

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)

ESTRATEGIA DE RECUPERACIÓN DE LA LAGUNA CONGO
EN EL PARQUE NACIONAL DEL AGUA JUAN CASTRO BLANCO
COMO HÁBITAT DE LA RANA VIBICARIA (*Lithobates vibicarius*)

FABIO ARIAS NÚÑEZ

PROYECTO FINAL DE GRADUACION PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TITULO DE BACHILLER EN
ADMINISTRACIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS

San José, Costa Rica

MARZO DEL 2012

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
Requisito parcial para optar al grado de Bachiller en Administración de Áreas
Protegidas

Miguel Vallejos
PROFESOR TUTOR

Rodrigo Villate
LECTOR No.1

Fabio Arias Núñez
ESTUDIANTE

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primera instancia a Dios, por darme la oportunidad y fortaleza para salir adelante con las diferentes actividades que representó este reto personal.

A mi familia por estar a mi lado durante todo este proceso, a mi esposa e hija que ha sido mi apoyo incondicional en todo este tiempo y que son la razón por par salir avante en e cumplimiento de mis metas de estudio.

Al señor Juan Luis Méndez R. administrador del Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco, el cual no escatimo en brindar las oportunidades de tiempo y apoyo para la realización de los diferentes trabajos académicos que se solicitaron durante el desarrollo de esta carrera.

A la señorita Giselle Méndez, directora ejecutiva del SINAC por brindarme la oportunidad de superarme y estudiar, por estar atenta a las diferentes necesidades logísticas que se presentaron, poniendo a disposición las diferentes AP que se visitaron en las giras de estudio.

A la Señorita Rocío Echeverri de Pro parques, madrina y compañera fiel de este grupo, por acompañar a esta tercera generación de estudiantes “Guardaparques” por su apoyo logístico y económico, pero en especial por su amistad que se cultivo a lo largo de esta carrera.

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que de una u otra manera participaron y contribuyeron en la realización de esta carrera académica.

UCI – ELAP, representados por los señores Allan Valverde y Karen Vásquez, por abrir los espacios necesarios en este Bachiller en Administración de Áreas Protegidas, facilitando el desarrollo de las diferentes actividades. Por el acompañamiento que permitió alcanzar las metas trazadas para esta etapa de nuestras vidas

SINAC y ACAHN, por el apoyo logístico y tiempo permitido a los funcionarios para llevar a cabo el estudio del BAAP, por darnos la confianza y ver en nosotros la oportunidad de profesionalizar al sistema, mejorar las condiciones de las ASP y condiciones laborales de sus funcionarios.

Un agradecimiento especial a PROPARQUES, por brindar las oportunidades y condiciones para que este grupo BAAP III saliera adelante, gracias a su apoyo logístico y económico, se demuestra una visión amplia de las necesidades de las ASP y los funcionarios que en ellas laboramos. Se demuestra que en realidad son amigos incondicionales de los Parques Nacionales de Costa Rica.

A todos mis compañeros del BAAP III, que en este momento les puedo llamar amigos, por su dedicación y apoyo que nos acercó a vernos como hermanos y preocuparnos por el bienestar de cada uno en todo momento.

INDICE

HOJA DE APROBACION	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE	v
INDICE ILUSTRACIONES	vii
INDICE CUADROS	viii
RESUMEN EJECUTIVO	ix
1 INTRODUCCION.....	10
1.1 Antecedentes.....	11
1.2 Problemática.....	12
1.3 Justificación.....	12
1.4 Supuestos.....	14
1.5 Restricciones.....	14
1.6 Objetivo general.....	15
1.7 Objetivos específicos.....	15
2 MARCO TEORICO.....	16
2.1 Marco referencial o institucional.....	16
2.2 Antecedentes de la Institución o área protegida.....	17
2.3 Misión y visión.....	18
2.4 Estructura organizativa.....	19
2.5 PARQUE NACIONAL DEL AGUA JUAN CASTRO BLANCO:.....	20
2.5.1 Antecedentes.....	20
2.5.2 Ubicación.....	21
2.5.3 Vegetación.....	21
2.5.4 Fauna.....	22
2.5.5 Hidrología.....	22
2.5.6 Zonas de Vida.....	23
2.6 Productos que ofrece.....	23
2.7 Teoría de Lithobates vibicarius.....	24
2.8 Teoría: La Laguna Congo y procesos de restauración.....	25
2.9 Teoría: Métodos para densidad poblacional.....	26
3 MARCO METODOLOGICO.....	28
3.1 Fuentes de información.....	28
3.1.1 Fuentes Primarias.....	28
3.1.2 Fuentes Secundarias.....	28
3.2 Técnicas e instrumentos de Investigación.....	29
3.3 Métodos de Investigación.....	29
3.3.1 Recopilación de antecedentes.....	29
3.3.2 Identificación de los drenajes, focos de contaminación y las plantas invasoras presentes en la Laguna Congo.....	30
3.3.2.1 Identificación de los drenajes:.....	30
3.3.2.2 Plantas invasoras:.....	31
3.3.2.3 Focos de contaminación:.....	31
3.4 Propuesta de metodología.....	31

3.5	Criterios de ejecución para restauración de la Laguna Congo	32
4	DESARROLLO.....	34
4.1	Antecedentes y datos históricos de la Laguna Congo de importancia para su recuperación.....	34
4.1.1	Ecorregiones de Agua Dulce:	34
4.1.2	Las Unidades Ecológicas de Drenaje	34
4.1.3	Unidad Ecológica de Drenaje San Carlos.....	35
4.1.4	Laguna Congo.....	35
4.1.5	Drenajes, focos de contaminación y las plantas invasoras presentes en la Laguna Congo.41	
4.1.5.1	Sitios de Drenaje.....	42
4.1.5.2	Vegetación Invasora.	47
4.1.5.3	Fuentes de Contaminantes	50
4.2	Propuesta de metodología para determinar la densidad poblacional de la <i>Lithobatesvibicarius</i> en la Laguna Congo	51
4.2.1	Diseño de metodología	53
4.2.2	Importancia de los transectos	54
4.2.3	Descripción de los transectos	54
4.3	Criterios de ejecución del proceso de restauración	57
4.4	Acciones a desarrollar en la recuperación del Ecosistema	57
4.5	Cierre del drenaje de la laguna	59
4.5.1	Resultados esperados.....	60
5	CONCLUSIONES.....	61
6	RECOMENDACIONES	63
	ANEXOS	68
	Anexo 1: EDT.....	68
	Anexo 2. Formulario para los datos del sitio de muestreo (Lipset <i>al.</i> , 2001).....	72
	Anexo 3. Formulario para la descripción del transecto (Lipset <i>al.</i> , 2001).	73
	Anexo 4. Formulario para los datos del muestreo por transecto (Lipset <i>al.</i> , 2001).	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Áreas de Conservación	18
Figura 2: Cuadro de la Estructura detallada del trabajo de investigación.....	34
Figura 3: Fotografías Aéreas de Marzo de 1961.....	37
Figura 4: Fotografías Aéreas de Junio de 1981.....	38
Figura 5: Fotografías Aéreas de Enero de 1991.....	39
Figura 6: Ubicación cartográfica de la Laguna Congo.....	43
Figura 7: Drenajes Artificial de la Laguna Congo.....	44
Figura 8: Drenaje Artificial construidos en la Quebrada Rodríguez.....	45
Figura 9: Drenaje Natural de la Laguna Congo.....	46
Figura 10: Curvas de Nivel Laguna Congo estado esperado del espejo de agua.....	47
Figura 11: Proyección de profundidades de la Laguna Congo	48
Figura 12: Vegetación invasora de la Laguna Congo.....	49
Figura 13: Ubicación y estado actual de la Laguna Congo.....	50
Figura 14: Focos de contaminación de la Laguna Congo.....	51
Figura 15: Lechería ubicada en los márgenes de la Laguna Congo	52
Figura 16: Juvenil de <i>Lithobates vibicarius</i> encontrado en Z1.....	53
Figura 17: Transectos sugeridos para determinar la densidad de población de <i>Lithobates vibicarius</i>	53
Figura 18: Zonificación actual de la Laguna Congo en base a la vegetación presente en el sitio.....	54
Figura 19: Estado ideal de la Laguna Congo.....	59

RESUMEN EJECUTIVO

Hasta el año de 1999 el humedal de la laguna Congo se encontraba poco alterado, sin embargo, en ese mismo año le construyeron un drenaje, con el fin de ampliar el terreno para el pastoreo de ganado. Para el 2011, en esta laguna se encontraron poblaciones de *Litotes vibicarius*, la cual utiliza la laguna como hábitat de reproducción, situación que eleva el nivel de importancia de recuperación de esta laguna.

Paulatinamente la situación ecológica de la laguna se ha deteriorado debido al constante pisoteo del ganado, lixiviados (producidos por productores de leche y viviendas cercanas que realizan sus actividades en sus alrededores) e introducción de plantas invasoras, ésta últimas a causa del acelerado descenso en los niveles de agua de la laguna.

Por lo tanto, resulta prioritario el estudio del área degradada, para conocer el grado de afectación y así, generar datos (tanto biológicos como históricos y geográficos) que indiquen las pautas para un debido y oportuno proceso de restauración. Todo lo anterior, bajo un marco legal que respalda estas acciones de restauración.

Por estas razones, el objetivo general de este trabajo fue plantear una estrategia de recuperación para la Laguna Congo, de manera tal que proporcione los requerimientos de hábitat necesarios para el desarrollo de las poblaciones de *Lithobates vibicarius*. Y los objetivos específicos: estudiar los antecedentes de la Laguna Congo, para identificar los datos históricos para su recuperación, identificar drenajes, focos de contaminación y plantas invasoras presentes en la laguna, proponer un método de muestreo de densidad poblacional de *Lithobates vibicarius* en la Laguna Congo, con base a la accesibilidad, vegetación y niveles de agua en la época lluviosa y establecer criterios de ejecución del proceso de recuperación del espejo de agua en dicha laguna.

Para esto, se recopiló información preexistente y se aplicó el método de entrevista no estructurada dirigida a los pobladores que viven cerca de la laguna Congo, además se identificaron los drenajes, focos de contaminación y las plantas invasoras presentes en la Laguna Congo y se planteó una metodología de muestreo para determinar la densidad poblacional de *Lithobates vibicarius* mediante giras a la laguna y georeferenciación mediante GPS. Que posteriormente se representó mediante mapas realizados en Arc GIS. Finalmente con base a los resultados obtenidos se sugirieron criterios para lograr el restablecimiento de la Laguna Congo.

La información recopilada demuestra claramente que el espejo de agua de la Laguna Congo era realmente significativo. Además, se logró comprobar la degradación de la laguna en la cual se observa la presencia de plantas invasoras que a través de los años han ganado terreno ocultando así los espejos de agua, por su parte, los focos de contaminación amenazan la salud de este ecosistema y

el principal responsable de la degradación de la laguna: el drenaje de origen antrópico que conduce el agua hacia la Quebrada Rodríguez.

Se propone el método de transectos por encuentro visual, con 12 transectos de 6 m de ancho y 50m de largo, los cuales abarcan todos los tipos de vegetación presentes en la laguna. Realizando así réplicas debido a que la detectabilidad de los anfibios es dependiente de las condiciones climáticas ambientales y por lo tanto es potencialmente variable de un día a otro. Finalmente se estima, la densidad poblacional mediante el programa Distance 6.0. Todo esto con el fin de monitorear los tamaños poblacionales a través del tiempo

La recuperación y restauración del espejo de agua no representan costos muy altos y se podría decir que son fáciles de subsanar: cerrando el drenaje y por lo tanto al recuperarse el nivel del agua las plantas desaparecerían por ahogamiento, mejorando las prácticas productivas con actividades más sostenibles y aumentando la cobertura forestal en sus alrededores.

Finalmente, se recomienda emplear la metodología propuesta en la temporada apropiada (comienzo de las lluvias y transcurso de la época lluviosa); iniciar con los trámites necesarios y para comenzar con las acciones de manejo para la restauración del humedad Laguna Congo.

1 INTRODUCCION

La diversidad biológica y el grado de complejidad ecológica no están distribuidas en forma homogénea a lo largo y ancho del planeta, sino más bien tiende a concentrarse en “puntos claves”, como es el caso de los humedales, considerados como parte de los ecosistemas más productivos del mundo (Ramsar, 1999). Básicamente, un humedal es un ecosistema donde existe agua (en niveles fluctuantes), y donde existe un tipo de suelo, flora y fauna muy distinta de los ambientes terrestres (Niering, 1985). Y de conformidad con el artículo 40 de la Ley Orgánica del Ambiente, son ecosistemas con dependencia de regímenes acuáticos, naturales o artificiales, permanentes o temporales, lénticos o lóuticos, dulces, salobres o salados, incluyendo las extensiones marinas hasta el límite posterior de fanerógamas marinas o arrecifes de coral o, en su ausencia, hasta seis metros de profundidad en marea baja (Costa Rica-Leyes, 1995)

Dentro de la clasificación de los humedales encontramos los humedales lacustrinos, estos corresponden a depósitos de agua formados en depresiones topográficas o drenaje represados natural o artificialmente, pueden tener vegetación y la profundidad supera los dos metros (Tabilo-Valdivieso, 2003). Este tipo de humedal es muy importante debido a la gran biodiversidad que albergan (avifauna, anfibios, vegetación, biocenosis macroscópicas más o menos visibles, artrópodos, entre otros) (García, 2005).

Este tipo de sistema se puede encontraren el sector Oeste del Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco (PNAJCB), en la comunidad de San José de la Montaña, San Carlos, se trata de una laguna de origen volcánico de aproximadamente diez hectáreas, conocida con el nombre de Laguna Congo, esta se encuentra a una altura aproximada de 1823msnm, en las coordenadas 10° 16` 12`` latitud norte y 84° 22` 46`` longitud oeste.

En esta laguna se encuentran diferentes especies características de estos ecosistemas a las que se le suma la presencia de especies amenazadas o en peligro de extinción que se están viendo seriamente afectadas por el drenado y

contaminación de la laguna. Tal es el caso del anfibio de la familia Ranidae *Lithobates vibicarius*, una especie endémica de Costa Rica y Panamá, semiacuática, que vive en el piso, cerca de estanques de agua (Savage, 2002). Actualmente considerada como una especie amenazada de extinción y está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, además de la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE (UICN, 2011), situación coloca como prioritario la recuperación de esta laguna y así lograr el restablecimiento del humedal y de las poblaciones de *Lithobates vibicarius*.

1.1 Antecedentes

De acuerdo con la definición del artículo 40 de la Ley Orgánica del Ambiente, la Laguna Congo, que se ubica en San José de La Montaña, en el sector Oeste del PNAJCB, parte alta de Ciudad Quesada, San Carlos, es considerada un humedal por contar con las características que se solicitan en este campo.

Hasta el año de 1999 las condiciones ecológicas de esta laguna se encontraban muy poco alteradas y sus afectaciones se debían principalmente a contaminación por lecherías que se encuentran en sus márgenes (Méndez, 2000), en este año esta laguna sufrió un severo daño por la construcción de un drenaje, que causó la disminución del nivel freático de la laguna en unos 2,5 metros de profundidad (Quirós, 2007), esto con el fin de ganar terreno a la laguna y utilizarlos para el pastoreo de ganado lechero.

Paulatinamente la situación ecológica de la laguna se ha deteriorado debido al constante pisoteo del ganado lechero, al lixiviado de aguas procedentes de las actividades humanas de los sectores aledaños a la laguna y la introducción de plantas invasoras (pastos) que gana espacio al espejo de agua que por los efectos de drenado se encuentra disminuido.

En el año 2011, el PNAJCB, en coordinación con estudiantes de la escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional, realizaron estudios de anfibios

presentes en el parque y sus zonas de amortiguamiento, encontrando en ese momento la presencia de *Lithobates vibicarius* (Castro-Cruz & García Fernández, 2012), situación que eleva el nivel de importancia de recuperación del hábitat propio de esta Laguna.

1.2 Problemática

En torno a esta laguna actualmente se desarrolla una problemática la cual inició en el pasado, donde se notó un acelerado descenso en los niveles de agua de la laguna, ocasionado por el drenado de la misma, con el fin de acondicionar terrenos para el pastoreo de animales, lo que brinda la oportunidad de invasión de plantas propias del pastoreo.

Estos pastos que logran colonizar los sectores donde los niveles freáticos disminuyen, propician el alimento que favorece el ingreso de bovinos dedicados a la producción de lechera, situación que agrava las condiciones naturales de la laguna por el pisoteo y erosión del suelo. Por esta invasión el espejo de agua de la Laguna Congo ha disminuido considerablemente, por lo tanto es de suma importancia analizar la situación ecológica ambiental del ecosistema de esta laguna.

A este panorama se le suma el hecho de que en los últimos años esta laguna ha sufrido serios daños ocasionados por productores de leche y viviendas cercanas que realizan sus actividades en sus alrededores, produciendo así lixiviados que van directamente a desembocar en esta laguna, contaminando sus aguas lo que deteriora la calidad del hábitat para las especies que aquí residen (Arias, 2010).

1.3 Justificación

Los actuales modelos de producción agrícola y pecuaria tienen una tendencia expansiva de sus fronteras, afectando las áreas boscosas y con ello a su vez, a los organismos vivos y sus ecosistemas. Este es caso del PNAJCB donde la invasión de las actividades antrópicas relacionadas con la ganadería de leche en

su mayoría, ha provocado la disminución del espejo de agua de la Laguna Congo ubicada en los límites del PNAJCB sector San José de la Montaña, razón que justifica el análisis de la situación ecológica y ambiental del ecosistema de esta laguna.

Debido a esta panorámica, resulta prioritario el estudio del área degradada por efecto del drenaje y contaminación de la Laguna Congo, para el establecimiento del grado de afectación y para generar datos veraces que indiquen las pautas para un debido y oportuno proceso de restauración de la misma.

Además de las razones meramente biológicas que respaldan el planteamiento de una estrategia de recuperación, está la recopilación de los datos históricos que fundamenten las acciones de restauración y las acciones a proceder en el mejoramiento de este tipo de ecosistema.

Por otra parte, la identificación de los drenajes y los focos de contaminación establece de manera puntual las áreas de degradación y las fuentes que lo ocasionan, siendo una herramienta útil al momento de la implementación de las acciones de recuperación del ecosistema y de la delimitación de la población meta con la que se trabaje como parte de la estrategia.

El Decreto Ejecutivo No. 36427, del 25 de enero del 2011, artículo 2 (la administración, protección y manejo de los humedales está a cargo del SINAC) y la Ley Orgánica del Ambiente, artículos 41, 42 y 45 donde se establece que los humedales y su conservación son de interés público, por ser de uso múltiple, y que el MINAET en coordinación con las instituciones competentes, podrá delimitar zonas de protección de determinados humedales, las cuales se sujetarán a planes de ordenamiento y manejo, a fin de prevenir y combatir la contaminación o la degradación de estos ecosistemas. Además, se prohíben las actividades orientadas a interrumpir los ciclos naturales de los ecosistemas de humedal, como drenajes, desecamiento, relleno o cualquier otra alteración que provoque el deterioro y la eliminación de tales ecosistemas (Costa Rica-Leyes, 1995).

Partiendo de esta normativa que favorece la conservación de ecosistemas de humedales, se pueden realizar acciones de recuperación con la seguridad de que no se realizan acciones que puedan caer en ilegales, y así lograr el restablecimiento del humedal y de las poblaciones de *Lithobates vibicarius* que aunque aparenta estar recuperándose, sus probabilidades de declive pueden ser muy altas (Lipset. *al.* 2003) si no se les ofrece el hábitat adecuado y si no se realizan los análisis correspondientes.

1.4 Supuestos

- Drenaje de la Laguna Congo, por parte de los pobladores de la zona para ganar espacio en los terrenos utilizables para la producción agropecuaria de ganadería lechera.
- Incumplimiento de las medidas interpuestas por el MINAET y las autoridades para la recuperación del espejo de agua de la Laguna Congo.
- Poca investigación y análisis respecto al hábitat presente en la Laguna Congo y las especies presentes.
- La recuperación de la Laguna Congo brinda un mejor hábitat para las especies de la zona en especial el caso de la Rana Vibicaria (*Lithobates vibicarius*)

1.5 Restricciones

- Tiempo de elaboración de la propuesta es muy corto ya que no permite un análisis completo de los ciclos reproductivos de las especies presentes en el área.
- Presupuesto limitado para la elaboración de propuestas de recuperación de ecosistemas específicos.

- Limitada experiencia en la implementación de propuestas de recuperación de lagunas de altura.
- Situación de tenencia de la tierra e infraestructura presente en la laguna y zonas aledañas, puede causar conflictos sociales y con los propietarios, situación que puede dificultar el acceso al lugar.
- La cantidad de plantas invasoras y su éxito al colonizar la laguna puede convertirse en un impedimento importante que dificulte la ejecución de las giras de estudio.

1.6 Objetivo general

Plantear una estrategia de recuperación para la Laguna Congo, de manera tal que proporcione los requerimientos de hábitat necesarios para el desarrollo de las poblaciones de *Lithobates vibicarius*.

1.7 Objetivos específicos.

- Estudiar los antecedentes de la Laguna Congo, para identificar los datos históricos para su recuperación.
- Identificar los drenajes, focos de contaminación y las plantas invasoras presentes en la laguna Congo.
- Proponer un método de muestreo de densidad poblacional de la rana Vibicaria (*Lithobates vibicarius*) en la Laguna Congo, con base a la accesibilidad, vegetación y niveles de agua en la época lluviosa.
- Establecer criterios y las acciones a realizar en la ejecución del proceso de recuperación de espejo de agua de la laguna Congo.

2 MARCO TEORICO

2.1 Marco referencial o institucional

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica (SINAC) es un sistema de gestión institucional desconcentrado y participativo que integra las competencias en materia forestal, de vida silvestre, sistemas hídricos y áreas silvestres protegidas, del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET), con el fin de dictar políticas, planificar y ejecutar procesos dirigidos a lograr la sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales de Costa Rica (SINAC, 2010).

El SINAC tiene como cuarto objetivo: “Promover la investigación científica, el estudio de los ecosistemas y su equilibrio, así como el conocimiento y las tecnologías que permitan el uso sostenible de los recursos naturales del país y su conservación”.

El ente superior de toma de decisiones del SINAC es el Consejo Nacional de Áreas de Conservación (CONAC), presidido por el Ministro del MINAET e integrado además, por el Director Ejecutivo del Sistema que actuará como secretario del consejo, el Director Ejecutivo de la Oficina Técnica de la Comisión, los directores de cada Área de Conservación y un representante de cada Consejo Regional de las Áreas de Conservación (SINAC, 2010).

Incluye un total de 169 áreas silvestres protegidas bajo diferentes esquemas de administración (parques nacionales, reservas biológicas, refugios de vida silvestre, zonas protectoras, monumentos nacionales, reservas forestales, entre otros), distribuidas en 11 Áreas de Conservación tanto terrestres como marino/costeras: (SINAC, 2010), distribuidas en 11 Áreas de Conservación, entre éstas el Área de Conservación Arenal-Huetar Norte (ACA-HN), ubicada al norte de la Cordillera de Guanacaste e incluye parte de la zona fronteriza con Nicaragua y comparte territorio con el Área de Conservación Tortuguero.

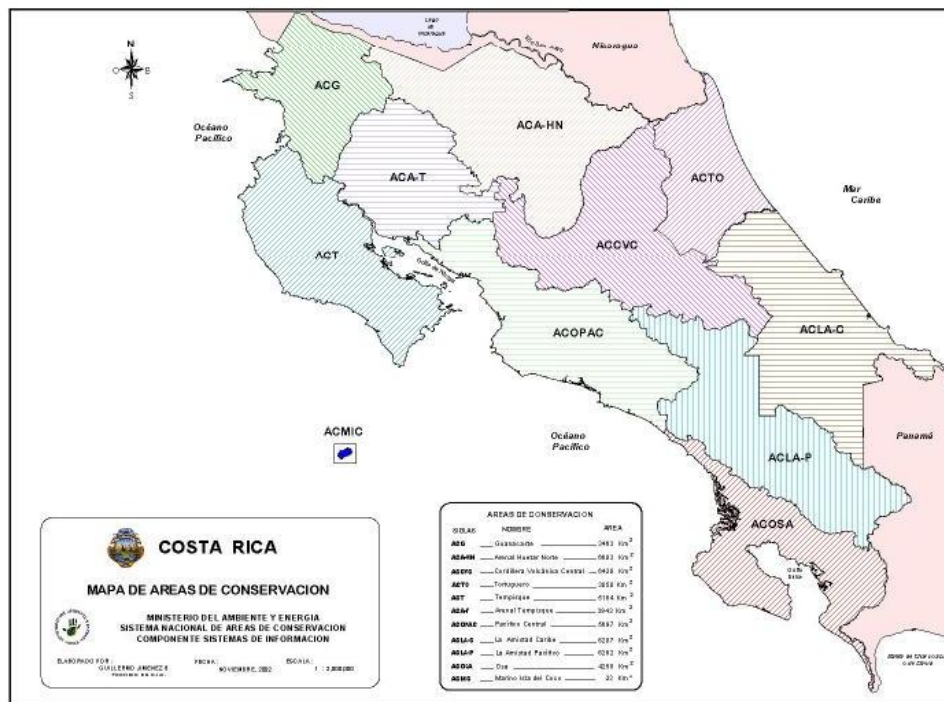


Figura 1: Mapa de Áreas de Conservación

Fuente: (SINAC, 2010)

2.2 Antecedentes de la Institución o área protegida

A mediados de los noventas, se inicia un replanteamiento del esquema de gestión de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica y del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, con tres ejes filosóficos que enfocan el accionar Institucional: (SINAC, 2010).

- Desconcentración (redistribución y transferencia de recursos humanos, técnicos y financieros hacia las unidades administrativas regionales o Áreas de Conservación).
- Descentralización (traslado progresivo de la toma de decisiones y funciones operativas hacia las Áreas de Conservación).
- Democratización (participación activa y progresiva de la sociedad civil en la toma de decisiones de política y administración de los recursos naturales).

Así, se integraba el quehacer de las antiguas Direcciones de Vida Silvestre, de Parques Nacionales (SPN) y Forestal (DGF), y se iniciaba un proceso de cambio organizacional (Innova Solutions Group, 2006).

En 30 de abril de 1998 se crea la Ley de Biodiversidad No. 7788, que especifica ciertos lineamientos para la conservación de la biodiversidad en Costa Rica y el papel del Sistema Nacional de Áreas de Conservación al respecto. Esto ocasiona que en el año 2002, la Contraloría General de la República disponga que el SINAC deba ajustar su estructura según esa Ley. La Dirección del SINAC inicia un replanteamiento de su organigrama, que deriva en una nueva propuesta organizativa. Fue presentada a inicios del 2006 como Reglamento a la Ley de Biodiversidad y contiene el detalle de la organización propuesta. Actualmente esta constituido administrativamente por una Dirección Superior, y 11 Áreas de Conservación (Innova Solutions Group, 2006).

2.3 Misión y visión

Misión

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) de Costa Rica gestiona integralmente la conservación y manejo sostenible de la vida silvestre, los recursos forestales, las áreas silvestres protegidas, cuencas hidrográficas y sistemas hídricos, en conjunto con actores de la sociedad, para el bienestar de las actuales y futuras generaciones(SINAC, 2010).

Por su parte, el ACAHN asume un rol de coordinador, facilitador, ejecutor y promotor de la gestión adecuada y responsable de la biodiversidad del área, estableciendo acciones conjuntas y alianzas estratégicas que integren a los diferentes actores locales, nacionales e internacionales, de forma tal que se sientan partícipes directos en la consecución de los objetivos de conservación y uso sostenible de la biodiversidad (SINAC-ACAHN, 2009).

Visión

Un Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) que lidera la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y los recursos naturales, mediante una gestión participativa y equitativa, que contribuye al desarrollo sostenible de Costa Rica. (SINAC, 2010).

Así mismo, la biodiversidad del ACA-HN se conoce, protege, maneja y utiliza en forma sostenible por parte de los diferentes actores sociales, integrando esfuerzos conjuntos para el disfrute justo y equitativo de los beneficios derivados de su utilización sostenible, logrando cambios de actitud en la comunidad y mejorando la calidad de vida de los habitantes del Área (SINAC-ACAHN, 2009).

2.4 Estructura organizativa

El MINAET es el órgano rector costarricense en la administración de los recursos naturales. Este ministerio realiza su trabajo en cinco ejes estratégicos: agua, ambiente, energía, minería y telecomunicaciones. Uno de los ejes de acción del MINAET lo constituye el desarrollo de las Áreas de Conservación (SINAC, 2012).

Para esto se crea el SINAC con personería jurídica propia; siendo responsable de dictar las políticas de manejo y conservación de la rica diversidad biológica presente en los diferentes ecosistemas que caracteriza al país.

Once Áreas de Conservación la conforman, las cuales son (SINAC, 2010).

- Área de Conservación Huétar Norte (ACA-HN)
- Área de Conservación Tilarán (ACA-T)
- Área de Conservación La Amistad Caribe (ACLA-C)
- Área de Conservación La Amistad Pacífico (ACLA-P)
- Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC)
- Área de Conservación Guanacaste (ACG)
- Área de Conservación Marina Isla del Coco (ACMIC)
- Área de Conservación Osa (ACOSA)

- Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC)
- Área de Conservación Tempisque (ACT)
- Área de Conservación Tortuguero (ACTO)

Cada área de conservación, es una unidad territorial del país, delimitada administrativamente, regida por una misma estrategia de desarrollo y administración debidamente coordinada con el resto del sector público. En cada uno se interrelaciona actividades tanto privadas como estatales en materia de conservación (Costa Rica-Leyes, 1998).

El Área de Conservación Arenal Huetar Norte, ubicada al norte de la Cordillera de Guanacaste, le corresponde administrar nueve áreas silvestres entre ellas el Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco.

2.5 PARQUE NACIONAL DEL AGUA JUAN CASTRO BLANCO:

2.5.1 Antecedentes

El Parque Nacional Juan Castro Blanco (PNAJCB), se encuentra ubicado en la Provincia de Alajuela, al extremo noroeste del Valle Central, en las estribaciones de la Cordillera Volcánica Central, bajo la Administración del SINAC-ACAHN, con su sede en Ciudad Quesada, San Carlos (Guzmán, 2005).

Fue creado el 26 de junio de 1975 por medio del Decreto Ejecutivo No. 4965-A, que inicialmente tuvo la categoría de Reserva Forestal. En el año 1975 (28 octubre) se realiza una modificación mediante Decreto Ejecutivo No. 5837-A. Posteriormente, mediante Decreto Ejecutivo No.18763-MIRENEM del 6 de febrero de 1989 se autoriza el cambio de categoría a Zona Protectora. La Ley No. 7297 del 9 de junio de 1992 crea el Parque Nacional Juan Castro Blanco. En 1993 (29 de noviembre) se definen límites mediante el Decreto Ejecutivo No. 22669-MIRENEM.

El Parque Nacional de Agua Juan Castro Blanco se inicia en 1968, con la creación del Bosque Nacional Cerro Platanar, con una extensión de 2.500.00 hectáreas (ha). Posteriormente en 1975 se declara Reserva Forestal Juan Castro Blanco, con una área aproximada a 13.700.00 ha., que comprende los Cerros Platanar, Volcán Viejo, El Siete, Avión y Pelón; cubiertos en su mayoría por bosque natural (Guzmán, 2005)

En 1989 con la colaboración del Gobierno de la República, Municipalidad de San Carlos y la Sociedad Civil, el área es declarada Zona Protectora con una extensión de 14.250.00 ha.

El 22 de abril de 1992, bajo la Ley número 7297, es declarado Parque Nacional Juan Castro Blanco, con una área de 14.258.00 ha.

Finalmente en el mes de Diciembre del 2003 sale publicado el decreto de ley N° 8392 para que en lo sucesivo se llame Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco, (PNAJCB).

2.5.2 Ubicación

Dicho parque comprende un área aproximada de 14.250 hectáreas en su mayoría cubierta de bosque virgen, en diferentes piso altitudinales, según la clasificación de Holdrige de asociaciones vegetales para Costa Rica. Coordenadas Geográficas: 10° 12' 01" y 10° 21' 01" latitud norte y 84° 15' 32" y 84° 23' 06" (Guzmán, 2005).

2.5.3 Vegetación

Con relación a la vegetación, en general predomina una cobertura de bosque primario entremezclado con claros en regeneración natural, ocasionados por los constantes deslizamientos de las áreas más escarpadas. En esta sección aparecen especies en estados sucesionales avanzados, como el Phaebe (aguacatillo), Ochromapiramidale (balsa), Cordias.p, y especies de la familia

Lauraceae. Estos bosques contienen árboles hasta de 30 metros de altura y más (Guzmán, 2005).

Se puede estimar tres estratos verticales en el bosque: un estrato de marchantía nivel del suelo dominado por este tipo de vegetación y mezclado con musgo; un estrato de sotobosque herbáceo dominado por palmas y helechos; un estrato de sotobosque arbustivo dominado por gesneriáceas y rubiáceas; un estrato arbóreo rico en orquídeas, clusias, musgos y bromelias (Guzmán, 2005)

2.5.4 Fauna

Existe gran cantidad de especies características del bosque de altura, entre ellos algunos mamíferos como monos cara blanca, saínos, león breñero y otros; también la avifauna es abundante entre las que se destacan aves de plumaje y canoras muy particulares de estas zonas montañosas y que pueden ser de gran belleza como el quetzal, jilguero, colibríes, gavilanes, pavones y pavas, etc. (Guzmán, 2005)

2.5.5 Hidrología

La hidrología de la zona es lo que le brinda relevancia especial al Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco. Se identifican varias cuencas hidrográficas, que cuentan con numerosas quebradas y ríos entre los principales se pueden citar las siguientes: Río Tapesco, Río Peje, Río La Vieja, Río San Rafael, Río Aguas Zarcas, Río Tres Amigos (que cuenta con los Ríos Negritos, Río Caño Grande, Río Delicias y Río Guayabo); además, las cuencas del Río Platanar y Río Toro, todos estos ríos son importantes dentro del desarrollo hidroeléctrico de la región, por cuanto la mayoría son utilizados por las plantas generadoras de Energía Hidroeléctrica (Guzmán, 2005).

Las principales generadoras se citan a continuación: Hidroeléctricas Losko y Toro I en Los Bajos del Toro de Valverde Vega, Hidroeléctrica Toro II en Marsella de Venecia de San Carlos, Hidroeléctrica Caño Grande en Venecia de San Carlos,

Hidroeléctrica HidroZarcas en Aguas Zarcas de San Carlos, Hidroeléctrica Matamoros en Quebrada el Palo de Ciudad Quesada, todas ellas ubicadas en el Área de Amortiguamiento del Parque Nacional Juan Castro Blanco y la Hidroeléctrica Chocosuela I y Chocosuela II en el distrito Buena Vista de San Carlos (Guzmán, 2005).

Las Hidroeléctricas citadas, todas utilizan el recurso hídrico proveniente del Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco.

2.5.6 Zonas de Vida

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1978) citado por Guzmán (2005), el PNAJCB y su área inmediata tienen cinco zonas de vida:

- Bosque muy húmedo tropical-transición a premontano, con un 2.20% del área total de la unidad.
- Bosque muy húmedo premontano, transición a pluvial, con un 0.20% del área total de la unidad.
- Bosque pluvial premontano, con un 39.66% del área total de la unidad.
- Bosque pluvial montano bajo, con un 53.20% del área total de la unidad.
- Bosque muy húmedo montano bajo, con un 4.74% del área total de la unidad.

2.6 Productos que ofrece

El SINAC ofrece: (SINAC, 2010)

- Conservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y de los ecosistemas más frágiles.
- Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres.
- Asegurar el uso sostenible de los ecosistemas y sus elementos.
- Promover la investigación científica.
- Proteger y mejorar las zonas acuíferas y las cuencas hidrográficas,

- Proteger los entornos naturales y paisajísticos de los sitios y centros históricos y arquitectónicos.

Por su parte el ACAHN: (SINAC-ACAHN, 2009)

- Ofrece conservar, utilizar sosteniblemente y manejar la biodiversidad del ACAHN, dentro y fuera de áreas protegidas, con efectiva participación de los diferentes sectores de la sociedad involucrados en el Área, en busca de la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados del uso.
- Conservar recursos sobresalientes como: bosque húmedo, el pluvial montano, los humedales (que son refugio, alimentación y reproducción de especies silvestres), los recursos hídricos que son de gran importancia para la Zona Norte, en la producción de energía hidroeléctrica y de consumo humano.

2.7 *Lithobates vibicarius*

Lithobates vibicarius y los anuros son particularmente sensibles a la degradación de los ecosistemas debido a sus características fisiológicas y etológicas, y a factores ambientales que determinan su distribución ecológica y geográfica (García-R. et al., 2005). La dependencia de estos organismos a las fuentes de agua, hace que el factor limitante en la distribución de éstos sea precisamente, el agua. De tal manera que requieren un ambiente con una alta humedad relativa y fuentes de agua disponibles. Además para la persistencia de estos animales en los lugares que cumplan con las dos características mencionadas, dichas fuentes de agua deben cumplir con ciertos requerimientos específicos para cada especie, en este caso, charco, pantano o laguna y el grado de contaminación, ya que por tener piel permeable al agua, no toleran altos niveles de ésta y es una de las principales causas de su desaparición (Lynch & Renjifo, 2001).

El orden al que pertenece esta rana llama la atención por la velocidad a la que se extinguen, lo cual ha sido interpretado, como consecuencia de los grandes cambios operados por el hombre sobre su entorno, es decir, determinadas

actividades humanas producen cambios en la infraestructura de los ecosistemas, pudiendo modificar o desaparecer las condiciones ambientales y físicas de los hábitats y microhábitats que utilizan, entonces, esta alteración del medio en que viven, así como la contaminación directa de sus hábitats y otros factores los ha llevado al borde de la extinción (Vargas-S & Bolaños-L,1999).

2.8 La Laguna Congo y procesos de restauración

La Laguna Congo al ser drenada se alteró el ecosistema y puso en riesgo no solamente a *Lithobates vibicarius* sino también a otras especies que dependen de ésta laguna, es por esta razón que surge la necesidad de restaurar este humedal.

Primeramente es necesario definir el término “restauración”, el cual se refiere a aquel proceso ecológico cuya finalidad es recuperar las condiciones ambientales que prevalecieron en un sitio dado, y que por alguna causa se vieron afectados negativamente. En otras palabras, se refiere al proceso de recuperar integralmente un ecosistema que se encuentra parcial o totalmente degradado, en cuanto a su estructura vegetal, composición de especies, funcionalidad y autosuficiencia, hasta llevarlo a condiciones semejantes a las presentadas originalmente, considerando además que se trata de sistemas dinámicos que se encuentran influenciados por factores externos que provocan que las características anteriores varíen dentro de un rango a lo largo del tiempo (Montes *et al.*, 2007).

Una vez comprendido este concepto es posible identificar diferentes mecanismos que conducen a la restauración ecológica de sistemas degradados, siendo importante señalar que el mecanismo más adecuado dependerá de las características particulares del sistema a restaurar, así como de la intensidad de deterioro, el objetivo del área, las especies, los resultados esperados y otros. Los sistemas degradados pueden restaurarse para alcanzar diversos objetivos, cada uno de los cuales puede atenderse mediante diferentes técnicas óptimas. Todos estos enfoques pueden respaldar la conservación de la biodiversidad eliminando

las presiones que sufren los ecosistemas naturales o ampliando las zonas naturales (Gálvez, 2008).

Sin embargo, se debe ser cauto a la hora de planificar la estrategia de restauración, ya que en muchas ocasiones el desconocimiento, planteamientos erróneos o cierta ligereza a la hora de abordar esta labor, han desembocado en experiencias fracasadas, resultados insatisfactorios o lejos de los objetivos que se habían previsto (Montes *et al.*, 2007).

Finalmente, los complejos procesos e interacciones que forman parte natural de los ecosistemas, concretamente de los humedales, aún más cuando se encuentran dañados o deteriorados, deben forzarnos a cometer cualquier proyecto de restauración con suma precaución a enfocarlo siempre, desde una perspectiva de gestión integral del ecosistema (Montes *et al.*, 2007).

2.9 Métodos para densidad poblacional

En general, se pueden distinguir tres tipos de factores (de carácter biológico) que determinan la abundancia o distribución de las poblaciones animales: dispersión, comportamiento y relaciones intraespecíficas e interrelación con otros organismos. La evaluación del tamaño poblacional ha adquirido importancia en el manejo y gestión de los recursos naturales (especies de importancia comercial y/o de conservación) (Morláns, 2004).

El aspecto descriptivo de la ecología se centra básicamente en el reconocimiento y exposición de la importancia numérica de las distintas especies y cómo se reparten. Su estudio suele encararse desde un punto de vista estadístico, es decir, basado en cierto número de muestras, se trata de llegar a conclusiones relativas a la densidad, estructura y distribución de los organismos que sean aplicables a un espacio mayor, o por lo menos aplicables al espacio comprendido entre las muestras (Morláns, 2004).

Por otra parte, existen animales que solo pueden ser detectados mientras se camina de un punto a otro, el método que permite detectar estos animales son los transectos en línea. Hay varias aplicaciones y ajustes al modelo, uno de ellos comúnmente utilizado es el del método de transecto en franja, el cual es un caso especial del transecto de línea y consiste en establecer una línea de recorrido con un largo y ancho conocido, dentro del área donde interese conocer el tamaño de la población, y se recomienda para lugares abiertos, donde se puede trazar fácilmente un transecto (Burnham *et al.*, 1980).

Así mismo, las densidades son estimadas de las distancias perpendiculares obtenidas del animal observado al centro de la línea del transecto. Los transectos deben ser con bandas definidas y localizar todos los animales dentro de esta área. En la aplicación de transecto de franja, se debe establecer desde el inicio del muestreo el ancho del transecto y en este sentido, puede considerarse como un cuadrante muy largo y muy angosto. Además, sólo se debe contar a los individuos que están dentro de los límites del transecto. Este tipo de transecto tiene dos supuestos:

- 1) Sólo se deben contar los individuos que están dentro del ancho del transecto previamente definido, y
- 2) Se debe tener la seguridad de contar a todos los individuos que están dentro de este ancho (Eberhardt 1978; Burnham *et al.*, 1985).

Uno de los errores más comunes al aplicar el método se debe a la falla en la ubicación exacta de los límites del transecto. Aunque parezca sencillo, la realidad es que en campo no es fácil decidir cual es el límite del transecto. Decidir "a ojo" el ancho del transecto no es lo más adecuado, ni para el ojo más experto. Una forma de resolver el problema puede ser colocando marcas visibles en el límite de cada extremo del transecto, a intervalos regulares, para que se precise el ancho (Burnham *et al.*, 1985).

3 MARCO METODOLOGICO

3.1 Fuentes de información

3.1.1 Fuentes Primeras

- Se realizaron 10 entrevistas a personas que conozcan la zona en un mínimo de 20 años donde se hayan dado visitas periódicas a la Laguna Congo.
- Recorridos y muestreos de la Laguna Congo para el levantamiento de información de primera mano.

3.1.2 Fuentes Secundarias

- **Investigación mixta (documental y campo)**

Investigación documental

Libros:

- Monitoreo de anfibios en América Latina: Manual de protocolos (Lipset *al.*, 2001).
- The amphibians and reptiles of Costa Rica (Savage, 2002).

Artículos:

- Reporton *Lithobates vibicarius* (Cope, 1894) (Anura: Ranidae) in Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco, Alajuela, Costa Rica (Castro-Cruz & García-Fernández, 2012).
- Rana vibicaria (Cope) Rana montañera. Catalogue of American Amphibians and Reptiles (Villa, 1998).
- Distribution and life history of a Central American frog, *Rana vibicaria* (Zweifel, 1964).

- Estudio del proceso de restauración del ecosistema degradado por efecto del drenado e introducción de especies invasoras de La Laguna El Congo del Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco (Arias, 2010).

Investigación de campo

- Entrevista no estructurada o libre: Se realiza cuando se tiene poca información sobre el tema y se quiere hacer un análisis exploratorio para aumentar el conocimiento sobre el mismo. Todo lo que se observa es considerado como relevante por lo que se intenta obtener la mayor información posible (Martínez, 2006)
- Diseño de un método de muestreo (Lipset *al.*, 2001).

3.2 Técnicas e instrumentos de Investigación

- Acopio de antecedentes por medio de entrevistas y cuestionarios e información precedente.
- Observaciones ecológicas y biológicas (asociaciones vegetales, factores abióticos y bióticos).
- Recolección de información geográfica mediante GPS.

3.3 Métodos de Investigación

3.3.1 Recopilación de antecedentes

Para establecer criterios de restauración ecológica de la laguna, se recopiló información acerca de las condiciones de la laguna en años anteriores, con el fin de realizar un análisis de fondo de la problemática expuesta. Para ellos se consultaron varias fuentes entre ellas: el Instituto Geográfico Nacional, encuestas,

trabajos institucionales realizados por los funcionarios del Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco y archivos de la Fiscalía de San Carlos.

3.3.2 Identificación de los drenajes, focos de contaminación y las plantas invasoras presentes en la Laguna Congo.

Para determinar el estado de los drenajes, focos de contaminación y las plantas invasoras, se realizaron recorridos alrededor de la laguna para analizar sus condiciones y se realizó levantamiento de la información observada (mediciones y georeferenciación en cada caso).

3.3.2.1 Identificación de los drenajes:

Primeramente, se ubicaron los drenajes y se verificó el daño de origen antrópico que se le ha causado a la laguna, posteriormente se representó en un mapa donde se indican los drenajes artificiales y se describió el estado del drenaje que desemboca en la Quebrara Rodríguez.

Así mismo, se elaboró un mapa de curvas de nivel y otro de un perfil de las profundidades de la laguna para facilitar la visualización de la afectación del descenso del nivel de agua de la laguna.

3.3.2.2 Plantas invasoras:

Se identificaron las especies de plantas invasoras y se realizó un análisis general de las consecuencias que trajo consigo la introducción de estas plantas y el drenado de la laguna, la cual suministró las condiciones idóneas para el establecimiento de las mismas.

3.3.2.3 Focos de contaminación:

Se ubicaron los principales contribuyentes de contaminación de la laguna Congo y se identificó en algunos casos, las sustancias o desechos que van a dar a dicha laguna.

3.4 Propuesta de metodología

Se planteó una metodología de muestreo para determinar densidad poblacional relativa de *Lithobates vibicarius* en la Laguna Congo, para ser empleada al comienzo de las lluvias y en los posteriores meses de la época lluviosa (mayo a diciembre), esto debido a que los anfibios en general presentan una mayor probabilidad de detección en la época lluviosa por su dependencia a las fuentes de agua para suplir sus necesidades básicas y de reproducción.

Para la elaboración de dicha metodología se tomó en cuenta la accesibilidad, la vegetación presente en la laguna y se consideró los niveles de agua. Estos tres criterios se basaron principalmente en que el lugar presenta zonas de difícil acceso ya sea porque existen zonas muy fangosas y/o pantanosas donde no se puede caminar, aunado a esto, la densa presencia de Poaceas cuyas láminas acintadas ocasionan pequeñas cortaduras en la piel de las personas lo cual provoca que muestrear en estas zonas sea aún más complicado. Por otro lado, en la actualidad el nivel del agua de la laguna es baja, en contraste con la época lluviosa en donde los niveles del agua suben, aunque no significativamente por su condición de drenada, por lo tanto, este criterio no se puede obviar en el momento de establecer los transectos.

Así mismo se clasificó y describió la laguna de acuerdo a las plantas presentes y a los espejos de agua, con el fin de que los transectos abarcaren todas las zonas que se pueden hallar en dicha laguna.

Por lo tanto, una vez realizados los recorridos alrededor de la laguna, zonificándola de acuerdo al tipo de vegetación y espejos de agua e identificando los puntos potenciales para el establecimiento de los transectos (con ayuda del GPS y cinta métrica), se procedió a representarlos en mapas, proponer la metodología con los datos obtenidos en el campo y el libro “Monitoreo de anfibios en América Latina: Manual de protocolos” (Lips, et al. 2001).

3.5 Criterios de ejecución para restauración de la Laguna Congo

Una vez procesada la información de los métodos anteriores, se utilizó esta información como una herramienta para obtener conclusiones, sugerir criterios e indicar acciones para lograr el restablecimiento de la Laguna Congo.

Estructura detallada del trabajo de investigación

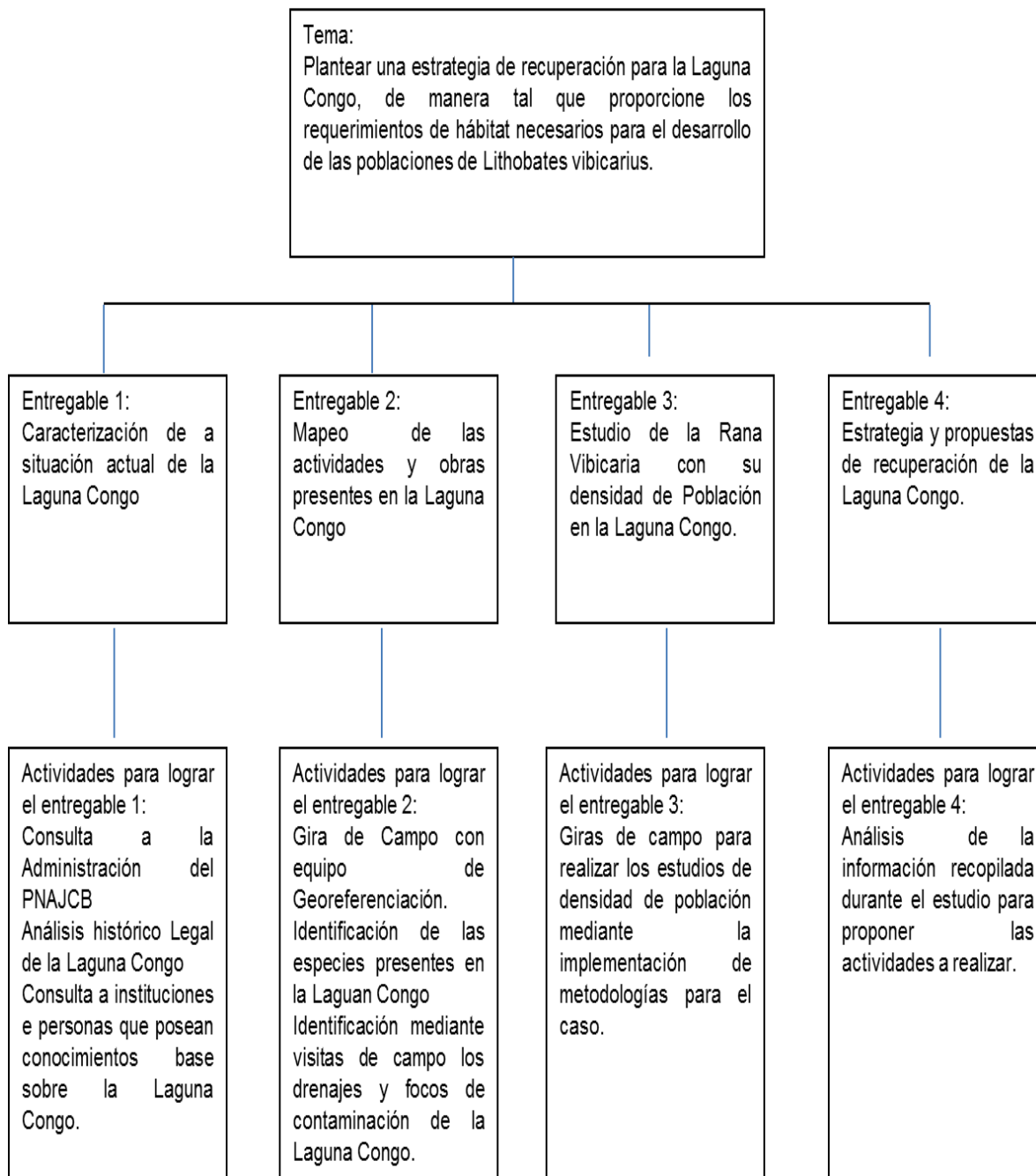


Figura 2: Cuadro de la Estructura detallada del trabajo de investigación

4 DESARROLLO

4.1 Antecedentes y datos históricos de la Laguna Congo de importancia para su recuperación.

4.1.1 Ecorregiones de Agua Dulce:

La evaluación ecorregional se fundamenta en el ordenamiento de unidades que comparten ciertas características en común, para las cuales se diseñan estrategias y planes de acción que conllevan al mantenimiento funcional en el espacio y tiempo. Este ordenamiento o clasificación en el ámbito de la conservación biológica se ha basado, desde 1997, en lo que se denomina como ecorregiones o región de ecosistema (Crowley 1967 en Corrales 2009). Para el caso de los ecosistemas dulceacuícolas, usualmente es la cuenca la que determina los límites espaciales del ecosistema. Sin embargo, como resultado de la historia geomorfológica y climática, varias cuencas tienen un funcionamiento ecológico similar entre sí, compartiendo una gran mayoría de especies acuáticas (Corrales, 2009).

4.1.2 Las Unidades Ecológicas de Drenaje

El objetivo primordial en la identificación de sitios para la conservación de sitios para la conservación es capturar la mayor diversidad posible en el espacio acuático (Corrales 2009). Estas son definidas por los límites de drenaje e intracomunicación hidrológica permanente o intermitente. En ocasiones se trata de cuencas individuales, aunque generalmente, constituyen varias cuencas que interactúan entre sí durante eventos extraordinarios o periódicos en las zonas bajas de inundación (Higgins 2005).

4.1.3 Unidad Ecológica de Drenaje San Carlos

La Unidad Ecológica de Drenaje San Carlos tiene una extensión de 8,644 Km². Contiene el área de drenaje del complejo hidrológico San Juan, correspondiente a la margen derecha del río San Juan.

Los sistemas lénticos en la UED San Carlos son numerosos (64) e incluyen 7 lagos, 3 lagunas, 50 lagunetas y 4 lagunas costeras. Estos se clasifican de acuerdo a sus condiciones biológicas y a márgenes de elevación, donde las objetivos de conservación estas definidos de acuerdo a las características individuales de cada uno de los grupos de clasificación que reúnan las características básicas para su análisis y conservación en conjunto.

4.1.4 Laguna Congo

De acuerdo a la definición que realiza el artículo 40 de la Ley Orgánica del Ambiente, la Laguna Congo, que se ubica en San José de La Montaña, parte alta de Ciudad Quesada San Carlos, es considerada un humedal por contar con las características que se solicitan en esta Ley.

Las condiciones ecológicas de la Laguna Congo a lo largo de la historia se han visto afectada por las actividades agropecuarias que se desarrollan en sus alrededores.

Antes del año 1999 las condiciones ecológicas de la laguna se encontraban con afectaciones menores, que consta de algunos drenajes internos que trababan de canalizar el agua proveniente de las fuentes aledañas que alimentan esta laguna y de esta manera ganar terreno y utilizarlas en el pastoreo, principalmente en la época seca donde los niveles de la laguna disminuían considerablemente.

En las imágenes aéreas utilizadas para la elaboración de las hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional, se muestra las condiciones de la Laguna Congo en diferentes épocas.

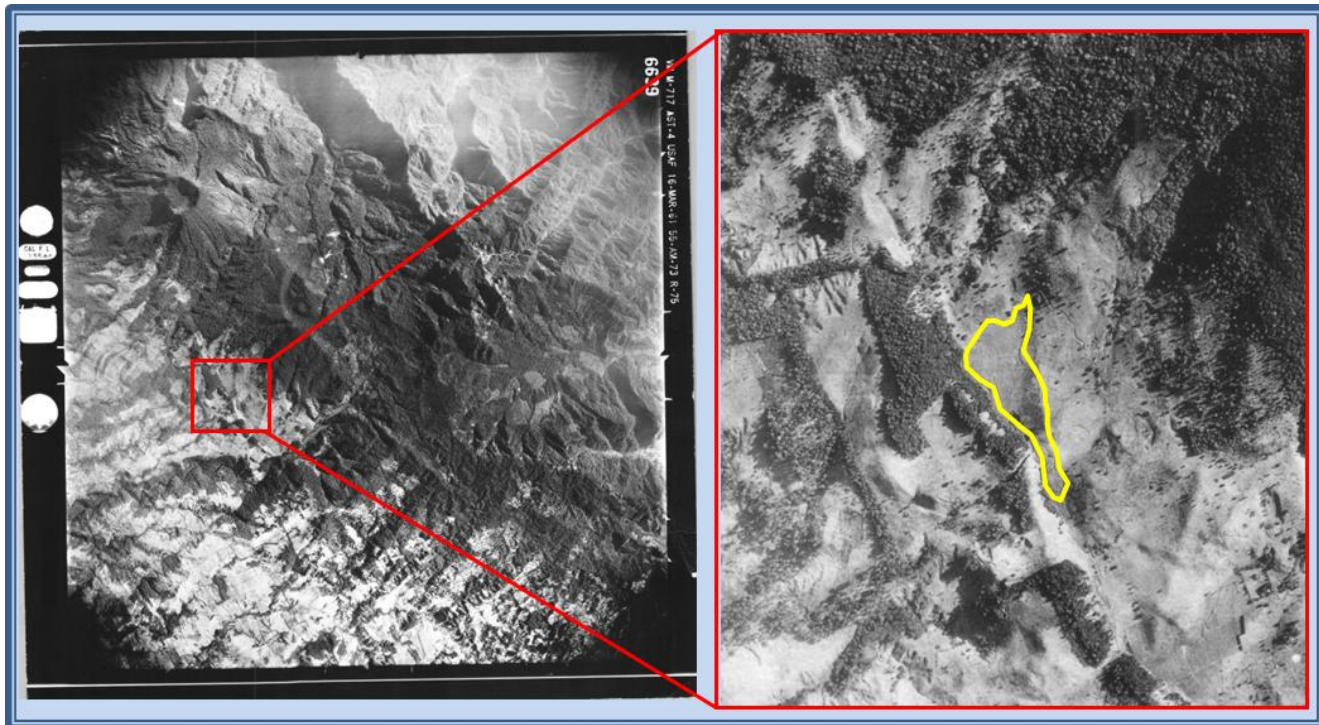


Figura 3: Fotografías Aéreas de Marzo de 1961

Fuente: (Instituto Geográfico Nacional)

En la imagen anterior se puede observar como en el año 1961 ya la Laguna Congo presentaba afectaciones por causa de las actividades agropecuarias de ganadería lechera propias de la comunidad de San José de la Montaña, donde en ese momento no se encontraba la construcción de casas de habitación en la parte alta de la laguna. De igual forma en la imagen no se logra visualizar algún tipo de construcción de drenajes internos en la laguna.

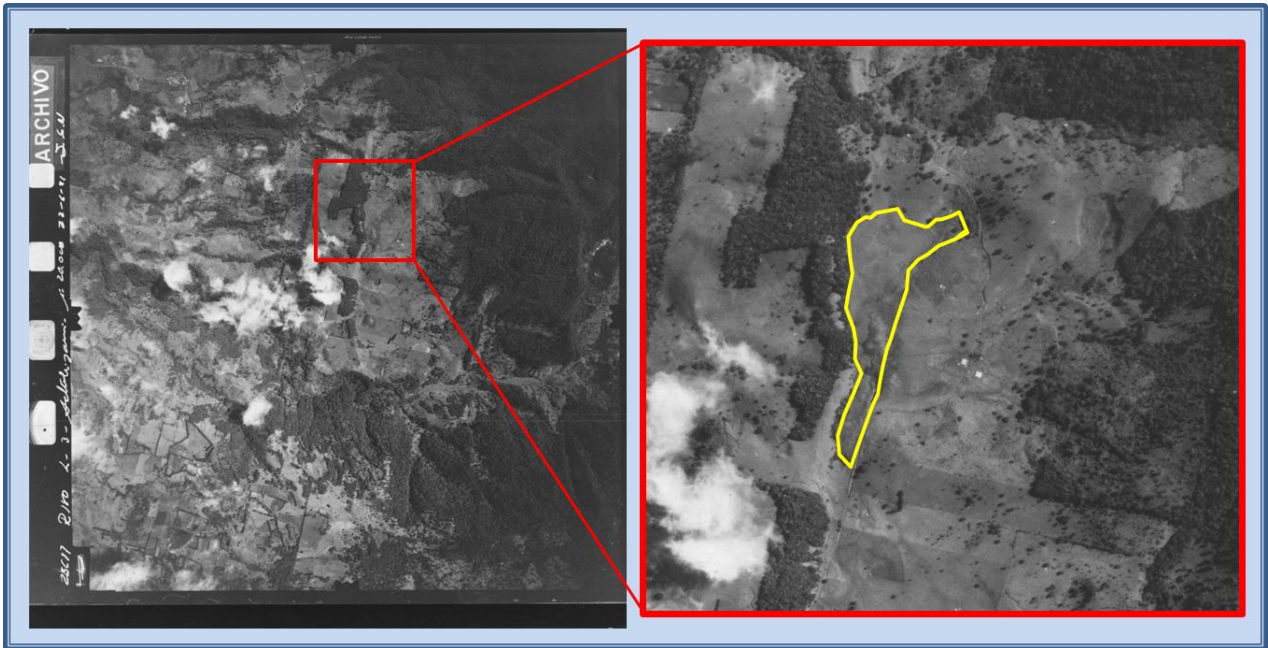


Figura 4: Fotografías Aéreas de Junio de 1981

Fuente: (Instituto Geográfico Nacional)

Para el año 1981, las condiciones de la Laguna Congo varían considerablemente. En esta imagen se observa la construcción de los drenajes internos que impiden que el agua que alimenta la laguna se distribuya por todo el humedal irrigando todas las zonas, se nota e inicio de afectaciones directas a las condiciones normales de la Laguna.

En la parte alta de la laguna se nota la afectación directa de la zona de protección de una de las nacientes que alimentan a la laguna.

Se observa la construcción de casas de habitación y remodelación de la lechería lugares que son las fuentes de contaminación que pueden afectar a la Laguna Congo.

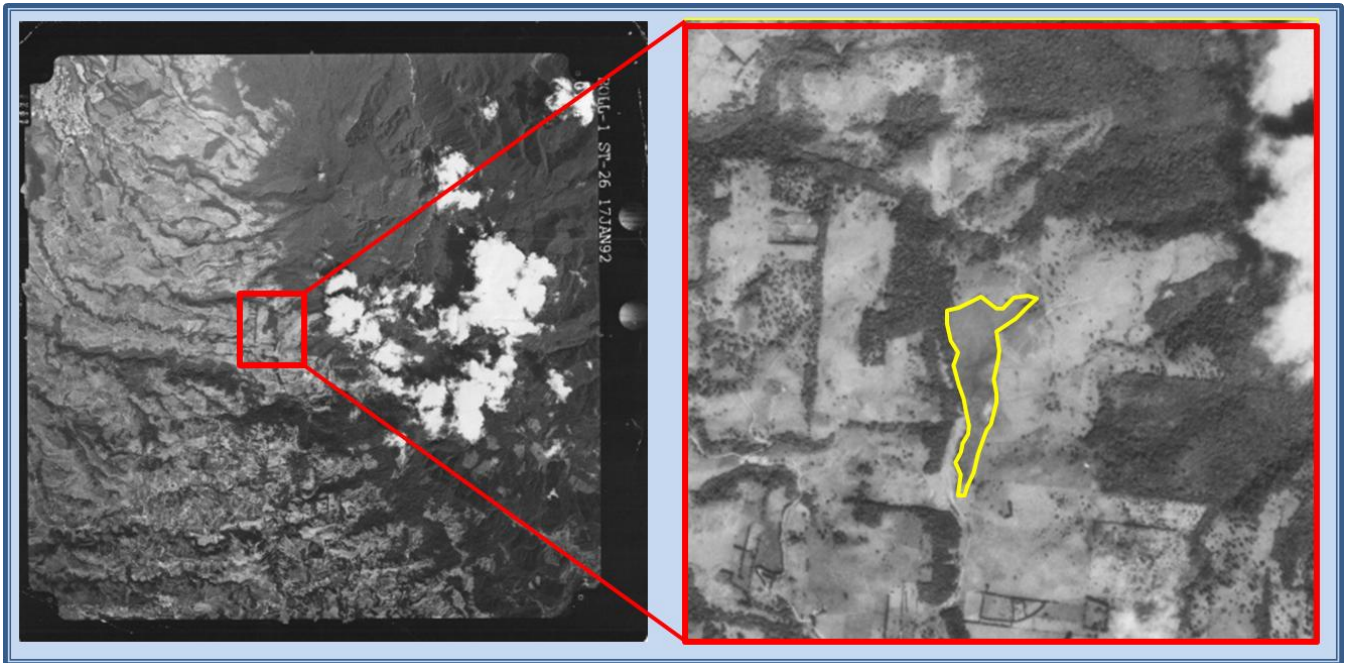


Figura 5: Fotografías Aéreas de Enero de 1991

Fuente: (Instituto Geográfico Nacional)

Esta imagen se puede notar la eliminación de cobertura boscosa en las zonas aledañas a la laguna, situación que continua minando la estabilidad del ecosistema ya afectado presente en la laguna.

Al analizar las tres fotografías aéreas tomadas por el Instituto Geográfico Nacional, que sirvieron para la construcción de las hojas cartográficas que se utilizan en la actualidad en el país podemos agregar lo siguiente:

- La actividad ganadera esta presente mucho antes de la década de los 60, situación que indica que la laguna desde mucho tiempo atrás recibe alteraciones producto de las actividades humanas.
- La construcción de los drenajes internos de la laguna fueron construidos en la década de los 70, con la finalidad de obtener más terrenos para el pastoreo de ganado lechero.

- En la década de los 80 se presenta una afectación de los parches de bosque presentes en los alrededores de la Laguna Congo.
- Como se puede notar las figuras 2 y 3 las condiciones de la laguna son muy similares a la actualidad, ya que estas imágenes fueron tomadas en fechas que son consideradas como época seca en la zona. En la figura 4 la imagen fue tomada en Enero que corresponde a final de la temporada lluviosa de la zona.
- En las imágenes se nota al comparar las figuras 2 y 3 con la 4 como se presenta una variación respecto al espejo de agua de la laguna, lo que indica que esta laguna se ve muy afectada por las estaciones secas y lluviosas, que cambian los niveles freáticos de la Laguna Congo.

Como se puede notar hasta la década de los 90 las condiciones ecológicas de esta laguna se encontraban en condiciones similares a las que se encontraron en 1961, sus afectaciones se debían principalmente a contaminación por lecherías que se encuentran en sus márgenes (Méndez. 2000).

En el año 1999 esta laguna sufrió un severo daño ya que en su zona de desagüe (parte central en el margen sur) fue realizado un drenaje de unos 50 metros de largo por unos 2,5 metros de profundidad (Quiros 2007) para ganar terreno a la laguna y utilizar los terrenos para el pastoreo de ganado lechero. Este drenaje ocasionó una disminución de los niveles de agua de la laguna en unos 2,5 metros, disminuyendo también el área de la laguna.

Este drenaje fue realizado por la propietaria de la propiedad aledaña a esta laguna, quien fue denunciada en el año 1999, visible en expediente judicial 99-20469-306 del Juzgado Penal de San Carlos, en este caso la responsable del

drenado de la laguna reside una sentencia absolutoria como responsable por los daños ocasionados a la Laguna Congo.

Dada la sentencia el Ministerio Público presentó Recurso de Casación contra dicha sentencia. Posterior a este recurso, se procedió a anular la sentencia por la instancia correspondiente. Luego, el caso va a juicio y se le permitió a la imputada someterse a una suspensión del Proceso a Prueba.

En esta situación, propusieron un Plan Reparador, el cual consistió en donar la suma de cien mil colones a la escuela de San José de La Montaña; además se comprometió a la imputada a no volver a infringir la Ley de Vida Silvestre y a rellenar la zanja realizada. Este plan fue avalado en la Audiencia correspondiente y fue cumplido a satisfacción por la imputada en el plazo establecido.

En su momento, erróneamente no se comprometió a la imputada a la reparación del daño ambiental causado en la Laguna Congo y dejarla en su estado natural que tenía antes de su drenado.

De este momento en adelante la Laguna Congo empieza a deteriorarse, no solo por la disminución de sus aguas, sino que también porque inicia una colonización de plantas que invaden su territorio y empiezan a cubrir el ya disminuido espejo de agua.

En la fecha en que se interpuso la denuncia en el año 1999, la Laguna Congo no estaba declarada como un Humedal, lo que según la Fiscalía es una situación que dificultó su adecuada protección judicial ya que, en ese momento necesariamente una laguna o lugar debía estar declarado oficialmente como humedal, para que las intervenciones que se realicen sean considerada como delito (Robles, 2010, consulta personal)

En el año de 2007 la administración del PNAJCB, recibe nueva denuncia, donde indican que supuestamente la Laguna Congo había sido drenada nuevamente, utilizando el mismo canal para bajar el nivel del agua. En este año se atiende el caso y se corrobora que se realizaron nuevos trabajos y que la zanja de

desagüe descansa sobre el lecho rocoso (Quiros 2007), y que los trabajos de profundización de la zanja de aquí en adelante son muy difíciles.

Por las situaciones que se presentaron, se interpuso nueva denuncia, a lo que la Fiscalía indicó que el caso no procedía ya que un caso no se puede Juzgar dos veces por el mismo delito a una misma persona y que ya se avían realizado las medidas correspondientes y que era ilógico Juzgar a una persona por un desagüe de una laguna que en el año 1999 ya había sido desaguada.

En entrevista realizada a la señora Rodríguez, la misma indica que los trabajos de relleno del desagüe de la Laguna Congo se realizaron pero que el relleno fue lavado por acción del agua (Quiros 2007).

En vista de las acciones realizadas definitivamente el mayor perjudicado fue el medio ambiente y el ecosistema lenticó de la Laguna Congo.

4.1.5 Drenajes, focos de contaminación y las plantas invasoras presentes en la Laguna Congo.

La Laguna Congo se ubica en la Unidad Ecológica de Drenaje San Carlos, en la cuenca alta del río San Carlos, drenado sus aguas por la quebrada Rodríguez al Río la Vieja que a su vez drena en el Río San Carlos. Se encuentra a una elevación superior de los 1800 msnm, es de origen volcánico, comprendida dentro del complejo del volcán Platanar. Tiene una extensión de 0,10 km² de espejo de agua aproximadamente en condiciones ideales (época lluviosa), con una profundidad máxima de 5 metros aproximadamente.

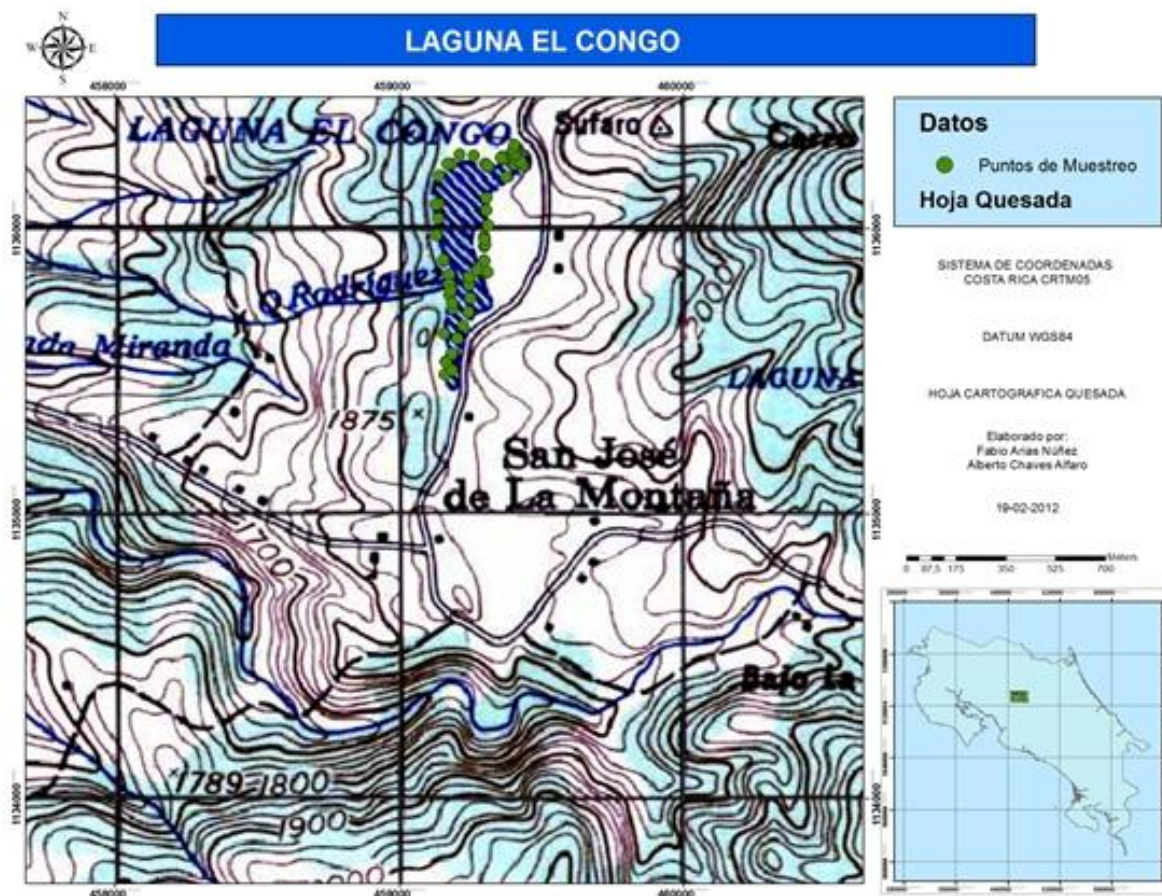


Figura 6: Ubicación cartográfica de la Laguna Congo

Al realizar el recorrido por las orillas y sobre la laguna Congo se logran recopilar diferentes datos de interés para ser analizados en su restauración:

4.1.5.1 Sitios de Drenaje.

La zona de desagüe de la Laguna Congo se encuentra en el margen Oeste de la Laguna, en la parte central, donde tiene su inicio la Quebrada Rodríguez que sirve como drenaje natural de esta Laguna sector donde se realizaron los trabajos de drenado al bajar el piso de esta quebrada.



Figura 7: Drenajes Artificial de la Laguna Congo

Se logró corroborar la existencia de una zanja de desagüe de unos 3 metros de profundidad de por unos 50 metros de largo por unos 1.5 metros de ancho y 1.6 metros de alto en su entrada. Este desagüe drena la laguna disminuyendo sus aguas en aproximadamente unos 2.5 metros, presenta condiciones estables y su piso se encuentra sobre la roca firme.

Este trabajo por su ubicación indica que fue realizado en forma artesanal y que aunque después de los trámites legales supuestamente se cerró la salida de agua, en la actualidad no presenta ningún tipo de obstáculo para el drenaje.



Figura 8: Drenaje Artificial construidos en la Quebrada Rodríguez

Las variaciones del nivel de agua de acuerdo a las estaciones visualizados en las figuras 2, 3 y 4 no podrían realizarse de no existir este drenaje por lo que, surgió la posibilidad de existencia de un drenaje natural que en temporada seca se encargara de mantener bajos los niveles de agua. Esta situación se logró corroborar al recorrer el margen de la laguna encontrando a unos 50 metros del inicio de la Quebrada Rodríguez, una pequeña abertura que sirve como drenaje alterno a la laguna.

Este drenaje explica como la Laguna Congo presenta una variación tan drástica con respecto a disponibilidad de agua que alimenta la laguna. Esta salida de agua en apariencia subterránea, logra drenar el agua que le ingresa a la laguna en época seca, situación que por su tamaño no es posible en época lluviosa, por lo que los niveles de la laguna en la época lluviosa suben y drenan por la Quebrada Rodríguez como sucede en la actualidad (ver figura 7).



Figura 9: Drenaje Natural de la Laguna Congo

Esta situación de variaciones de los niveles de agua en apariencia fueron aprovechados por los productores de leche los que en la estación seca se beneficiaban por los sectores dejados por la alguna al disminuir el espejo de agua, condición que era diferente en la época lluviosa ya que la laguna regresaba a su nivel normal de esa época, eliminando la posibilidad de utilización de esos sitios de pastoreo. Es por esto que posiblemente los propietarios de estos terrenos se inclinan por realizarlos drenajes para en la época lluviosa continuar con los mismos niveles de agua que en la época seca y de esa forma aprovechar los pastos todo el año.

Para facilitar la medición de la afectación del descenso del nivel de agua de la laguna se procedió a realizar un levantamiento de las curvas de nivel de los sectores aledaños a la laguna, así como aproximar las profundidades promedios presentes en la actualidad en la laguna, logrando constatar que la afectación es severa con respecto a los niveles

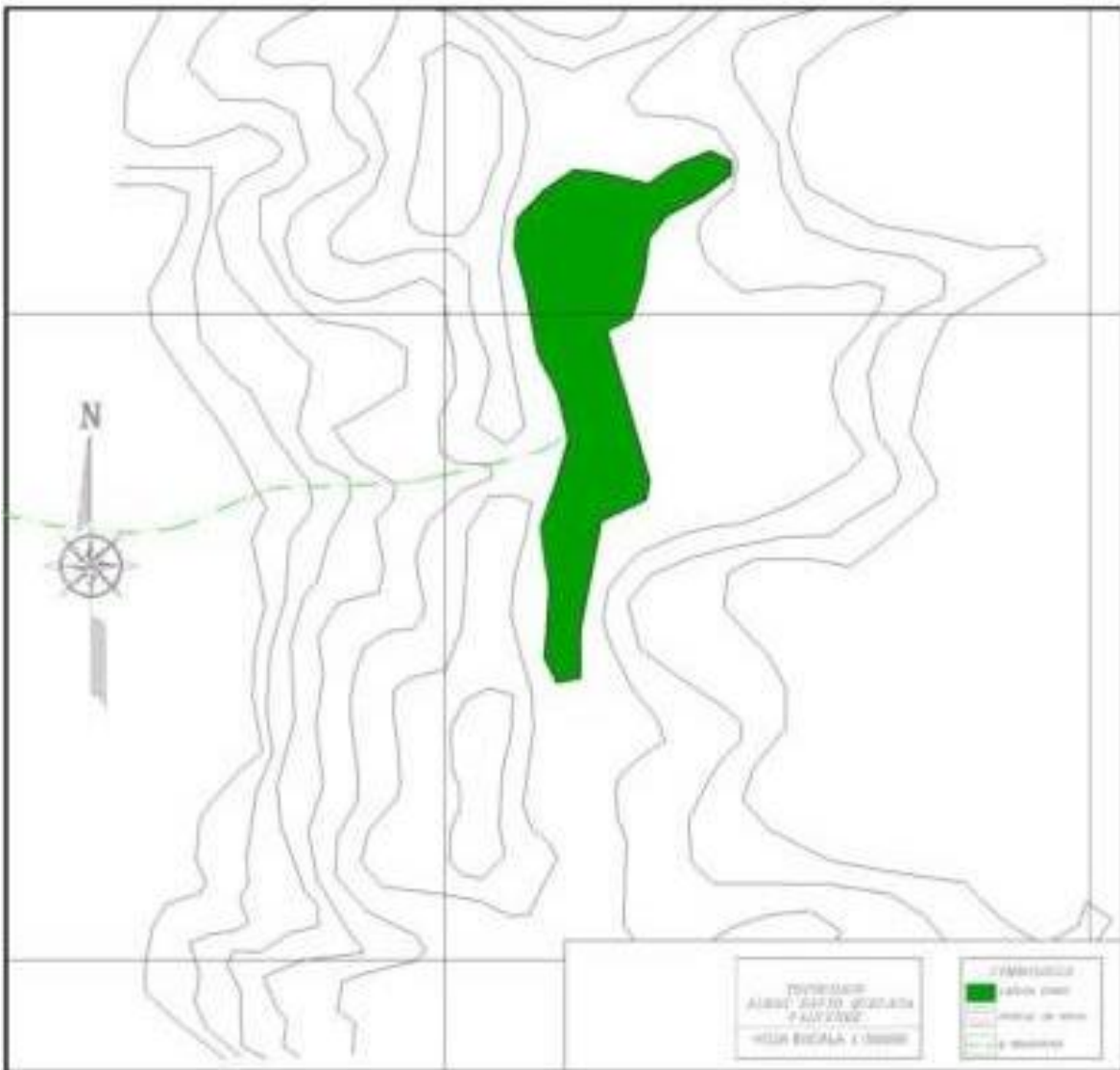


Figura 10: Curvas de Nivel Laguna Congo estado esperado del espejo de agua

Para un mejor conocimiento de la situación de la afectación y estado de los niveles de las aguas de la laguna se realizó un perfil de las profundidades de la laguna encontrando que en un 75% de la laguna lo que se encuentran en la actualidad son suelos fangosos a secos dejando solo un 25% para sectores inundados con presencia de espejo de agua que en su gran mayoría se encuentran aunque en menor grado colonizados por plantas invasoras.

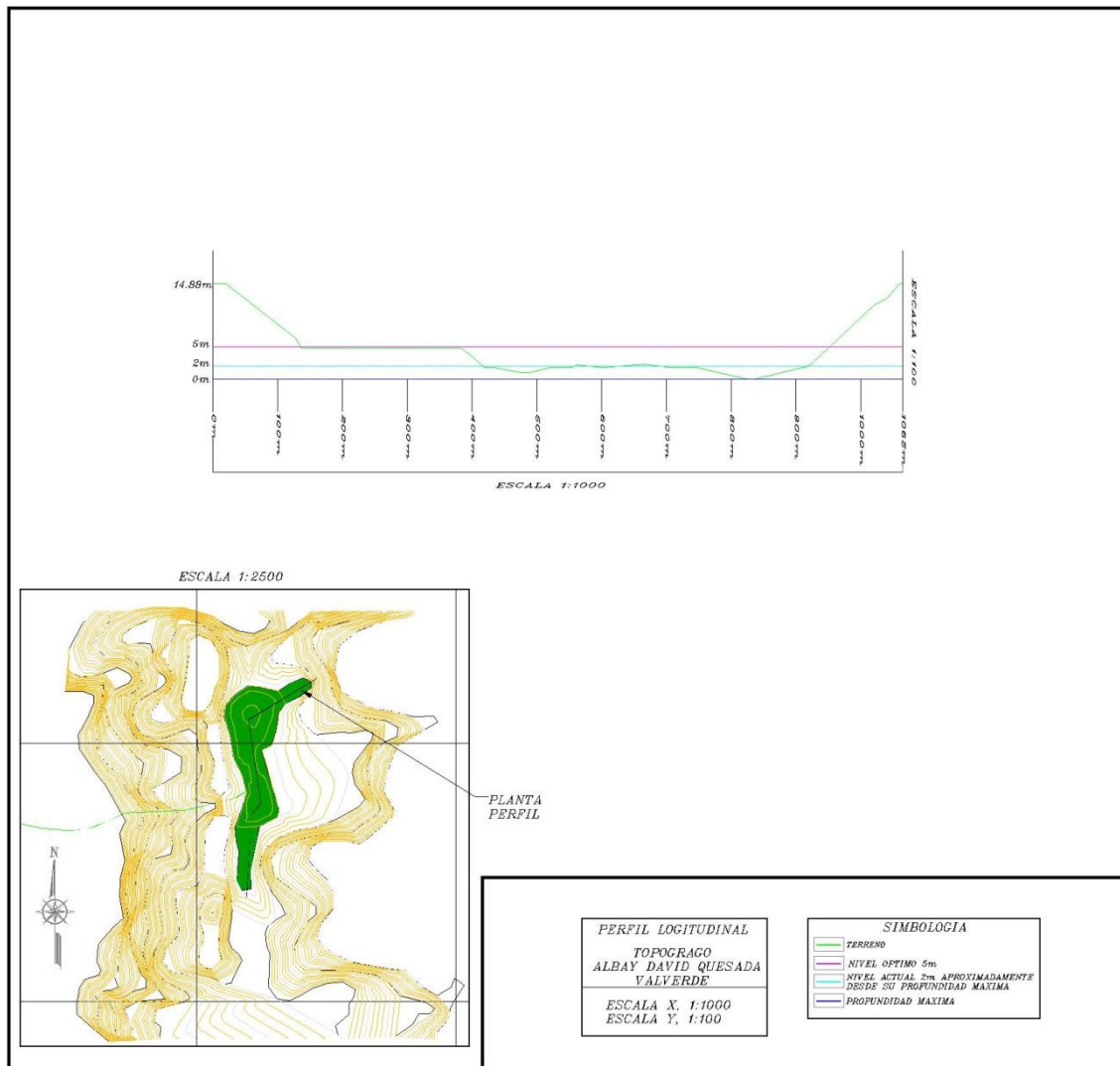


Figura 11: Proyección de profundidades de la Laguna Congo

4.1.5.2 Vegetación Invasora.

Como se indicó con anterioridad el espejo de agua de la Laguna Congo tenía antes de 1999 una extensión aproximada de 0.10 km² en época lluviosa, con una estabilidad del ecosistema buena, (Corrales 2009). Luego del drenado realizado en ese año el nivel del agua bajó alrededor de unos 2 metros lo que permitió el ingreso de plantas a sectores que en algún momento estaban cubiertos por el agua, entre estas plantas podemos mencionar algunas comunes de sitios de humedal como: Junco (*Juncus sp*), Typha (*Typhasp.*), que colonizaron todos

aquellos lugares donde el nivel del agua bajo lo suficiente para brindar las condiciones necesarias para su crecimiento.



Figura 12: Vegetación invasora de la Laguna Congo

Esta condición convirtió a la laguna Congo en un sector de humedal cubierto casi totalmente por vegetación, reduciendo considerablemente el espejo de agua y separándolo dejando dos sectores pequeños que aun tienen una profundidad suficiente para impedir el crecimiento de plantas.

En los sectores que fueron afectados con mayor severidad son aquellos donde antes de 1999 tenían bajas profundidades, que al secarse los dejó al descubierto y en la actualidad son utilizados para el pastoreo de ganado donde la colonización de plantas como Gramíneas, especies en un principio introducidas deliberadamente con el fin de que sirvan de alimento para el ganado o para rehabilitar pastizales degradados. Y es con el paso del tiempo que se vuelven plantas invasoras, convirtiéndose en una amenaza para el bienestar ecológico (Matthew, 2005). Dentro de esta familia predominan la especie Kikuyo

(*Pennisetum clandestinum*), Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), utilizado para el pastoreo de ganado lechero.



Figura 13: Ubicación y estado actual de la Laguna Congo

Las plantas que habitan la laguna presentan un tamaño promedio de metro y medio presentando en los sectores de mayor humedad pero no inundados, una alta densidad de población, las que presentan muy pocos depredadores por su condición de hojas de extremada dureza.

Más en los bordes encontramos sectores de plantas herbáceas características de la zona en combinación con pastos que empiezan a colonizar los sectores más internos de la laguna. En la parte alta central encontramos una plantación de pastos de corta de la especie King Grass, que se encuentra dentro de los terrenos que en algún momento estuvieron en el borde inmediato de la laguna.

4.1.5.3 Fuentes de Contaminantes

En la parte alta de la laguna, (figura 6), se encuentra una lechería que mantiene y ordeña en promedio 50 animales, que producen gran cantidad de desechos que en el momento del pastoreo no representan un foco de contaminación importante, presentando riesgo en el momento de los ordeños y alimentación en estabulado ya que los desechos son



Figura 14: Focos de contaminación de la Laguna Congo

Lavados y arrojados directamente a la laguna. Estos sitios no presentan ningún tipo de manejo de las aguas servidas. De igual forma en las cercanías de la laguna se encuentran tres casas de habitación las que manejan sus aguas negras en un tanque séptico, pero las aguas servidas son arrojadas a la laguna por desagües.

En su gran mayoría los desechos corresponden a los desechos animales (boñiga), encontrándose en algunos momentos desechos químicos como cloro, aguas jabonosas y yodo.



Figura 15: Lechería ubicada en los márgenes de la Laguna Congo

4.2 Propuesta de metodología para determinar la densidad poblacional de la *Lithobates vibicarius* en la Laguna Congo

La Laguna Congo representa el hábitat de reproducción para la rana vibicaria, es por esta razón que se logran observar reproducciones explosivas a partir del comienzo de las lluvias (Zweifel, 1964). Zweifel (1964) sugiere que la reproducción puede darse también durante todo el año, lo cual respalda lo observado en el mes de febrero del 2012, para lo cual se encontraron algunos renacuajos y un juvenil de esta especie en la zona de nacientes (Z1) (Figura16).

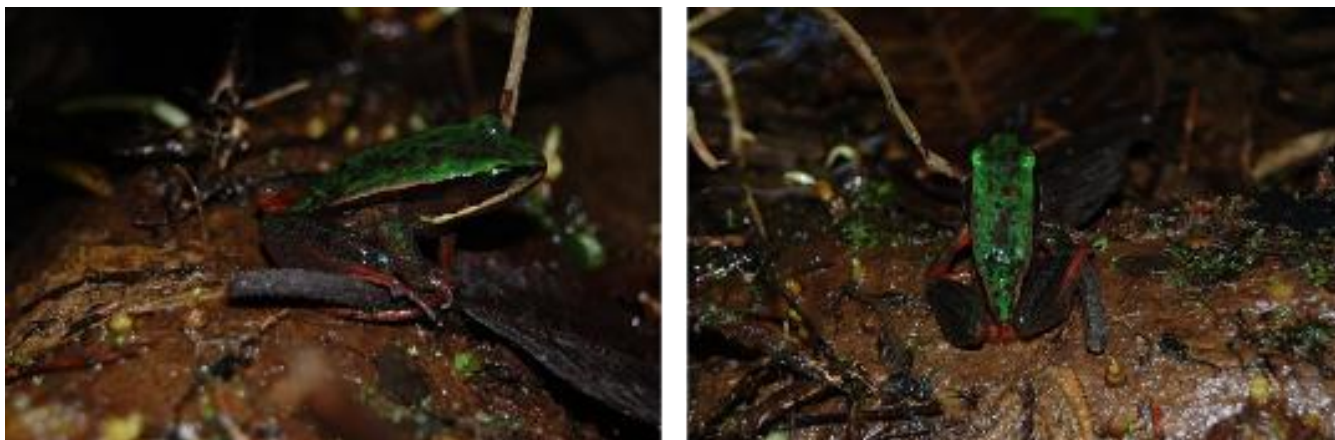


Figura 16. Juvenil de *Lithobates vibicarius* encontrado en Z1.

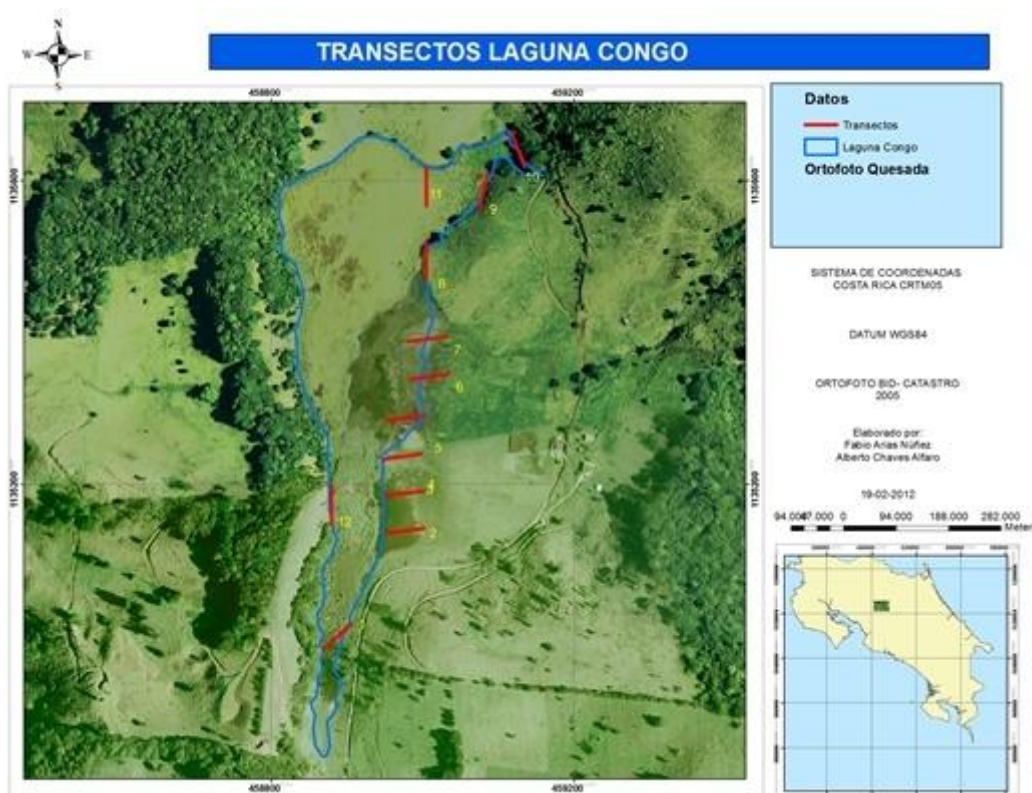


Figura 17. Transectos sugeridos para determinar la densidad de población de *Lithobates vibicarius*.

4.2.1 Diseño de metodología

Para determinar la densidad poblacional de *Lithobates vibicarius* en la Laguna Congo se debe seguir el método de transectos por encuentro visual, utilizando 12 transectos (en su mayoría, con una distancia de separación de 50m) los cuáles tienen 6 m de ancho (3 m a cada lado del transecto lineal), con una distancia de 50m (Figura 5). Para todos los transectos se registra la distancia de cada individuo encontrado en relación a la línea central y se completan los formularios propuestos por Lipset *al.* (2001), para la descripción del transecto y el de datos del muestreo (que incluye los datos bióticos y climatológicos) (Anexo 3, 4 y 5).

Además es necesario realizar varias réplicas (no menos de 3) a cada transecto en intervalos de tiempo definidos, ya que la detectabilidad de los anfibios es dependiente de las condiciones climáticas ambientales y por lo tanto es potencialmente variable de un día a otro.

Finalmente se estima, la densidad poblacional de *Lithobates vibicarius* utilizando el programa Distance 6.0. Este programa esta definido para diseñar y analizar los estudios de muestreo a distancia de las poblaciones silvestres.

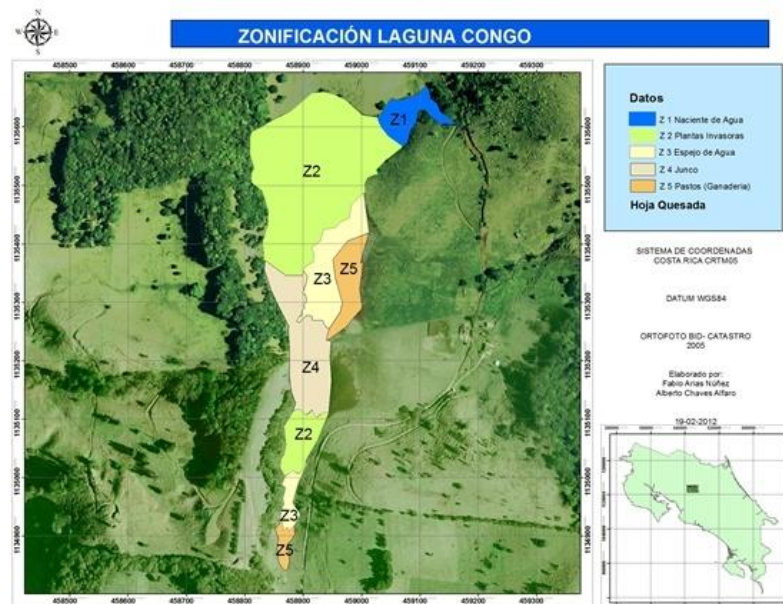


Figura 18. Zonificación actual de la Laguna Congo en base a la vegetación presente en el sitio.

4.2.2 Importancia de los transectos

Los transectos son herramientas ecológicas que permiten cuantificar la densidad poblacional de organismos en una zona. Cuando el transecto se diseña de acuerdo con las características del terreno y las características particulares de cada zona (para este caso, asociaciones vegetales, profundidad de las zonas anegadas, accesibilidad, etc.) constituye el método idóneo para poder apreciar los gradientes de cambio en determinados parámetros de la misma.

Las ventajas de trabajar con transectos es que (Lipset *al.*, 2001):

- Permite obtener datos dinámicos en el espacio y el tiempo.
- Es más económico que los inventarios por parcelas.
- A igualdad de intensidad, se pierde menos tiempo en el desplazamiento entre áreas de muestreo.

Los transectos fueron georreferenciados utilizando para ello Un GPS Marga Garmin 60CSx Map esto con el fin de poder replantearlos en futuros estudios y realizar comparaciones de las poblaciones de la rana vibicaria en periodos de diferentes. Los datos obtenidos de cada transecto con un adecuado análisis podrán ser extrapolados a toda el área en estudio.

4.2.3 Descripción de los transectos

Transecto 1: Ubicado en el extremo sur de la laguna, el sitio se caracteriza por la presencia del espejo de agua (Z3) (Figuras 17 y 18), que no supera los 40cm de profundidad, la cual hace que sea un sitio potencial para establecer un transecto que atraviesa dicho espejo.

Transectos 2, 3, 4: El sitio donde están ubicados los transectos 2, 3 y 4, muestra condiciones similares, estos se trazaron del espejo de agua actual (40cm de profundidad aproximadamente) hacia afuera, es decir perpendicular al borde de la laguna, debido a que en la época lluviosa sube su nivel, aumentando la probabilidad de detectabilidad de la rana vibicaria. Otra de las razones por el cual se trazaron de esta manera estos transectos, es porque, en el borde de la laguna está presente el junco (*Juncus sp.*, Familia: Juncaceae), planta muy parecida a los pastos, con tallos rizomatosos (tallos subterráneos con varias yemas que crece de forma horizontal emitiendo raíces y brotes herbáceos de sus nudos), redondos y macizos, el cual crece muy densamente, ocasionando que sea impenetrable para quien quiera muestrear (Figuras 17y 18).

Transecto 5: Este transecto se encuentra sobre la línea del drenaje (Figuras 7 y 18). En este sitio, la naciente viene de las montañas atraviesa el potrero y llega a la laguna cruzando por un drenaje artificial hasta salir a la Quebrada Rodríguez. De igual manera, observaciones anteriores apuntan a que la rana vibicaria utiliza estos drenajes también como parte de su hábitat (Castro-Cruz & García-Fernández, 2012).

Transectos 6 y 7: Estos dos transectos, se caracterizan principalmente porque representan las zonas con espejos de agua sin plantas invasoras (Z3 y Z5). (Figuras 17 y 18). Igualmente estos espejos están amenazados gracias a que dichas plantas poseen un gran éxito de colonización. Estos transectos abarcan parte del espejo de agua actual (época seca) y parte de las zonas que posteriormente se verán anegadas debido al efecto de la época lluviosa.

Transectos8: Se caracteriza por abarcar parte del espejo de agua y parte de la zona con plantas invasoras (Figuras 17 y 18). El espejo de agua probablemente lo utilizará la especie como sitio de apareamiento y las plantas invasoras quizá le brinden protección y sitios ideales para la puesta de sus huevos en la bases de éstas plantas. De igual manera, abarca un drenaje cuyas aguas alimentan a la laguna.

Transectos9: Este transecto es una combinación entre la zona de nacientes y la zona de plantas invasoras (Figuras 17 y 18).

Transecto 10: El lugar donde se trazó este transecto es quizá el más importante de esta zona (Z1), debido a que en este punto se encuentran las nacientes de agua que aportan la mayoría del agua que alimenta a la laguna (Figuras 17 y 18). Las asociaciones vegetales son características de ambientes sanos y anegados. Entre las plantas que podemos encontrar en este sitio son: representantes de la familia Aráceas y Brassicaceae, entre otras.

Transecto 11: Este transecto está ubicado en una de las zonas de más difícil acceso, debido a la presencia de una especie de Poaceas de altura significativa, con hojas cuya lámina es acintada, larga y estrecha, con los bordes paralelos, que pueden ocasionar pequeñas cortaduras en la piel de las personas. Además de esto el suelo es fangoso, por lo que es necesario tomar las medidas necesarias al momento de realizar este transecto. Por otra parte, a causa del difícil acceso que muestra esta zona (Z2), solamente se trazará un transecto (Figuras 17 y 18).

Transecto 12: Este transecto se ubica en una zona de claro en el borde de la laguna entre pequeños parches de bosque, muy cerca del drenaje de origen antrópico. Se caracteriza por la presencia de pastos de potrero (Figuras 17 y 18).

Estos doce transectos abarcan todas las zonificaciones identificadas, lo cual garantiza un muestreo significativo, siempre y cuando se realice en la temporada adecuada. Sin embargo, se debe de tomar en cuenta que los anfibios en general son muy sensibles y por diversos factores tanto bióticos como abióticos sus densidades poblacionales fluctúan mucho a través del tiempo.

4.3 Criterios de ejecución del proceso de restauración

Con el trabajo se logró comprobar que la afectación realizada al ecosistema por el drenado de la laguna Congo es severa y que las condiciones necesarias para que este ecosistema perdure y sea utilizada por las especies no se encuentran disponibles en este momento.

También se logro comprobar la existencia de contaminantes en los alrededores de la laguna que afectan el ecosistema pero que aunque representa un riesgo para la estabilidad no se considero como una amenaza mayor para la laguna.

En la gira se corrobora que las especies invasoras que colonizaron el antiguo espejo de agua tienen superpoblado la laguna en al menos un 75% de la superficie de la misma.

Se constato la existencia de una zanja de drenaje que según lo observado representa el mayor daño a la estabilidad del ecosistema ya que el mismo en la época seca es dividido y el agua que le ingresa de las nacientes no logra llegar a todos los sectores de la laguna.

Por lo tanto se puede decir que el ecosistema esta muy dañado, pero que aún tiene condiciones que permiten su recuperación.

4.4 Acciones a desarrollar en la recuperación del Ecosistema

De acuerdo al voto de la sala constitucional del 2009 donde se alegó inconstitucionalidad de la norma establecida en el artículo número 7 Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317 del 30-10-92. Pues “deja en estado de desprotección a todos los ecosistemas de humedal, que no hayan sido ‘creados y delimitados’ por esa vía”. Argumentaron además que “los humedales, al igual que los bosques, no necesitan ser creados, sino que, basta con que exista un espacio o un ecosistema que reúna las características establecidas en las definiciones de humedales procuradas en distintos cuerpos legales”.



Figura 19. Estado ideal de la Laguna Congo.

Partiendo de esta nueva normativa que favorece a la conservación de ecosistemas de humedales, se pueden establecer las acciones de recuperación con la seguridad de que no se realizan acciones que puedan caer en ilegales.

Por su puesto la primera acción que se debe realizar es realizar el trámite por la vía administrativa para procurar la recuperación del ecosistema. Realizar las coordinaciones necesarias con la dueña de la propiedad explicando el beneficio que tendría por la restauración del humedal.

4.5 Cierre del drenaje de la laguna

- Como este trabajo se constato que el mayor daño corresponde en el drenado de la laguna y que este drenado está focalizado en un sector muy pequeño de la laguna (Figura 6) el cual se ubica en el sector de desagüe natural en la quebrada Rodríguez, en este caso que presenta ser el más grave se pueden realizar las siguientes acciones:
- Revisar más minuciosamente las posibles filtraciones de la laguna que fueron realizadas en el pasado.
- Construir un dique en la zanja de desagüe que la selle hasta su estado anterior a la intervención humana en el drenado realizado en 1999. Este dique puede ser construido con piedra y un núcleo de arcilla realizando un sellado de al menos unos 20 metros que corresponden a la abertura realizada en la laguna en su parte inicial.
- En el borde de la laguna es importante construir un muro de contención para evitar que el agua se filtre y erosione el dique.
- Realizar un sellado de la salida lateral que fue realizada en la laguna.
- Realizar monitoreo constante del avance y estado de las acciones de recuperación.
- Establecer la Línea base para el monitoreo de *Lithobates vibicarius*, utilizando para ello la metodología propuesta y estableciendo los criterios para el monitoreo.

4.5.1 Resultados esperados

Al subir el nivel del agua de la laguna a su estado natural se pueden esperar los siguientes resultados:

- Al subir el nivel unos 3 metros, la vegetación que colonizo e invadió los sectores de la laguna empezará a desaparecer por acción del agua, ya que en todos los casos las especies no alcanzan una altura superior a los 1,5 metros y todas quedarían bajo el nivel del agua.
- Al recuperar el espejo de agua posiblemente la afluencia de aves sea mayor, ya sea como sitio de descanso o para la alimentación.
- La belleza paisajística se verá considerablemente mejorada lo que brinda condiciones a los pobladores al desarrollo de proyectos más sostenibles.

5 CONCLUSIONES

- Tanto la información histórica como lo que se evidencia en la actualidad demuestran el gran daño que se le ha provocado a la laguna Congo, lo cual es lamentable, porque a la larga es más lo que se pierde al destruir un ecosistema, que lo que se gana.

Existe una evidente dicotomía -por parte de la dueña de laguna-, entre las actividades productivas (actividades agropecuarias) y conservación; por un lado la propietaria observa en la laguna un obstáculo para que se desarrollen satisfactoriamente sus actividades agropecuarias, por esta razón es que intenta eliminar o reducir el espejo de agua, para ella la conservación de la laguna no le va a traer ningún beneficio, sin embargo si su concepto de conservación fuese otro y visualizara los servicios ambientales que la laguna recuperada le puede brindar, la historia sería diferente.

El agua, es uno de los recursos más importantes que la naturaleza puede brindar y que la puede utilizar con diferentes fines. La belleza escénica del paisaje, es la mejor opción para sacarle provecho a la laguna la cual la puede utilizar como una herramienta en turismo sostenible, la misma le traería ingresos monetarios al mismo tiempo que está conservando el ecosistema.

- La afectación ocasionada por el drenado de la laguna es severa por la recuperación y restauración del espejo de agua no representan costos muy altos ya que los daños son muy focalizados y se podrían decir fáciles de subsanar.
- Las especies que lograron colonizar los sectores dejados al bajar los niveles del agua de laguna, al recuperar el nivel del agua las plantas desaparecerían por ahogamiento y se recuperaría las condiciones del espejo de agua.

- Los sectores aledaños a la laguna, especialmente en su parte alta se encuentran afectadas por acción de una lechería y sus desechos. Esta situación se podría subsanar mejorando las prácticas productivas con actividades más sostenibles.
- Por su condición de encontrarse muy cerca de los límites del PNAJCB, la laguna Congo cuenta en sus alrededores medios con una cobertura forestal que brinda condiciones a muchas especies que de una u otra manera interactúan con este espejo de agua.

6 RECOMENDACIONES

- Realizar más estudios que fundamenten la importancia del humedal, tomando como base este trabajo y la metodología aquí propuesta, los cuales pretenden ser una herramienta que se pueda utilizar para diversos estudios como por ejemplo: evaluación del hábitat de *Lithobates vibicarius* y/o de otras especies faunísticas, manejo del humedal para erradicar las plantas invasoras o restauración definitiva del humedal.
- Iniciar con el proyecto de recuperación de la laguna Congo, para esto, primeramente se debe buscar instituciones que brinden apoyo económico e instituciones como el MINET que respalden dicho proyecto e iniciar con los trámites correspondientes para dar inicio a la brevedad posible con la recuperación de la laguna, una vez conseguido todo esto, iniciar con el cierre de los drenajes.
- Se deben realizar las coordinaciones administrativas y legales para lograr recuperar las condiciones características del humedal, mismas que presentaba antes de la afectación realizada en el año 1999.
- Se deben realizar las acciones para hacer valer el trámite por la vía administrativa para procurar la recuperación del ecosistema.
- Realizar las coordinaciones necesarias con la dueña de la propiedad explicando el beneficio que tendría por la restauración del humedal al desarrollar actividades sostenibles como el ecoturismo.
- Incentivar a los dueños de la lechería y vecinos de la laguna para realizar un adecuado manejo de los residuos.
- En el caso de la lechería, promover el uso de los desechos (boñiga) como fertilizante para los pastos evitando que estos ingresen a la zona de la laguna mediante el uso de tanques de almacenamiento.

- Promover el uso de biodigestores para aprovechar los desechos y de esta manera evitar que sean lanzados a la laguna, obteniendo con esto energía (Bio Gas) que sirva para el consumo propio de las fincas.

Bibliografía

- Arias, F. (2010). Estudio del proceso de restauración del ecosistema degradado por efecto del drenado e introducción de especies invasoras de La Laguna El Congo del Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco. MINAET.SINAC.
- Burnham, K.P., D.R. Anderson & J.L. Laake. (1980). Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs*. 72:1-202.
- Burnham, K.P., D.R. Anderson & J.L. Laake. (1985). Efficiency and bias in strip and line transect sampling. *Journal Wildlife Management*. 49:1012-1018
- Castro-Cruz, A. & F. García-Fernández. (2012). Reporton *Lithobates vibicarius* (Cope, 1894) (Anura: Ranidae) in Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco, Alajuela, Costa Rica. *Froglog* 100:69-70.
- Costa Rica. Decreto Ejecutivo- 36427. (2011): Crea Programa Nacional de Humedales y Comité Nacional de Humedales como Órgano implementador de la Convención de Ramsar dentro del Sistema Nacional de Áreas de Conservación y deroga Decretos Ejecutivos N° 22839 del 22/01/1994 y N° 28058 del 23/07/1999. *La Gaceta* No. 81. San José, C.R. 5 pp.
- Costa Rica. Leyes. (1995). Ley Orgánica del Ambiente No. 7554. *La Gaceta*. No. 215. San José, C.R.
- Costa Rica. Leyes. (1998). Ley de Biodiversidad No. 7788. *La Gaceta* No. 101. San José, C.R.
- Costa Rica. Leyes. (2003). Ley de Creación del Parque Nacional del Agua, Juan Castro Blanco. *La Gaceta* No. 110. San José, C.R. 2 pp.
- Eberhardt, L.L. (1978). Transect methods for population studies. *Journal Wildlife Management*. 42:1-31.
- Gálvez, J. (2008). LA RESTAURACION ECOLÓGICA: CONCEPTOS Y APLICACIONES. Serie de documentos técnicos No. 8
- García, R. A. (2005). Importancia de las lagunas temporales para la conservación de la biodiversidad de artrópodos edáficos en zonas agrícolas de Castilla-la Mancha. *Limnetica*, 24: 83-90.
- García-R. J. C, F. Castro-H. & H. Cárdenas-H. (2005). Relación entre la distribución de anuros y variables del hábitat en el Sector La Romelia Del

Parque Nacional Natural Munchique (Cauca, Colombia). *Caldasia* 27: 299-310.

- Guzmán, E. 2005. Propuesta de plan de manejo del Parque Nacional Juan Castro Blanco. SINAC-MINAET. Costa Rica. 163pp.
- Innova Solution Group. 2006. Análisis Organizacional del SINAC. Planificación y Estructura de la Áreas Silvestres Protegidas. Proyecto Superando Barreras para el Logro de la Sostenibilidad del Sistema de Áreas Protegidas de Costa Rica. Informe Final. 47pp. Recuperado el 2 de febrero del 2012 de: http://www.sinac.go.cr/libreria/planificacion_estructura_esp.pdf
- Lips, K. R., J. D. Reeve & L. R. Witters. (2003). Ecological Traits Predicting Amphibian Population Declines in Central America. *Conservation Biology* 17: 1078-1088.
- Lips, K. R., J. K. Reaser, B. E. Young & R. Ibáñez. (2001). Monitoreo de anfibios en América Latina: Manual de protocolos. 114pp.
- Lynch, J.D & J.M. Renjifo. (2001). Guía de anfibios y reptiles de Bogotá y sus alrededores. Alcaldía Mayor de Bogotá. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA). Bogotá, Colombia
- Martínez, M. M. (2006). La Investigación cualitativa (Síntesis conceptual). *Rev. IIPSI*. 9: 123-143.
- Méndez, J.L (2000), Denuncia drenado de la Laguna Congo, Sistema Nacional de Áreas de Conservación.
- Matthews, S. 2005. Programa Mundial sobre Especies Invasoras. Secretaría del GISP. 80pp. Recuperado el 20 de febrero del 2012 de: <http://www.gisp.org/publications/reports/gispSAmericasp.pdf>
- Montes, C., Rendón-Martos, M., Varela L. y Cappa M. J. (2007). Manual de restauración de humedales mediterráneos. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla.
- Morláns, M. C. (2004). Introducción a la Ecología de Poblaciones. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca.
- Niering, W. A (1985). *Wetlands. The Audubon Society Nature Guides*. Alfred A. Knopf, Inc. New York. pp. 638
- Quirós, V (2007). Informe sobre cumplimiento de medidas judiciales sobre el drenado de la Laguna Congo. Sistema Nacional de Áreas de Conservación

- Ramsar. (1999). Programa de Promoción - 1999-2002. Propuesta N° 9, Proyecto de Resolución. Ramsar COP7DOC.15.9
- Savage, J. M. (2002). The amphibians and reptiles of Costa Rica. The University of Chicago Press. China. 934 pp.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación SINAC Gruas II. Análisis de vacíos de conservación en Costa Rica: Vol II. Análisis de Vacíos en la Representatividad e Integridad de la Biodiversidad de los sistemas de aguas continentales / SINAC-MINAE. – 1 ed.— San José, C.R. : Asociación Conservación de la Naturaleza, 2007. 102 p. : 22 X 28 cms.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones-MINAET. (2010). Plan Estratégico Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC 2010-2015. San José CR 64 pp.
- Tabilo-Valdivieso, E. (2003). El Beneficio de los Humedales en la Región Neotropical Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales, La Serena, Chile. 73pp.
- TNC. 2009. Evaluación de Ecorregiones de Agua Dulce de Mesoamérica, sitios prioritarios para la conservación de las ecorregiones de Chiapas a Darién. Programa de Ciencias Regionales, Región de Mesoamérica y El Caribe. The Nature Conservancy, San José, Costa Rica, 520 pags.
- UICN. (2011). *Lithobates vibicarius*. Recuperado el 20 de Diciembre del 2011 de: <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/58746/0>
- Vargas-S, F & M. E. Bolaños-L. (1999). ANFIBIOS Y REPTILES PRESENTES EN HÁBITATS PERTURBADOS DE LA SELVA LLUVIOSA TROPICAL EN EL BAJO ANCHICAYÁ, PACIFICO COLOMBIANO. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23: Supl.especial.
- Villa, J. D. (1988). *Rana vibicaria* (Cope) Rana montañera. Catalogue of American Amphibians and Reptiles. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. 437:12.
- Zweifel, R. G. (1964). Distribution and life history of a Central American frog, *Rana vibicaria*. Copeia. 2: 300-308.

ANEXOS

Anexo 1: EDT

ACTA DEL PROYECTO	
Fecha	Nombre de Proyecto
14 enero 2012	Estrategia de recuperación de la Laguna Congo en el PNAJCB como hábitat de la Rana Vibicaria (<i>Lithobatesvibicarius</i>)
Areas de conocimiento / procesos:	Area de aplicación (Sector / Actividad):
Investigación	Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco
Fecha de inicio del proyecto	Fecha tentativa de finalización del proyecto
9 enero 2012	9 marzo 2012
Objetivos del proyecto (general y específicos)	
<p>Objetivo general</p> <p>Plantear una estrategia de recuperación para la Laguna Congo, de manera tal que proporcione los requerimientos de hábitat necesarios para el desarrollo de las poblaciones de <i>Lithobates vibicarius</i>.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudiar los antecedentes de la Laguna Congo, para identificar los datos históricos para su recuperación. • Identificar los drenajes, focos de contaminación y las plantas invasoras presentes en la laguna Congo. • Proponer un método de muestreo de densidad poblacional de la rana Vibicaria (<i>Lithobates vibicarius</i>) en la Laguna Congo, con base a la accesibilidad, vegetación y niveles de agua en la época lluviosa. • Establecer criterios de ejecución del proceso de recuperación de espejo de agua de 	

la laguna Congo

Justificación o propósito del proyecto (Aporte y resultados esperados)

La diversidad biológica y el grado de complejidad ecológica no están distribuidas en forma homogénea a lo largo y ancho del planeta, sino más bien tiende a concentrarse en “puntos claves”, como es el caso de los humedales, considerados como parte de los ecosistemas más productivos del mundo (Ramsar 1999). Básicamente, un humedal es un ecosistema donde existe agua (en niveles fluctuantes), y donde existe un tipo de suelo, flora y fauna muy distinta de los ambientes terrestres (Niering 1985). Y de conformidad con el artículo 40 de la Ley Orgánica del Ambiente, son ecosistemas con dependencia de regímenes acuáticos, naturales o artificiales, permanentes o temporales, lénticos o lóuticos, dulces, salobres o salados, incluyendo las extensiones marinas hasta el límite posterior de fanerógamas marinas o arrecifes de coral o, en su ausencia, hasta seis metros de profundidad en marea baja.

Dentro de la clasificación de los humedales encontramos los humedales lacustrinos, estos corresponden a depósitos de agua formados en depresiones topográficas o drenaje represados natural o artificialmente, pueden tener vegetación y la profundidad supera los dos metros (Tabilo-Valdivieso, 2003). Este tipo de humedal es muy importante debido a la gran biodiversidad que albergan (avifauna, anfibios, vegetación, biocenosis macroscópicas más o menos visibles, artrópodos, entre otros) (García, 2005).

Este tipo de sistema se puede encontrar en el sector Oeste del Parque Nacional del Agua Juan Castro Blanco, en la comunidad de San José de la Montaña, San Carlos, se trata de una laguna de origen volcánico de aproximadamente diez hectáreas, conocida con el nombre de Laguna Congo, esta se encuentra a una altura aproximada de 1823msnm, en las coordenadas 10° 16` 12`` latitud norte y 84° 22` 46`` longitud oeste.

En esta laguna encontramos diferentes especies característicos de estos ecosistemas a las que se le suma la presencia de especies amenazadas o en peligro de extinción que se están viendo seriamente afectadas por el drenado y contaminación de la laguna. Tal es el caso del anfibio de la familia Ranidae *Lithobates vibicarius*, una especie endémica de Costa Rica y Panamá, semiacuática, que vive en el piso, cerca de estanques de agua

(Savage, 2002). Actualmente considerada como una especie amenazada de extinción y está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, además de la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE (UICN 2011), situación coloca como prioritario la recuperación de esta laguna y así lograr el restablecimiento del humedal y de las poblaciones de *Lithobates vibicarius*.

Descripción del producto o servicio que generará el proyecto – Entregables finales del proyecto

- Caracterización de a situación actual de la Laguna Congo
- Metodología de muestreo de la Rana Vibicaria (*Lithobates vibicarius*) en la Laguna Congo para establecer la densidad de población.
- Propuesta de estrategia de recuperación de la Laguna.

Supuestos

- Drenaje de la Laguna Congo, por parte de los pobladores de la zona para ganar espacio en los terrenos utilizables para la producción agropecuaria de ganadería lechera.
- Incumplimiento de las medidas interpuestas por el MINAET y las autoridades para la recuperación del espejo de agua de la Laguna Congo.
- Poca investigación y análisis respecto al hábitat presente en la Laguna Congo y las especies presentes.
- La recuperación de la Laguna Congo brinda un mejor hábitat para las especies de la zona en especial el caso de la Rana Vibicaria (*Lithobates vibicarius*)

Restricciones

- Tiempo de elaboración de la propuesta es muy corto ya que no permite un análisis completo de los ciclos reproductivos de las especies presentes en el área.
- Presupuesto limitado para la elaboración de propuestas de recuperación de

ecosistemas específicos.

- Limitada experiencia en la implementación de propuestas de recuperación de lagunas de altura.
- Situación de tenencia de la tierra e infraestructura presente en la laguna y zonas aledañas, puede causar conflictos sociales y con los propietarios, situación que puede dificultar el acceso al lugar.
- La cantidad de plantas invasoras y su éxito al colonizar la laguna puede convertirse en un impedimento importante que dificulte la ejecución de las giras de estudio.

Información histórica relevante

Hasta el año de 1999 las condiciones ecológicas de esta laguna se encontraban muy poco alteradas y sus afectaciones se debían principalmente a contaminación por lecherías que se encuentran en sus márgenes (Méndez. 2000), en este año esta laguna sufrió un severo daño por la construcción de un drenaje, que causo la disminución del nivel freático de la laguna en unos 2,5 metros de profundidad (Quiros 2007), esto con el fin de ganar terreno a la laguna y utilizarlos para el pastoreo de ganado lechero.

Paulatinamente la situación ecológica de la Laguna se ha deteriorado debido al constante pisoteo del ganado lechero y por el lixiviado de aguas procedentes de las actividades humanas de los sectores aledaños a la laguna y la introducción de plantas invasoras (pastos) que gana espacio al espejo de agua que por los efectos de drenado se encuentra disminuido.

En el año 2010, el PNAJCB, en coordinación con estudiantes de la escuela de biología de la Universidad Nacional, realiza estudio de anfibios presentes en el parque y sus zonas de amortiguamiento, encontrando en ese momento la presencia de la rana *Vibicaria* (*Lithobates vibicarius*, situación que eleva el nivel de importancia de recuperación del hábitat propio de esta Laguna.

Identificación de grupos de interés (Stakeholders)	
<ul style="list-style-type: none"> • Pobladores de el cantón de San Carlos • Finqueros de San José de La Montaña • Universidades y estudiantes en general. 	
Cliente(s) directo(s): Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Municipalidadde San Carlos y Fundación Proparques Cliente(s) indirecto(s): Investigadores, estudianes de Universidades.	
Aprobado por:	Firma:
Realizado por: Fabio Arias Núñez	

Anexo 2. Formulario para los datos del sitio de muestreo (Lipset *al.*, 2001)

Nombre corto del lugar: _____

Datos de GPS: _____

Topografía: _____

Hábitat cerca del área de muestreo: _____

Altura de la vegetación: _____

Anexo 3. Formulario para la descripción del transecto (Lipset *al.*, 2001).

Nombre corto del sitio: _____

Nombre del transecto: _____

Descripción del hábitat: _____

Descripción y ubicación del agua superficial a lo largo del transecto:

Otras observaciones del transecto que pueden influir los resultados del muestreo:

Anexo 4. Formulario para los datos del muestreo por transecto (Lipset *al.*, 2001).

Nombre corto del sitio: _____

Nombre del transecto: _____

Temperatura del Aire (a 1m de h): _____

Temperatura del agua (a 0.5m de la orilla del cuerpo de agua): _____

Precipitación en los últimos 4 días: _____

Transecto: Distancia total (dist. real que se muestreó hoy): _____

Transecto: Ancho: _____

Nivel del agua: _____

Observaciones: Actividad de la rana: ¿Qué estaba haciendo antes de ser capturada?

Vocalizando _____

Peleando _____

Estaba solo _____

Durmiendo _____

En amplexo _____

Otro _____

Nadando _____

Observaciones: Substrato: ¿Dónde estaba el animal cuando se vio?

- Si en el suelo:

• Tipo de substrato _____

• Distancia del agua _____

- Si en la vegetación:

Parte de la planta (hoja, rama, tronco) _____

Tipo de planta _____

Altura de la planta _____

Observaciones: Ubicación: Distancia del animal al transecto: _____

Observaciones: Hora: de la captura _____

Otras notas _____