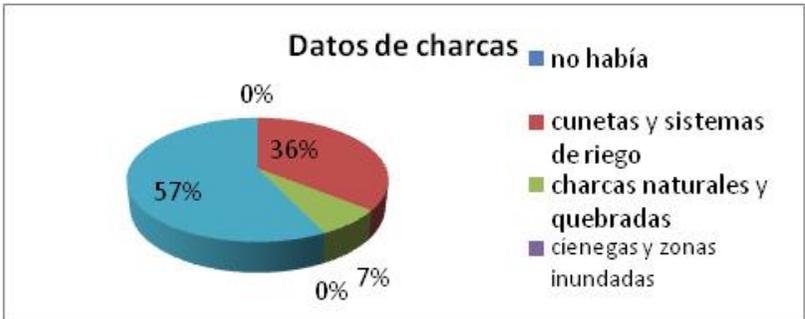
OBSERVACIONES: El cuadrante se hallaba dispuesto en terrenos privados con potreros, ganado pastando, aves de corral, dos quebradas que se unían en una sola con arbustos nativos altos, que fue donde más se las escuchó cantar y un carretero que lo atravesaba

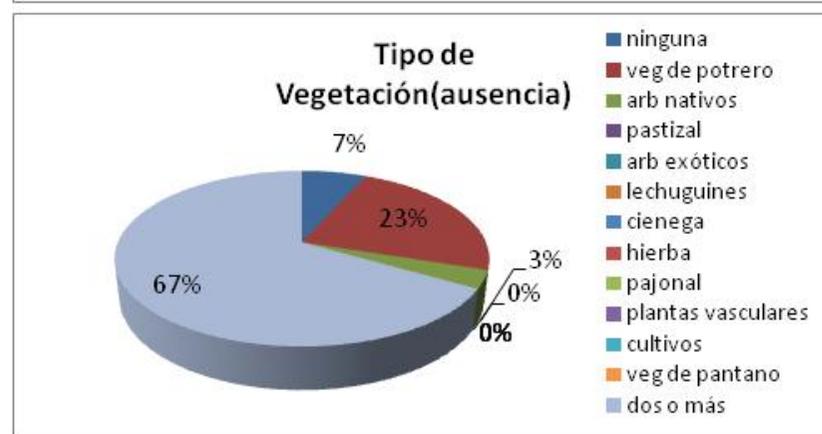
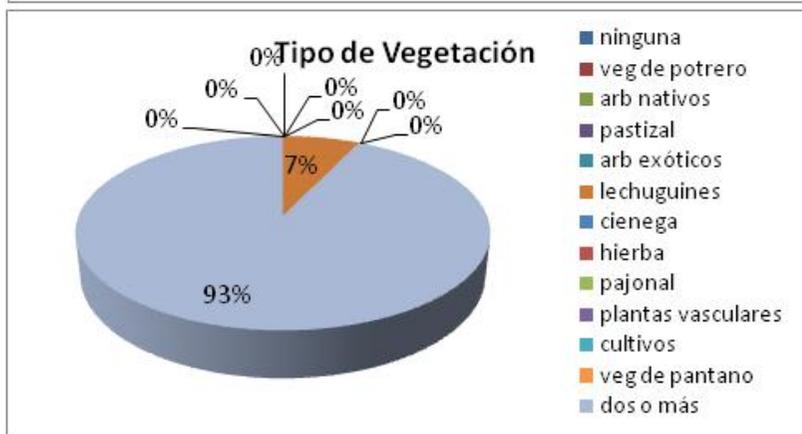
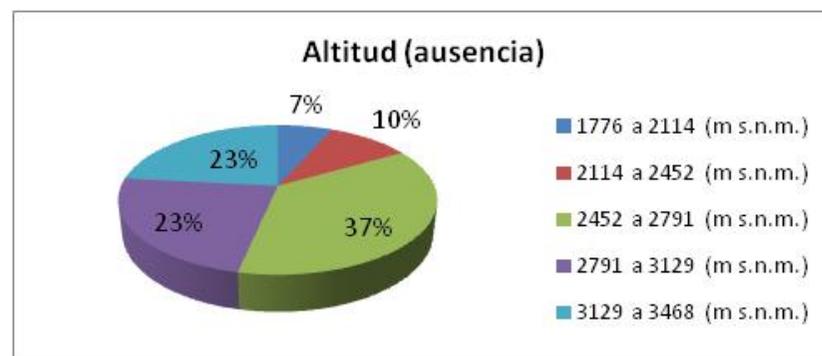
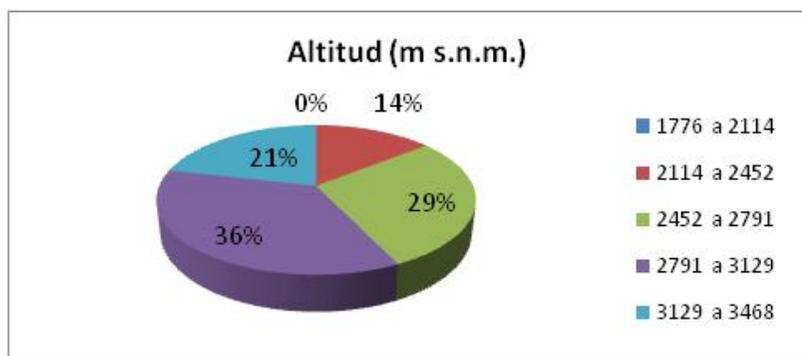
RESPONSABLES: Andrés Martínez – Oscar Sánchez

**Anexo 5.- Gráficos comparativos entre las variables de ausencia y presencia de la especie y tabla de datos que los corrobora. Referente a la página 33.**









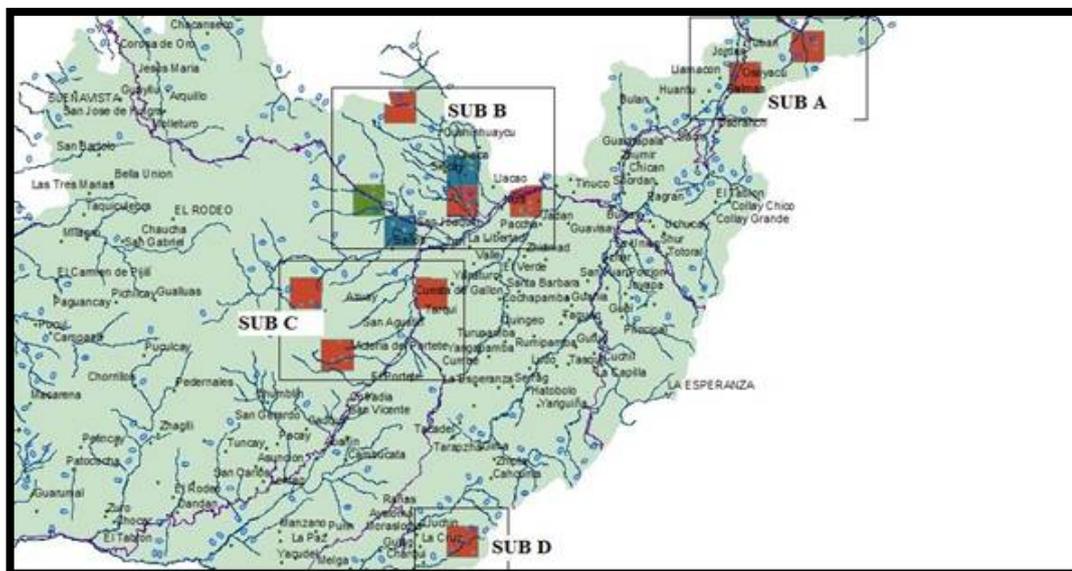
Presencia		Ausencia	
Temperatura	6 a 12°C	Temperatura	12 a 18°C
Nubosidad	80 a 100%	Nubosidad	80 a 100%
Precipitación	Nula	Precipitación	Nula
Suelo	Arcilloso/ Arcilloso- rocoso	Suelo	Arcilloso- arenoso

Presencia		Ausencia	
Estación	lluviosa	Estación	seca
Charcas	complejas	Charcas	naturales
Altitud	2791 a 3129	Altitud	2452 a 2791
Inclinación	28 a 42°	Inclinación	14 a 28°

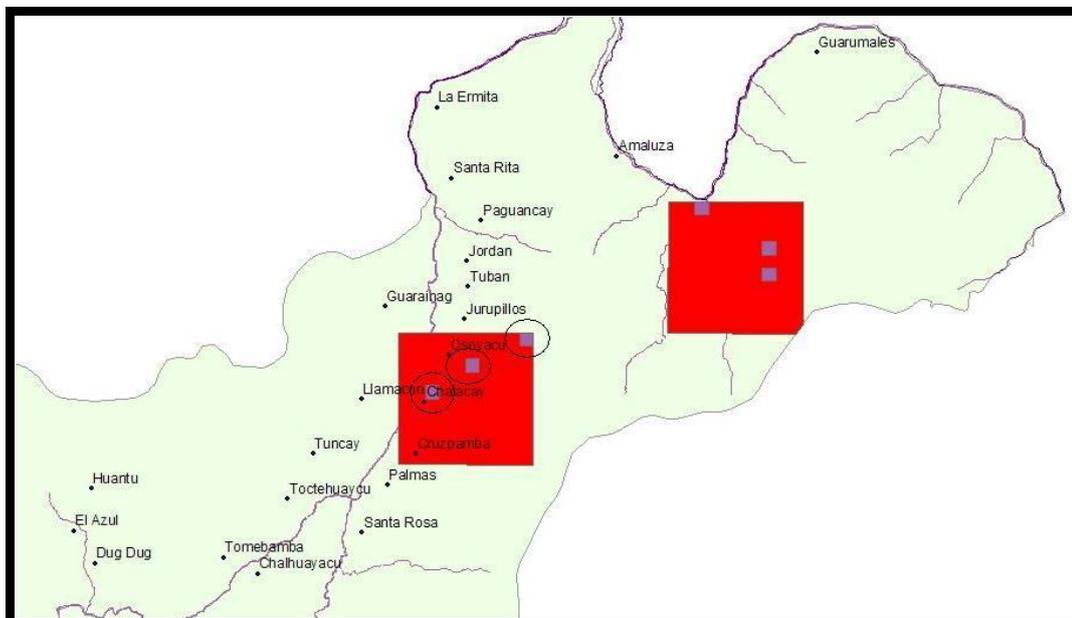
Presencia		Ausencia	
Tipo Vegetación	compuesta	Tipo Vegetación	compuesta
Viento	Nulo	Viento	ligero
Ubicación General	dos o más	Ubicación General	dos o más
° de impacto	medio	° de impacto	medio
Formación vegetal	bmhm	Formación vegetal	bsmb

Anexo 6.- Mapas que muestran las áreas de estudio donde se halló a *Hyloxalus vertebralis* en la Provincia del Azuay. Referente a las páginas 6, 26.

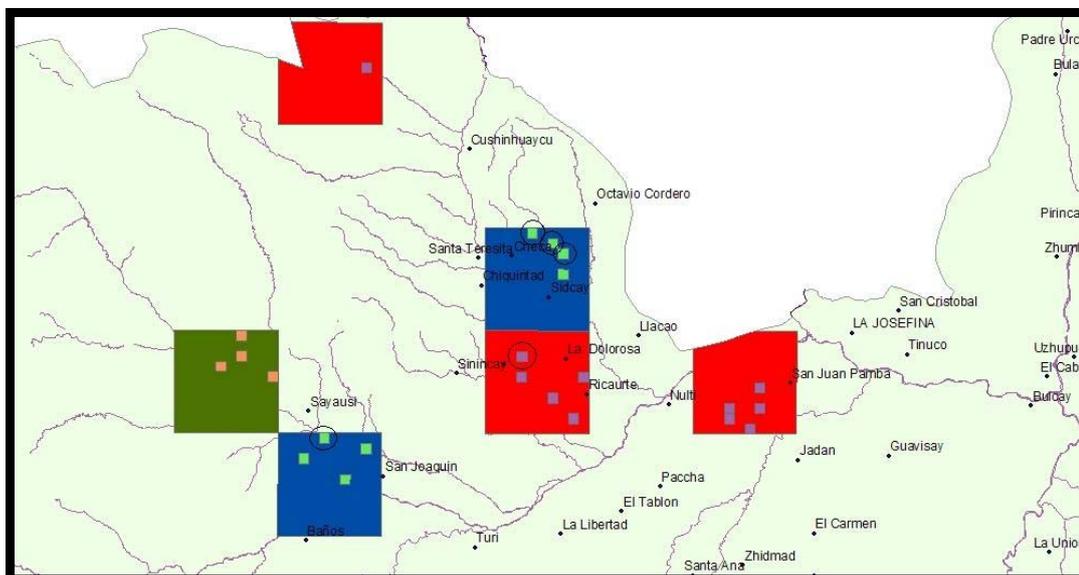
### 6.1.- Mapa general dividido en sectores para mejor comprensión de la distribución



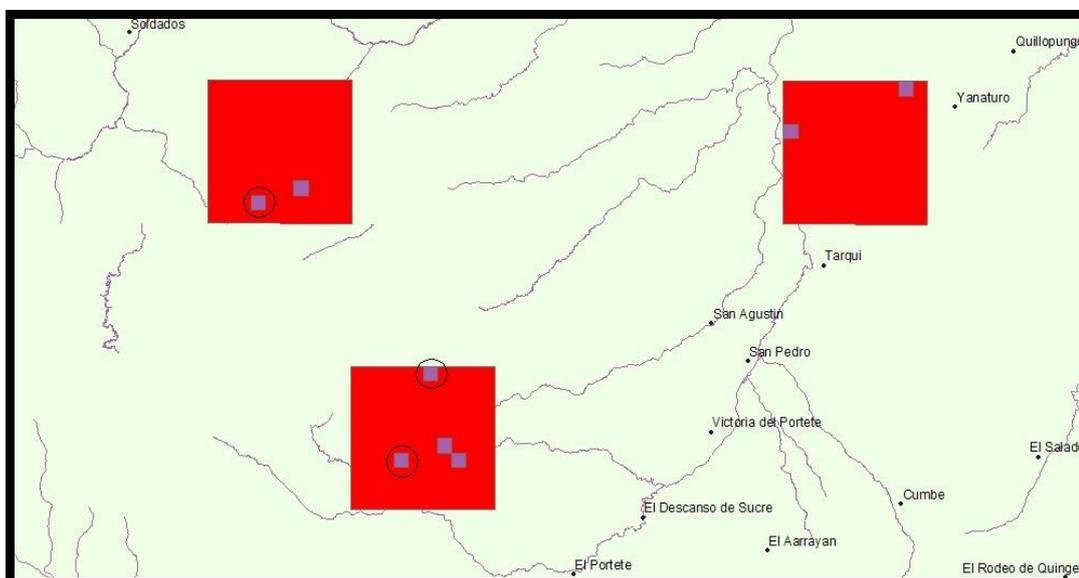
6.2.- Mapa de la sección sub A. Los círculos señalan la presencia del anuro en cada sub cuadrante.



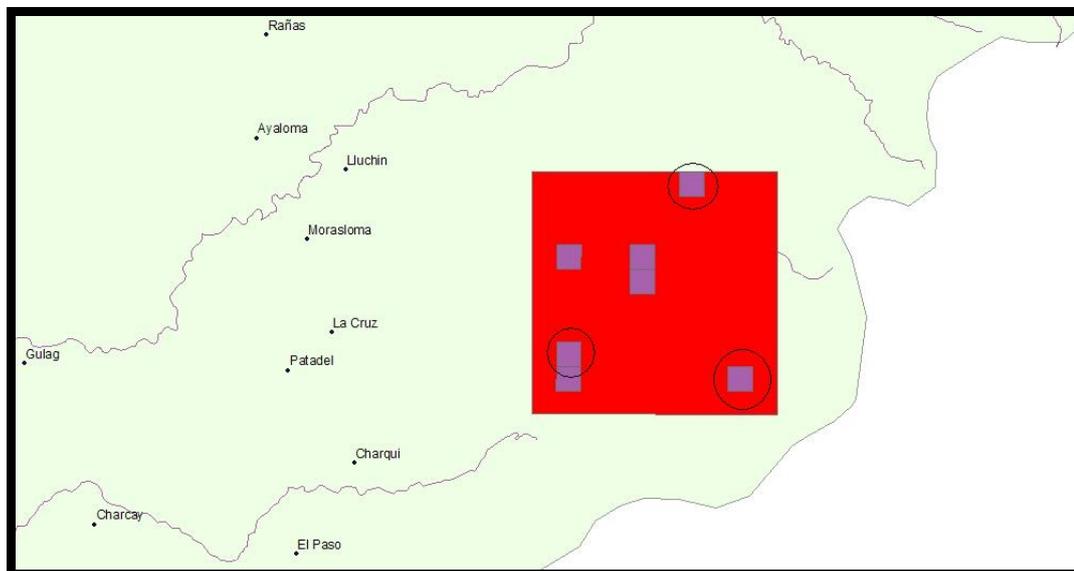
6.3.- Mapa de la sección sub B. Los círculos señalan la presencia del anuro en cada sub cuadrante.



6.4.- Mapa de la sección sub C. Los círculos señalan la presencia del anuro en cada sub cuadrante.



6.5.- Mapa de la sección sub D. Los círculos señalan la presencia del anuro en cada sub cuadrante.



Fuente: Jose F. Cáceres.

**Anexo 7.- Tabla que muestra las variables analizadas con los diferentes programas estadísticos y la manera en las que se las midió**

1. Temperatura: Fue la temperatura registrada durante los muestreos y sus repeticiones en cada cuadrante	2. Precipitación: Esta variable fue directamente observada en cada muestreo y su repetición y calificada como alta, media o baja.
3. Nubosidad: Se la registró en porcentaje de cielo nublado en cada muestreo y repetición realizada	4. Bosque seco montano bajo: Basadas en la clasificación de Sierra e investigadas mediante los sistemas de información geográfica del Azuay.
5. Bosque húmedo montano bajo: Basadas en la clasificación de Sierra e investigadas mediante los sistemas de información geográfica del Azuay.	6. Bosque muy húmedo montano: Basadas en la clasificación de Sierra e investigadas mediante los sistemas de información geográfica del Azuay.
7. Impacto humano: Se la realizó por observación directa en el campo en cada muestreo y repetición. Fue calificada como alta, media o baja.	8. Tipo de suelo arcilloso/rocoso: Investigado mediante los sistemas de información geográfica del Azuay
9. Tipo de suelo arcilloso: Investigado mediante los sistemas de información geográfica del Azuay.	10. Estación seca: Determinada por los periodos normales de verano/invierno dados por la observación directa.
11. Estación Transicional: Determinada por los periodos normales de verano/invierno dados por la observación directa.	12. Estación Lluviosa: Determinada por los periodos normales de verano/invierno dados por la observación directa.
13. Charca de tipo artificial: Observada directamente en el campo de estudio durante los muestreos y sus repeticiones	14. Dos o más tipos de charcas: Observada directamente en el campo de estudio durante los muestreos y sus repeticiones
15. Dos o más tipos de ubicación: Observada directamente en el campo de estudio durante los muestreos y sus repeticiones	16. Dos o más tipos de vegetación: Observada directamente en el campo de estudio durante los muestreos y sus repeticiones
17. Altitud: Tomadas en cada muestreo y en sus repeticiones	18. Inclinación: Medido en cada muestreo realizado y en sus repeticiones
19. Viento: Percibido directamente en el campo de estudio durante el muestreo y sus repeticiones	

**Fuente: Cáceres, Martínez, 2008**

**\*Nota:** Recomendamos profundamente, para futuros estudios, que las variables de temperatura, viento, precipitación y estacionalidad sean cotejadas con registros históricos de los anuarios de las instituciones encargadas de medir éstos parámetros. Para el caso del parámetro “grado de impacto humano” se recomienda crear parámetros comparativos medibles, ya que, en la realización de este estudio, únicamente logramos calificarlo como alto (como en el caso de un área de extracción minera), medio (por ejemplo en el caso de pastizales esporádicos) y bajo (como en las profundidades de una quebrada o un bosque).