

Riesgos Resultantes Del Cultivo De Coca (*Erythroxylum Coca*) Para La Fauna Anfibia Colombiana: Análisis Geográfico

J D Lynch¹ and S B Arroyo¹

¹ Laboratorio de Anfibios, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

La fauna anfibia colombiana es una de las más ricas que se conocen en el mundo, con cerca de 20 especies de salamandras (orden Caudata), 35 especies de cecilias sin patas (orden Gymnophiona) y más de 700 especies de ranas y sapos (orden Anura), registradas en diferentes lugares del país. Se examinaron los potenciales efectos de la exposición al glifosato resultante de la producción de cultivos ilícitos (coca) en los anfibios. El análisis se basó en 1) el comportamiento y ecología de las especies y 2) en la proximidad entre los lugares de los registros existentes en el museo y los lugares en los que se están produciendo cultivos ilícitos, y el subconjunto de ellos que han sido asperjados con glifosato. Con base en los datos sobre la localización de los anfibios recolectados en Colombia, se obtuvieron registros de 193 especies (28% de la diversidad nacional) de ranas y sapos, encontrados en un perímetro de 10 km de las áreas donde se cultiva coca. Análisis adicionales con software ARC MAP permitieron medir la distancia directa que separaba los lugares de recolección de las ranas, de los campos de coca identificados y de las áreas donde se estaba llevando a cabo aspersión aérea. Los registros dentro o cerca de los campos de coca incluyeron datos de 11 de 13 familias de ranas y sapos que se sabía estaban presentes en Colombia. Solamente Ceratophryidae y Pipidae no fueron reportadas en estos lugares y parecen no estar en riesgo. En el caso de 8 especies (*Dendrobates truncatus*, *Craugastor raniformis*, *Pristimantis gaigeae*, *Smilisca phaeota*, *Elachistocleis ovale*, *Hypsiboas crepitans*, *Trachycephalus venulosus*, and *Pseudis paradoxa*), seleccionadas por representar diferentes preferencias de hábitat y estrategias

de ciclo vital, las grandes áreas de su distribución estaban localizadas por fuera de las regiones productoras de coca y sus poblaciones como un todo están en bajo riesgo. Para un número limitado de especies, que escasamente penetran el territorio colombiano, las consecuencias de la producción de coca pueden ser más serias y haber puesto en peligro a algunas de ellas. Estas incluyen *Ameerega bilingua*, *Dendropsophus bifurcus*, *Pristimantis colomai*, *P. degener*, *P. diadematus*, *P. quaquaversus*, *P. variabilis*, *Trachycephalus jordani*. Otras especies también pueden estar en riesgo, pero la cifra exacta se desconoce porque se han llevado a cabo pocas investigaciones en estas áreas en los últimos 30 años. Se presume que los principales rangos para estas especies estén en Ecuador.

Actualmente el herbicida glifosato (Glyphos®) se emplea para el control de la producción de coca (*Erythroxylum coca*) en un programa de erradicación mediante aspersión aérea (Solomon et al., 2007). En lo concerniente al programa de control mediante aspersión han surgido varios temores, que van desde el daño a los cultivos vecinos hasta los efectos ambientales adversos. Dado que los estadios larvales de los anfibios son sensibles al glifosato formulado (Bernal et al., 2009b), éstos pueden estar particularmente en riesgo. Adicionalmente, los plaguicidas empleados por los cultivadores en la producción de coca también presentan un riesgo para los anfibios larvales, cuando éstos se hallan dentro de los cultivos de coca o cerca de sus límites (Brain y Solomon 2009).

Todos los anfibios tienen pieles permeables y por consiguiente son especialmente susceptibles a la aplicación de químicos externos, como es el caso de los plaguicidas (Stebbins y Cohen 1995). Las rutas de exposición en los anfibios terrestres incluyen el contacto directo de la piel expuesta con las gotas de la aspersión o el contacto con las superficies asperjadas, como es el caso de los animales que se movilizan sobre las hojas recién asperjadas. Adicionalmente, la contaminación del agua a través de la aspersión directa o por la deriva de la aspersión puede generar exposición para los estadios larvales acuáticos.

Recibido x de Julio de 2008; aceptado xx yy de 2008

© Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, 2009. Este trabajo fue preparado como parte del Estudio titulado "La Producción de Drogas Ilícitas, el Medioambiente y la Salud Humana," financiado con contribuciones de los Gobiernos de Colombia y de los Estados Unidos de América. Las conclusiones y opiniones expresadas en el mismo pertenecen a los autores y no necesariamente representan las de la Organización de los Estados Americanos o su Secretaría General, la cual, a la fecha de adquisición de los derechos de autor, no ha formulado ninguna opinión respecto de aquellas.

Dirección de correspondencia: J D Lynch, Laboratorio de Anfibios, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia jdlynch@unal.edu.co

El comportamiento de la mayoría de los anfibios reduce el riesgo de la exposición directa a la aspersión. Con pocas excepciones, los anfibios colombianos son seres nocturnos, que salen cuando las temperaturas del aire han descendido y la humedad relativa del aire excede el punto de rocío. Aparte de Dendrobatids, una familia de ranas compuesta por especies casi exclusivamente diurnas, los ciclos de actividad nocturna de los anfibios los hacen menos probablemente expuestos a experimentar la aplicación directa de las aspersiones. La excepción son algunas especies que “duermen” en posiciones expuestas (la *Rana platanera*, conocida por los colombianos que visitan las tierras bajas adyacentes a la cordillera oriental, es una especie -en realidad, un par de especies- de la cual hay muchas observaciones casuales de especímenes “durmiendo” sobre las hojas, a plena luz del sol) y los juveniles de muchas especies y renacuajos de algunas. Dado que la aspersión de erradicación sólo se lleva a cabo a la luz del día y temprano (Solomon et al., 2007), la ruta más probable de exposición es mediante el contacto con las superficies asperjadas. El glifosato y el surfactante tallow amina polietoxilada (POEA), con el cual se formula, se absorben fuertemente en el suelo y la materia orgánica (Tsui and Chu 2004, Wang et al., 2005), reduciendo la probabilidad de exposición a partir de estas fuentes. Sin embargo, el contacto con las hojas puede permitir la exposición. Otros plaguicidas más tóxicos, como los utilizados por los productores de coca (Brain y Solomon 2009), pueden no ser absorbidos tan fuertemente y estar más biodisponibles por esta ruta.

PRODUCCIÓN DE COCA

En Colombia, las plantas de coca crecen en áreas en las que previamente hubo bosque húmedo tropical. La planta es un arbusto que crece entre 1,5 y 2 m. En la mayoría de casos, las plantas de coca son cultivadas en áreas taladas; pero para evitar su detección, este cultivo ilícito también se puede encontrar en medio de otros cultivos como las plantaciones de plátano. La característica más obvia del cultivo de coca es la degradación del ecosistema. Para preparar el terreno para una siembra de coca, los productores deforestan desde el dosel hasta el lecho de hojas (ver pág 49 del libro *Colombia/ Monitoreo de Cultivos de Coca*, Anon 2006, también disponible en http://www.biesimci.org/Documentos/archivos/Colombia_coca_survey_es05.PDF), dejando el hábitat completamente destruido con las actividades mecánicas.

La producción de coca ocasiona la alteración del hábitat natural (Brain and Solomon 2009), lo cual puede tener efectos adversos significativos en las ranas. Las ilustraciones del libro *Colombia/ Monitoreo de Cultivos de Coca* (Anon 2006, páginas 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33-35) muestran gráficamente el grado de alteraciones ambientales y/o la destrucción que acompaña las plantaciones de coca. Los efectos adversos importantes

sobre las ranas, ocasionados por la alteración en el hábitat, han sido ilustrados por una investigación llevada a cabo en Leticia (la ciudad más suroriental de Colombia) (Lynch 2005). Después de un inventario intensivo llevado a cabo durante tres meses, en una pequeña área (aproximadamente 5 km x 5 km), a inicios de 2003, se detectó cierto número de especies de ranas y sapos, en hábitats no intervenidos. El inventario reveló la presencia de 96 especies y con esfuerzos adicionales realizados en los tres años siguientes aumentó el número de especies capturadas sólo a 98. Fuera de los lugares que representaban los hábitats “naturales”, se recolectaron muestras ocasionales a lo largo de un transecto definido por el grado de intervención o modificación del hábitat: (1) los hábitats menos intervenidos fueron las *chagras* (pequeñas propiedades) de las comunidades indígenas de Huitotos y Ticunas; una mayor intervención (o modificación del hábitat) evidente en (2) las granjas abandonadas de los colonos (áreas en recuperación hacia el hábitat nativo), (3) las granjas activas de los colonos, (4) las instalaciones militares y (5) las zonas verdes del centro urbano de Leticia. Se encontraron treinta especies en comunidades humanas y en áreas en recuperación. En las granjas activas y en algunas áreas de las instalaciones militares se encontraron cerca de veinte especies. En las instalaciones militares con mayor eliminación del bosque natural (por ejemplo, las inmediatamente adyacentes a Leticia), sólo se encontraron 12 especies de ranas y sapos. En los parques de la ciudad (y en lotes baldíos) sólo se detectaron 6 especies de ranas.

Estos datos proporcionan el referente necesario para evaluar el efecto de la producción de coca (como cultivo ilegal) sobre la fauna de anfibios colombianos. Los cultivos de coca presentan alteraciones más severas que las de las *chagras* indígenas del área de Leticia (Lynch 2005). Según esto, es probable que el cultivo mismo de coca reduzca la fauna residente de ranas aproximadamente en el 90% (ver arriba), antes de considerar los efectos de la aspersión de glifosato sobre la fauna de anfibios.

En ocasiones las alteraciones del hábitat favorecen a algunos anfibios. De acuerdo con el estudio de *Pristimantis*¹ (Lynch 1998) en la Cordillera Occidental (un área originariamente cubierta por bosque montano perenne) y con la fauna de los alrededores de Leticia (Lynch 2005) (una región que originariamente fue bosque húmedo bajo), hay algunas especies en cada fauna que

¹ Actualmente la clasificación de los anfibios es objeto de mucho debate e inestabilidad y los autores son conscientes de que la nomenclatura cambiará en el futuro próximo. La nomenclatura empleada en este artículo es la vigente, excepto en lo que respecta a Hedges et al. (2008a), a quien no seguimos en su partición de la familia Brachycephalidae en 4 familias, debido a que su estudio fue fenético con apariencia de filogenético (adicionalmente, los nuevos nombres propuestos en el estudio no están disponibles ya que el documento no cumple con el Artículo 13.1.1; ICZN, 1999) y en que seguimos a Wiens et al. (2005, 2007) y no a Frost et al. (2006) en lo referente a la Hemiphractidae.

parecen haberse beneficiado con la intervención humana (o modificación del hábitat). Estas especies se volvieron comunes en áreas que han experimentado remoción completa o parcial de la vegetación nativa y se encuentran difícilmente en búsquedas intensivas en los hábitats naturales (de bosque). Estas especies (incluyendo *Pristimantis brevifrons*, *P. erythropleura*, *P. palmeri* y *Craugastor raniformis*), tal vez se volvieron más numerosas al aliviarse la necesidad de competir con otras especies (la mayoría de las especies en la comunidad reaccionan adversamente a la alteración del hábitat, en términos de números o visibilidad). Sin embargo, se dispone de claves adicionales de otras especies, como *Trachycephalus venulosus*, una rana que habita el dosel en los bosques de tierras bajas en Colombia. Aunque los adultos viven en los confines del bosque, las especies parecen necesitar hábitats “abiertos” para reproducirse. Presumiblemente, antes de la generalización de la intervención humana (o modificación del hábitat), estas ranas empleaban los descampados generados por las ocasionales caídas de árboles en los ecosistemas de bosque nativo; ahora, por supuesto, la creación de pastizales y tierras de cultivo les garantiza muchas más oportunidades.

El objetivo de este estudio fue evaluar los riesgos probables para la fauna anfibia colombiana resultantes de la producción de coca. En el Instituto de Ciencias Naturales de Bogotá se conservan extensos registros de la ocurrencia de fauna anfibia colombiana. Para evaluar los probables riesgos de la producción de coca en este grupo de fauna, se compararon los registros espaciales de la ocurrencia de todas las especies con las áreas conocidas de producción de coca y con los lugares de aspersión para erradicación. Adicionalmente se revisaron las amenazas para la especie, ecológicas y del comportamiento, en relación con la pérdida del hábitat y la exposición potencial a los químicos empleados para la producción de coca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Identificación de los grupos de anfibios en riesgo

De acuerdo con el uso del hábitat y con su comportamiento, es probable que algunos anfibios no sean afectados por la producción de coca o la aspersión para erradicación. Es probable que las cecilias no se afecten con la aplicación de glifosato, ya que la mayoría son especies subterráneas que salen a la superficie especialmente en las noches lluviosas en busca de lombrices de tierra. Tres especies de cecilias son acuáticas y están distribuidas en ríos grandes y en cañadas y ciénagas. Estas áreas no son utilizadas para la producción de coca, y por consiguiente, es poco probable que las cecilias estén expuestas a los plaguicidas.

La fauna de salamandras de Colombia es escasa y sus especies están distribuidas desde las tierras bajas hasta los

páramos, cerca de 3.200 metros sobre el nivel del mar (s.n.m.). Aparte de estas pocas especies restringidas (o casi restringidas) a los hábitats de páramo sin árboles, todos estos animales requieren ambientes de bosque denso, que los mantienen relativamente protegidos de los plaguicidas utilizados en la producción de coca o en la erradicación. De manera similar, todas las salamandras son especies con desarrollo directo y sus embriones (o “huevos”) se encuentran en los lechos de hojas o en las epífitas (nuevamente, con una exposición ambiental mínima a químicos externos).

La mayor proporción de anfibios en Colombia está conformada por ranas y sapos, distribuidos a través de todo el espectro de hábitats, desde húmedos a secos, y desde el nivel del mar hasta por lo menos 4.350 m s.n.m. De las familias de ranas y sapos actualmente reconocidas en Colombia (Wiens et al., 2005, Frost et al., 2006, Grant et al., 2006), la más grande es la Brachycephalidae (38 %), seguida por la Hylidae (19 %), la Bufonidae (9 %), Centrolenidae (10 %) y Dendrobatidae (10 %). Las otras 8 familias son pequeñas (2 a 30 especies) con una proporcionalidad notoriamente baja, mucho menor de 1% hasta máximo 3% de la fauna de ranas colombianas (Aromobatidae, Ceratophryidae, Hemiphractidae, Leiuperidae, Leptodactylidae, Microhylidae, Pipidae, y Ranidae).

Más de un tercio de las especies de ranas colombianas pertenecen a la familia Brachycephalidae. Las ranas braquicefálicas son sensibles a la humedad disponible y están ausentes (o casi) en las áreas secas de Colombia (Llanos Orientales, tierras bajas del Caribe, valles interandinos y sombras de lluvia de los enclaves secos distribuidos a lo largo de la cordillera de los Andes). Fuera de las especies que están restringidas en la distribución por encima de la línea arbórea (las especies de páramo), todas las especies nativas de braquicefálicos son residentes de los bosques. Con estas excepciones, los braquicefálicos en Colombia se encuentran usualmente en hábitats de bosque, cuya modificación substancial determina que las especies se vuelvan raras (o desaparezcan). En Colombia, hay especies de braquicefálicos en las tierras bajas pero se encuentran raramente (e.g. = no capturadas y/u no observadas todas las noches), excepto en las tierras bajas del Pacífico de Colombia. Por lo menos 90% de los braquicefálicos de Colombia están restringidos en distribución a la cordillera de los Andes (y la Sierra Nevada de Santa Marta) y tienen pocas áreas de distribución, organizadas en bandas altitudinales, en las laderas de las montañas (Lynch 1998, 1999b). Los braquicefálicos también son atípicos de la imagen de los sapos y ranas propios de la zona Templada Norte, en cuanto estas ranas son desarrolladores directos (no tienen estadio de renacuajos). Las especies restantes de ranas y sapos colombianos se dividen en 12 familias, la

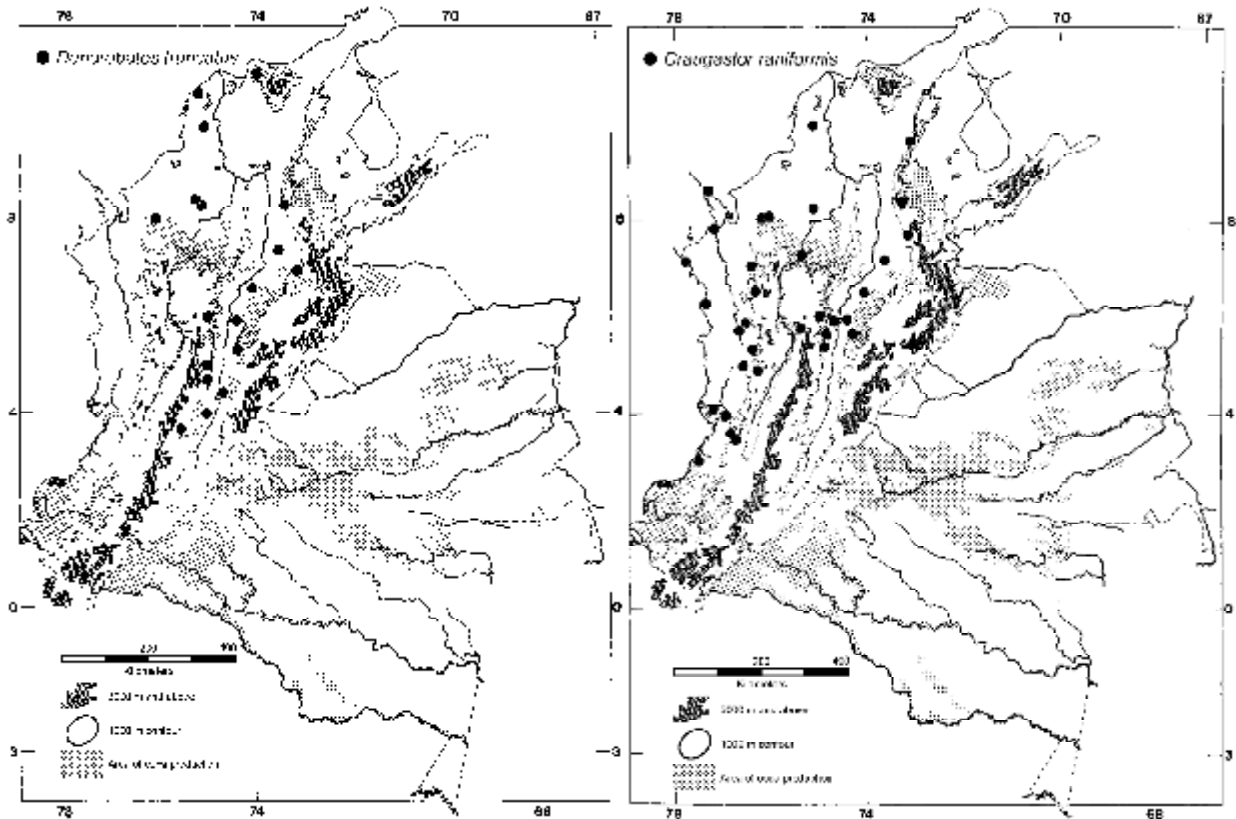


FIG 1. Distribución de *Dendrobates truncatus* (endémica en Colombia) y *Craugastor raniformis*, con base en los registros documentados en la Colección de Anfibios del Instituto de Ciencias Naturales.

mayoría de las cuales incluyen fracciones sustanciales de la diversidad local con historias de vida “típicas” (e.g. renacuajos acuáticos) y pueden estar expuestas a los plaguicidas en sus estadios terrestres y acuáticos. Las siguientes secciones revisan la distribución de las ranas y sapos colombianos en relación con la distribución general.

Cerca de 60% de la fauna de ranas colombianas está confinada a los Andes y la Sierra Nevada de Santa Marta (Lynch et al., 1997) y casi todas las especies endémicas del país se encuentran en la zona andina o en el bioma del Chocó. Los altos niveles de endemividad resultan principalmente del hecho de que las especies andinas tienden a tener pequeñas áreas de distribución, mientras que las especies de tierras bajas tienden a estar distribuidas más ampliamente. La producción de coca (como cultivo ilegal) no está distribuida al azar en el país (Figuras 1-4 en este artículo y ver Anon 2006, Figuras en páginas 9 y 12 y ver página 80 para el patrón de distribución geográfica de la aspersión aérea) y es más prevalente en las tierras bajas. Los casos en los cuales una gran proporción de los lugares conocidos para algunas especies de ranas (en Colombia) están dentro, cerca o rodeados por las áreas de producción de coca, se limitan a las especies que tienen sólo una pequeña parte de su distribución en Colombia. Para estas especies, la alta densidad de la producción de coca en las

tierras bajas occidentales de Caquetá y Putumayo y en las orientales del Cauca implica un alto riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados para la producción y erradicación de la coca. Lo mismo ocurre con las tierras bajas occidentales de Nariño.

Para las otras 12 familias de ranas y sapos, Lynch (1999a) observó que la mayoría de grupos de ranas y sapos estaban clasificados en los grupos andinos (incluyendo las tierras bajas del Pacífico) y de tierras bajas y que esta clasificación se extendía prácticamente al nivel del género. Otras tres familias (Aromobatidae, Bufonidae y Dendrobatidae) tienen una representación significativa tanto en las zonas altas como en las tierras bajas, mientras que las familias restantes pueden ser consideradas como andinas o de tierras bajas. El modo de reproducción dominante para estas 12 familias (exceptuando Hemiphractidae) incluye un estadio de renacuajo acuático.

La familia de especies predominantes (Hylidae) para las tierras bajas tiene un componente andino menor; esta familia también tiene una representación significativa en el país (19% de las especies registradas para Colombia). Todas las especies de Hylidae también son ranas “típicas” por tener renacuajos acuáticos. Dentro de esta familia, muchas especies muestran una baja fidelidad a los bosques, especialmente durante su temporada reproductiva. Esta falta de fidelidad a las condiciones que

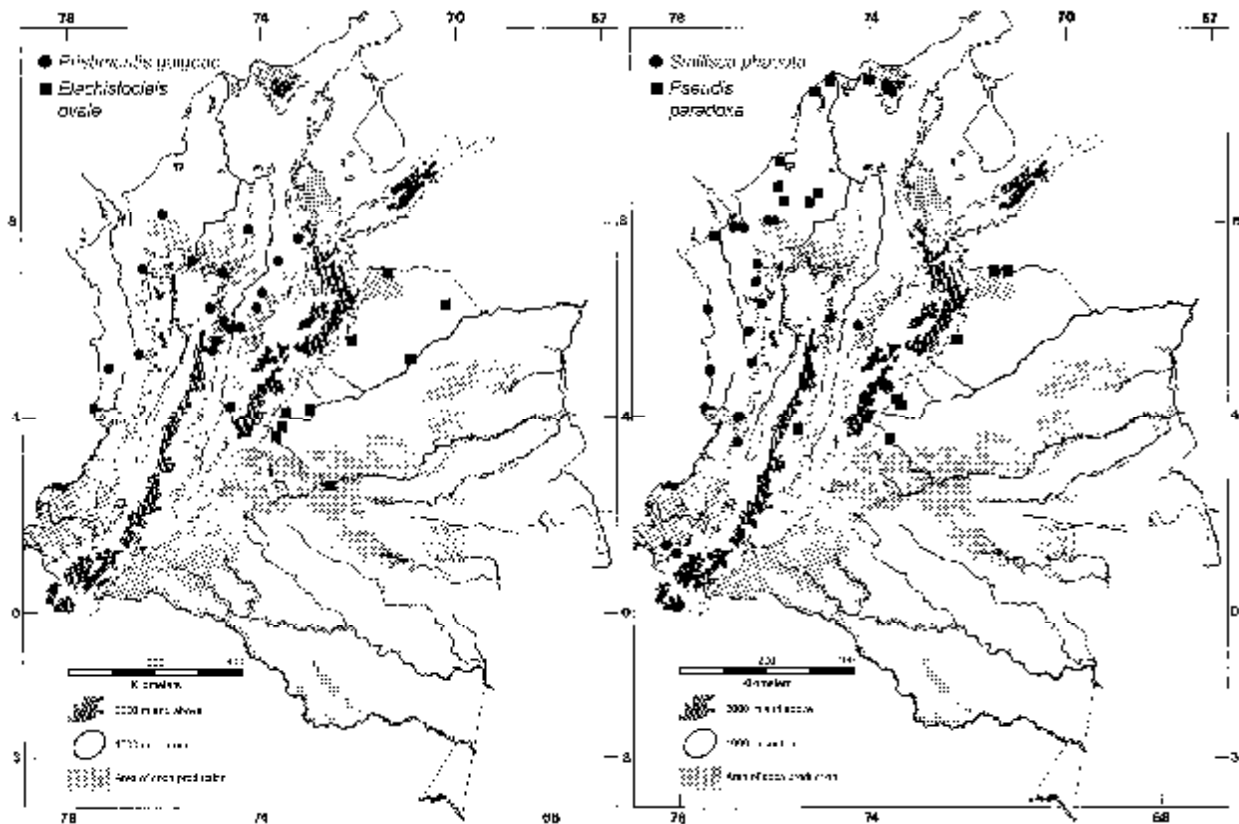


Figura 2. Distribución de *Elechistocleis ovale*, *Pristimantis gaigeae*, *Pseudis paradoxa*, y *Smilisca phaeota* con base en los registros documentados en la Colección de Anfibios del Instituto de Ciencias Naturales. Los registros adicionales de *P. gaigeae* están disponibles en Lynch (1999b) y de *S. phaeota* en (Duellman y Trueb 1986).

podrían reducir su exposición a los plaguicidas empleados en la producción y erradicación de la coca, aumenta la probabilidad de que experimenten efectos negativos resultantes de la producción de coca. Adicionalmente, hay muchas especies “típicas” de condiciones abiertas (naturales o producidas por intervención (o modificación del hábitat)), es decir, no cubiertas por bosque.

Los sapos verdaderos (familia Bufonidae) están mejor representados en los Andes (y la Sierra Nevada de Santa Marta) que en las tierras bajas. Las especies andinas tienen renacuajos adaptados a las corrientes (*Atelopus*) o muestran desarrollo directo (*Osornophryne*, *Rhamphophryne*). El *Atelopus* deposita sus masas de huevos en el agua, usualmente adheridos a la superficie de las piedras. El hábitat (por encima de la altitud en la que crece la coca) y la biología reproductiva reducen la exposición a los plaguicidas utilizados en la producción y la erradicación de la coca. En las tierras bajas (y en las partes más bajas de las pendientes de las montañas), se encuentran los sapos más “típicos” (*Chaunus*, *Dendrophryniscus*, *Incilius*, *Rhaebo*, y *Rhinella*) con sus renacuajos en los lagos o en cañadas de movimiento lento. Excepto el *Chaunus*, éstos son organismos de bosques

nativos densos y en virtud de que viven bajo un dosel no perturbado, es probable que no estén expuestos a los plaguicidas utilizados en la producción y erradicación de la coca.

Las ranas cristal (familia Centrolenidae) son típicas de las cañadas de los Andes y la Sierra Nevada de Santa Marta. Adicionalmente, son organismos que requieren en cierta medida la vegetación original (pero son tolerantes a los bosques de galería en las tierras de pastoreo). La mayoría de especies depositan sus embriones en la vegetación (sobre una cañada) donde transcurre aproximadamente la primera semana de desarrollo. Posteriormente, los renacuajos caen en la cañada y resisten la corriente ocultándose en la vegetación dentro de la cañada o enterrándose en el sustrato. Estos renacuajos son activos por la noche. Las ranas centrolénidas también están presentes en los bosques de tierras bajas más húmedos de Colombia, pero raramente son recolectadas allí, presumiblemente porque los adultos ocupan el dosel. Una vez más, la necesidad de estar bajo la cubierta del bosque reduce la probabilidad de exposición a los plaguicidas utilizados en la producción y erradicación de la coca. Sin embargo, el hecho de que sobrevivan (aparentemente bien) en remanentes simples (bosques de

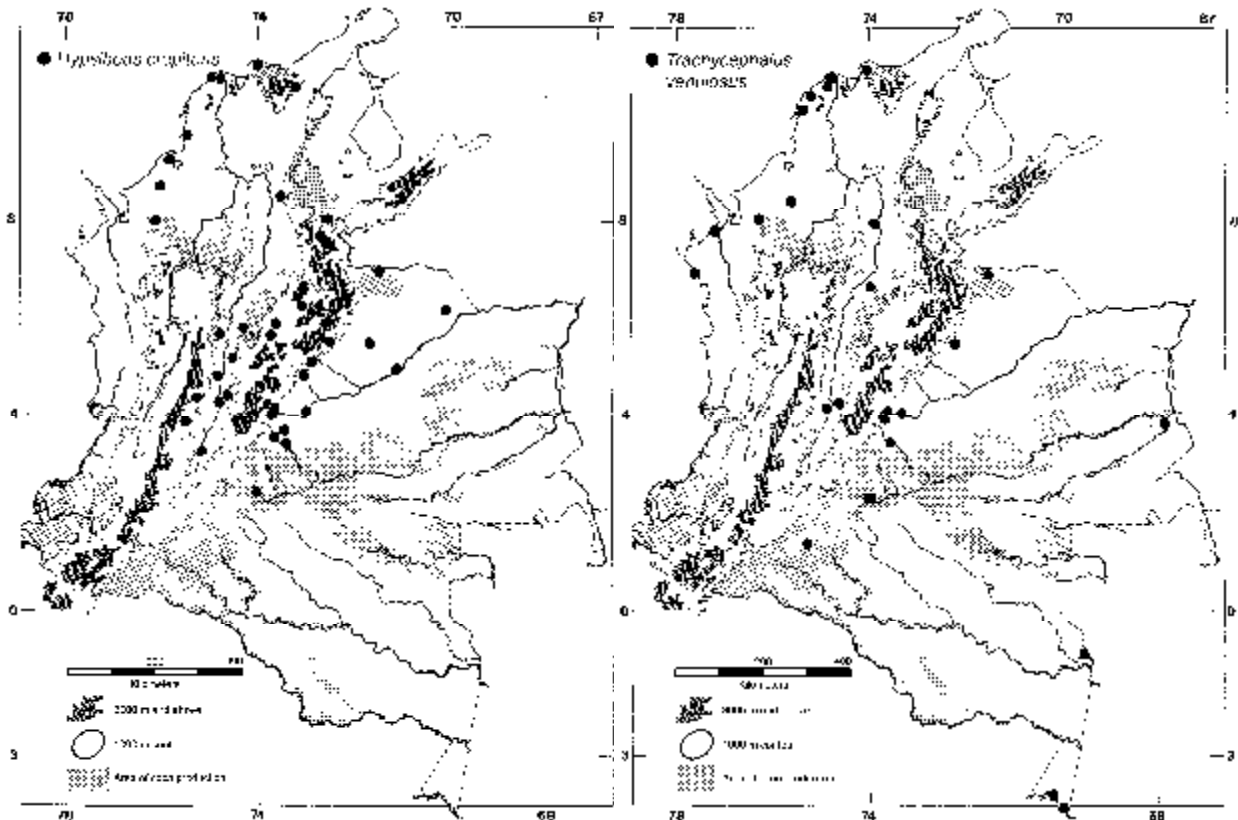


Figura 3. Distribución de *Hypsiboas crepitans* y *Trachycephalus venulosus* con base en los registros documentados en la Colección de Anfibios del Instituto de Ciencias Naturales. Los registros adicionales de *H. crepitans* están disponibles en (Lynch and Suarez-Mayorga 2001).

galería) podría determinar la exposición de las masas de huevos.

La familia Dendrobatidae está ampliamente distribuida en Colombia (a nivel del mar hasta un poco por encima de los 4000 m s.n.m.) y casi siempre se asocia a áreas con abundante humedad. Prácticamente todas las especies de esta familia son exclusivamente diurnas (en contraste con casi todas las otras especies de ranas en Colombia), lo cual indica que pueden estar expuestas a los plaguicidas empleados en la producción y erradicación de la coca, aplicados durante las horas del día. La especie *Dendrobates truncatus*, excepcional por vivir en ambientes relativamente secos, está ampliamente distribuida a través de las tierras bajas y arriba del valle del Magdalena, en áreas que alguna vez fueron bosque tropical seco. La biología reproductiva de las ranas de esta familia es inusual en cuanto los huevos terrestres son grandes y poco numerosos (son depositados en el lecho de hojas y cuidados por uno de los padres). Los huevos grandes usualmente están asociados al desarrollo directo, pero en el caso de las Dendrobatidae se desarrollan a renacuajos. El padre cuidador permite que los renacuajos eclosionados suban a su dorso y los transporta hasta los

cuerpos de agua donde los libera. Los cuerpos de agua van desde las bromelias arbóreas y terrestres y las cavidades en troncos caídos hasta pequeños lagos y cañadas lentas. Dado que las especies de esta familia tienen huevos terrestres, están obligadas a vivir en áreas más húmedas y sus distribuciones están notoriamente asociadas a los bosques perennes, lo cual les ofrece cierta protección de los plaguicidas utilizados en la producción y erradicación de la coca.

Las familias más pequeñas de ranas y sapos (Aromobatidae, Ceratophryidae, Hemiphractidae, Leiuperidae, Leptodactylidae, Microhylidae, Pipidae, y Ranidae) incluyen una (Hemiphractidae) confinada a las regiones boscosas con poca o ninguna intervención (o modificación del hábitat). Las ranas hemifractidas son principalmente, o exclusivamente, especies sin estadio larval. La familia Aromobatidae fue separada recientemente (Grant et al., 2006) de la Dendrobatidae y comparte con ella las mismas características ecológicas y reproductivas.

Las familias Ceratophryidae, Leiuperidae, Leptodactylidae, Microhylidae, Pipidae y Ranidae en Colombia son exclusivas, o casi exclusivas, de las tierras bajas y algunas especies están presentes en hábitats abiertos que indican que algunas de estas ranas enfrentan

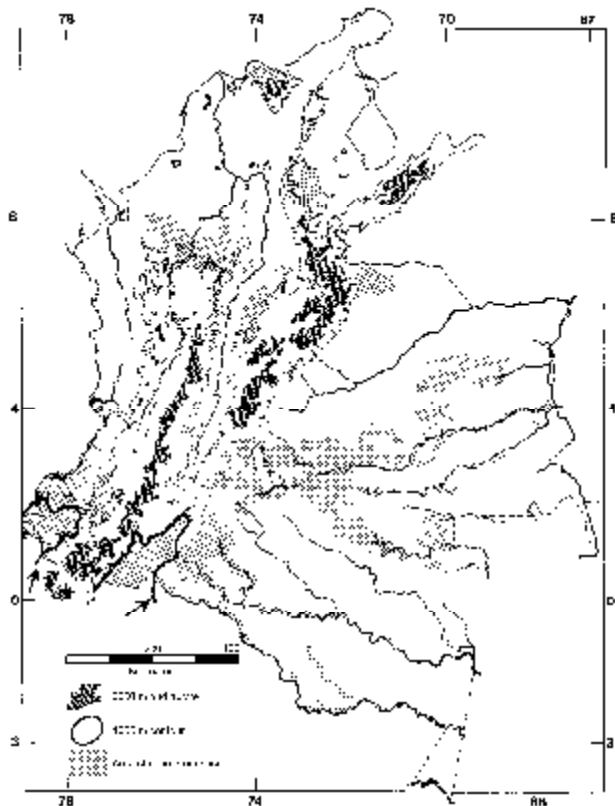


Figure 4. Lugares de Colombia en los cuales los anfibios están en riesgo por la producción de coca. Las líneas gruesas (señaladas con flechas) delimitan dos áreas que albergan todos los registros colombianos conocidos para una variedad de ranas braquicefálicas, dendrobátidas e hílidas, afectadas adversamente por la destrucción del hábitat y, posiblemente más, por los plaguicidas empleados en la producción y erradicación de la coca (sin embargo, aún no se ha llevado a cabo un trabajo de inventario en estas áreas).

bien cierto grado de intervención humana (o modificación del hábitat). Los pípidos son acuáticos y raramente se aventuran en tierra. Los huevos de ceratofrídidos, microhílidos y ránidos son depositados dentro del agua (o sobre el agua en el caso de los microhílidos), en tanto que los huevos de los leiupéridos y los leptodactílidos son depositados en nidos de espuma que flotan en la superficie de lagos o son ocultados en agujeros construidos por las mismas ranas. Todas estas familias tienen renacuajos acuáticos. Los nidos de espuma presumiblemente representan una adaptación a las condiciones de las estaciones secas y proporcionan un ambiente húmedo en el cual se desarrolla el embrión. En algunas especies, los nidos de espuma se encuentran dentro de la cubierta de los bosques, pero en la mayoría de estas especies (leiupéridos y leptodactílidos) los nidos de espuma se pueden observar en áreas de intensa intervención (o modificación del hábitat) (e.g. en tierras agrícolas y de pastoreo). No hay datos en la literatura sobre la penetración de los plaguicidas en los nidos de espuma. Una de las especies de ceratopíridos está confinada a los bosques nativos de la Amazonía, la otra está presente en hábitats no selváticos a lo largo de la costa Caribe.

Algunas especies de leiupéridos y leptodactílidos son residentes de bosques apartados, no perturbados, pero en cada grupo se encuentran especies comúnmente observadas en áreas objeto de intervención humana (o modificación del hábitat). Por lo menos tres especies de microhílidos son animales asociados a ambientes no selváticos y, aunque los adultos sean excavadores, el hecho de que todos produzcan una película flotante de huevos significa que esta sensible etapa del ciclo de vida puede estar en riesgo frente a los plaguicidas utilizados en la producción y erradicación de la coca. Los 4 pípidos acuáticos incluyen dos con desarrollo directo y dos con renacuajos. Tal vez, debido a que son ranas acuáticas parecen tener poca fidelidad a los hábitats boscosos en los cuales tienen menor probabilidad de estar expuestos a los plaguicidas empleados en la producción y erradicación de la coca.

Localizaciones específicas de las ranas en relación con la producción de coca

El repositorio más grande y más completo de anfibios de Colombia es el Instituto de Ciencias Naturales (ICN), con más de 55.000 registros que incluyen especímenes de por lo menos 98% de las especies conocidas en Colombia. Este estudio nos permitió sistematizar esta gran colección (i.e., generar una base de datos electrónica) y, para la mayoría de registros de localizaciones, determinar las coordenadas geográficas del lugar de recolección. Esta actividad nos permitió caracterizar (y documentar) la distribución geográfica esperada para 750 especies con un alto nivel de precisión. Además, en trabajo conjunto con la Policía Antinarcoóticos, fue posible localizar todos los cultivos de coca conocidos (también georreferenciados), de tal manera que se pudo medir con precisión la distancia geográfica entre las poblaciones de anfibios y las áreas en las cuales se emplean plaguicidas para la producción y erradicación de la coca.

Se registraron las ranas y los sapos de localidades situadas a menos de 10 km de las áreas en las cuales se cultiva la coca. Para muchos de estos registros, las recolecciones originales se hicieron antes de que aparecieran sembrados importantes de coca como cultivo ilícito. Por razones de seguridad personal, ninguno de estos sitios fue visitado de nuevo por los herpetólogos del ICN. Se llevaron a cabo análisis con el software Arc Map versión 9.2 (ESRI 2006) para poder medir la distancia directa que separaba los lugares de recolección de las ranas, los campos de coca reconocidos y las áreas en las que se estaba llevando a cabo dispersión aérea.

RESULTADOS

De acuerdo con la información de la base de datos de anfibios e ICN, existen registros para 193 especies de anuros (28% de la diversidad nacional) que están a menos

TABLA 1.

Registros de la familia Brachycephalidae encontrada a menos de 10 km de la coca y su cercanía a las áreas de producción o de aspersión para erradicación.

Especie	Número de registros	Distancia de la producción de coca o la aspersión
<i>Pristimantis achatinus</i>	4	1 a 8 km
<i>Strabomantis anatypes</i>	2	a 9 km y en un campo de coca
<i>Pristimantis anomalus</i>	4	1 a 9 km
<i>Diasporus anthrax</i>	1	7,5 km
<i>Hypsodactylus babax</i>	2	2,6 a 7 km
<i>Pristimantis boulengeri</i>	3	0,25 a 7,6 km
<i>Pristimantis brevifrons</i>	1	7,6 km
<i>Strabomantis bufoniformis</i>	5	1 a 9 km
<i>Pristimantis caprifer</i>	1	9 km
<i>Strabomantis cerastes</i>	1	9 km
<i>Pristimantis chalceus</i>	2	2,6 y 3 km
<i>Pristimantis colomai</i>	1	4,3 km
<i>Pristimantis conspicillatus</i>	2	1 km y aspersión para erradicación a 2 km
<i>Pristimantis cruentus</i>	1	1 km
<i>Pristimantis degener</i>	1	2,2 km
<i>Pristimantis diogenes</i>	1	9 km (aspersión)
<i>Hypsodactylus dolops</i>	2	3,5 y 6,5 km
<i>Pristimantis epacrus</i>	2	3,5 y 6,5 km
<i>Pristimantis erythropleura</i>	2	2,6 y 9 km (aspersión)
<i>Pristimantis fallax</i>	1	4,5 km
<i>Craugastor fitzingeri</i>	2	1,6 y 7,5 km
<i>Pristimantis gaigeae</i>	7	0,5 a 7,5 km
<i>Diasporus gularis</i>	5	0,5 a 9 km (9 km aspersión)
<i>Pristimantis hectus</i>	1	7,6 km
<i>Pristimantis jaimeii</i>	2	2,6 y 9 km (aspersión)
<i>Pristimantis labiosus</i>	1	4,3 km
<i>Pristimantis lanthanites</i>	2	1 km, 2 km (aspersión)
<i>Pristimantis latidiscus</i>	3	1,6 a 9 km
<i>Craugastor longirostris</i>	6	0,5 a 8,7 km
<i>Hypsodactylus mantipus</i>	1	4,5 km
<i>Pristimantis ockendeni</i>	3	0,6, 1 y 2 km (aspersión)
<i>Strabomantis opimus</i>	1	9 km
<i>Pristimantis palmeri</i>	1	9 km (aspersión)
<i>Pristimantis parvillus</i>	3	2,2 a 4,3 km
<i>Pristimantis penelopus</i>	1	2,2 km
<i>Pristimantis permixtus</i>	1	4,5 km

Especie	Número de registros	Distancia de la producción de coca o la aspersión
<i>Pristimantis pugnax</i>	2	3,5 y 6,5 km
<i>Craugastor raniformis</i>	8	0,2 a 7,5 km (aspersión a 6 km)
<i>Pristimantis ridens</i>	2	1 y 9 km
<i>Pristimantis scopaeus</i>	1	0,25 km
<i>Strabomantis sulcatus</i>	3	1, 2 (aspersión) y 3 km
<i>Pristimantis taeniatus</i>	8	1 a 7,5 km
<i>Pristimantis tamsitti</i>	2	3,5 y 6,5 km
<i>Diasporus tinker</i>	2	1 y 2 km
<i>Pristimantis thectopternus</i>	1	1 km
<i>Pristimantis viejas</i>	3	1-10 km
<i>Pristimantis vilarsi</i>	3	1 (aspersión), 1,7 y 3,0 km
<i>Pristimantis w-nigrum</i>	6	0 a 9 km (aspersión a 9 km)
<i>Strabomantis zygodactylus</i>	1	9 km

Nota: Antiguamente en el género *Eleutherodactylus* pero actualmente dividida en cuatro familias y siete géneros por Hedges et al. (2008a, 2008b).

de 10 km de las áreas donde se cultiva coca. Los registros en los cultivos de plantas ilegales o cerca de ellos incluyen 11 de las 13 familias de ranas y sapos que se sabe están presentes en Colombia. Sólo no fueron reportadas en estas localizaciones las Ceratophryidae y Pipidae y no estarían en riesgo.

Para ilustrar este tema de la localización compartida de ranas, producción de coca y aspersión aérea para erradicación, se seleccionaron 8 especies de ranas bien conocidas en Colombia por representar algunas preferencias de hábitat y estrategias de ciclo vital. *Dendrobates truncatus* (Figura 1) se seleccionó por ser diurna y no estar estrechamente ligada a los bosques apartados. *Craugastor raniformis* (Figura 1), *Pristimantis gaigeae* (Figura 2) y *Smilisca phaeota* (Figura 2), se seleccionaron porque toleran bien la modificación del hábitat. *Elachistocleis ovale* (Figura 2), *Hypsiboas crepitans* (Figura 3) y *Trachycephalus venulosus* (Figura 3), se seleccionaron porque (1) estas especies prefieren hábitats abiertos, (2) también se reproducen en ellos y (3) todas depositan los huevos como películas sobre la superficie del agua; y *Pseudis paradoxa* (Figura 2) porque esta especie habita en áreas abiertas y es acuática. El efecto de las extinciones locales sobre la integridad de toda la especie está fuera del alcance de este estudio, sin embargo, podríamos observar con alarma la magnitud (cercana a 25%, Figura 1) de la distribución de la dentrobátida (*D. truncatus*) que está sobrepuesta con la producción de coca y/o la aspersión de erradicación, tratándose de una rana que es diurna y que puede estar más expuesta a los plaguicidas empleados en la producción de coca, aunque sea relativamente insensible a la formulación

de glifosato empleada en la erradicación de la coca (Bernal et al., 2009a). Entre las otras especies, hay alguna ocurrencia compartida con la producción de coca, pero la mayoría de las especies también están registradas en áreas libres de coca. La localización de otras ranas en relación con la producción de coca y la aspersión para erradicación se resumen en las siguientes secciones.

Familia Aromobatidae

Rheobates palmatus tiene 6 registros a menos de 10 km de cultivos de coca (0,2 a 9 km de zonas de aspersión aérea para erradicación). Otras cuatro especies (*Allobates brunneus* [probablemente = *A. trilineatus*], *A. femoralis*, *A. picachos*, y *A. talamancae*) poseen uno o dos registros a menos de 9 km de la producción de coca, a una distancia de 1,7 a 6 km. Los aromobátidos pueden ser relativamente tolerantes a la intervención humana (o modificación del hábitat), pero se desconoce su sensibilidad a los plaguicidas. Los huevos son terrestres y son ocultados en el lecho de hojas. Algunas especies requieren bosques apartados para mantener sus poblaciones, pero otras parecen ser capaces de enfrentar una intervención (o modificación del hábitat) leve.

Familia Brachycephalidae

Cuarenta y siete especies (anteriormente todas del género *Eleutherodactylus*; ver nota al pie 1) tienen entre uno (23 especies) y 8 registros a menos de 10 km de la producción de coca [o en tres casos (*E. boulengeri*, *E. scopaeus* y *E. w-nigrum*) cerca de la producción de amapola]. Los datos se presentan en la Tabla 1. Los registros de proximidad para *E. mantipus* y *E. permixtus* también involucran diferencias altitudinales (los campos de coca están en elevaciones hasta ≤ 1000 m s.n.m. mientras que las especies de ranas se presentan sobre los 1.500 m s.n.m.); por consiguiente, es inapropiado considerar estos dos registros pertinentes para esta investigación.

Familia Bufonidae

Catorce especies (*Andinophryne atelopoides*, *A. olallai*, *Atelopos famelicus*, *A. sanjosei*, *Chaunus granulatus*, *C. marinus*, *Dendrophryniscus minutus*, *Rhaebo blombergi*, *R. guttatus*, *R. haematiticus*, *R. hypomela*, y *Rhinella dapsilis*, además de dos especies hasta el momento denominadas *Rhinella sp*) tienen registros (1 a 14) a menos de 10 km de los cultivos de coca. La producción de coca y las aspersiones aéreas para erradicación a distancias de 2 km se conocen para *Rhinella dapsilis*, 9 km para *Rhaebo blombergi* y *R. haematiticus*, 0,6 y 9 km para *Atelopos sanjosei* y *A. famelicus*, 2 y 6 km para *Dendrophryniscus minutus*, y 2 a 11 km para *Chaunus granulatus* y *C. marinus*. La mayoría de las especies mencionadas previamente requieren bosques densos y no reaccionan bien a la intervención o modificación del hábitat. Sin embargo, las dos *Chaunus* parecen preferir hábitats abiertos (= hábitats no selváticos). En el caso de *C. marinus*, la “preferencia” es tan marcada, que un recolector está bien aconsejado

cuando se le recomienda buscar especímenes en poblados o granjas, donde son muy comunes. Dado que la producción de coca implica una marcada alteración del medio ambiente, estos sapos probablemente están entre los pocos anfibios nativos colombianos que se encontrarán (y criarán) en tales enclaves y es probable que estén expuestos a los plaguicidas empleados para la producción y aspersión para erradicación de la coca.

Familia Centrolenidae

Veintiuna especies de esta familia tienen 1-4 registros a menos de 10 km del cultivo de coca y tres de estos registros están a menos de 0,1 km de áreas en las que hubo aspersión para erradicación. Las especies implicadas son *Centrolene grandisonae* (registro dentro de un lote de cultivo), *C. hybrida*, *C. ilex*, *C. litorale*, *C. medemi*, *C. peristictum*, *C. prosoblepon* (cuatro registros), *Cochranella chami*, *C. griffithsi*, *C. orejuela*, *C. oreonympha*, *C. punctulata*, *C. ramirezi*, *C. rosada*, *C. savagei*, *C. susatamai*, *C. xanthocheirida*, *Hyalinobatrachium aureoguttatum*, *H. colymbiphylum*, *H. fleischmanni*, y *H. valerioi*. Las ranas centrolénidas probablemente están protegidas de los efectos adversos del glifosato por el hecho de ser extremadamente raras (o estar ausentes) cuando no queda ninguna traza de la cubierta forestal. Sin embargo, se han encontrado poblaciones aparentemente saludables con evidencia obvia de reproducción (masas de huevos sobre las superficies de las hojas) en los bosques de galería estrechos que bordean las cañadas que atraviesan las tierras de pastoreo, en las laderas de los Andes.

Familia Dendrobatidae

Diecinueve especies de estas pequeñas ranas diurnas tienen 1-6 registros a menos de 10 km de la producción de coca. *Ameerega hahneli* (un cultivo a menos de 1 km, aspersión aérea para erradicación a menos de 2 km), *A. ingeri* (un cultivo a menos de 0,6 km, aspersión para erradicación a 6 km), *A. trivittata* (dos registros a 1-3 km de cultivos de coca y producción de coca y aspersión aérea para erradicación a 6 km), *Colostethus fraterdanieli* (dos registros, cultivos a 1,6 and 5,6 km), *C. inguinalis* (dos registros a 0,2 y 2 km, aspersión para erradicación a 6 km), *C. pratti* (un cultivo a 1 km), *C. ruthveni* (un cultivo a 2 km), *D. truncatus* (6 registros a 0,2 a 4 km desde el cultivo, aspersión para erradicación a 6 km), *Epipedobates boulengeri* (un cultivo a 3,5 km), *Hyloxalus fascianigrus* (un cultivo y aspersión para erradicación a 9 km), *H. fuliginosus* (dos registros a 3,5 y 6,5 km), *H. lehmanni* (dos registros a 2,2 y 9 km, aspersión para erradicación a 9 km), *H. saltuarius* (un cultivo a 6,5 km), *H. sp* (un cultivo a 6,5 km), *Oophaga histrionica* (5 registros a 0,5 a 9 km desde los cultivos, aspersión para erradicación a 0,1 a 3 km), *Phyllobates bicolor* (dos registros a 3,5 km de cultivos con aspersión para erradicación a 4,5 km), *Ranitomeya opisthomelas* (1 km de cultivo), *R. virolinensis* (2,5 km de cultivo) y *Silverstoneia nubicola* (a

TABLA 2.

Registros de la familia Hylidae encontrada a menos de 10 km de la coca y su cercanía a las áreas de producción o de aspersión para erradicación.

Especie	Número de registros	Distancia de la producción de coca o la aspersión	Especie	Número de registros	Distancia de la producción de coca o la aspersión
			<i>Scinax x-signatus</i>	1	10 km
			<i>Scinax ruber</i>	3	2,7 y 3 km, aspersión a 11 km
			<i>Smilisca phaeota</i>	7	0,2 a 9 km
<i>Agalychnis spurrelli</i>	1	9 km	<i>Smilisca sila</i>	2	0,2 y 1 km
<i>Cruziohyla calcarifer</i>	1	9 km	<i>Sphaenorhynchus carneus</i>	2	1 km y 2,5 km (aspersión)
<i>Dendropsophus columbianus</i>	1	2,6 km	<i>Sphaenorhynchus lacteus</i>	1	5 km
<i>Dendropsophus ebraccatus</i>	1	0,2 km	<i>Trachycephalus venulosus</i>	3	1, 2 km y 2,5 km (aspersión)
<i>Dendropsophus leucophyllatus</i>	1	1 km			
<i>Dendropsophus marmoratus</i>	1	3 km			
<i>Dendropsophus mathiassoni</i>	5	1 a 10 km			
<i>Dendropsophus microcephalus</i>	5	1 a 6,4 km			
<i>Dendropsophus minutus</i>	1	1 km			
<i>Dendropsophus parviceps</i>	1	1 km			
<i>Dendropsophus triangulum</i>	1	1 km			
<i>Hylomantis buckleyi</i>	1	6,5 km			
<i>Hyloscirtus alytolylax</i>	1	9 km			
<i>Hyloscirtus lindae</i>	2	3,5 a 6,5 km			
<i>Hyloscirtus palmeri</i>	9	0,5 a 9 km			
<i>Hyloscirtus platydactylus</i>	1	1 km			
<i>Hyloscirtus simmonsii</i>	1	9 km			
<i>Hyloscirtus torrenticolus</i>	2	3,5 a 6,5 km			
<i>Hypsiboas boans</i>	4	0,2 a 7,5 km			
<i>Hypsiboas calcaratus</i>	1	5 km			
<i>Hypsiboas cinerascens</i>	3	0,6 a 2,7 km			
<i>Hypsiboas crepitans</i>	4	1 a 7,5 km			
<i>Hypsiboas geographicus</i>	1	1 km			
<i>Hypsiboas lanciformis</i>	4	1 a 10 km			
<i>Hypsiboas picturatus</i>	1	9 km			
<i>Hypsiboas pugnax</i>	3	menos de 1 km			
<i>Hypsiboas punctatus</i>	8	1 a 10 km			
<i>Hypsiboas rosenbergi</i>	1	1 km			
<i>Osteocephalus carri</i>	1	6,5 km			
<i>Osteocephalus oophagus</i>	1	4 km			
<i>Osteocephalus taurinus</i>	4	1 a 6,5 km y aspersión a 2,5 km			
<i>Osteocephalus verruciger</i>	2	3,5 y 6,5 km			
<i>Phyllomedusa hypocondrialis</i>	2	5 a 10 km			
<i>Phyllomedusa perinesos</i>	2	3,5 y 6,5 km			
<i>Phyllomedusa venustus</i>	1	2 km			
<i>Pseudis paradoxa</i>	1	10 km			
<i>Scarthyla vigilans</i>	4	1 a 10 km			
<i>Scinax blairi</i>	4	1 a 9,3 km			
<i>Scinax cruentommus</i>	2	1 y 3 km			
<i>Scinax garbei</i>	2	1 y 2,5 km (aspersión)			
<i>Scinax ictericus</i>	2	3,5 y 6,5 km			
<i>Scinax rostratus</i>	6	1 a 10 km			

1 km). Los dendrobátidos pueden ser relativamente tolerantes a la intervención humana (o modificación del hábitat) y se encontró que los adultos de *D. truncatus* eran, entre 8 especies, los más tolerantes al glifosato (Bernal et al., 2009a). No obstante, si la destrucción del hábitat es extensa, las particularidades del modo reproductivo (huevos terrestres en el lecho de hojas – que es sensible a la humedad) pueden ocasionar extinciones locales. Algunas especies requieren bosque denso para su persistencia, pero otras parecen ser capaces de enfrentar una intervención (o modificación del hábitat) leve. El hecho de que estas ranas sean diurnas aumenta el riesgo de exposición directa a la aspersión de erradicación.

Familia Hemiphractidae

Dos especies (*Cryptobatrachus boulengeri* y *C. fuhrmanni*) tienen uno o tres registros a menos de 10 km de los cultivos de coca. Las ranas de este género son residentes estrictos de las cañadas selváticas. Como tales, probablemente se comportan de manera muy semejante a los centrolénidos, con una tolerancia relativamente alta a la intervención (o modificación del hábitat) siempre y cuando la intervención (o modificación del hábitat) no elimine todos los árboles.

Seis especies de *Gastrotheca* (*G. angustifrons*, *G. argenteovirens*, *G. bufona*, *G. dendronastes*, *G. espeletia*, y *G. guentheri*) tienen, cada una, una localización conocida a menos de 10 km de un campo de coca, con producción de coca y aspersiones aéreas para erradicación a distancias de 3 y 9 km. Los *Gastrotheca* son animales comunes o extraordinariamente raros en su recolección. El género *Flectonotus* escasamente ingresa a Colombia a lo largo de la frontera montañosa con Venezuela donde se localiza abundantemente, pero es raro en las recolecciones. Las especies colombianas se presentan en áreas sin árboles (páramos) por encima de altitudes en las cuales se produce la coca u ocupan áreas de bosque denso donde la vegetación les brinda protección de los plaguicidas utilizados en la producción de coca y en la aspersión para erradicación. La alteración física del hábitat producida por los cocaleros, probablemente determina la extinción local de poblaciones de estas ranas cerca de los cultivos de coca.

Sólo una especie (*Hemiphractus fasciatus*) tiene dos registros (1 a 9 km de distancia) cerca de la producción de coca. *Hemiphractus* parece estar entre las especies más sensibles de las ranas a la alteración del hábitat, porque todos los registros acumulados de las 5 especies conocidas en Colombia provienen de hábitats selváticos vírgenes, cuyas visitas posteriores (por parte de recolectores experimentados) después de haber sido alterados, fracasaron en la detección de los animales.

Familia Hylidae

Por lo menos 49 especies de esta familia, predominantemente de tierras bajas, tienen de uno a 8 registros a menos de 10 km de la producción de coca, según se menciona en la Tabla 2. La aspersión aérea para erradicación tuvo lugar entre 0,1 y 11 km de los lugares de los registros, influenciando potencialmente a *Dendropsophus ebraccatus*, *D. leucophyllatus*, *D. mathiassoni*, *D. microcephalus*, *D. minutus*, *D. parviceps*, *D. triangulum*, *Hyloscirtus alytolylax*, *H. palmeri*, *H. simmonsii*, *Hypsiboas boans*, *H. cinerascens*, *H. crepitans*, *H. geographicus*, *H. lanciformis*, *H. pugnax*, *H. punctatus*, *Osteocephalus taurinus*, *P. paradoxa*, *Scarthyla vigilans*, *Scinax blairi*, *S. cruentommus*, *S. garbei*, *S. ruber*, *Smilisca phaeota*, *S. sila*, *Sphaenorhynchus carneus*, y *T. venulosus*. Aunque el nombre común dado a esta familia (ranas arborícolas) sugiere que estos animales necesitan absolutamente de los bosques, la realidad es algo diferente. Muchas especies son residentes obligadas de bosques intactos y una pequeña parte de ellas parecen no descender al suelo ni para la reproducción (Lynch 2005), en tanto que otras necesitan que alguna parte del bosque perdure para la existencia continua de la población local (e. g., *Dendropsophus ebraccatus*, *D. triangulum*, *Hypsiboas boans*, *Osteocephalus taurinus*, *T. venulosus*). Sin embargo, otras especies parecen estar incluso mejor (en términos de tamaño poblacional) en ambientes abiertos, que en bosques densos (e.g., *Dendropsophus minutus*, *D. triangulum*, *Hypsiboas lanciformis*, *H. punctatus*, *Scinax ruber*). Por último, hay especies de tierras bajas que parecen no utilizar los bosques (e.g., *Dendropsophus mathiassoni*, *D. microcephalus*, *H. crepitans*, *H. pugnax*, *Phyllomedusa hypocondrialis*, *P. paradoxa*, *Scarthyla vigilans*, *Scinax blairi*, *S. rostratus*, y *S. wanda*). En un estudio de ranas halladas cerca de Villavicencio (Lynch 2006), estas especies se caracterizaron por su mejor capacidad de tolerar la intervención humana (o la modificación del hábitat). Sin embargo su tolerancia también les confería mayor probabilidad de ser afectadas adversamente por la producción de coca y la aspersión aérea de erradicación. Entre estas especies tolerantes se encuentran especies que depositan sus huevos en forma de películas en la superficie del agua (e.g., *H. crepitans*, *H. pugnax*, *T. venulosus*) y otras que depositan sus huevos en las superficies de las hojas (e.g., *Dendropsophus mathiassoni*, *D. microcephalus*, *Phyllomedusa hypocondrialis*), hábitos

que exponen el desove a los efectos adversos de la producción de coca y la aspersión aérea de erradicación

Familia Leiuperidae

Cinco especies de esta familia tienen registros a menos de 10 km de la producción de coca. *Engystomops petersi* (a 1 km de la producción, a menos de 2 km de la aspersión aérea para erradicación), *E. pustulosus* (7 registros a 0,2-5 km de la producción de coca y a 6 km de la aspersión aérea para erradicación), *Pleurodema brachyops* (a 2 km de la producción), *Pseudopaludicola pusilla* (3 registros a 1-2 km de la producción y a 6 km de la producción de coca y la aspersión aérea para erradicación) y *Physalaemus fischeri* (a 5 km de la producción). Algunos leiuperidos están restringidos a bosques primarios (e. g., *Edalorhina*, *Pseudopaludicola ceratophyes*), pero la mayoría son tolerantes a cierta intervención (o modificación del hábitat) (*Engystomops petersi*) o están prácticamente restringidos a hábitats abiertos. La mayoría de especies de esta familia utilizan nidos de espuma en los cuales los embriones están protegidos de la desecación, pero aún no se ha determinado si el glifosato penetra la superficie de espuma.

Familia Leptodactylidae

Estos abundantes animales de tierras bajas incluyen 14 especies con registros a menos de 10 km de la producción de coca: *Leptodactylus andreae* (a 1 km de la producción de coca y 2 km de la aspersión aérea para erradicación), *L. colombiensis* (a 5 km), *L. fragilis* (dos registros a 0,5 y a 2 km de cultivos), *L. fuscus* (6 registros a 0,8 a 9,3 km de la producción, con aspersión aérea para erradicación a 6 a 8 km), *L. hylaedactylus* (a 0,6 km de la producción, con aspersión aérea para erradicación a 6 km), *L. insularum* (5 registros a 2 a 10 km de la producción y con la producción y la aspersión aérea para erradicación a 6 a 11 km), *L. knudseni* (dos registros a 0,8 a 3 km), *L. mystaceus* (a 1,7 km con aspersión aérea para erradicación a 1 km), *L. poecilochilus* (a 1 km), *L. rhodomerus* (a 8,7 km), *L. riveroi* (3 registros a 0,8 a 4 km de la producción), *L. savagei* (3 registros a 1 km de la producción y a 9 km de la aspersión aérea para erradicación), *L. ventrimaculatus* (a 2,2 km), y *L. wagneri* (dos registros a 3,5 y 6,5 km). Las preferencias de hábitat y la biología reproductiva de esta familia son muy similares a las de la anterior familia con unas pocas diferencias notorias. Algunas especies de *Leptodactylus* depositan sus huevos en nidos de espuma dentro de agujeros, posiblemente como una protección física contra los plaguicidas empleados en la producción de coca y en la aspersión para erradicación.

Familia Microhylidae

Ocho especies de esta pequeña familia (pequeña en Colombia, pero grande en el Viejo Continente) tienen registros a menos de 10 km de la producción de coca. *Chiasmocleis bassleri* (a 1,7 km, con aspersión aérea para erradicación a 1 km), *C. panamensis* (a 7,5 km),

Elachistocleis ovale (un registro a menos de 6 km de la producción de coca y de la aspersión aérea para erradicación), *Otophryne pyburni* (a 3 km), *Nelsonophryne aterrima* (a 7,5 km), *Relictivomer pearsei* (3 registros entre 2 y 9,3 km, con aspersión aérea para erradicación a 8 km), *Synapturanus mirandaribeiroi* (a 3 km), y *S. rabus* (a 1 km, con aspersión aérea para erradicación a 2 km). La mayoría de especies de esta familia en Colombia (15) son residentes del bosque y parecen estar confinadas a los bosques primarios. No obstante, 4 especies ocupan hábitats abiertos y/o muy intervenidos (*Chiasmocleis panamensis*, *E. ovale*, *Nelsonophryne aterrima*, y *Relictivomer pearsei*) y por lo tanto pueden estar en riesgo con los plaguicidas utilizados para la producción de coca y la aspersión para erradicación, debido a que depositan sus embriones en películas sobre las superficies de los lagos. En contraste, los adultos son cavadores, son activos en la superficie del suelo sólo en las noches y no trepan por la vegetación (a excepción de una especie de los bosques apartados de la Amazonía, *Syncope antenori*).

Familia Ranidae

Dos especies (*Lithobates palmipes* y *L. vaillanti*) tienen 4 y 8 registros a menos de 10 km de la producción de coca. Dos de estos registros están a menos de 2,5 km de la aspersión aérea para erradicación. Aunque estas dos especies ocupan áreas boscosas, también son comunes en áreas abiertas, incluyendo aquellas con intervención humana (o modificación del hábitat) importante. La reproducción está confinada en gran medida a los cauces de agua corrientes y los huevos están sumergidos en el agua.

CONCLUSIONES

Cualquiera que se preocupe por la persistencia de los hábitats naturales, debe preocuparse también por (1) los efectos del daño ecológico derivado de facilitar la producción ilegal de coca, y (2) por los efectos potencialmente negativos sobre la biodiversidad, de los esfuerzos hechos para la erradicación. Esta preocupación es mayor en el caso de los anfibios, debido a que éstos (a) son especialmente diversos en Colombia, y (b) no necesariamente tienen la protección tegumentaria que poseen otros vertebrados terrestres.

Estas preocupaciones deben estar acordes a la magnitud del problema. La producción de coca y las aspersiones aéreas para erradicación están restringidas geográficamente a áreas en las que la actividad productiva se puede llevar a cabo sin intervención del Gobierno y sin abarcar toda la extensión del país latitudinal, ni altitudinalmente. La coca usualmente se produce "comercialmente" a ≤ 1000 m s.n.m. Las 153.134 ha de tierra que fueron objeto de las aspersiones aéreas para erradicación en 2007 (Comunicación personal; Policía Nacional de Colombia, Bogotá, diciembre, 2007) representan sólo cerca del 0,15% del total del territorio de

Colombia (Solomon et al., 2007). En la revisión de la fauna de anuros de tierras bajas de Colombia, se observan tres áreas que podrían identificarse como "áreas calientes" (*hotspots*) de biodiversidad: la primera, en el extremo sur oriental; una segunda, en la mitad septentrional de las tierras bajas del Pacífico y la tercera, una franja lenticular a lo largo de la base oriental de los Andes, en el sur occidente de Colombia. La producción de coca es modesta en las dos primeras "áreas calientes" y evidente en la última (Figura 4).

Grandes áreas de distribución de la mayoría de especies se ubican fuera de donde se llevan a cabo los esfuerzos de las autoridades colombianas para controlar la producción de coca (Figuras 1-3). Además, las consecuencias de la producción de coca pueden ser más severas sólo para un número limitado de especies que escasamente penetran el territorio colombiano. Especialmente en Nariño, en Putumayo occidental y en las áreas adyacentes de Cauca y Caquetá, los efectos de la producción de coca y de las aspersiones aéreas para erradicación han puesto varias especies de ranas en riesgo (Figura 4), por lo menos en términos de su distribución en Colombia. Ellas incluyen *Ameerega bilingua*, *Dendropsophus bifurcus*, *Pristimantis colomai*, *P. degener*, *P. diadematus*, *P. quaquaversus*, *P. variabilis*, y *Trachycephalus jordani*. Otras especies también pueden estar en riesgo, pero se desconoce la cifra exacta porque durante los últimos 30 años se han hecho pocas investigaciones en estas áreas. Debido a que estas especies se han encontrado principalmente en Ecuador, se asume que allí persisten poblaciones saludables.

En general, los riesgos de los plaguicidas utilizados para la producción de coca y las aspersiones para erradicación deben contextualizarse respecto a la mayor toxicidad de los productos utilizados por los cultivadores (Brain y Solomon 2009) y a la sensibilidad de las ranas de Colombia a la mezcla de glifosato y Cosmo-Flux® utilizada en las aspersiones aéreas para erradicación. Ensayos de toxicidad en el laboratorio mostraron que los estadios larvales acuáticos de las especies colombianas no son diferencialmente sensibles cuando se comparan con ranas de otros lugares (Bernal et al., 2009b). Cuando se probaron en condiciones reales, en aguas superficiales (15 cm de profundidad) en presencia de sedimento y particulados que absorben el glifosato y el surfactante, que es más tóxico, la toxicidad se redujo (Bernal et al., 2009a). Los estadios terrestres fueron menos susceptibles que los estadios acuáticos (Bernal et al., 2009a). Por el contrario, algunos de los productos empleados por los cultivadores pueden estar más biodisponibles en el medio ambiente y no mitigarse su riesgo. El efecto del cambio del hábitat asociado a la tala de bosques para la producción de coca, sobre los anfibios y otra fauna y flora, es de gran importancia. Alguna idea de esto fue aportada por Lynch (2005) en la región de Leticia, donde la riqueza de especies declinó de 98 especies en el área rural a 6

especies en los parques de la ciudad, lo cual refleja los efectos de la alteración y fragmentación crecientes del hábitat.

REFERENCIAS

- Anon. 2006. Colombia/ Monitoreo y Cultivos de Coca, Technical, United Nations/ Office on Drugs and Crime & Gobierno de Colombia. http://www.biesimci.org/Documentos/archivos/Colombia_coca_survey_es05.PDF
- Bernal, M. H., Solomon, K. R., and Carrasquilla, G. 2009a. Toxicity of formulated glyphosate (Glyphos®) and Cosmo-Flux® to larval and juvenile Colombian frogs 2. Field and laboratory microcosm acute toxicity, *J. Toxicol. Environ. Health, this issue*.
- Bernal, M. H., Solomon, K. R., and Carrasquilla, G. 2009b. Toxicity of formulated glyphosate (Glyphos®) and Cosmo-Flux® to larval Colombian frogs 1. Laboratory acute toxicity, *J. Toxicol. Environ. Health, this issue*
- Brain, R. A., and Solomon, K. R. 2009. Comparative hazards of glyphosate, other pesticides, and other human activities to amphibians in the production of coca, *J. Toxicol. Environ. Health, this issue*
- Duellman, W. E., and Trueb, L. 1986. *Biology of Amphibians*, Baltimore, MA, USA: The John Hopkins University Press.
- ESRI. 2006. ArcMap, ESRI. Inc. Procalculo Prosis S.A. Bogota <http://www.esri.com/>
- Frost, D. R., Grant, T., Faivovich, J., Bain, R., Haas, A., Haddad, C. F. B., de Sá, R. O., Donnellan, S. C., Raxworthy, C. J., Wilkinson, M., Channing, A., Campbell, J. A., Blotto, B. L., Moler, P., Drewes, R. C., Nussbaum, R. A., Lynch, J. D., Green, D., and Wheeler, W. C. 2006. The amphibian tree of life, *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 297:1-370.
- Grant, T., Frost, D. R., Caldwell, J. P., Gagliardo, R., Haddad, C. F. B., Kok, P. J. R., Means, B. D., Noonan, B. P., Schargel, W., and Wheeler, W. C. 2006. Phylogenetic systematics of dart-poison frogs and their relatives (Anura: Athesphatanura: Dendrobatidae, *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 299:1-26.
- Hedges, S. B., Duellman, W. E., and Heinicke, M. P. 2008a. New world direct-developing frog (Anura: Terrarana): molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation, *Zootaxa*, 1737:1-182.
- Hedges, S. B., Duellman, W. E., and Heinicke, M. P. 2008b. A replacement name for *Isodactylus* Hedges, Duellman, and Heinicke, 2008, *Zootaxa*, 1795:67-68.
- Lynch, J. D. 1998. New species of *Eleutherodactylus* from the Cordillera Occidental of western Colombia with a synopsis of the distributions of species in western Colombia, *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fís. Nat.*, 22:117-148.
- Lynch, J. D. 1999a. La riqueza de la fauna anfibia de los Andes colombianos, *Innov. Cienc.*, 7:46-51.
- Lynch, J. D. 1999b. Ranas pequeñas, la geometría de evolución, y la especiación en los andes Colombianos, *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fís. Nat.*, 23:143-159.
- Lynch, J. D. 2005. Discovery of the richest frog fauna in the world - An exploration of the forests to the north of Leticia, *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fís. Nat.*, 29:581-588.
- Lynch, J. D. 2006. The amphibian fauna in the Villavicencio region of eastern Colombia, *Caldasia*, 28:135-155.
- Lynch, J. D., Ruiz-Carranza, P. M., and Ardila-Robayo, M. C. 1997. Biogeographic patterns of Colombian frogs and toads, *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fís. Nat.*, 21:237-248.
- Lynch, J. D., and Suarez-Mayorga, A. M. 2001. The distributions of the gladiator frogs (*Hyla boans* group) in Colombia, with comments on size variation and sympatry, *Caldasia*, 23:491-507.
- Solomon, K. R., Anadón, A., Carrasquilla, G., Cerdeira, A., Marshall, J., and Sanin, L.-H. 2007. Coca and poppy eradication in Colombia: Environmental and human health assessment of aerially applied glyphosate, *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 190:43-125.
- Stebbins, R. C., and Cohen, N. W. 1995. *A Natural History of Amphibians*, Princeton, NJ, USA: Princeton University Press.
- Tsui, M. T. K., and Chu, L. M. 2004. Comparative toxicity of glyphosate-based herbicides: Aqueous and sediment porewater exposures, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 46:316-323.
- Wang, N., Besser, J. M., Buckler, D. R., Honegger, J. L., Ingersoll, C. G., Johnson, B. T., Kurtzweil, M. L., MacGregor, J., and McKee, M. J. 2005. Influence of sediment on the fate and toxicity of a polyethoxylated tallowamine surfactant system (MON 0818) in aquatic microcosms, *Chemosphere*, 59:545-551.
- Wiens, J. J., Fetzner, J. W., Parkinson, C. L., and Reeder, T. W. 2005. Hyliid frog phylogeny and sampling strategies for speciose clades, *Syst. Biol.*, 54:719-748.
- Wiens, J.J., Kuczynski, C., Duellman, W.E. and Reeder, T.W. 2007. Loss and re-evolution of complex life cycles in marsupial frogs: Can ancestral trait reconstruction mislead? *Evolution* 61: 1886-1899.