



# **Análisis econométrico del riesgo de extinción de las especies de fauna en Colombia: reptiles y peces dulceacuícolas**

Fabio Arias

## **Análisis econométrico del riesgo de extinción de las especies de fauna en Colombia: reptiles y peces dulceacuícolas**

Fabio Arias

*Lecturas de Economía*, 61 (julio-diciembre 2004), pp. 7-34.

**Resumen:** El riesgo de extinción de una especie se estima por la evaluación del estado de deterioro de la población. Una especie silvestre y no extinta puede ser evaluada y clasificada como: en peligro crítico, en peligro, vulnerable, cuasiamenazada o de preocupación menor. En Colombia se ha realizado esta clasificación para algunos grupos de especies amenazadas de Colombia (reptiles y peces dulceacuícolas) para calcular el cambio en la probabilidad del riesgo de extinción ante variaciones de variable económicas que describen algún tipo de presión por explotación directa del recurso o modificación del hábitat. La herramienta cuantitativa para el análisis de la información es un modelo de variable dependiente discreta ordenada.

**Palabras clave:** recursos naturales renovables, extinción de las especies, modelo multinomial ordenado. Clasificación JEL: Q29

**Abstract:** A species' risk of extinction is estimated by the deterioration state of the population. A wild and non extinct species could be evaluated and ranked as follows: Critically Endangered, Endangered, Vulnerable, Near Threatened, Of Minor Concern. This ranking has been applied in Colombia for some groups of fauna and flora. Information of the Red Books Series of Threatened Species of Colombia —Libros rojos de especies amenazadas de Colombia— (reptiles, fresh water fish), is used in this paper for estimating the probability change of extinction risk upon changes in economic variables which show some kind of pressure for direct exploitation of habitat change. The quantitative tool for information analysis is a model of ordered discrete dependent variable.

**Key Words:** renewable natural resources, extinction of the species, ordered multinomial model. JEL: Q29

**Résumé:** Le risque d'extinction d'une espèce est estimé par l'état de détérioration de la population. Une espèce sauvage et non éteinte pourrait être évaluée et rangée comme suit : En Mis en danger critique, Mis en danger, Vulnérable, Près De Menacé, Moindre Souci. Ce rang a été appliqué en Colombie pour quelques groupes de faune et de flore. L'information de la Série Le Livre Rouge de les Espèces Menacés de la Colombie —Libros rojos de especies amenazadas de Colombia— (reptiles, poissons d'eau douce), est employée en cet article pour estimer le changement de probabilité du risque d'extinction face aux changements des variables économiques qui montrent un certain pression pour l'exploitation directe du changement d'habitat. L'outil cuantitativo pour l'analyse de l'information est un modèle de variable dépendente discrète.

**Mots clés:** ressources naturelles renouvelable, extinction des espèces, ont modèle commandé multinomiale.

# **Análisis econométrico del riesgo de extinción de las especies de fauna en Colombia: reptiles y peces dulceacuícolas**

Fabio Arias\*

**-Introducción. -I. Economía de la extinción de las especies. -II. Los libros rojos de especies de fauna amenazadas de Colombia. -III. Ficha técnica y datos. -IV. Modelo ordenado. -V. Resultados. -Conclusiones. -Anexos. -Bibliografía.**

*Primera versión recibida en mayo de 2004; versión final aceptada en noviembre de 2004 (eds.).*

## **Introducción**

La razón económica de la extinción de las especies es que éstas no representan activos rentables. Esta causa fundamental puede manifestarse de dos formas: explotación insostenible o destrucción del hábitat de los recursos biológicos. El primer caso, se presenta cuando se tiene una especie con tasa de crecimiento baja y los costos de extracción no dependen del nivel de stock del recurso, esta tasa puede compararse con la tasa de interés del mercado; si es menor, conviene extraer el recurso e invertir los beneficios de esta actividad en otro renglón de actividad económica. En el segundo caso, mantener un hábitat representa asumir un costo de oportunidad: los beneficios dejados de percibir por utilizar el factor tierra en actividades económicas alternativas como agricultura o ganadería. Así que, si el costo de oportunidad supera los beneficios de la conservación, el hábitat es intervenido. Además, la característica de bien público de la conservación de los

---

\* Fabio Alberto Arias Arbeláez: profesor del Departamento de Economía; investigador, Grupo de investigación Economía Regional y Ambiental Facultad de Ciencias Sociales y Económicas de la Universidad del Valle. Apartado aéreo 25360. Dirección electrónica: fa-arias@univalle.edu.co  
Agradezco la asistencia de investigación de Óscar Corredor Castro y Julián Durán, los comentarios y críticas de José Díaz Osorio, Eduardo Uribe, Alexander Bonilla y de un evaluador anónimo de la Revista. Sin embargo, el autor asume toda la responsabilidad por la versión final.

recursos biológicos dificulta la asignación eficiente a través de mecanismos de mercado; por tanto, se delegan en el Estado las medidas de protección.

La presentación de los argumentos económicos de la fuente de extinción de las especies se hace en la primera sección de este artículo, donde se resumen tres modelos de explotación de recursos naturales: modelo de un único extractor o planificador central, modelo de libre acceso y modelo de optimización social que incluye el costo de oportunidad de mantener los hábitats. Sin embargo, hay que señalar que en este trabajo no se hace un estudio de la rentabilidad de los activos biológicos, ni de los costos de oportunidad de la conservación, ni del papel exhaustivo del Estado en las políticas de conservación, sino que se usan las deducciones de los modelos económicos para destacar bajo cuales circunstancias, asociadas con la naturaleza del recurso, o bajo cuales decisiones de los agentes involucrados en el uso de un recurso biológico, puede llevarse una especie a la extinción.

Con la estructura conceptual anterior es posible sustentar la asociación del riesgo de extinción de las especies con un conjunto de variables que reflejan algunas características de las especies, la presión de la actividad económica sobre la supervivencia de éstas y, en cierto caso, las medidas gubernamentales de protección tomadas, y se intenta inferir, a través de un modelo de regresión ordenado, cuál es el cambio en la probabilidad de que una especie se encuentre en menor o mayor riesgo de extinción ante modificaciones de la variables explicativas anotadas. Para tal efecto, se construyó una base de datos donde cada observación corresponde a una especie, usando principalmente la información contenida en los libros rojos de Especies Amenazadas de Colombia para dos grupos de fauna: reptiles y peces dulceacuícolas. En la sección dos se presenta el sistema de clasificación del riesgo de extinción de una especie. En la sección tres se indica de dónde se extrae la información. En la sección cuatro se resume el método de estimación utilizado. En la sección cinco se presentan los resultados y en la última sección, las conclusiones. Así, una especie no extinta, puede clasificarse como: en peligro crítico, en peligro, vulnerable, cuasiamenazada o de preocupación menor. Para el grupo de reptiles se encuentra que si se enfrentan a la amenaza de comercio-cacería aumenta la probabilidad de encontrarse en peligro en 0,449, y para el grupo de peces dulceacuícolas la sobre pesca aumenta la probabilidad de clasificación en en peligro en 0,33.

## I. Economía de la extinción de las especies

La extinción de las especies puede darse a través de dos vías: i.) la explotación insostenible del recurso biológico y ii.) destrucción o modificación del hábitat. La explotación insostenible del recurso biológico se ha modelado extendiendo el análisis de la teoría del productor al caso donde el recurso que se explota tiene una capacidad de regeneración. Con este modelo se ha deducido bajo cuales condiciones el sistema de explotación no puede perpetuarse en el tiempo: si la tasa de rendimiento del recurso no supera la tasa de rendimiento de otros activos de la economía existe el incentivo para su agotamiento. La tasa de rendimiento del activo ambiental está compuesta por la tasa de crecimiento y por los costos marginales de extracción. Así, si la tasa de crecimiento es baja el recurso no puede regenerarse rápidamente ante extracciones para su aprovechamiento económico y si los costos de extracción son bajos es fácil acceder al recurso y extraerse con relativa facilidad. De otro lado, la modificación o destrucción del hábitat se ha estudiado ampliando el modelo anterior para incluir el costo de oportunidad de dedicar terrenos para la conservación. A continuación se explican cada una de las vías por las que un recurso biológico puede llegar a la extinción.

### ***A. La explotación insostenible del recurso biológico***

El modelo parte del problema de maximización beneficios de una función social objetivo de la explotación del recurso natural o su equivalente el problema de un único extractor

$$\max_h \int_0^{\infty} [ph - c(x)h] e^{-rt} dt \quad (1)$$

sujeto a:

$$\dot{X} = F(X) - h \quad (2)$$

donde  $p$  es el precio del recurso,  $h$  es el nivel de extracción por período de tiempo,  $c(x)$  es el costo por unidad de extracción que es función del nivel de stock de la población de la especie,  $x$ ;  $F(x)$  es la función de crecimiento del recurso que está relacionada también con el stock del recurso;  $r$  es la tasa de rendimiento del capital de la sociedad, usada como tasa de descuento, y  $t$  es el periodo de tiempo.

La solución de este problema es un nivel de extracción  $h^*$  por unidad de tiempo, que logre que la población del recurso  $x^*$  sea tal que se cumpla (Pearce *et al.* 1990, p. 318).

$$r = F'(x) - \frac{c'(x)h}{p - c(x)} \quad (3)$$

Esto indica que el nivel de stock del recurso logrado por una extracción óptima necesita que la tasa de rendimiento de otros activos de la economía,  $r$ , lado izquierdo de la ecuación (3) sea igual a la tasa de rendimiento del activo ambiental, lado derecho de la ecuación, compuesta a su vez de dos términos: la tasa de crecimiento relativa al stock del recurso,  $F'(x)$ , y una segunda expresión que depende de los costos marginales de extracción. La parte derecha de la ecuación (3) es una función decreciente en  $x$ , si el valor de esta expresión es mayor que  $r$ , se debe a que la tasa de crecimiento evaluada en  $x$  es alta o los costos marginales de extracción son altos, en valor absoluto, dado que  $c'(x) < 0$ , por tanto, se pueden aumentar los beneficios disminuyendo la extracción, lo que provoca el aumento de  $x$  y la consecuente disminución de la tasa de crecimiento y también disminuye el costo de acceso representado en un menor costo marginal de extracción. De otro lado, si la expresión del lado derecho de la ecuación (3) evaluada en un  $x$  determinado es menor que  $r$ , indica que la tasa de crecimiento o los costos de extracción son bajos, por tanto, el extractor del recurso puede aumentar los beneficios aumentando el nivel de extracción, esto genera un aumento en la tasa de crecimiento y un aumento en los costos marginales de extracción. En resumen, la posibilidad de que un productor elija un nivel de stock óptimo del recurso  $x^*=0$ , el caso de extinción, viene dada si la tasa de crecimiento del recurso es baja o el costo marginal de extracción es pequeño, en valor absoluto, es decir, si un recurso tiene una capacidad de regeneración lenta y es fácil acceder en probable que el activo ambiental tenga un rendimiento menor que el rendimiento de otro activo en la economía, por tanto, es óptimo extraer todo el recurso e invertir las ganancias de esta explotación en otra rama de actividad económica.

El riesgo de extinción se acentúa si el régimen de explotación es de libre acceso, es decir, no hay derechos de explotación exclusivos del recurso para un extractor, sino, por el contrario cualquiera puede hacer uso de éste. En este caso, hay sobreexplotación del recurso. Una consecuencia del libre acceso es la disipación de la renta, la diferencia entre el precio y el costo por unidad de extracción se aproxima a cero a medida que aumenta el número de extractores que explotan el recurso, lo que convierte al recurso ambiental en un activo poco rentable. El modelo de análisis consiste en que cada extractor, de un grupo grande, está interesado en maximizar la función de beneficios individuales con base en su propio nivel de extracción.

$$\max_{h_i} \int_0^{\infty} [p(h)h_i - c(x)h_i] e^{-rt} \quad (4)$$

sujeto a

$$\dot{X} = F(X) - h$$

Nótese que la extracción total,  $h$ , es la suma de las extracciones de  $N$  individuos

$$h = \sum_{i=1}^N h_i$$

La solución al anterior problema requiere de un nivel de extracción individual que permita alcanzar un nivel de stock del recurso  $x^*$  tal que:

$$r = F'(x) - \frac{c'(x)h}{[p - c(x)]N} \quad (5)$$

donde  $N$  es el número de extractores, despejando la renta  $(p - c(x))$

$$p - c(x) = \frac{c'(x)h}{[F'(x) - r]N} \quad (6)$$

Nótese que cuando el número de extractores aumenta, la renta se disipa, o en caso extremo: cuando  $N \rightarrow \infty$ ,  $[p - c(x)] \rightarrow 0$

Además, comparando la ecuación (3) con la ecuación (5), en esta última el rendimiento del activo ambiental se ve reducido si  $N > 1$  (comparado con el caso de un único productor, ecuación (3)). Esto implica que el nivel de stock del recurso que soluciona la ecuación (5) es menor que el nivel de stock que soluciona la ecuación (3), lo que a la vez muestra que el libre acceso ejerce una presión adicional sobre la explotación del recurso.

### ***B. Destrucción o modificación del hábitat***

La segunda vía, modificación o destrucción de hábitats, explica la extinción de especies que incluso no son productos comerciales. En general, se ha sustentado que los hábitats, o para mayor precisión, los terrenos donde se encuentran, generan beneficios en explotaciones económicas alternativas que superan los beneficios de la conservación; por ejemplo, la deforestación de bosques para usar la tierra en cultivos o ganadería genera más beneficios que la conservación del bosque que alberga biodiversidad; cuyo valor genético es desconocido o poco valorado. De nuevo, las especies no son un activo rentable comparado con otras inversiones económicas.

Los cambios en el análisis de la extinción por la inclusión de estas consideraciones se presenta como el siguiente problema de optimización social (Swanson, 1994, 809-814).

$$\max_{h,R} \int_0^{\infty} [ph - c(x)h - r\rho_R R] e^{-rt} dt \quad (7)$$

sujeto a:

$$\dot{X} = F(X) - h$$

Donde  $R$  es el recurso tierra y  $\rho_R$  es el precio de una unidad del recurso tierra. Nótese que la inclusión del término  $r\rho_R R$  en la función objetivo denota el costo de oportunidad de la tierra, es decir, el flujo de beneficios netos esperado por el mejor uso alternativo de  $R$ . A la vez, la restricción de la tasa de crecimiento del recurso incluye ahora en la función de crecimiento la cantidad de recurso tierra disponible para el desarrollo de la especie. Se asume que la función de crecimiento se comprime si hay menos recursos disponibles para el hábitat de la especie. La solución de este problema requiere una condición de primer orden adicional al problema descrito por las ecuaciones (1) y (2), elegir un nivel  $R^*$  tal que:

$$r = [p - c(x)] \frac{F_R}{\rho_R} \quad (8)$$

Donde  $F_R$  es el cambio en el crecimiento de la población asociado con el cambio en  $R$ . La condición anterior establece que el recurso puede recibir asignación de tierra sólo si esa especie puede generar un retorno competitivo, esto significa que los recursos biológicos deben competir por los recursos que permiten su supervivencia,  $R$ , dadas las decisiones humanas sobre el uso de la tierra.

La segunda vía es la más importante en el efecto total de la extinción de las especies. Sin embargo, hay poca evidencia sobre los costos de oportunidad económicos por actividades de conservación. En este trabajo tampoco se pretende realizar un análisis de este tipo, simplemente se hace notar que las causas de la extinción de las especies se refieren a asuntos económicos y, aunque es evidente, no se ha presentado en Colombia un estudio económico que relacione el riesgo de extinción con las fuentes de este riesgo. Aquí, se toma la clasificación de las especies según su riesgo de extinción y se asocia a esta clasificación un conjunto de variables que pueden incidir en el deterioro o conservación de la población. En el primer caso, ya sea, por la explotación económica insostenible o por modificación o destrucción del hábitat y, en el segundo, por medidas de protección tomadas por organismos gubernamentales. A partir de allí, se cuantifica el cambio en la probabilidad de



extinción para diferentes valores de estas variables. Por ello, a continuación se presenta la metodología de la serie libros rojos de Colombia, los criterios para evaluar el riesgo de extinción de una especie y como este riesgo se clasifica a través de categorías.

## II. Los libros Rojos de especies de fauna amenazadas de Colombia

Los libros Rojos de especies amenazadas de Colombia son la ordenación de un grupo de especies, según su riesgo de extinción aproximado a través del deterioro de la población. En Colombia este trabajo se ha compendiado en la serie de libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Para fauna se cuenta con Renjifo, L. M *et al.* (2002) —Libro rojo de aves de Colombia—, Mojica, J. J. *et al.* (2002) —Libro rojo de reptiles de Colombia—, Castaño, O. V. (2002) —Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia—, Mejía, Luz Stella *et al.* (2002) —Libro rojo de peces marinos de Colombia— y Ardila, Néstor E. *et al.* (2002) —Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia—. <sup>1</sup> Además de la información sobre el riesgo de extinción, estos libros compilan información sobre características de la especie: tamaño (excepto libro rojo de aves), si es endémica, ubicación geográfica, amenazas generadas por la actividad económica sobre el hábitat como deforestación por explotación maderera, uso agrícola del suelo, cacería, etc.

La clasificación de las especies, por parte de los investigadores nacionales, se realizó bajo cinco criterios establecidos en el documento "UICN<sup>2</sup> Red List Categories Version 3,1" (UICN, 2001). Estos criterios se basan en un conjunto de indicadores cuantitativos: disminución en el tamaño de la población, distribución geográfica de la población fragmentada y en disminución, población pequeña y en disminución, población muy pequeña o área de ocupación muy pequeña y análisis de viabilidad de las poblaciones. Conviene explicar en que consiste cada uno de estos criterios, para comprender con exactitud las categorías de clasificación de riesgo de extinción de las especies.

A continuación se resume la definición de cada uno de los criterios para luego explicar las categorías de clasificación.

---

1 Las estimaciones econométricas realizadas con la información obtenida de los libros Rojos fueron estadísticamente confiables para reptiles y peces dulceacuícolas. Por tanto, los resultados de este trabajo se concentran en estos dos grupos de fauna.

2 UICN: International Union for Conservation of Nature

### ***A. Criterios para determinar el estado de deterioro de la población de una especie***

#### **1. Disminución en el tamaño de la población<sup>3</sup>**

Una reducción en el tamaño de la población se define como el porcentaje en la disminución del número de individuos maduros,<sup>4</sup> en un periodo de tiempo especificado en años, aunque no continúe necesariamente después. Esta reducción no hace parte de una fluctuación natural.

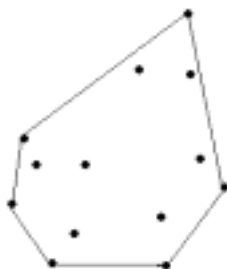
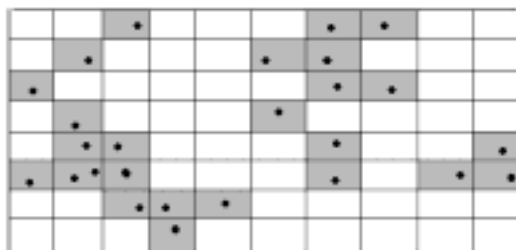
#### **2. Distribución geográfica de la población**

Con este criterio se busca evaluar el estado del hábitat. Los indicadores construidos para determinar la distribución geográfica de la especie muestran si el terreno donde se ubica ésta corresponde a un hábitat fragmentado o en disminución. La UICN propone dos indicadores: i). extensión de presencia: es el área contenida dentro de los límites imaginarios continuos más cortos que pueden dibujarse para incluir todos los sitios conocidos, inferidos o proyectados donde el taxón se halle presente, excepto los casos los vagabundo. En el gráfico 1 se presenta un ejemplo de extensión de presencia, los puntos negros indican lugares de presencia conocidos, inferidos o proyectados. La línea une los puntos externos y el área delimitada por esta frontera es la extensión de presencia. ii). El área de ocupación: "se define como el área dentro de la extensión de presencia que es ocupada por el taxón" (UICN, 2001, p. 13) e intenta representar el área más pequeña esencial para la supervivencia de la población de un taxón, cualquiera que sea su etapa de desarrollo. Una forma de calcular esta área consiste en dividir la extensión de presencia en una cuadrícula donde cada casilla tiene dimensiones iguales, el área de ocupación se obtiene como la suma de los cuadrados ocupados. Este método se presenta en el gráfico 2.

---

3 La población en este contexto se define como el número total de individuos del taxón (UICN, 2001, p. 10).

4 Individuos en capacidad de reproducción.

Gráfico 1. *Ejemplo de extensión de presencia*Gráfico 2. *Ejemplo de área de ocupación*

### 3. Población pequeña y en disminución

Bajo este criterio se parte de la observación o estimación de un tamaño de población reducido y además se encuentra en un proceso de reducción.

### 4. Población muy pequeña y distribución geográfica muy pequeña

Algunas especies cuentan con un número muy reducido de individuos o están restringidos a un área de ocupación muy pequeña, por tanto, estas poblaciones son frágiles a cualquier perturbación y se evalúan con este criterio.

### 5. Análisis de viabilidad poblacional

Este es un análisis cuantitativo donde se calcula la probabilidad de extinción de un taxón a través de los datos de la historia natural, los requerimientos del hábitat, las amenazas y las alternativas de gestión especificadas.

### ***B. Categorías de clasificación del riesgo de extinción de una especie***

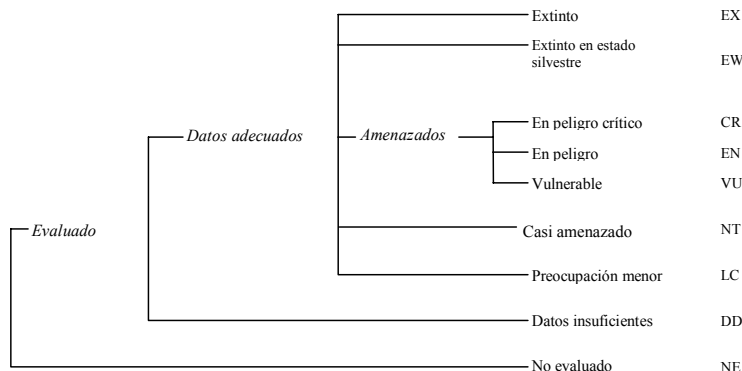
Una vez establecidos los criterios para determinar el grado de vulnerabilidad de las poblaciones, se recurre a la observación directa, estimación o proyección de estos indicadores para luego clasificar las especies en cualquiera de las siguiente categorías:<sup>5</sup> Extinto (EX); un taxón está extinto si se ha comprobado que ha muerto el último individuo. Tal afirmación puede efectuarse después de revisar exhaustivamente el hábitat de la especie. Extinto en Vida Silvestre (EW); cuando bajo prospecciones exhaustivas de su hábitat no se ha detectado ni un individuo, sólo sobrevive en cautiverio, en cultivo, o fuera de su distribución original. En Peligro Crítico (CR); cuando la evidencia empírica disponible muestra que cumple con cualquiera de los criterios presentados en la sección anterior para en peligro crítico,<sup>6</sup> lo que indica que enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre. En Peligro (EN); cuando un taxón cumple con cualquiera de los criterios para En Peligro, lo que a la vez indica que enfrenta un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre. Vulnerable (VU); cuando el taxón cumple al menos uno de los criterios para vulnerable, lo cual implica que enfrenta un riesgo alto de extinción. Casi Amenazado (NT); cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface estos para CR, EN o VU pero está próximo a clasificar como vulnerable. Preocupación Menor (LC); cuando está fuera de peligro, es decir, el taxón no cumple con los criterios para CR, EN, VU, NT o LC. Datos insuficientes (DD); cuando la información disponible es inadecuada para realizar una clasificación sobre el riesgo de clasificación de la especie de acuerdo con indicadores sobre el estado de la población.

Las posibilidades de clasificación de una especie según el riesgo de extinción pueden resumirse en el gráfico 3 que incluye la opción de no evaluada en el caso en el cual el taxón no se ha sometido al proceso de clasificación a través de los criterios descritos anteriormente.

---

5 En el anexo 1 se resume las categorías y criterios de evaluación de la UICN(2001,14,15).

6 Una especie evaluada debe cumplir al menos uno de los criterios para ser considerada bajo riesgo de extinción, pero el mayor o menor grado de riesgo se determina a través de umbrales. Un ejemplo sencillo puede ayudar a comprender el papel de los umbrales en la definición del grado de riesgo de extinción, en la tabla 1 para el criterio de población muy pequeña, si la población es menor a 50 individuos maduros la especie se declara como CR, si la población de individuos maduros es menor a 250 y mayor a 50 se declara como EN.

Gráfico 3. *Categorías de clasificación del riesgo de extinción de una especie*

Fuente: International Union for Conservation of Nature (2001) Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN, Versión 3,1. página 5, <http://www.iucn.org/themes/ssc/red-lists.html>.

Además, como ya se ha indicado, los libros rojos aparte de presentar la clasificación del riesgo de extinción de las especies, contiene información complementaria ordenada en fichas de las cuales se obtiene la datos para los ejercicios de regresión efectuados en este trabajo.

### III. Ficha técnica y datos

Los libros rojos de especies amenazadas de Colombia están divididos en fichas técnicas por especie. Cada ficha contiene el nombre de la especie, la categoría de riesgo de extinción en la cual fue clasificada por los investigadores nacionales, un resumen de datos sobre la distribución geográfica, la ecología, una breve descripción de las amenazas identificadas como causas del deterioro de la población, medidas de política sobre conservación tomadas a la fecha, medidas de conservación propuestas para un futuro inmediato y una sección de comentarios donde los investigadores compilan información adicional.

Existen algunas variaciones en la ficha técnica entre los libros Rojos. El libro Rojo de reptiles de Colombia incluye una sección diagnóstico (descripción), separa la distribución geográfica en distribución geográfica general y distribución geográfica en Colombia, además, incluye una descripción de la situación actual de la especie. *El libro Rojo de peces dulceacuícolas de Colombia* contiene también una breve descripción de la especie e incluye el subtítulo *Población*, pero rara vez se tiene tal dato, en su lugar aparece el comentario "no se conocen estimativos poblacionales sobre la especie".

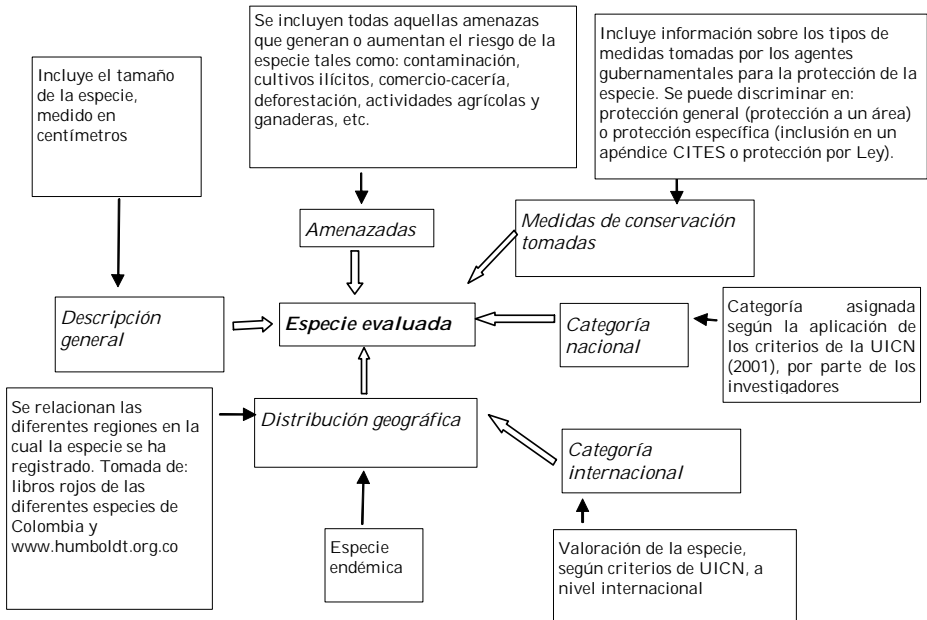
Con base en la información contenida en la ficha técnica se elaboró una base de datos por grupo de fauna, donde cada observación corresponde a un taxón. Esa base de datos por especie contiene el riesgo de extinción y un conjunto de variables que eventualmente pueden llegar a explicar el riesgo de extinción. A continuación se lista el último conjunto de variables identificadas en los libros Rojos con las especificidades detectadas por grupo de fauna y se informa sobre las fuentes adicionales utilizadas, diferentes a los libros rojos, para completar algunas observaciones. La estructura para el diseño de la ficha técnica puede verse en el gráfico 4.

1. Endemismo

Esta es una variable dicotómica definida para reptiles de la siguiente forma: (también aparece para aves y peces marinos)

$$D_1 = \begin{cases} 1 & \text{Si es endémica} \\ 0 & \text{Si no es endémica} \end{cases}$$

Gráfico 4. *Ficha técnica*



Para los peces dulceacuícolas esta variable no es relevante para la clasificación de riesgo dado que todos los peces dulceacuícolas son obviamente endémicos, no obstante, pueden dividirse en endémicos exclusivos o compartidos

$$D_1 = \begin{cases} 1 & \text{Si es endémica exclusiva} \\ 0 & \text{Si No es endémica exclusiva (compartida con país vecino)} \end{cases}$$

## 2. Regiones biogeográficas

Están definidas para reptiles de la siguiente forma: Chocó-Magdalena, CM; Cinturón Arido Pericaribeño, CAP; Guayana, G; Amazonía, A; Orinoquía, O; Sierra Nevada de Santa Marta, SNSM; Norandina, NA; Territorio Insular Caribeño, TIC; Territorio Insular Pacifico, TIP. En general, la variable dicotómica que describe si la especie  $i$  está ubicada o no en zona  $K$ , puede escribirse como:

$$D_{K,i} = \begin{cases} 1 & \text{Si la especie se encuentra en la zona biogeográfica } K \\ 0 & \text{Si la especie no se encuentra en esta en la zona biogeográfica } K \end{cases} \quad \forall K$$

La ubicación de los peces dulceacuícolas se presenta según su cuenca hidrográfica, así: Amazonas, A, Orinoco, O, Atrato, At, Magdalena, M, Catatumbo, Ct, Pacífico, P. De nuevo la variable dicotómica que describe si la especie  $i$  se encuentra o no en la cuenca  $N$ , se escribe como:

$$D_{N,i} = \begin{cases} 1 & \text{Si está en la cuenca biogeográfica } N \\ 0 & \text{Si no está en la cuenca biogeográfica } N \end{cases} \quad \forall N$$

Esta variable permite identificar si la ordenación de las especies según su riesgo de extinción puede asociarse al área geográfica donde se encuentra.

## 3. Amenazas

Las amenazas están representadas por todos aquellos factores que influyen potencial y efectivamente en la preservación de las especies. Se trataron como variables dicotómicas específicas para cada amenaza tomando el valor de uno si se presenta la amenaza y cero si no lo hace. Algunos tipos de amenazas son comunes a las aves, peces dulceacuícolas y reptiles, como por ejemplo, contaminación, cultivos ilícitos, deforestación, actividades agrícolas, actividades ganaderas, minería, especies introducidas, comercio-cacería,<sup>7</sup> urbanización. Además, para peces dulceacuícolas se tiene: sobrepesca, pesca no tradicional, migración masiva (comportamiento determinado por el ciclo reproductivo).

---

7 No aplica para peces dulceacuícolas.

#### 4. Tamaño o longitud

El tamaño está dado en centímetros y se obtuvo a través de los libros rojos para peces y reptiles. El procedimiento para el cálculo del tamaño de peces se realizó a través de la conversión de la escala a tamaño natural según el Libro Rojo de peces. En el tamaño de los reptiles se tomó como base el tamaño de las hembras ya que era la de mejor cobertura, es decir, se contaba con la mayoría del registro de esta información para hembras y menores registros para machos.

#### 5. Medidas tomadas

Se define como todas aquellas regulaciones que intentan preservar o mejorar las condiciones de hábitat de las diferentes especies. Para reptiles se clasifican en:

Protección por áreas: se protege un área determinada generalizando la protección sin discriminar alguna especie específica. Básicamente son los parques naturales.

Protección específica: son aquellas medidas orientadas a la protección exclusiva de una especie. Se descartan aquellas especies que se encuentran en cautiverio. Aplica especialmente para el convenio internacional de comercialización de especies o apéndice de CITES o legislación particular.

Para peces dulceacuícolas las medidas son veda temporal y talla mínima. La primera es una política que impide la pesca de un espécimen determinado por un intervalo de tiempo definido, definido generalmente por el ciclo reproductivo. La segunda, establece una longitud mínima de la especie por debajo de la cual no se puede pescar. Como para los casos anteriores estas variables cualitativas son “tratadas” a través de dummies tomando valores de uno cuando se da el suceso y cero si no se presenta.

#### 6. Distribución restringida

Esta variable se asocia a peces cuando su hábitat se restringe a una cuenca pequeña.

### IV. Modelo ordenado

La extinción de una especie es un proceso estocástico, el riesgo de extinción en el que se encuentra una especie también es una variable estocástica. Se esperaría que las especies clasificadas con riesgo de extinción alto, en un futuro, desaparecieran en mayor número que las especies clasificadas en categorías menores; es decir, las categorías de clasificación del riesgo de extinción de una especie representan un orden, ya que, las especies pueden ser clasificadas como: LC, NT, VU, EN y CR. Inclusive se pueden codificar estos resultados en orden ascendente para representar la clasificación desde ningún riesgo de extinción hasta el mayor riesgo de



extinción. Una fuente adicional de la aleatoriedad del modelo se basa en que aunque la clasificación de una especie se ha realizado en lo posible bajo criterios objetivos, cuantificando un conjunto de factores que inciden sobre deterioro de las poblaciones, la información con la que se evalúa una especie es frecuentemente estimada bajo incertidumbre cuya fuente puede provenir de: falta de claridad en los términos y definiciones utilizadas, errores de medición y variabilidad natural.

**A. Especificación del modelo**

Los modelos logit, probit o valor extremo, ordenados son los utilizados para analizar datos de este tipo. En este caso el modelo relaciona la variable  $Y_i$  con las variables explicativas  $X_{2i}, X_{3i}, \dots, X_{ki}$  de la siguiente forma:

$$Y_i^* = \beta X + u_i \tag{9}$$

Donde:  $Y_i^*$  es el riesgo de extinción de las especies, es una variable latente porque es una variable no observable.

$\beta X$  es una combinación lineal de las variables explicativas

$u_i$  es un término de error aleatorio.

Aunque  $Y_i^*$  no es una variable observable directamente lo que si se observa es el resultado de la clasificación  $Y_i$ , en este caso la variable observada puede tomar

hasta cinco opciones: LC, NT, VU, EN, CR, que podemos recodificar como: 0, 1, 2, 3 y 4 respectivamente

En la tabla se presentan los resultados observados de la variable dependiente  $Y_i$  y su relación con la variable latente  $Y_i^*$ . Por ejemplo; una especie clasificada como de preocupación menor LC puede codificarse como cero y a la vez indica que el riesgo de extinción es menor o igual a una constante  $c_1$ . De otro lado, una especie clasificada como En Peligro (EN) se codifica con el número tres e indica que el riesgo de extinción se encuentra entre  $c_3$  y  $c_4$ .

Tabla 1. Ordenamiento de la variable dependiente

Los parámetros  $c$  son desconocidos y estimados conjuntamente con  $\beta$ . Si se asume que  $u_i$  está normalmente distribuida se tienen las siguientes probabilidades de pertenecer a cada una de las categorías:

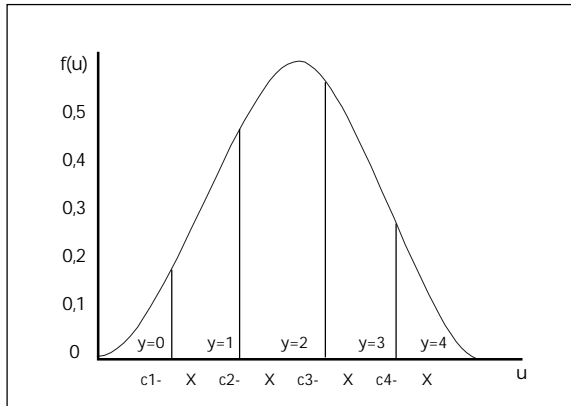
Para obtener probabilidades positivas debe cumplirse que  $c_1 < c_2 < c_3 < c_4$ . El gráfico 5 muestra las implicaciones de esta estructura en la función de densidad de probabilidad del término de perturbación  $u$ .

De (9) se tiene:

$$u_i = Y_i^* - \beta X$$

Por tanto si  $Y_i^*$  toma cualquiera de los valores de  $c$  se pueden establecer cuatro límites que determinan las probabilidades para cada valor de ocurrencia de la variable dependiente  $Y$ .

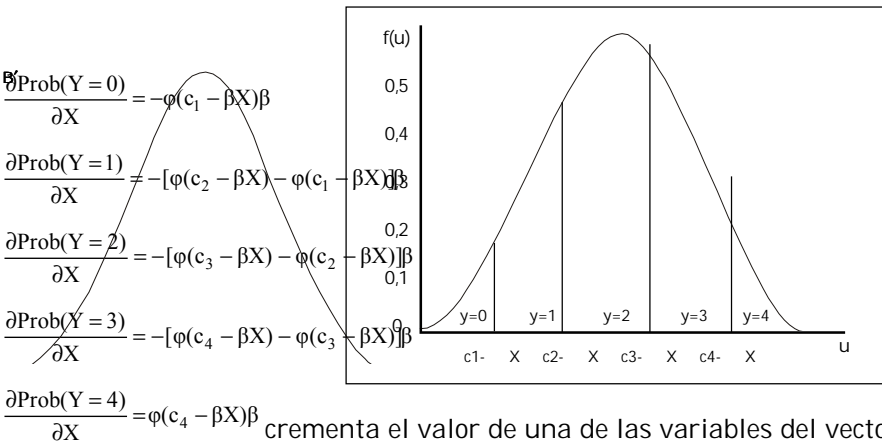
Gráfico 5. Probabilidades en el modelo Probit ordenado



El análisis de los resultados de un modelo de regresión se realiza a través de la interpretación de los efectos marginales. En este caso, los efectos marginales corresponden a la variación de la probabilidad, para cada valor que tome la variable dependiente, ante cambios en los regresores y se representan de la siguiente forma:

En el gráfico 6 se muestra la intuición de los efectos marginales. La curva de la izquierda representa las distribuciones de probabilidad de Y y Y\* .

Gráfico 6. Efectos de cambios en X sobre las predicciones de probabilidad



crementa el valor de una de las variables del vector X, manteniendo constante y cada c, corresponde a un ligero desplazamiento de la función de distribución hacia la derecha (si el  $\beta > 0$  para la variable que cambia), como se muestra con la línea sobrepuesta de la derecha. Esto indica que queda menos masa probalística a la izquierda y por tanto la probabilidad que Y = 0 decrece, en nuestro caso decrece la probabilidad que la especie sea listada como LC, de preocupación menor, pero al tiempo aumenta la masa probalística de la derecha y la probabilidad de la última categoría Y = 4, aumenta lo que indica que aumenta la probabilidad de declarar a la especie en CR peligro crítico.

Esto puede notarse a partir de las expresiones para el primero y último efecto marginal: en el primero el signo del efecto marginal tiene signo contrario a

y en el último el efecto marginal tiene igual signo que  $\beta$ . Pero el signo del cambio en la probabilidad para valores intermedios de Y es ambiguo y depende de las funciones de densidad.

$$\varphi(c_4 - \beta X)\beta$$

## V. Resultados

### A. Reptiles

El tamaño de la muestra corresponde a 33 especies. Las variables explicativas utilizadas para la estimación del riesgo de extinción de las especies de reptiles son: longitud, amazonas, A; cinturón árido pericaribeño, CAP; Chocó-Magdalena, CM; Oriconoquia, O; comercio-cacería; áreas y endémica. Los efectos marginales de cada una de estas variables sobre el riesgo de extinción por categoría se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. *Efectos marginales reptiles*

Variable	Coficiente <sup>8</sup>	LC	NT	VU	EN	CR
Longitud	0,006996 b	-0,00002	-0,00035	-0,00138	0,00132	0,00042
A	-3,806906 a	0,02695	0,38176	0,30842	-0,52465	-0,19249
CAP	3,371365 a	-0,00661	-0,13952	-0,50200	0,27380	0,37433
CM	-4,084492 a	0,02551	0,37262	0,36367	-0,51012	-0,25168
O	-4,459755 a	0,04149	0,47853	0,25688	-0,54566	-0,23124
Comercio-cacería	2,731054 a	-0,01628	-0,27058	-0,27276	0,44974	0,10988
Areas	2,435077 b	-0,00458	-0,10022	-0,41428	0,28874	0,23034
Endémica	-2,712046 b	0,01738	0,28175	0,24851	-0,44596	-0,10167

Se encuentra que el tamaño de la especie tiene incidencia, aunque pequeña, en el cambio de probabilidad del riesgo de extinción de las especies de reptiles. En general, el aumento en un centímetro en el tamaño de la especie tiene como efecto que las especies tengan menos probabilidad de ser clasificadas en riesgos de extinción menores: vulnerable, VU, cuasiamenazada, NT, y de preocupación

8 Ver el anexo 2, a y b son significativos al 1% y 5% respectivamente.

menor, LC, mientras aumenta la probabilidad de clasificación en categorías de riesgo superiores: en peligro, y en peligro crítico, por ejemplo, el efecto marginal de la variable longitud reduce la probabilidad de estar en la categoría VU vulnerable en 0,0013797, mientras que aumenta la probabilidad que una especie esté clasificada en EN en 0,0013199.

El efecto marginal de que una especie esté ubicada en una región geográfica como el amazonía, orinoquia y choco-magdalena, es positivo para las tres primeras categorías, es decir, aumenta la probabilidad de ser clasificada en LC, NT o VU si la especie se encuentra ubicada en una de estas zonas y a la vez cae la probabilidad de estar clasificado en la categoría de riesgo de extinción mayor como EN y CR. Una explicación es que en estas zonas la presión sobre las especies es alta y las modificaciones del hábitat son considerables, lo que lleva a que las especies sean consideradas en riesgo de extinción, pero en términos comparativos son zonas menos intervenidas, en relación, por ejemplo, con el cinturón árido pericaribeño. Por tanto, los impactos sobre el deterioro de las poblaciones no son suficientes para que las especies sean clasificadas en riesgos de extinción muy altos. Para ilustrar lo anterior, nótese que el aumento en la probabilidad de que el taxón sea listado como cuasiamenazado ( $Y=1$ ) es de 0,38 para Amazonas, 0,37 para Chocó-Magdalena y de 0,47 para la Orinoquia. Mientras se reduce el riesgo de ser listado en categorías de más alto riesgo. Por ejemplo, cae ostensiblemente la probabilidad de clasificación de riesgo En Peligro por pertenecer al amazonas en 0,52, a Chocó-Magdalena en 0,51 y en la Orinoquia en 0,54.

De otro lado, se tiene un orden inverso en los efectos marginales correspondientes al cinturón árido pericaribeño. Son negativos para las tres primeras categorías de riesgo LC, NT y VU, es decir, la probabilidad de que una especie sea listada en esas categorías decrece si las especies se encuentran en esta zona. Ahora bien, se tiene aumento en la probabilidad de ser listada en categorías de riesgo muy alto, EN y CR, respectivamente, lo anterior se debe a que esta zona es muy intervenida por actividades económicas.

La presión económica directa sobre el riesgo de extinción de los reptiles se refleja en comercio-cacería. Se ha encontrado que aumenta la probabilidad que una especie esté clasificada en EN en aproximadamente 0,45 y como CR en aproximadamente 0,11 mientras cae la probabilidad de que una especie sea clasificada en niveles de riesgo menor como LC, NT y VU.

La variable que denota la política de protección gubernamental sobre las especies es *Áreas*. Esta variable toma el valor de uno si la especie pertenece a un área protegida y cero si no se encuentra bajo este tipo de protección indirecta. Los

efectos marginales por variable para todas las categorías deben sumar uno, así que, los efectos marginales son positivos o negativos, por ello no puede reducirse la probabilidad de de clasificación en todas las categorías de riesgo de extinción. Los resultados indican que se reduce la probabilidad de declarar a una especie en LC, NT o VU si se encuentra en un área protegida, los efectos marginales son positivos para las categorías EN y CR, esto puede deberse a que las especies en áreas protegidas pueden ser mejor estudiadas y evaluadas por tanto puede ser clasificada en categorías de alto riesgo de extinción.

La variable *Endemica* señala si la especie clasificada es endémica de Colombia o si no lo es. Los efectos marginales para las tres primeras categorías son positivos, aumenta la probabilidad de ser clasificada en estas si la especie es endémica, y cae para las clasificaciones mayores EN y CR. Esto puede indicar que el estudio cuidadoso del estado de las poblaciones de estas especies sugiere clasificaciones de riesgo de extinción pero el estado de deterioro de la población no es suficiente para clasificaciones de muy alto riesgo.

### **B. Peces dulceacuícolas**

La muestra de peces asciende a 44 observaciones. Las variables incluidas en el análisis de regresión son: longitud, pesca no tradicional, sobre pesca, distribución restringida. Las dos primeras variables no resultaron estadísticamente significativas. Los resultados son expuestos en la tabla 3.

Tabla 3. *Efectos marginales peces*

Variable	Coficiente <sup>9</sup>	NT	VU	EN	CR
Longitud	0,004847	-0,0028999	0,001306	0,0011238	0,0002701
Pesca no tradicional	0,920768	-0,001158	-0,2982195	0,2301533	0,0692243
Sobrepesca	1,592951 b	-0,0394281	-0,3865126	0,3386227	0,0873179
Distribución restringida	-1,379626 b	0,0231403	0,3559327	-0,30178	-0,077293

La variable *Sobrepesca* indica si la especie de pez está o no sujeta a extracciones que sobrepasan la capacidad de regeneración del recurso. Las estimaciones indican que cae ostensiblemente la probabilidad en 0,38 de que una especie se encuentre bajo riesgo de extinción VU bajo la presión de sobre pesca, a la vez, aumenta la probabilidad en 0,33 que es el riesgo de extinción al que se enfrenta la especie es EN. El orden en el signo de los efectos marginales, evidencia claramente que la

9 Ver anexo 3, b es significativo al 5%.

explotación insostenible del recurso incide para que las especies pasen de riesgo de extinción menor a categorías mayores

De otro lado, los efectos marginales de la distribución restringida muestran que la identificación de esta condición de la población de las especies de peces provoca que aumente la probabilidad de encontrarse bajo riesgo de extinción NT en 0,023 y en mayor medida 0,35 de clasificación VU. Lo anterior denota la fragilidad de la especie por encontrarse en hábitats pequeños y por ello la propensión a ser clasificada en categorías de riesgo menores.

### **Conclusiones**

Los modelos económicos sobre administración de los recursos naturales renovables predicen que las especies se extinguen porque no son activos rentables. Esta extinción se manifiesta ya sea como explotación insostenible o como destrucción del hábitat. Aunque estas predicciones son evidentes, sólo hasta ahora se ofrece evidencia estadística que asocia el riesgo de extinción de las especies de reptiles y peces dulceacuícolas de Colombia con variables que representan la sobre explotación o la modificación del hábitat. Para el caso de reptiles se encuentra que aquellas especies expuestas a comercio o cacería aumenta considerablemente la probabilidad de estar bajo un riesgo muy alto de extinción, en 0,45. También para peces dulceacuícolas las especies que están sujetas a sobrepesca aumenta la probabilidad de encontrarse en un riesgo muy alto de extinción, en 0,33. Con relación a la modificación del hábitat de los reptiles se encuentra que en las zonas de la Amazonia, Orinoquia, Chocó y Magdalena es más probable que se clasifiquen a las especies en riesgo de extinción menores como de preocupación menor, cuasiamenazada o vulnerable, mientras que el cinturón árido pericaribeño, hábitat más expuesto a la intervención del hombre, es más probable que las especies se clasifiquen como En peligro o En peligro crítico.

Los resultados de este trabajo pueden usarse como guía para la valoración de la conservación de especies y hábitats. Por ejemplo, los estudios de valoración contingente pueden precisar la pregunta sobre disponibilidad a pagar sobre el cambio en la probabilidad de la supervivencia de una especie ante amenazas de sobreexplotación o destrucción del hábitat.

Anexo 1.

Tabla 1. *Resumen de las categorías y criterios de la UICN para especies*

Criterio	Subcriterios	Umbrales	Calificadores	Código
A. Rápida reducción en tamaño poblacional	1. Obvia reducción (observada, estimada o sospechada), en los últimos 10 años o 3 generaciones, por causas reversibles y conocidas y ya no operantes según cualquiera de los calificadores a-e.	Reducción: ≤90%: <b>CR</b> ≤70%: <b>EN</b> ≤50%: <b>VU</b>	a. Observación directa b. Índice de abundancia apropiado para el taxón	<b>A1a</b> <b>A1b</b> <b>A1c</b> <b>A1d</b> <b>A1e</b>
	2. Obvia reducción (observada, estimada, inferida o sospechada), en los últimos 10 años o 3 generaciones, por causas que puedan estar operando aún, o conocidas o que no son bien entendidas, o que no son reversibles, según uno cualquiera de los calificadores a-e.	≤80%: <b>CR</b> ≤50%: <b>EN</b> ≤30%: <b>VU</b>	c. Disminución en extensión de presencia, área de ocupación y/o calidad de hábitat	<b>A2a</b> <b>A2b</b> <b>A2c</b> <b>A2d</b> <b>A2e</b>
	3. Reducción proyectada o sospechada para los próximos 10 años o 3 generaciones, según uno o cualquiera de los calificadores b-e.	≤80%: <b>CR</b> ≤50%: <b>EN</b> ≤30%: <b>VU</b>	d. Niveles de explotación reales o potenciales	<b>A3a</b> <b>A3b</b> <b>A3c</b> <b>A3d</b> <b>A3e</b>
	4. Reducción (observada, inferida, proyectada, o sospechada), en 10 años o 3 generaciones* y donde el lapso de tiempo debe incluir el pasado y el futuro, y cuyas causas pueden estar aún operando o no estar bien entendidas o no ser reversibles, según uno o cualquiera de los calificadores a-e.	≤80%: <b>CR</b> ≤50%: <b>EN</b> ≤30%: <b>VU</b>	e. Efectos de biota introducida, hibridización patógenos, contaminantes, competidores o parásitos	<b>A4a</b> <b>A4b</b> <b>A4c</b> <b>A4d</b> <b>A4e</b>
B. Areal pequeño, fragmentado o en disminución constante	1. Extensión de presencia (estimada) inferior a cualquiera de los umbrales expuestos abajo, y cumple 2 cualquiera de los subcriterios de a-c. <100 Km <sup>2</sup> : <b>CR</b> <5.000 Km <sup>2</sup> : <b>EN</b> <20.000 Km <sup>2</sup> : <b>VU</b>	a. Severamente fragmentado o se conoce que existe en solo: 1 localidad: <b>CR</b> <5 locals.: <b>EN</b> <10 locals.: <b>VU</b>	i. Extensión de presencia ii. Área de ocupación iii. Área, extensión y/o calidad del hábitat iv. Número de localidades o subpoblaciones	<b>B1a</b> <b>B1b(i)</b> <b>B1b(ii)</b> <b>B1b(iii)</b> <b>B1b(iv)</b> <b>B1b(v)</b> <b>B1c(i)</b> <b>B1c(ii)</b> <b>B1c(iii)</b> <b>B1c(iv)</b>
	2. Área de ocupación (estimada) inferior a cualquiera de los umbrales expuestos abajo y cumple dos cualquiera de los subcriterios a-c. <10 Km <sup>2</sup> : <b>CR</b> <500 Km <sup>2</sup> : <b>EN</b> <2.000 Km <sup>2</sup> : <b>VU</b>	b. Declinación continua (observada, inferida o proyectada), según cualquier calificador entre i-iv.  c. Fluctuaciones extremas según cualquier calificador entre i-iv	v. Número de individuos maduros	<b>B2a</b> <b>B2b(i)</b> <b>B2b(ii)</b> <b>B2b(iii)</b> <b>B2b(iv)</b> <b>B2b(v)</b> <b>B2c(i)</b> <b>B2c(ii)</b> <b>B2c(iii)</b> <b>B2c(iv)</b>

\* Lo que sea mayor, hasta un valor máximo de 100 años



Tabla 1. *Continuación*

criterio	Subcriterios	Umbrales	Calificadores	Código
C. Población pequeña y en dismunición	Tamaño estimado de la población (en número de individuos maduros) inferior al umbral estipulado abajo, y cumple al menos 1 ó 2	1. Reducción estimada mayor al umbral:	Ninguno	<b>C1</b>
	<b>CR</b> < 250 individuos maduros. <b>EN</b> < 2500 individuos maduros. <b>VU</b> < 2500 individuos maduros.	>25% en 3 años o 1 generación:** <b>CR</b> >20% en 5 años o 2 generaciones:** <b>EN</b> >10% en 10 años o 3 generaciones:** <b>VU</b>	i. Todas las subpoblaciones tienen menos de 50 ( <b>CR</b> ), 250 ( <b>EN</b> ) ó 1000 ( <b>VU</b> ) individuos maduros	<b>C2a(i)</b> <b>C2a(ii)</b>
		2. Declinación continúa en el número de individuos maduros y cumple <b>a o b</b> :	ii. Por lo menos el 90% ( <b>CR</b> ), 95% ( <b>EN</b> ) ó 100% ( <b>VU</b> ) de los individuos está en una sola subpoblación	<b>C2b</b>
		<b>a.</b> Estructura de las poblaciones como en <b>i o ii</b>	Ninguno	
		<b>b.</b> Fluctuaciones extremas en número de individuos maduros	Ninguno	
<b>D1.</b> población muy pequeña	Población < 50 individuos maduros: <b>CR</b> Población < 250 individuos maduros: <b>EN</b> Población < 1000 individuos maduros: <b>VU</b>			<b>D1</b>
<b>D2.</b> Areal muy pequeño	Área de ocupación < 20 Km2 o < 5 localidades (solo <b>VU</b> )			<b>D2</b>
<b>E.</b> Análisis de viabilidad de poblaciones	Probabilidad de extinción en estado silvestre:>50% en 10 años o 3 generaciones*: <b>CR</b> >20% en 20 años o 5 generaciones*: <b>EN</b> >10% en 100 años: <b>VU</b>			<b>E</b>

*Anexo 2. Estimaciones de reptiles y peces dulceacuícolas*

Dependent Variable: CATEGORIA

Method: ML - Ordered Logit (Quadratic hill climbing)

Sample: 1 33

Included observations: 33

Number of ordered indicator values: 5

Convergence achieved after 13 iterations

Covariance matrix computed using second derivatives

Tabla 1. *Estimación reptiles*

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
LONGITUD	0,006996	0,003201	2,185634	0,0288
A	-3,806906	1,269894	-2,997814	0,0027
CAP	3,371365	1,257342	2,681342	0,0073
CM	-4,084492	1,419943	-2,876519	0,004
O	-4,459755	1,297713	-3,436627	0,0006
COMERCIO_CACERIA01	2,731054	1,119221	2,440139	0,0147
AREAS	2,435077	1,120483	2,173238	0,0298
SIENDE	-2,712046	1,173536	-2,311003	0,0208
		Limit Points		
LIMIT_1:C(9)	-6,332093	2,119966	-2,986884	0,0028
LIMIT_2:C(9)	-3,072383	1,485166	-2,068713	0,0386
LIMIT_3:C(11)	-0,33445	1,215524	-0,275149	0,7832
LIMIT_4:C(12)	2,43655	1,35821	1,793942	0,0728
Akaike info criterion	2,493545	Schwarz criterion		3,03773
Log likelihood	-29,1435	Hannan-Quinn criter.		2,676647
Restr. Log likelihood	-50,75897	Avg. log likelihood		-0,883136
LR statistic (8 df)	43,23094	LR index (Pseudo-R2)		0,425845
Probability(LR stat)	7,95E-07			

Tabla 2. *Estimación peces*

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
LONGITUD	0,004847	0,003561	1,360961	0,1735
PESCA_NO_TRAD01	0,920768	0,580828	1,585269	0,1129
SOBREPESCA	1,592951	0,647491	2,460189	0,0139
DISTRIBUCION_RESTRIGIDA0	-1,379626	0,575684	-2,396501	0,0166
		Limit Points		
LIMIT_2:C(5)	-1,400089	0,609055	-2,298791	0,0215
LIMIT_3:C(6)	1,472955	0,665764	2,212427	0,0269
LIMIT_4:C(7)	3,506861	0,855317	4,100074	0
Akaike info criterion	1,840196	Schwarz criterion		2,124044
Log likelihood	-33,4843	Hannan-Quinn criter,		1,94546
Restr. Log likelihood	-49,09871	Avg. log likelihood		-0,761007
LR statistic (4 df)	31,22882	LR index (Pseudo-R2)		0,318021
Probability(LR stat)	2,75E-06			

### Anexo 3. Pruebas de significancia de los modelos estimados

Este tipo de pruebas están encaminadas a verificar estadísticamente la significancia de uno o varios regresores individualmente y en conjunto. La hipótesis nula, se puede plantear de una forma general para todas las pruebas de la siguiente forma:

$$H_0 : F(B) = 0$$

$$H_1 : F(B) \neq 0$$

Donde  $F(\cdot)$  es la forma funcional seleccionada debido a la no linealidad de los parámetros.

#### Prueba de Cociente de Verosimilitudes

Evalúa la hipótesis de que los coeficientes de las variables explicativas ( $\beta$ ) son iguales a cero. Para ello, estima el modelo restringido asumiendo que todas las pendientes del modelo son cero excepto para el intercepto y los límites, y estima el logaritmo de verosimilitud. Por consiguiente, en este contraste no hay restricciones para el intercepto y los límites. El estadístico es:

$$LR = -2(\ln \hat{L}_r - \ln \hat{L}) \xrightarrow{d} \chi^2(g)$$

Donde  $\hat{L}_r$  y  $\hat{L}$  son las funciones de verosimilitud logarítmica de los modelos restringido y no restringido respectivamente. Este estadístico se distribuye como una  $\chi^2$  con  $g$  grados de libertad iguales al número de parámetros restringido o variables explicativas.

Las pruebas para los diferentes modelos se presentan en la siguiente tabla al 5% de significancia

Tabla 1. Pruebas de hipótesis de cocientes de verosimilitudes

Estimación	Estadístico LR	Grados de Libertad	Valor de $\chi^2$	Decisión
Reptiles	$-2(-50,75897+29,14350)$ $-4323090$	8	15,51	Rechazar $H_0$
Peces	$LR-2(49,0981+33,4843)$ $-31,2281$	4	9,49	Rechazar $H_0$

Fuente: Tomado de Castaño (2002, p. 36)

Según esta prueba, para las dos estimaciones, los modelos son estadísticamente significativos en su conjunto.

## Bibliografía

- ALEXANDER, Robert, 2000 "Modeling Species Extinction: The Case for Non Consumptive Values". *Ecological Economics*. Vol. 35, pp. 259-269
- AMEMIYA, Takeshi, 1985. *Advanced Econometrics*. Cambridge MA, Harvard University Press.
- ARDILA, Néstor; NAVAS, Gabriel y REYES, Javier, (eds.), 2002. *Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia*. Santafé de Bogotá, Invemar, Ministerio del Medio Ambiente, La serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia.
- CASTAÑO, Olga (ed.), 2002. *Libro rojo de reptiles de Colombia*. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá D.C., Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Conservación Internacional Colombia.
- CABRER, Sancho y SERRANO, G., 2001. *Microeconomía y decisión*, Madrid, Pirámide.
- GREENE, William, 1999. *Análisis econométrico*, Madrid, Prentice Hall Iberia,. Traducción de Econometric Analysis (1998), Prentice Hall Inc.
- HANLEY, Nick; SHOGREN, Jason y WHITE, Ben, 1997. *Environmental Economics in Theory and Practice*. Oxford, Oxford University Press.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE, 2001. "Categorías y criterios de la lista roja de la UICN", Versión 3,1, <http://www.iucn.org/tehemis/ssc/red-lists.html> (abril 13 de 2003).
- MADDALA, C., 1983. *Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge University Press.
- MEJÍA, L. S. y ACERO, A. (eds.), 2002. Libro Rojo de peces marinos de Colombia. Bogotá, Invemar, Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. La serie de libros Rojos de especies amenazadas de Colombia.
- METRICK, Andrew y WEITZMAN, Martín, 1996. "Patterns of Behavior in Endangered Species Preservation". *Land Economics*. Vol. 72, pp. 1-16.
- MOJICA, J. J., CASTELLANOS, S.; USMA y ÁLVAREZ, R. (eds.), 2002. *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia*. La serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia, Bogotá, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente.
- RENJIFO, L. M., FRANCO-MAYA, A. M. ; AMAYA-ESPINEL, J. D. ; KATTAN, G. H. y LÓPEZ-LANÚS B. (eds.), 2002. *Libro rojo de aves de Colombia*. Serie libros Rojos de especies amenazadas de Colombia, Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente.
- SWANSON, Timothy, 1994. "The Economics of extinction Revisited and Revised: a Generalized Framework for the Analysis of the Problems of Endangered Species and Biodiversity Losses". *Oxford Economic Papers*, Vol. 46, pp. 800-821.