



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali

## **Facultad de Ingeniería y Ciencias**

### **Acta de Correcciones al Proyecto de Grado Biología**

**Fecha:** 31 de marzo de 2021

**Autores:** Jessica Paola Burbano Hernandez

**Nombre del Proyecto de Grado:** Evaluación del estatus taxonómico del Vireo de Providencia (*Vireo crassirostris approximans*).

**Director:** Felipe Estela

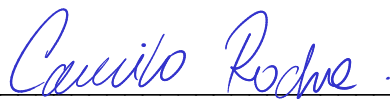
Como indica el artículo 2.27 de las Directrices de Trabajo de Grado, he verificado que los estudiantes indicados arriba han implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Calificación correspondiente.

---

Firma del Director del Proyecto de Grado

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado  
en cumplimiento de los requisitos exigidos por la  
Pontificia Universidad Javeriana para optar el  
título de Biólogo.



---

Dr. HERNAN CAMILO ROCHA NIÑO  
Decano Facultad de Ingeniería



---

DR. MATEO LOPEZ VICTORIA  
Director Carrera Biología



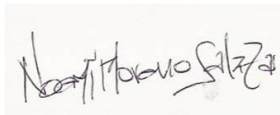
---

Felipe Estela  
Director Trabajo de Grado



---

Luis Eduardo Tobón  
Jurado 1



---

Noemi Moreno  
Jurado 2

Santiago de Cali, 8 de marzo de 2021



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali

**Mateo Lopez Victoria, *Dr rer nat.***  
**Director programa de Biología**  
**Pontificia Universidad Javeriana Cali**

Cordial saludo,

Por medio de la presente certifico que el trabajo de grado titulado “**EVALUACIÓN DEL ESTATUS TAXONÓMICO DEL VIREO DE PROVIDENCIA (*Vireo crassirostris apporximans*)**” realizado por la estudiante Jessica Paola Burbano Hernandez con el código de estudiante 8924351, estudiante de la carrera de Biología de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, se encuentra terminado y puede ser presentado para sustentación

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Felipe Estela'.

---

Felipe Estela  
Profesor  
Departamento de Ciencias Naturales y Matemáticas  
Facultad de Ingeniería y Ciencias  
Pontificia Universidad Javeriana Cali



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali

Santiago de Cali, 8 de marzo de 2021

**Mateo Lopez Victoria, *Dr rer nat.***  
**Director programa de Biología**  
**Pontificia Universidad Javeriana Cali**

Cordial saludo,

Me permito presentar el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DEL ESTATUS TAXONÓMICO DEL VIREO DE PROVIDENCIA (*Vireo crassirostris apporximans*)**” a la Facultad de Ingeniería y Ciencias para la asignación de evaluadores y definición de fecha de sustentación, con la finalidad de cumplir con los requisitos exigidos por la universidad para optar por el título de Bióloga.

Atentamente,

Jessica Burbano

---

Jessica Paola Burbano Hernandez  
C.C. 1085952009  
Estudiante de Biología  
Pontificia Universidad Javeriana Cali

EVALUACIÓN DEL ESTATUS TAXONÓMICO DEL VIREO DE PROVIDENCIA (*Vireo  
crassirostris approximans*)

JESSICA PAOLA BURBANO HERNÁNDEZ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI  
FACULTAD DE INGENIERÍA, PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
CALI, VALLE DEL CAUCA

2021

EVALUACIÓN DEL ESTATUS TAXONÓMICO DEL VIREO DE PROVIDENCIA (*Vireo  
crassirostris approximans*)

JESSICA PAOLA BURBANO HERNÁNDEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Bióloga

Director:

Felipe Estela, Cand. Ph. D.

Biólogo

Codirector:

Mateo López Victoria, *Dr rer nat.*

Biólogo

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI  
FACULTAD DE INGENIERÍA, PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
CALI, VALLE DEL CAUCA

2021

## **Reglamento de la Pontificia Universidad Javeriana**

### **Artículo 23 de la resolución número 13 de Julio 6 de 1946**

“La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por los alumnos en sus trabajos de tesis, solo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque la tesis no contenga ataques o polémicas puramente personales, antes bien, se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios por guiarme al camino de la Biología. A mis padres por ser mi apoyo y mi ejemplo. A mi hermana por ser mi compañera fiel durante mi formación académica y a mi abuelita Inés por enseñarme el amor a la naturaleza.

## **AGRADECIMIENTOS**

Un especial agradecimiento a mi director Felipe Estela por su apoyo incondicional, motivación, confianza, paciencia y acompañamiento en todo el desarrollo y dirección de este trabajo de grado, así como por compartir su conocimiento del mundo de las aves conmigo. A mi codirector Mateo López Victoria por brindarme la oportunidad de ser parte del proyecto en la expedición Seaflower 2019, así como por su apoyo y motivación para el desarrollo de este trabajo. A Vanburen Ward Bolívar por su apoyo en campo. A Julián Torres por sus enseñanzas en el manejo de programas de edición de audios. A Luis Miguel Leyton por su apoyo en los análisis estadísticos, por siempre escuchar y brindarme consejos.

A la Expedición Seaflower 2019 Old Providence y Santa Catalina, organizada por la Comisión Colombiana del Océano (CCO), COLOMBIA BIO, Coralina, Gobernación de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, a la Armada Nacional y a DIMAR por toda la logística y desarrollo del proyecto en el marco de las expediciones a la reserva de la biosfera Seaflower.

Agradezco profundamente a mis padres por su incondicional apoyo, enseñanza y amor. A mi hermana por ser mi compañera fiel. A Camilo Calderón por sus consejos, apoyo y motivación durante cada etapa. A Laura Giraldo y Valeria Muñoz por su valiosa amistad durante estos años de formación académica. A mis amigos y compañeros de universidad por todos los aprendizajes. Por último, a la Pontificia Universidad Javeriana Cali por formarme profesionalmente.

# Evaluación del estatus taxonómico del Vireo de Providencia (*Vireo crassirostris approximans*)

## Evaluation of the taxonomic status of the Providence Vireo (*Vireo crassirostris approximans*)

Jessica P. Burbano-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana Cali, Cali, Colombia.

### Resumen

El análisis de múltiples rasgos asociados a un taxón permite estudiar las variaciones ligadas a procesos evolutivos y de especiación en un linaje determinado. La familia Vireonidae posee una alta radiación evolutiva en el continente americano, y un estudio incompleto de las relaciones filogenéticas del clado a causa de un muestreo taxonómico limitado. Actualmente el Vireo de Providencia presenta ambigüedad en su clasificación taxonómica, ya que se conoce como la subespecie *Vireo crassirostris approximans*, la subespecie *Vireo pallens approximans* y la especie *Vireo approximans*. Recolecté una serie de información ecológica, morfológica y acústica, con el objetivo de describir, comparar y aclarar el estatus taxonómico de esta ave de las islas de Providencia y Santa Catalina, en el Caribe colombiano. Comparamos rasgos acústicos relevantes usando análisis de función discriminante, a partir de los cuales encontramos diferencias significativas en el canto del Vireo de Providencia, respecto a sus especies hermanas. Igualmente, detectamos variaciones marcadas en caracteres ecológicos y morfológicos en este taxón, respecto a rasgos equivalentes en las especies más cercanas filogenéticamente. Sugerimos tratar a esta ave endémica como la especie *Vireo approximans*, para así resolver esta incertidumbre taxonómica. Dicho cambio permitirá darle relevancia a la especie en planes de conservación que garanticen su supervivencia, no solo por su alto grado de endemismo, sino por las severas afectaciones en su hábitat, sufridas recientemente a causa del huracán Iota.

**Palabras clave:** Caribe Colombiano, Providencia, sistemática, vocalizaciones, Vireonidae.

---

### Abstract

The analysis of multiple traits associated to a taxon makes possible to study the variations linked to evolutionary and speciation processes in a given lineage. The family Vireonidae has a high evolutionary radiation in the American continent, and also an incomplete study of the phylogenetic relationships of the clade due to a limited taxonomic sampling. Currently the Providence Vireo has ambiguity in its taxonomic classification, since it is known as the subspecies of two different species: *Vireo crassirostris approximans*, or *Vireo pallens approximans* or species *Vireo approximans*. I collected a series of ecological, morphological and acoustic information, in order to describe, compare and clarify the taxonomic status of this bird from the islands of Old Providence and Santa Catalina, in the Colombian Caribbean. We compared relevant acoustic features using discriminant function analysis, from which we found significant differences in the song of the Providence Vireo, with respect to its sister species. Likewise, I detected marked variations in ecological and morphological characters in this taxon, with respect to equivalent traits in the closest species phylogenetically. I suggest treating this endemic bird as the *Vireo approximans* specie, in order to resolve this taxonomic uncertainty. This change will make it possible to give relevance to the specie in conservation plans that guarantee its survival, not only because of its high degree of endemism, but also because of the severe damage to its habitat, recently suffered by Hurricane Iota.

**Key words:** Colombian Caribbean, Old Providence, systematic, vocalizations, Vireonidae

## Introducción

La familia Vireonidae exhibe una gran radiación evolutiva en el hemisferio occidental. Se pueden encontrar en diferentes hábitats, desde pequeños matorrales hasta grandes extensiones de bosque primario (Brewer & Orenstein 2010). Esta familia está constituida a nivel mundial por ocho géneros: *Cyclarhys*, *Vireolanius*, *Hylophilus*, *Tunchiornis* y *Pachysylvia*, restringidos al neotrópico; *Erpornis* y *Pteruthius*, propios de la ecozona indomalaya y, por último, *Vireo*, que se presenta en áreas templadas y tropicales del continente americano (Slager *et al.* 2014, Winkler *et al.* 2020). Slager *et al.* (2014) publicaron la filogenia más completa y actualizada de esta familia. Esta filogenia presenta una amplia cobertura de los taxones, aunque tiene vacíos de especies con rangos pequeños de distribución, (e.g., *Vireo caribaeus*, endémico de la isla de San Andrés, Colombia). La filogenia de Vireonidae supone un avance en la sistemática de esta familia, aunque aún se presentan vacíos de información por un muestreo taxonómico limitado a nivel molecular (Slager *et al.* 2014, Mejías *et al.* 2020).

El género *Vireo* está constituido por 33 especies, muy diversas ecológicamente: algunas son migratorias, algunas endémicas de islas caribeñas y otras con amplia distribución en todo el continente americano, desde Canadá hasta el noreste de Argentina, pasando por el Caribe (Slager *et al.* 2014, Mejías *et al.* 2020, Winkler *et al.* 2020). De las 33 especies que constituyen este género, once se encuentran distribuidas en el Caribe o están presentes en la región en época de migración. En el territorio colombiano se han encontrado once taxones pertenecientes a este género, distribuidos en los diversos ecosistemas de Colombia, incluyendo dos especies con rango restringido a las islas oceánicas del caribe colombiano (*Vireo caribaeus* y *Vireo crassirostris approximans*).

A pesar de la diversidad de este género, aún existen vacíos de información con respecto al estatus taxonómico de algunas especies y subespecies que lo constituyen, como es el caso de *Vireo crassirostris*. Esta especie se encuentra constituida por seis subespecies, distribuidas a lo largo del Caribe (Fig. 1, Renjifo *et al.* 2016): *V. c. crassirostris* (Bryant, 1857) para la isla de New Providence de las Bahamas; *V. c. approximans* (Ridgway, 1884) de Providencia, Colombia; *V. c. alleni* (Cory, 1886) de Gran Caimán; *V. c. tortugae* (Richmond, 1917) para la isla Tortuga, Haití; *V. c. stalagmium* (Buden, 1985) para las islas Caicos, y, por último, *V. c. cubensis* (Kirkconnel & Garrido, 1991) para la isla de Cuba.

El Víreo de Providencia (*V. c. approximans*) ha representado un conflicto taxonómico y nomenclatural. Por lo general se ha considerado subespecie de *Vireo crassirostris* por entidades como el Comité de Clasificación de América del Norte de la Sociedad Americana de Ornitología (NACC), el club de aves neotropicales (Chesser *et al.* 2019), así como las listas de Howard & Moore (Dickinson & Christidis 2014) y Clements (Clements *et al.* 2015, Clements *et al.* 2018). Otras autoridades taxonómicas lo han considerado subespecie de *Vireo pallens*, especie de amplia distribución en Centro América, tales como Barlow (1990), Sibley & Monroe (1990), Del Hoyo *et al.* (2010), Del Hoyo & Collar (2016) y Brewer (2019). Las principales guías y recuentos taxonómicos de aves de Colombia la nombran como *Vireo crassirostris approximans* (Hilty & Brown 1986), así como el Libro Rojo de Aves de Colombia (Renjifo *et al.* 2016) y la lista oficial de la Asociación Colombiana de Ornitología (Avendaño *et al.* 2017). Por otro lado, la principal guía de aves del Caribe (Raffaele *et al.* 1998) usa el nombre *Vireo pallens approximans*.

Esta dualidad de clasificación permanece en la literatura ornitológica, sin que ninguna de las dos opciones haya sido soportada mediante ningún tipo de estudio que permita corroborar la validez de alguna de ellas. Este dilema taxonómico se remonta incluso al primer ejercicio de entendimiento de la avifauna de las islas caribeñas de forma amplia y exhaustiva, hecho por Bond (1961). Ese autor plantea que el canto del Vireo

de Providencia es similar al de *Vireo pallens* y no al de *Vireo crassirostris*, observación que podría ser el origen de las dos opciones nomenclaturales que se le han dado a esta población de aves de Providencia.

Algunos autores, como McMullan *et al.* (2018) y Donegan *et al.* (2019), denominan a este *Vireo* como *Vireo approximans*. Sin embargo, este estatus de especie carece de estudios rigurosos que lo soporten. El aislamiento geográfico de Providencia y Santa Catalina, en comparación con las áreas de distribución de las demás poblaciones de *crassirostris* o de *pallens*, sugiere que un proceso de diferenciación entre la población de Providencia y las demás es plausible.

El análisis y validación del estatus taxonómico de esta ave es de alta relevancia, no solo para resolver el conflicto nomenclatural que se tiene hoy en día, sino porque esta población es endémica de Providencia y Santa Catalina, y está catalogada como Vulnerable a nivel nacional (Renjifo *et al.* 2016), principalmente por su rango geográfico restringido y su continua exposición a amenazas antrópicas generadas por actividades turísticas y transformación de los ecosistemas naturales de las islas. A lo anterior hay que sumarle la severa destrucción de su hábitat tras el paso del huracán Iota, a finales del 2020, que dejó las islas prácticamente devastadas (Prensa Instituto Humboldt 2021).

En este estudio se usaron métodos bioacústicos y comparaciones morfológicas y ecológicas, para proponer una asignación taxonómica del *Vireo* de Providencia, basada en esas evidencias. De las tres opciones que se han planteado históricamente, subespecie de *Vireo crassirostris*, subespecie de *Vireo pallens* o especie aparte, *Vireo approximans*, la conclusión de este estudio es que se trata de un taxón aparte e independiente, endémico de estas dos islas colombianas.

## Métodos

**Área de estudio.** Este estudio se llevó a cabo en las islas Providencia y Santa Catalina, archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia (13° 20'19" N, 81°22'23" W; Fig. 2). Estas islas están ubicadas 90 km al norte de la isla de San Andrés, en el Caribe sur occidental. Se caracterizan por tener una superficie de 22 y 1 km<sup>2</sup>, respectivamente, y están separadas entre sí por un canal de 150 m de ancho. Su temperatura promedio anual es de 27°C, las precipitaciones anuales están entre 700 y 2000 mm, con un período seco entre enero y mayo (Ruiz & Orozco 2007). Son islas de origen volcánico, de relieve escarpado y un paisaje predominantemente montañoso. El punto más alto se llama El Pico, con 360 msnm, lugar donde se originan las principales fuentes de agua dulce de Providencia. Entre sus principales actividades económicas se encuentran el cultivo a pequeña escala de coco, mango, naranja, lechuga y caña de azúcar, la pesca y el ecoturismo. En estas dos islas viven 5000 habitantes, en su mayoría raizales descendientes de protestantes ingleses y esclavos africanos (Donegan & Huertas 2020). Los ecosistemas terrestres están dominados por bosque seco tropical y algunos manglares costeros. El bosque seco tropical se caracteriza por poseer árboles deciduos, de los cuales al menos el 50% son tolerantes a la sequía (Sánchez- Azofeifa *et al.* 2005, Pizano & García 2014). Las islas cuentan con la presencia del Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon declarado área protegida en el año 1995 y hace parte de la Reserva de Biósfera “Seaflower” desde el año 2000 (Coralina-Invemar 2012).

**Recolección de datos.** Los muestreos fueron realizados en el marco de la expedición científica Seaflower 2019 Providencia y Santa Catalina, realizada del 7 al 19 de septiembre de 2019. Para coleccionar las aves se ubicaron 4 redes de niebla, durante 7 horas, entre las 5:30 y 12:30 horas, en dos sitios: el primer sitio estuvo situado en los alrededores de la represa de Providencia (13°20'39.58"N 81°23'15.29"O), en una zona de transición entre bosque seco tropical y zonas de viviendas rurales con cultivos alrededor. El segundo sitio de muestreo se localizó en la isla de Santa Catalina, al interior del bosque (13°23'1.20"N, 81°22'19.33"O).

A los especímenes capturados se les tomaron las medidas de culmen expuesto, tarso, cola, envergadura alar y largo total con un calibrador digital (INSIZE®±0.01 mm), y el peso con una balanza eléctrica (VOLCRAFT® ±0.1 g).

De cada individuo capturado se colectó tejido muscular pectoral y del corazón, así como trozos del hígado. Las muestras fueron guardadas en tubos Eppendorf, en donde fueron fijadas y preservadas en alcohol al 95%, para análisis moleculares posteriores. Una vez en los laboratorios de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, las muestras fueron congeladas a -20°C. Los ejemplares preparados fueron trasladados y depositados en la colección biológica del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá (ICN-40323, ICN-40324, ICN-40325, ICN-40326).

Las grabaciones de los cantos y llamados del Vireo de Providencia fueron realizadas con una grabadora de sonidos Zoom H5 Handy Recorder. Las grabaciones fueron almacenadas en una memoria microSD, para el posterior análisis de los espectrogramas. Durante las faenas de campo se realizaron fotografías del Vireo en su hábitat natural y al momento de su captura, como soporte gráfico para las descripciones sobre su morfología externa. Las fotografías se hicieron con una cámara fotográfica Canon Powershot SX30 IS. Las grabaciones y las fotografías se obtuvieron durante las colectas y recorridos de observación diarios realizados por todos los ecosistemas de las dos islas.

**Análisis de datos.** La descripción de la morfología externa del Vireo se basó en los datos tomados al momento de captura de los especímenes, principalmente color de partes blandas y patrón de coloración del plumaje. La descripción ecológica y de comportamiento se hizo por medio de la composición del paisaje usado por el vireo de Providencia en los sitios de muestreo, así como los principales comportamientos exhibidos. Teniendo en cuenta la filogenia de la familia Vireonidae publicada por Slager *et al.* (2014) y verificada por Mejías *et al.* (2020), la descripción de las subespecies de *Vireo crassirostris* presentes en el libro rojo de aves de Colombia (Renjifo *et al.* 2016) y la distribución de las distintas especies pertenecientes al género, se definió el grupo de taxones para comparar con el Vireo de Providencia (Tabla 1).

Para revisar el canto del ave, se realizó una limpieza o purificación de cada una de las grabaciones realizadas en el sitio de muestreo con ayuda de la opción reducción de ruido del programa Adobe Audition (versión 13.0.6). Posteriormente, se llevó a cabo el procesamiento de los datos por medio del programa Raven pro versión 1.6 © (Cornell Laboratory of Ornithology), que permitió obtener los espectrogramas y la cuantificación de las variables necesarias para realizar las comparaciones (Chaves *et al.* 2010, Isler *et al.* 2012, Caro *et al.* 2013). Las variables utilizadas en este estudio fueron: (1) Frecuencia centro (Hz), como la media de la frecuencia. (2) Duración del canto (s), como el tiempo transcurrido desde el comienzo de la primera nota hasta el final de la última. (3) Número de notas que comprenden el canto. (4) Ritmo como el número de notas por segundo (Notes.s<sup>-1</sup>). (5) Pico de Frecuencia (Hz), como la frecuencia máxima. (6) Contorno mínimo de frecuencia (Hz), como la frecuencia donde se produce la menor potencia. (7) Contorno máximo de frecuencia (Hz), como la frecuencia donde se produce la mayor potencia. Las comparaciones se realizaron con los cantos de las especies hermanas de referencia, que fueron descargados de la plataforma Xenocanto (<https://www.xeno-canto.org/>) (Tabla S1).

Los cantos de todas las especies de vireos consideradas fueron comparados mediante un Análisis de Función Discriminante (método de ordenación), una herramienta predictiva que permite hacer clasificaciones con los datos de estudio (Palacio *et al.* 2020). En el análisis comparativo se incluyeron los cantos de cuatro individuos de *Vireo crassirostris*, cinco individuos de *Vireo pallens* y cinco individuos de *Vireo caribaeus* (Tabla S1).

Primero se validaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, exigidos para el análisis. Posteriormente se realizó el análisis de función discriminante lineal, evaluando su capacidad predictiva por

medio del método validación cruzada “dejando uno fuera” (leave-one-out-cross validation). Por último, se calculó el valor de lambda de Wilks ( $\lambda$ ) para medir la calidad de la función discriminante. Las pruebas estadísticas se compararon con un valor de probabilidad mayor a 0.05 siendo evidencia a favor de que se cumple con los supuestos. Todos los análisis se hicieron en el software R (R core team 2013) con los paquetes MASS, KLaR, doBy (Venables & Ripley 2002, Weish *et al.* 2005, Ulrich & Søren 2014).

## Resultados

**Coloración del plumaje y morfología.** Entre las hembras y machos examinados no encontramos dimorfismo sexual. Según los datos morfológicos tomados al momento de la captura, se evidenció que el Vireo de Providencia presenta medidas menores a las de sus parientes más cercanos (Tabla 1). El plumaje de los individuos capturados se caracterizó por poseer una coloración verde oliva en la corona y en la parte posterior. El área ocular y el área por encima de los lores presentó un color amarillo fuerte, que se distribuye hasta la parte posterior del ojo. El mentón, garganta y la parte dorsal de los individuos presentaron una tonalidad amarilla suave en su plumaje. Las alas tenían 3 franjas de color amarillo crema. El tarso mostró una coloración negra grisácea y las plantas de las patas exhibieron un color gris con una leve tonalidad amarilla. El pico presentó un grosor característico para el género *Vireo*, la mandíbula mostró tonalidades rosadas suaves, la maxila era café en un tono degradado con más profundidad hacia la punta y el iris color café (Fig. 3A), las medidas morfológicas y de plumajes fueron comparadas con especies que exhiben una relación estrecha a nivel filogenético (Fig. 4).

**Ecología y comportamiento.** El vireo de providencia evidenció el uso de todos los ecosistemas terrestres disponibles en las islas de Providencia y Santa Catalina (Fig. 2). Esta ave se observó con una frecuencia promedio de 5 individuos en los diferentes sitios muestreados: Playa del fuerte, bosque seco tropical y manglares asociados a las bahías Almond, Aguadulce, Suroeste, Aguamansa, PNN Old Providence McBean Lagoon, en zonas cercanas al aeropuerto el Embrujo, manglares y bosque seco tropical de Santa Catalina y la vegetación contigua a la represa de Providencia. Durante los recorridos fue común observar al Vireo de Providencia en zonas bajas, medias y altas del dosel en el bosque y manglares, carreteras, jardines urbanos y zonas de transición entre potreros y zonas boscosas, de borde y vegetación secundaria. Durante los muestreos se observaron individuos forrajeando, reposados en ramas o cantando entre las 5:00 hasta las 17:00 horas de recorridos. En 45 de las 60 veces que fue observado, había parejas o grupos de hasta 5 individuos del Vireo de Providencia.

**Dieta y forrajeo.** El contenido estomacal de los individuos colectados estuvo compuesto por patas de insectos y semillas. Las capturas fueron realizadas entre las 10:00 y las 12:30 horas, tiempo dedicado al forrajeo.

**Anidamiento y reproducción.** Durante el recorrido realizado en el manglar que se encuentra dentro del PNN Old Providence McBean Lagoon, cerca del aeropuerto El Embrujo (13°21'51.79"N, 81°21'32.47"O) se encontró un nido de Vireo en un mangle a 1.50 m de altura, sin presencia de huevos ni crías (Fig. S1) con medidas de largo de 15.506 cm y de ancho de 11.99 cm para el nido, mientras que la entrada del nido midió 8.422 cm de largo y 6.208 cm de ancho. Se observó que el nido presentaba poco uso y estaba intacto, registrando un previo anidamiento teniendo en cuenta que los muestreos fueron realizados en septiembre, para la época de lluvia reportada por el IDEAM.

**Diagnóstico de vocalización** Los cantos grabados de este taxón en Providencia y Santa Catalina se caracterizan por un breve “Tuii” repetido entre una y tres veces por segundo (Fig. 5). Cada Tui del canto se caracterizó por marcar un ritmo (Notas.  $s^{-1}$ ) de 2.14 ( $\pm 0.63$ ) en un tono alto. Los cantos del Vireo de Providencia se registraron entre las 6:00 y las 15:00 horas durante todos los recorridos realizados. Las

grabaciones permitieron identificar los espectrogramas correspondientes al Vireo de providencia, que presentó entre una a cinco sílabas máximo por canto (Fig 6A).

**Análisis bioacústico multivariado.** Las especies de comparación utilizadas para el análisis multivariado comprenden a *Vireo crassirostris*, *Vireo pallens* y *Vireo caribaeus* por su cercana relación filogenética y geográfica con el taxón de interés, como se observa en la Figura 7. La comparación entre los cantos de las especies escogidas para este análisis evidenció características típicas del género *Vireo*, pero cada una con rasgos específicos como el número de notas por canto y el ritmo (Tabla 2). El Vireo de Providencia se distinguió de las demás especies a partir de variables estructurales tales como la duración, el número de notas y el ritmo, ya que presentó valores inferiores a los otros taxa con los que se le comparó (Fig. 8). De la misma manera, otra variable destacable del Vireo de Providencia que mostro una media más alta en comparación con los otros taxones es el centro de frecuencia (Fig. 8A).

El análisis discriminante basado en la media de los valores de las variables evaluadas demostró que hay una relación estrecha entre *Vireo crassirostris*, *Vireo pallens* y *Vireo caribaeus*, sin embargo, fue evidente una divergencia para el Vireo de Providencia según el espacio multivariado (Fig. 9). El análisis de la función discriminante de los cantos de los cuatro taxones analizados para este estudio reveló que el centroide del grupo de cada taxón difiere significativamente de los demás ( $\lambda$  de Wilks= 0,11, df= 21, P< 0,001). El complejo de cantos evaluados en este estudio es diagnosticable vocalmente por las variables duración, ritmo, número de notas y centro de frecuencia (Tabla 3), ya que poseen los valores absolutos más altos, tanto en LD1 como en LD2.

Los cantos analizados fueron mejor discriminados por la función lineal 1 (LD1), que arrojó un valor más alto del 79.09% de varianza explicada con respecto a las otras dos funciones obtenidas (Tabla 3). Para evaluar la capacidad predictiva del modelo se hizo uso de la validación cruzada “dejando uno fuera” en donde se ajustó el modelo con todas las canciones evaluadas menos una, para predecir a que grupo pertenecía el canto que quedo por fuera. Este proceso se repitió tantas veces como canciones hubo. Según la validación cruzada para los cantos del Vireo de Providencia, la precisión del modelo generado es del 93.33%, ya que catorce de los cantos fueron clasificados correctamente en su taxón correspondiente, mientras que un canto de Vireo de Providencia fue clasificado como *Vireo pallens* (Tabla S2).

## Discusión

Este estudio describe las diferencias morfológicas, ecológicas y bioacústicas que presenta el Vireo de Providencia en comparación con *Vireo pallens* y *Vireo crassirostris*, así como otras especies cercanas filogenética y geográficamente. Los resultados permiten entender la clasificación asociada al Vireo de Providencia para resolver la ambigüedad actual de su estatus taxonómico. Los individuos colectados (dos hembras y dos machos) presentaron características propias del género *Vireo*, tales como el plumaje predominantemente amarillo y verde, la presencia de un anillo o franja ocular, alas de longitud media, cuerpo pequeño, cilíndrico y ovoide. Adicionalmente, el Vireo de Providencia al igual que todos los integrantes del género, no presenta dimorfismo sexual (Winkler *et al.* 2020).

Debido a las fuertes afinidades morfológicas y filogenéticas que expone el Vireo de Providencia, se puede situar en el clado de “ojos anillados, de acuerdo con lo propuesto por Slager *et al.* (2014). En este clado se puede encontrar a las especies de comparación expuestas en la Tabla 1, que exhiben una relación estrecha a nivel filogenético (Fig. 4), de plumaje, ecológico y morfológico. En la coloración del plumaje, el Vireo de Providencia presenta similitudes con las poblaciones de *Vireo crassirostris* y también con *Vireo pallens* mostrando coherencia en su clasificación ambigua como una posible subespecie de estos dos taxones (Fig. 3C y Fig. 3D). En comparación con *Vireo bairdi* y *Vireo griseus*, especies que presentan una relación directa con *Vireo crassirostris* en la filogenia de Slager *et al.* (2014), tiene diferencias notorias en el plumaje (Fig.

3E y Fig. 3F). El taxón de interés en este estudio presenta una coloración en tonos verde oliva y amarillentos en comparación con *Vireo bairdi*, que tiene tonalidades castañas opacas a marrón, con una franja blanca en el mentón, garganta y pecho. De igual forma al contrastarlo con *Vireo griseus*, se observa la divergencia en tonalidades de amarillo fuerte a gris en contraste con el Vireo de Providencia, cuyos tonos son más suaves. Así mismo, se concluye, sobre la caracterización morfológica, que su rasgo diferenciador de las otras especies es la longitud de la cola (Tabla 1). Sin embargo, se necesita aumentar los datos con respecto a otras especies de comparación para generar resultados más concluyentes en este aspecto morfológico.

**Diferenciación ecológica.** El Vireo de Providencia presenta características de hábitat similar a las cinco subespecies del Vireo de Pico Grueso (*Vireo crassirostris*) endémico del Caribe, ocupando principalmente hábitats xeromórficos, aunque se lo considera generalista (Peiman 2020). El Vireo de manglar (*Vireo pallens*) se distribuye a lo largo de Centroamérica pasando por la vertiente pacífica de México y por el sur de México hasta el noroccidente de Costa Rica, en la vertiente atlántica o el Caribe en la península de Yucatán y en algunas islas cercanas, se caracteriza por habitar bosques cubiertos por matorrales, campos de arbustos con maleza, vegetación secundaria y borde de bosque a parte de los manglares que le confiere su nombre común (Brewer 2020).

El Vireo de Providencia, se diferencia del Vireo de San Andrés (*Vireo caribaeus*) un ave endémica de la isla de San Andrés en el uso de áreas con mayor grado de perturbación debido al aumento del turismo y agricultura en la isla de San Andrés (Gómez 2020). Otra especie que presenta relación filogenética cercana al Vireo de Providencia es el Vireo de Ojos Blancos (*Vireo griseus*), cuya principal diferencia con el taxón de interés es su comportamiento migratorio desde el occidente de Norteamérica hasta Centroamérica, sin embargo, es común observarlo en matorrales y zonas de transición entre bosque denso y pastizales; hábitats que tiene en común con el Vireo de Providencia (Hopp *et al.* 2020). No obstante, no hay registros del Vireo de Ojos Blancos en la isla de Providencia. Por último, al comparar al Vireo de Providencia con el Vireo de Cozumel (*Vireo bairdi*) que habita en la isla de Cozumel, frente a la costa de Yucatán en México se puede notar que ocupa hábitats similares de matorrales y bosques bajos con la particularidad de tierras de cultivo abandonadas (Brewer *et al.* 2020).

A nivel ecológico, el Vireo de Providencia presentó un comportamiento generalista en todos los ecosistemas de las islas Providencia y Santa Catalina, tal como lo reporta Restrepo (2009) para estos territorios insulares, este comportamiento ecológico generalista es un rasgo similar entre todas las especies que hicieron parte de la comparación en este estudio. Otra característica del Vireo de Providencia es que es muy activo durante todo el día, realizando actividades de forrajeo, anidamiento y cortejo. Observaciones que concuerdan con datos reportados previamente (Donegan *et al.* 2016, Renjifo *et al.* 2016, Donegan & Huertas 2020).

La dieta de este taxón en las islas estudiadas parece compuesta por artrópodos y frutos nativos o de carácter comercial. El principal ecosistema que usa el Vireo de Providencia en las islas es el bosque seco tropical, que se caracteriza por tener menos temporadas secas en comparación con el bosque seco tropical utilizado por *Vireo pallens* en territorio continental, porque presenta estacionalidades más marcadas frente a la zona ecuatorial (Pizano & García, 2014).

**Patrones de variación vocal y posibles causas.** Las vocalizaciones en las aves facilitan el apareamiento conespecífico (García *et al.* 2018). La variación vocal está directamente relacionada con la variación genotípica que controla rasgos como longitud y forma del pico, que permiten generar diversidad de canciones entre especies de vireonidos (Mejías *et al.* 2020).

El Vireo de Providencia es diagnosticable por sus vocalizaciones en múltiples rasgos temporales y espectrales. A nivel vocal, el Vireo de Providencia presenta una tonalidad alta en su canto, así como un

ritmo pausado y sin complejidad de notas (Fig. 6), en comparación con las otras especies usadas en el estudio, tal como lo reportan Donegan *et al.* (2015).

Según Peiman (2020), solo los machos de Vireo de pico grueso (*Vireo crassirostris*) pueden cantar. Su sonido se ha definido como una sílaba zumbante no musical con tres a catorce sílabas por canto (Fig. 6B). El número de sílabas mencionadas diferencian al Vireo de providencia con respecto al Vireo de pico grueso (*Vireo crassirostris*) porque este taxón presenta entre una a cinco sílabas máximo por canto (Fig. 6A). En el caso del Vireo de manglar (*Vireo pallens*) se diferencia del Vireo de providencia en que presenta variedades de canciones, desde “jee-wee-wee-wee” hasta un profundo “Chewy-chewy-chewy-chewy” con sílabas entre tres a doce por canto (Fig. 6C, Brewer 2020). Al comparar al Vireo de Providencia con el Vireo de San Andrés (*Vireo caribaeus*) se puede notar que el último posee tres patrones diferentes. El primer patrón se caracteriza por repetir una sílaba entre dos a veinte veces similar a “wit-wit-wit-wit-wit”, el segundo patrón se caracteriza por emitir dos sílabas diferentes pronunciadas de uno a quince veces plasmando “sewi-sewi-sewi” y el último patrón es un canto polisilábico diferente pronunciados aleatoriamente (Gómez 2020) (Fig. 6F).

Al comparar los cantos del Vireo de Ojos Blancos (*Vireo griseus*) y el Vireo de Providencia, se aprecia que el primero posee una amplia gama de canciones que difieren notoriamente entre ellos (Fig. 6D, Hopp *et al.* 2020). Por último, el Vireo de Cozumel (*Vireo bairdi*) posee un canto de tres a diez notas similares al *Vireo griseus* por lo tanto, no concuerda con las vocalizaciones del Vireo de Providencia (Fig. 6E, Brewer *et al.* 2020).

El canto del Vireo de Providencia posee una tonalidad alta que permite distinguirlo en la profundidad del bosque, en manglares cercanos a las playas de la isla y zonas abiertas. El ritmo es pausado en comparación con el canto de *Vireo bairdi* y el *Vireo caribaeus* (Tabla 2). El canto del Vireo de Providencia no presenta complejidad de notas como *V. c. cubensis* ni el *Vireo griseus* (Fig. 6A, Fig. 6B, Fig. 6D).

En Vireonidae se presenta una relación inversa entre morfología y rasgos vocales, en donde especies con pico prolongado y grande cantan canciones más cortas con rangos de frecuencias pequeñas, en comparación con especies con picos cortos y delgados que tienen cantos más largos (Mejías *et al.* 2020). El Vireo de Providencia expone una longitud de pico mayor en comparación con las especies que presentan la ambigüedad de clasificación (Tabla 1), rasgo relacionado con el tipo de canto que consiste en una repetición constante y monótona de una sola nota.

Según Bond (1961) el canto de *Vireo pallens* presenta similitudes con respecto al Vireo de Providencia, potenciando la confusión taxonómica actual. Nuestros resultados indican que las similitudes no son significativas en las variables medidas en el presente estudio (Fig. 9), generando la divergencia clave en el canto del Vireo de Providencia.

Los resultados obtenidos mediante el análisis de función discriminante demuestran que el canto del Vireo de Providencia presenta diferencias significativas entre los taxones de comparación (Fig. 7), lo que permite al canto ser diagnosticable a partir de las variables de duración, centro de frecuencia, número de notas y el ritmo (Tabla 3). Todas estas variables permiten reconocer al Vireo de Providencia a nivel del dosel del bosque como en espacios abiertos, por la alta frecuencia y por su particular ritmo y número de notas.

**Implicaciones taxonómicas.** Las diferencias en los rasgos vocales, morfológicos y ecológicos del Vireo de Providencia expuestas en este estudio son la primera aproximación al entendimiento del grado de divergencia en este linaje en comparación con sus congéneres. Siguiendo el concepto biológico de especie (Mayr 1969; De Queiroz 2005), el taxón de estudio se encuentra completamente aislado de otras especies y subespecies del mismo género. Adicionalmente, se puede diferenciar por plumaje y rasgos vocales (Fig. 2,

Tabla 2), apoyando la hipótesis de especiación alopátrica en el complejo de islas en el Caribe (Bromhan & Woolfit 2004, Arbogast *et al.* 2006, Ricklefs & Bermingham 2007).

En resumen, de acuerdo con estos resultados, la opción nomenclatural que representa mejor las diferencias entre los taxones evaluados es darle estatus de especie al Vireo de Providencia. Sin embargo, nuestros resultados deben ser complementados y apoyados con información molecular, mediante el análisis de su ADN y posición en la filogenia desarrollada por Slager *et al.* (2014) y confirmada por Mejías *et al.* (2020).

De esta manera, realizar detalladamente su clasificación taxonómica, apoyándose en el concepto filogenético de especie (Rojas-Soto *et al.* 2010), como se ha realizado en diversos estudios que ejemplifican el cambio en la limitación de especies y subespecies o Split (Cadena & Cuervo 2010, Chaves *et al.* 2010, Isler *et al.* 2012, Avendaño *et al.* 2015, Isler *et al.* 2020,).

Según esto, se propone usar la siguiente clasificación taxonómica y nombre en inglés y español para el taxón de interés en este estudio, resolviendo su ambigüedad taxonómica:

*Vireo approximans* (Ridgway 1884) - Vireo de Providencia- Providence Vireo. Endémico de las islas de Providencia y Santa Catalina, San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia.

**Conservación.** La clasificación taxonómica de especie es fundamental para mejorar los planes y políticas de conservación según entidades como como unión internacional para la conservación de la naturaleza (IUCN) o convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (Rojas- Soto *et al.* 2010). La conservación para este taxón endémico de las islas de Providencia y Santa Catalina consiste en la presencia del PNN Old Providence McBean Lagoon, el parque regional The Peak y la Reserva de la Biosfera de SEAFLOWER (Renjifo *et al.* 2016).

Según Renjifo *et al.* (2016) el Vireo de Providencia con clasificación *Vireo crassirostris approximans*, presenta una categoría Vulnerable, por las amenazas de disminución de la población por la pérdida de hábitat, el turismo en las islas y afectaciones por huracanes, siendo una posible amenaza con impactos severos en la población.

Durante el transcurso del análisis de este estudio, Providencia fue fuertemente afectada por el Huracán Iota (categoría 5), que cruzó sobre las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina el 15 de noviembre del año 2020. Los fuertes vientos del Huracán alcanzaron velocidades de hasta 200 km/h, arrasando con el 90% de la vegetación de bosque seco tropical de las islas de Providencia y Santa Catalina, afectando directamente las poblaciones del Vireo de Providencia (*Vireo approximans*) (Prensa Instituto Humboldt 2021).

El catastrófico paso del huracán Iota, tiene diversos efectos en la avifauna de la isla. Según Wiley & Wunderle (1993), los efectos de los huracanes en las aves del caribe pueden ser de dos tipos: directos e indirectos. Los efectos directos son la mortalidad de la avifauna causada por los fuertes vientos y el cambio en la distribución geográfica y los patrones de migración de aves. Los efectos indirectos son la pérdida de alimentos, pérdida de nidos, sitios de anidación y sitios de percha, incremento en la exposición a la depredación y la pérdida de la cobertura vegetal que afecta el comportamiento de forrajeo.

En el caso del Vireo de Providencia, el huracán Iota causó una disminución significativa al tamaño poblacional, así como de sus recursos de alimentación como frutos, semillas e insectos, recursos de anidación y pérdida de hábitat. Por este motivo, la condición de amenaza de esta especie se debe considerar mayor a la categoría vulnerable (VU) reportada hasta la fecha (Renjifo *et al.* 2016), aumentando a categoría de En Peligro (EN) A1+B1+D1, por la pérdida de su hábitat, su distribución restringida a las islas de Providencia y Santa Catalina. Es urgente evaluar el estado de población del Vireo de Providencia, así como los efectos directos e indirectos del huracán Iota sobre esta ave endémica de Providencia y Santa Catalina.

Se sugiere realizar estudios detallados del estado de la población, su biología reproductiva y preferencia de hábitat para priorizar su conservación en la isla y planificar los proyectos de restauración.

Finalmente tener claridad en la delimitación de especies permite avanzar no solo en la taxonomía, sino también en estudios de filogeografía y sobre todo en la conservación y protección del endemismo de las especies. Providencia es una isla con alta diversidad de especies y luego del huracán Iota, debe restaurar sus ecosistemas para sostener la diversidad y riqueza de especies que habitan en la isla, así como la población humana.

### **Conclusiones.**

El canto del Vireo de Providencia es diagnosticable a partir de rasgos vocales como la duración, el ritmo, el número de notas y la frecuencia centro por lo que a nivel bioacústico, se presentan diferencias significativas entre las especies que poseen ambigüedad en la clasificación del Vireo de providencia.

Gracias a las comparaciones acústicas, ecológicas y morfológicas, se sugiere tratar al Vireo de Providencia como la especie *Vireo approximans* (Ridgway 1884). Se propone reforzar los planes de conservación para *Vireo approximans*, ave endémica de las islas de Providencia y Santa Catalina, localidades fuertemente afectadas por el huracán Iota en noviembre del 2020.

### **Recomendaciones.**

Se debe realizar los análisis moleculares de *Vireo approximans* a partir de las muestras de tejido colectadas en este estudio y así determinar su historia evolutiva, y posición filogenética.

Se debe realizar estudios que determinen el estado actual de la población de *Vireo approximans* en las islas de Providencia y Santa Catalina.

Se recomienda realizar estudios de la biología reproductiva y preferencias de hábitat de la especie para entender más a fondo la dinámica de la población en las islas y plantear estrategias de conservación.

### **Literatura citada**

- ARBOGAST, B. S., DROVETSKI, S. V., CURRY, R. L., BOAG, P. T., SEUTIN, G., GRANT, P. R., ROSEMARY, B. & ANDERSON, D. J. 2006. The origin and diversification of Galapagos mockingbirds. *Evolution*, 60(2), 370-382. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2006.tb01113.x>
- AVENDAÑO E., J., ISABEL BOHÓRQUEZ, C., ROSSELLI, L., ARZUZA-BUELVAS, D., ESTELA, F. A., CUERVO, A. M., STILES F. G. & RENJIFO, L.M. 2017. Lista de chequeo de las aves de Colombia: una síntesis del estado del conocimiento desde Hilty & Brown (1986). *Ornitología Colombiana* 16:eA01.
- AVENDAÑO, J. E., CUERVO, A. M., LÓPEZ-O, J. P., GUTIÉRREZ-PINTO, N., CORTÉS-DIAGO, A., & CADENA, C. D. 2015. A new species of tapaculo (Rhinocryptidae: *Scytalopus*) from the Serranía de Perijá of Colombia and Venezuela. *The Auk: Ornithological Advances*, 132(2), 450-466. <https://doi.org/10.1642/AUK-14-166.1>
- BARLOW, J. 1990. Revised Songs of the Vireos, etc. and their Allies. Ara Record Cassette.
- BOND, J. 1961. Field guide to the birds of the West Indies. Boston, Mass.: Houghton Mifflin.
- BREWER, D., & ORENSTEIN, R. I. 2010. Family Vireonidae (vireos). *Handbook of the birds of the world*, vol. 15. Weavers to new World Warblers, Lynx edicions, Barcelona
- BREWER, D. 2019 Mangrove Vireo (*Vireo pallens*). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. & de Juana, E. (eds.) *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: *Lynx Edicions*. Accessed from <http://www.hbw.com/node/61243>.

- BREWER, D. 2020. Mangrove Vireo (*Vireo pallens*), versión 1.0. En Birds of the World (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, DA Christie y E. de Juana, Editores). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.manvir1.01>
- BREWER, D., E. DE JUANA Y CJ SHARPE. 2020. Cozumel Vireo (*Vireo bairdi*), versión 1.0. En Birds of the World (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, DA Christie y E. de Juana, Editores). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.cozvir1.01>
- BROMHAM, L., & WOOLFIT, M. 2004. Explosive radiations and the reliability of molecular clocks: island endemic radiations as a test case. *Systematic Biology*, 53(5), 758-766. <https://doi.org/10.1080/10635150490522278>
- BUDEN, D. W., 1985. New subspecies of thick-billed vireo (Aves: Vireonidae) from the Caicos Islands, with remarks on taxonomic status of other populations. *Proc. Biol. Soc. Of Washington* 98, 591–597.
- CADENA, C. D., & CUERVO, A. M. 2010. Molecules, ecology, morphology, and songs in concert: how many species is *Arremon torquatus* (Aves: Emberizidae)? *Biological Journal of the Linnean Society*, 99(1), 152-176. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2009.01333.x>
- CARO, L. M., CAYCEDO-ROSALES, P. C., BOWIE, R. C. K., SLABBEKOORN, H., & CADENA, C. D. 2013. Ecological speciation along an elevational gradient in a tropical passerine bird?. *Journal of Evolutionary Biology*, 26(2), 357-374. <https://doi.org/10.1111/jeb.12055>
- CHAVES, J. C., CUERVO, A. M., MILLER, M. J., & CADENA, C. D. 2010. Revising species limits in a group of *Myrmeciza* antbirds reveals a cryptic species within *M. laemosticta* (Thamnophilidae). *The Condor*, 112(4), 718-730. <https://doi.org/10.1525/cond.2010.100098>
- CHESSER, R. T., BURNS, K. J., CICERO, C., DUNN, J. L., KRATTER, A. W., LOVETTE, I. J., RASMUSSEN, P. C., REMSEN, J. V., STOTZ, D. F. & WINKER, K. 2019 Sixtieth Supplement to the American Ornithological Society's Check-list of North American Birds. *Auk* 136: 1–23. <https://doi.org/10.1093/auk/ukz042>
- CLEMENTS, J. F., SCHULENBERG, T. S., ILIFF, M. J., ROBERSON, D., FREDERICKS, T. A., SULLIVAN, B. L., & WOOD, C. L. 2015. The eBird/Clements checklist of birds of the world: 2016. Descargado de: <http://www.birds.cornell.edu/clementschecklist/download> consultado el 5 de marzo de 2021.
- CLEMENTS, J. F., SCHULENBERG, T. S., ILIFF, M. J., ROBERSON, D., FREDERICKS, T. A., SULLIVAN, B. L. & WOOD, C. L. 2018 The eBird/Clements checklist of birds of the world: v2019. Accessed from <http://www.birds.cornell.edu/clementschecklist>. Fecha de consulta: 3 de septiembre de 2020.
- CORALINA-INVEMAR. 2012. GómezLópez, D. I., C. Segura-Quintero, P. C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés” - INVEMAR- y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 28. Santa Marta, Colombia 180 p.
- CORY, C. B., 1886. The birds of the West Indies, including the Bahamas Islands, the Greater and Lesser Antilles, excepting the islands of Tobago and Trinidad. *The Auk* 3, 1–59.
- DE QUEIROZ, K. 2005. Ernst Mayr and the modern concept of species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(suppl 1), 6600-6607. <https://doi.org/10.1073/pnas.0502030102>
- DEL HOYO, J. & COLLAR, N. J. 2016. HBW and BirdLife International illustrated checklist of the birds of the world, 2. Barcelona: Lynx Edicions.
- DEL HOYO, J., ELLIOTT, A. Y CHRISTIE, D. A. 2010. Handbook of the Birds of the World. Vol. 15. Lynx Edicions, Barcelona.
- DICKINSON, E. C. & CHRISTIDIS, L., EDS. 2014. The Howard & Moore complete checklist of the birds of the world, 2. Eastbourne, UK: Aves Press.
- DONEGAN, T. AND B. HUERTAS. 2020. Providencia island in the Colombian Caribbean: X marks the spot for a treasure of endemic, migrant and vagrant birds. *Neotropical Birding* 26.

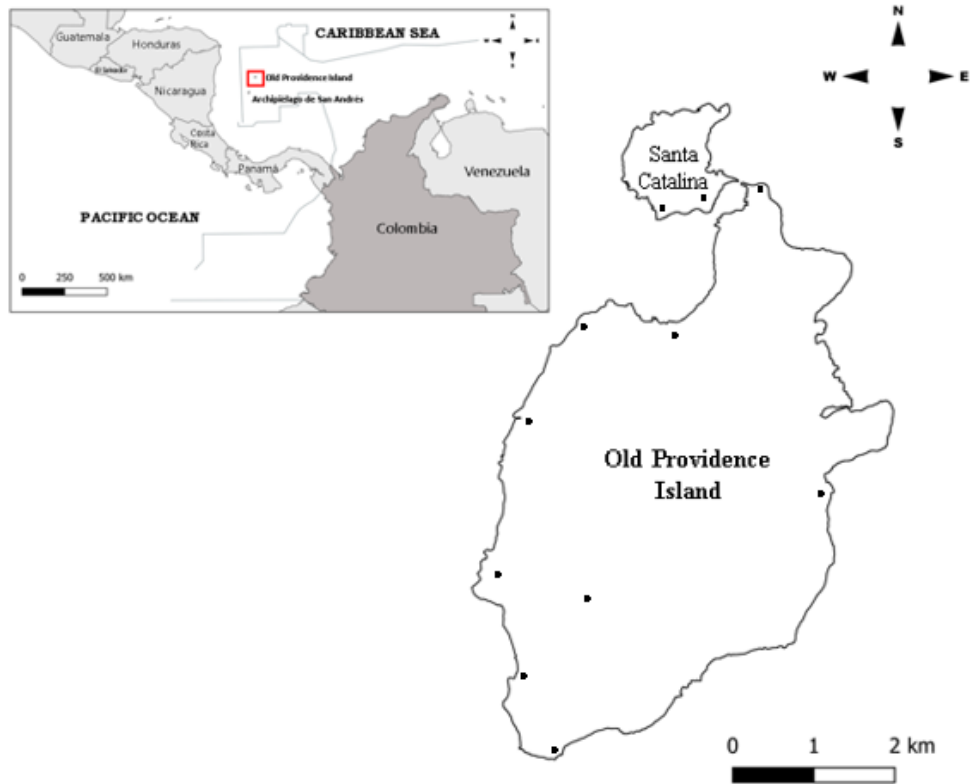
- DONEGAN, T., QUEVEDO, A., VERHELST, J. C., CORTÉS-HERRERA, O., ELLERY, T. & SALAMAN, P. 2015. Revision of the status of bird species occurring or reported in Colombia 2015, with discussion of BirdLife International's new taxonomy. *Conservación Colombiana*. 23: 3–48.
- DONEGAN, T., VERHELST, J. C., ELLERY, T., CORTÉS-HERRERA, O., & SALAMAN, P. 2016. Revision of the status of bird species occurring or reported in Colombia 2016 and assessment of BirdLife International's new parrot taxonomy. *Conservación Colombiana*, 24(12-36).
- DONEGAN, T., VERHELST, J. C., SALAMAN, P., CORTÉS, O. & ELLERY, T. 2019. Checklist of the Birds of Colombia 2018/v8. doi.org/10.13140/RG.2.2.33194.26567
- GARCÍA, N. C., NAKA, L. N., & CABANNE, G. S. 2018. Vocal variation in relation to genetic structure in an Atlantic forest woodcreeper (*Xiphorhynchus fuscus*): evolutionary and taxonomic implications. *k*, 159(2), 379-388. https://doi.org/10.1007/s10336-017-1509-9
- GÓMEZ MONTES, C. 2020. San Andres Vireo (*Vireo caribaeus*), versión 1.0. En Birds of the World (TS Schulenberg, editor). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU. https://doi.org/10.2173/bow.stavir1.01
- HILTY, S. L. & BROWN, W. L. 1986 A guide to the birds of Colombia. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- HOPP, SL, A. KIRBY Y CA BOONE 2020. White-eyed Vireo (*Vireo griseus*), versión 1.0. En Birds of the World (SM Billerman, BK Keeney, PG Rodewald y TS Schulenberg, Editores). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU. https://doi.org/10.2173/bow.whevir.01
- ISLER, M. L., CHESSER, R. T., ROBBINS, M. B., CUERVO, A. M., CADENA, C. D., & HOSNER, P. A. 2020. Taxonomic evaluation of the *Grallaria rufula* (Rufous Antpitta) complex (Aves: Passeriformes: Grallariidae) distinguishes sixteen species. *Zootaxa*, 4817(1), zootaxa-4817.10.11646/zootaxa.4817.1.1
- ISLER, M. L., CUERVO, A. M., BRAVO, G. A., & BRUMFIELD, R. T. 2012. An integrative approach to species-level systematics reveals the depth of diversification in an Andean thamnophilid, the Long-tailed Antbird. *The Condor*, 114(3), 571-583. https://doi.org/10.1525/cond.2012.120012
- KIRKCONNELL, A. Y GARRIDO, O. H., 1991. The Thickbilled Vireo, *Vireo crassirostris* (Aves: Vireonidae), a new addition to the Cuban avifauna. *Ornitología Neotropical* 2, 99–100.
- MAYR, E. 1969. The biological meaning of species\*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 1(3), 311–320. https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1969.tb00123.x
- MCMULLAN, M., DONEGAN, T., PANTOJA-PENA, G., TUNCERNAVARRO, T., BARTELS, A. & ELLERY, T. 2018. Field guide to the birds of Colombia. Bogotá: Rey Naranjo Editores.
- MEJÍAS, M. A., RONCAL, J., IMFELD, T. S., BOISEN, S., & WILSON, D. R. 2020. Relationships of song structure to phylogenetic history, habitat, and morphology in the vireos, greenlets, and allies (Passeriformes: Vireonidae). *Evolution*. 74(11), 2494-2511. https://doi.org/10.1111/evo.14099
- MONTOYA, A. 2019. Creación de un sistema de información integrado y sus herramientas geomáticas SIG. Infraestructura de Datos Espaciales Marítima Fluvial y Costera de Colombia. Dirección General Marítima.
- PALACIO, F. X., APODACA, M. J., CRISCI, J. V. 2020, Análisis multivariado para datos biológicos: teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R, - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara, ISBN 978-987-3781-49-0.
- PEIMAN, KS. 2020. Thick-billed Vireo (*Vireo crassirostris*), versión 1.0. En Birds of the World (TS Schulenberg, editor). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU. https://doi.org/10.2173/bow.thbvir.01
- PIZANO, C., & GARCÍA, H. 2014. El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá (Colombia) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá (Colombia).

- PRENSA INSTITUTO HUMBOLDT. 2021. El antes y el después de los bosques de Providencia tras el paso del Huracán Iota. Bogotá D. C. Instituto Humboldt. <http://humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1568-el-antes-y-el-despues-de-los-bosques-de-providencia-tras-el-paso-del-huracan-iota>
- RAFAELLE, H., WILEY, J., GARRIDO, O., KEITH, A. & RAFFAELE, J. 1998. Birds of the West Indies. London, UK: Christopher Helm.
- RENJIFO, L. M., AMAYA-VILLARREAL, A. M., BURBANO-GIRÓN, J., & VELÁSQUEZ-TIBATÁ, J. 2016. Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país., Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Humboldt, Bogotá, DC, Colombia. 564.
- RESTREPO, S., 2009. Informe de componente sobre la avifauna del Parque Regional The Peak. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.
- RICKLEFS, R. E., & BERMINGHAM, E. 2007. The causes of evolutionary radiations in archipelagoes: passerine birds in the Lesser Antilles. *The American Naturalist*, 169(3), 285-297.
- RIDGWAY, R. 1884. On a collection of birds made by messrs. J. E. Benedict and W. Nye of the United States Fish Commission Steamer, "Albatross". *Proc. US Nat. Mus.* 7: 172–180R
- ROJAS-SOTO, O. R., NAVARRO-SIGUENZA, A. G., & DE LOS MONTEROS, A. E. 2010. Systematics and bird conservation policies: the importance of species limits. *Bird Conservation International*, 20(2), 176-185. <https://doi.org/10.1017/S0959270909990268>
- RUIZ, J., & OROZCO, M. C. F. 2007. Plantas leñosas del bosque seco tropical de la isla de Providencia, Colombia, Caribe sur occidental. *Biota Colombiana*, 8(1). <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/186>
- SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A., QUESADA, M., RODRÍGUEZ, J. P., NASSAR, J. M., STONER, K. E., CASTILLO, A., GARVIN, T., ZENT E., CALVO-ALVARADO J., KALACSKA M., FAJARDO L., GAMON J. & CUEVAS-REYES, P. 2005. Research priorities for Neotropical dry forests 1. *Biotropica*: 37(4), 477-485. <https://doi.org/10.1046/j.0950-091x.2001.00153.x-i1>
- SIBLEY, C. G., & MONROE, B. L. 1990. *Distribution and Taxonomy of Birds of the World*. Yale University Press.
- SLAGER, D. L., BATTEY, C. J., BRYSON JR, R. W., VOELKER, G., & KLIKA, J. 2014. A multilocus s of a major New World avian radiation: the Vireonidae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 80, 95-104. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.07.021>
- ULRICH HALEKOH, SØREN HØJSGAARD. 2014. A Kenward-Roger Approximation and Parametric Bootstrap Methods for Tests in Linear Mixed Models - The R Package pbkrtest., *Journal of Statistical Software*, 58(10), 1-30., <https://www.jstatsoft.org/v59/i09/>
- VENABLES WN, RIPLEY BD. 2002. *Modern Applied Statistics with S*, Fourth edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>.
- WEIHS C, LIGGES U, LUEBKE K, RAABE N. 2005. "klaR Analyzing German Business Cycles." In Baier D, Decker R, Schmidt-Thieme L (eds.), *Data Analysis and Decision Support*, 335-343.
- WILEY, J. W., AND J. M. WUNDERLE. 1992. The effects of hurricanes on birds, with special reference to Caribbean islands. *Bird Conservation International*, 3: 319–349. <https://doi.org/10.1017/S0959270900002598>
- WINKLER, D. W., S. M. BILLERMAN, AND I.J. LOVETTE 2020. Vireos, Shrike-Babblers, and Erpornis (*Vireonidae*), version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, and T. S. Schulenberg, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.vireon1.01>

Figuras y tablas



**Figura 1.** Distribución de las subespecies del Vireo piquigrueso (*Vireo crassirostris*) en el mar Caribe (Fuente: elaboración propia).



**Figura 2.** Mapa de Providencia y Santa Catalina y puntos de muestreo, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia (Fuente: elaboración propia).

**Tabla 1.** Masa corporal (g) y medidas morfométricas (mm) de individuos capturados del Vireo de Providencia (*Vireo approximans*) y especies seleccionadas del género *Vireo*. Los valores son presentados como media y rango (en paréntesis). Las medidas de las especies seleccionadas del género *Vireo* fueron obtenidas de la base de datos Birds of the world (Winkler *et al.* 2020).

Especie	Masa corporal	Culmen <sup>a</sup>	Tarso	Ala <sup>b</sup>	Cola	Largo total	Envergadura
<i>V. approximans</i>	11.6 (10.9-12.7) n=4	14.78(12.55-17.17) n=4	18.16 (16.98-19.47) n=4	61 (54-65) n=4	33 (11-46) n=4	110.5 (96-120) n=4	190 (188-194) n=4
<i>V. crassirostris</i>	13.42 (11.8-14.2) n=5	12 (11-13) n=16	21.9 (21-23) n=16	62.8 (60-65) n=16	49.1 (47-50) n=16	122.3 (115-130) n=16	-
<i>V. pallens</i>	11.5(11-12)	-	-	-	-	-	-
<i>V. caribaeus</i>	9.4	-	20.6	56.4	-	120	-
<i>V. griseus</i>	12.0 (11.0-13.0) n=4	9.8 (9.1–10.8)	18.8 (18–19.7)	60.2 (57.5–63)	47.2(46–49)	118.5(107-130)	-
<i>V. bairdi</i>	12.9(11.2-14.6)	-	-	-	-	12.0(11.5-12.5)	-

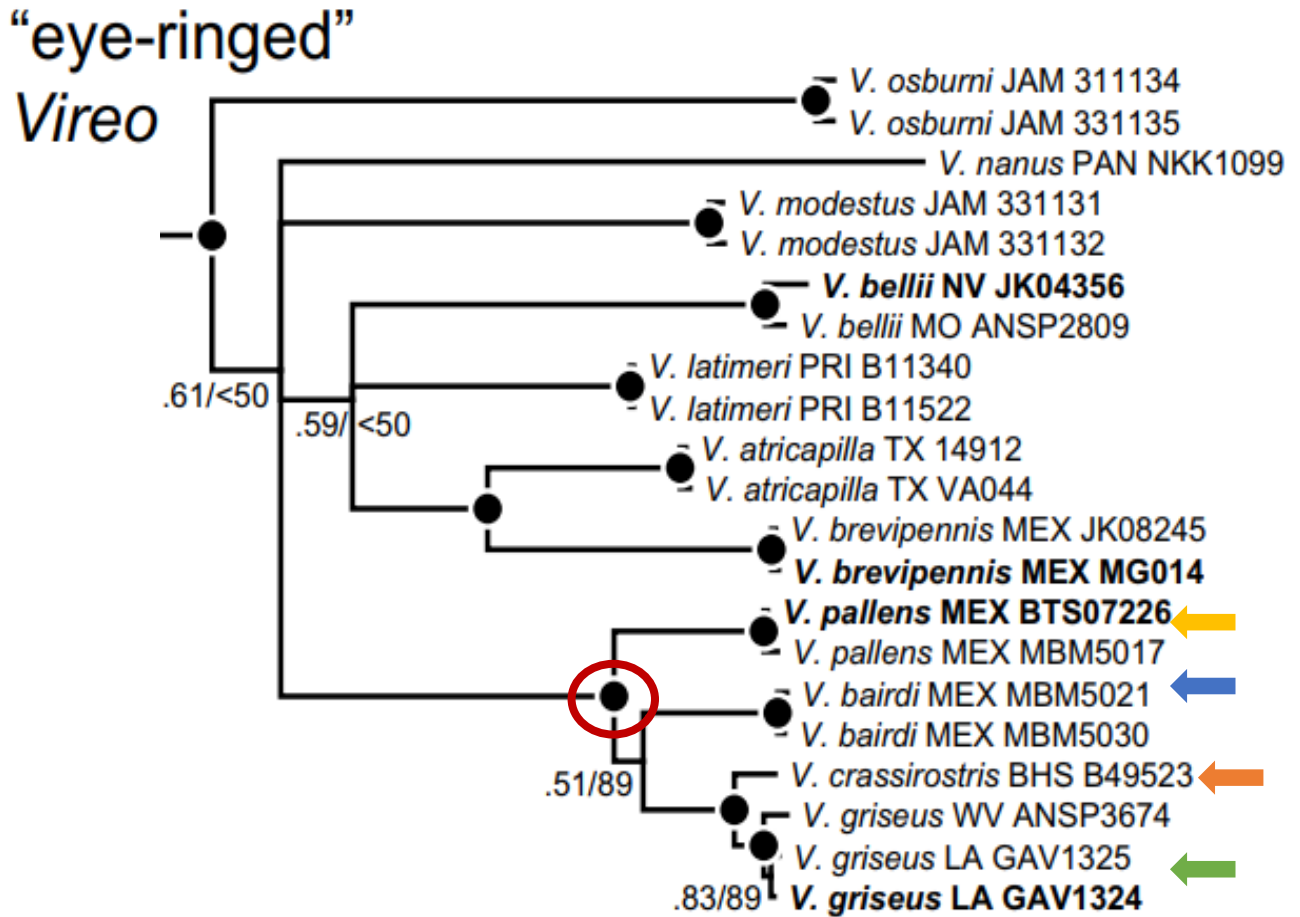
<sup>a</sup> Culmen expuesto: desde el borde delantero del opérculo hasta la punta

<sup>b</sup> Ala plana

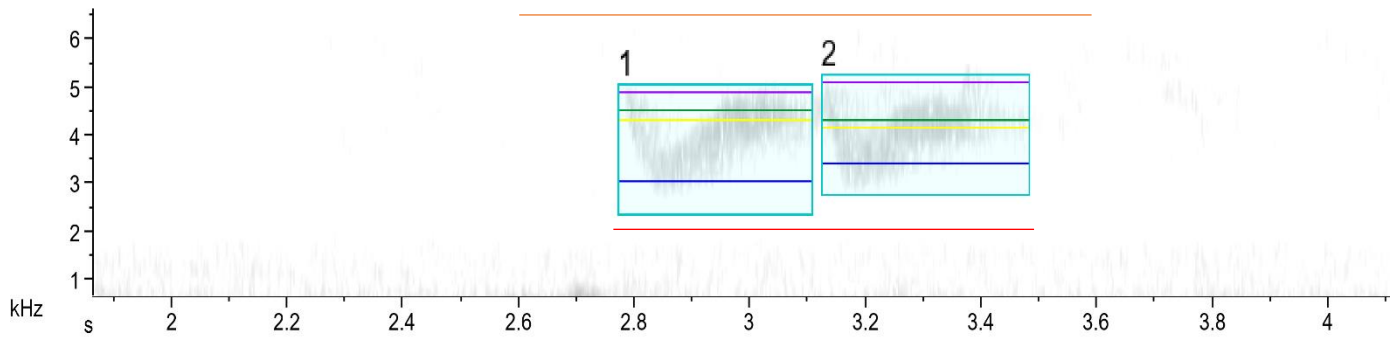


**Figura 3.** Taxones del género *Vireo* utilizados para la comparación morfológica, ecológica y acústica. **A.** Macho de Vireo de Providencia, capturado durante los muestreos de este estudio (Fotografía tomada por J. Burbano). **B.** Vireo de San Andrés (*Vireo caribaeus*), foto tomada por A. Quevedo en 2004, obtenida en Donegan et al. (2015). **C.** Vireo Piquigrueso (*Vireo crassirostris*), foto tomada por Spencer Jablonski en 2004, obtenida en <https://ebird.org/species/thbvir?siteLanguage=es> **D.** Vireo de Manglar (*Vireo pallens*), foto tomada por Leandro

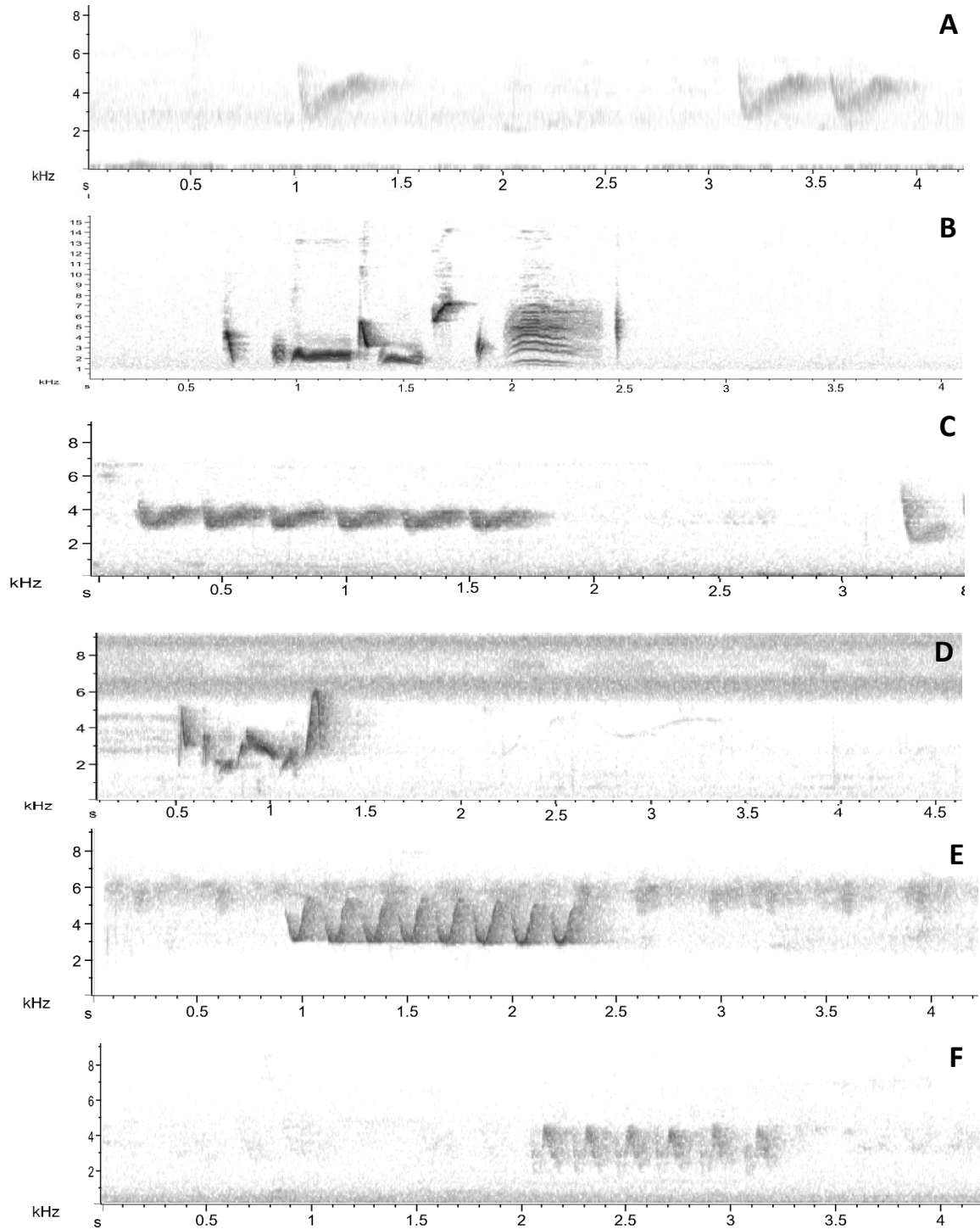
Arias en 2018, obtenida en: <https://ebird.org/species/manvir1/> E. Vireo de Cozumel (*Vireo bairdi*), foto tomada por Miguel Aguilar en 2018, obtenida en: Fuente: <https://ebird.org/species/cozvir1/> F. Vireo de Ojos Blancos (*Vireo griseus*), foto tomada por Craig Brelsford en 2017, obtenida en: Fuente: <https://ebird.org/species/whevire/>



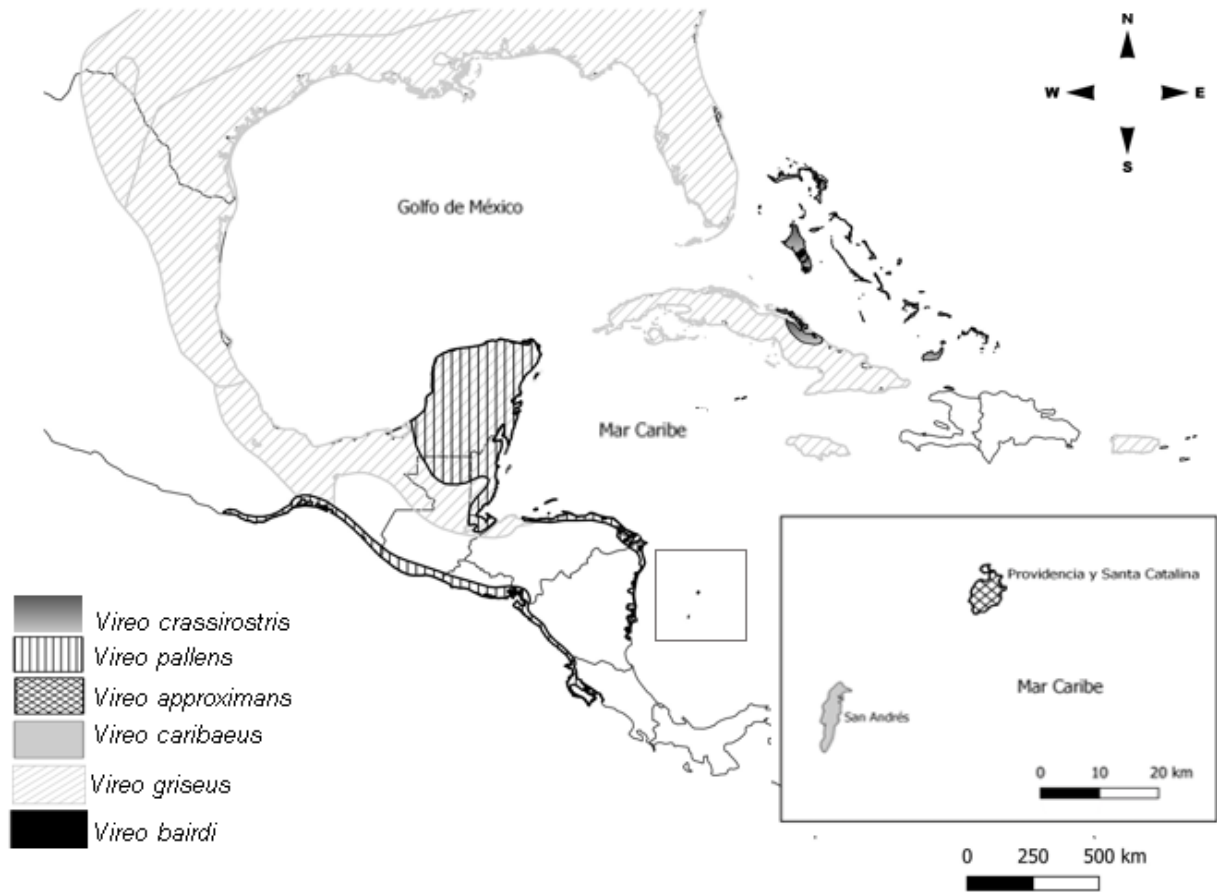
**Figura 4.** Relaciones filogenéticas del clado de ojos anillados en el género *Vireo*, filogenia desarrollada por Slager *et al.* (2014). El círculo rojo indica las especies de comparación utilizadas en el presente estudio. La flecha amarilla indica el linaje de *Vireo pallens*. La flecha azul indica el linaje de *V. bairdi*. La flecha naranja indica el linaje de *V. crassirostris*. La flecha verde indica el linaje de *V. griseus*



**Figura 5.** Espectrograma que representa la frecuencia del principal canto del Vireo de Providencia con sus típicas dos sílabas (frases) “Tuii-Tuii”. Los colores representan las variables medidas en el programa Raven pro versión 1.6 © (Cornell Laboratory of Ornithology) para el análisis vocal multivariado realizado en el presente estudio. La línea morada representa la frecuencia máxima. La línea Verde representa la frecuencia pico. La línea amarilla representa la frecuencia centro. La línea azul representa la frecuencia mínima. El número de notas es representado por el cuadro celeste y la numeración respectiva. La línea roja representa la duración del canto y la línea naranja el número de notas por segundo. Grabación registrada en la Isla de Providencia, Colombia (Grabación por J. Burbano).



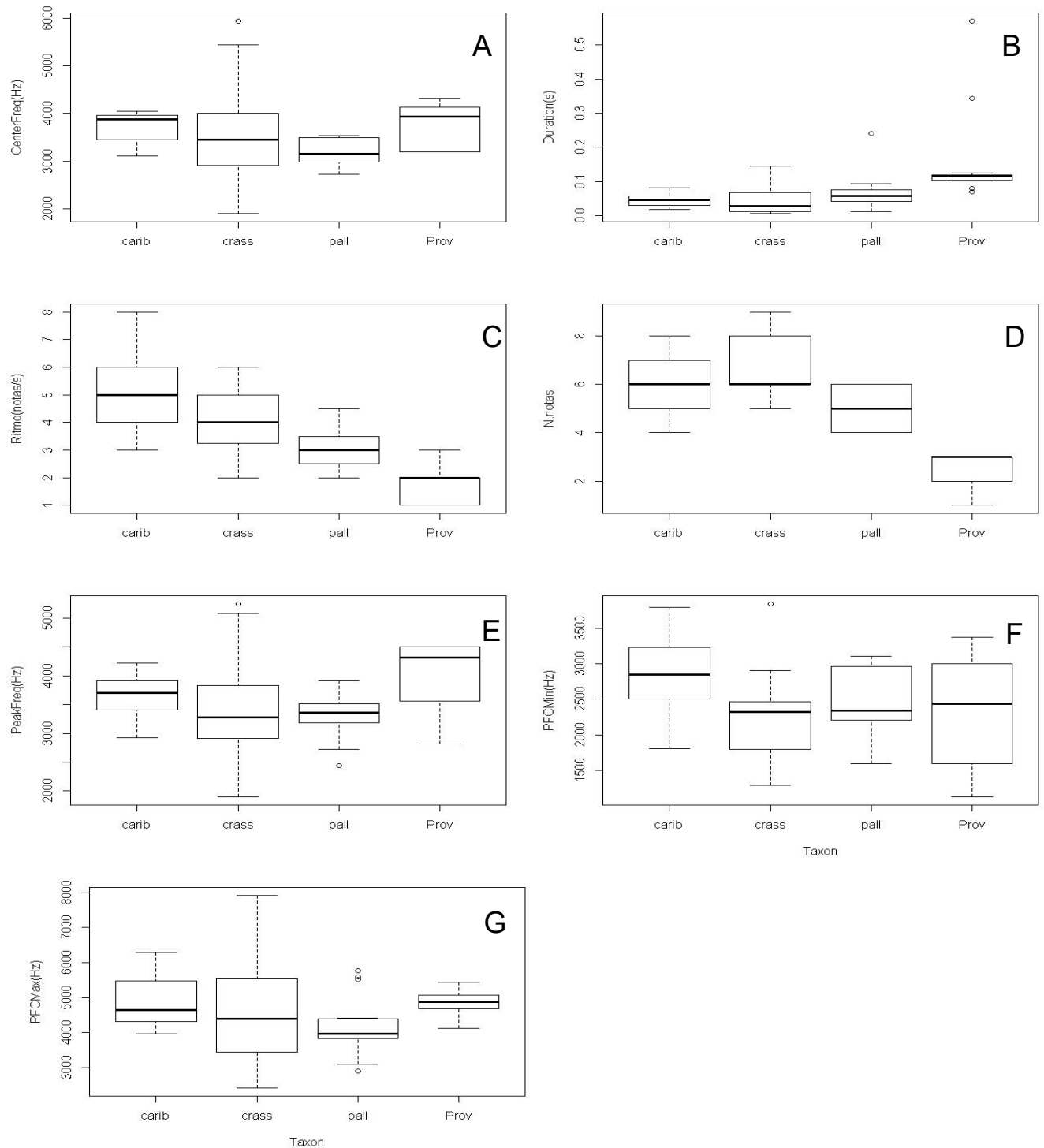
**Figura 6.** Espectrogramas que muestran ejemplos representativos de los cantos de los taxones **A.** *Vireo* de Providencia (Colombia, San Andrés, Providencia y Santa Catalina; Grabación por J. Burbano) **B.** *Vireo crassirostris cubensis* (XC105959) **C.** *Vireo pallens* (XC302376) **D.** *Vireo griseus* (XC570175) **E.** *Vireo bairdi* **F.** *Vireo caribaeus*(XC332423).



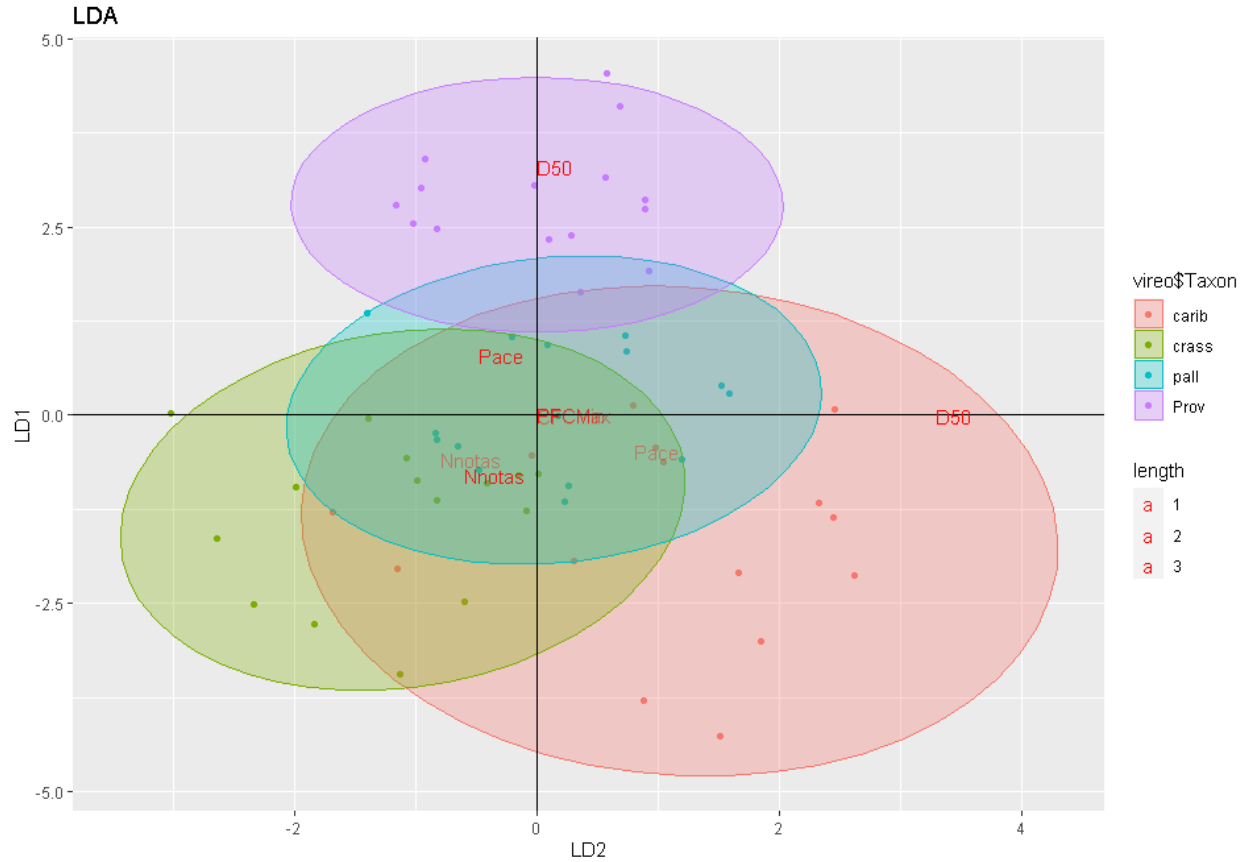
**Figura 7.** Mapa de distribución de los taxones utilizados en la comparación de este estudio (Fuente: elaboración propia).

**Tabla 2.** Valores de media y desviación estándar para siete variables medidas en espectrogramas de canciones de *Vireo crassirostris*, *V. pallens*, *V. caribaeus* y *V. approximans*.

VARIABLES VOCALES	<b>approximans</b> (N=15)	crassirostris (N=15)	pallens (N=15)	caribaeus (N=15)
Centro Frecuencia	3775.000±469.37	3618.984±1168.91	3194.902±298.33	3686.484±341.75
Duración	0.1534±0.1315	0.044±0.04	0.066±0.05	0.046±0.02
Ritmo	1.667±0.6172	4.033±1.22	3.067±0.86	5.200±1.47
Número Notas	2.533±0.64	6.667±1.18	5.000±0.93	5.933±1.22
Frecuencia Pico	3987.500±594.90	3494.336±990.67	3318.867±396.55	3629.063±412.91
PFCMin	2312.500±735.35	2261.406±614.90	2492.109±459.01	2871.094±567.31
PFCMax	4825.000±397.54	4638.984±1600.98	4207.773±841.04	4921.055±727.13



**Figura 8.** Variables acústicas para *Vireo crassirostris* (n=15), *V. pallens* (n=15), *V. caribaeus* (n=15) y *V. approximans*(n=15). A, Frecuencia centro; B, Ritmo; C, Número de notas; D, Frecuencia mínima; E, Frecuencia máxima; F, Duración. carib: caribaeus; crass: crassirostris; pall: pallens; Prov: Providencia.



**Figura 9.** Espacio multivariado definido por las 2 primeras funciones canónicas que discriminan el canto del Vireo de Providencia y otras 3 especies de comparación. **Prov**, Vireo de Providencia; **carib**, *V. caribaeus*; **pall**, *V. pallens*; **crass**, *V. crassirostris*.

**Tabla 3.** Resultados del análisis discriminante basado en siete variables acústicas del canto de tres especies diferentes y el taxón de interés: *Vireo crassirostris*, *V. pallens*, *V. caribaeus* y *V. approximans*.

	LD1	LD2	LD3
CentroFrecuencia (Hz)	-0.0001	-0.0019	0.0015
Duración (Seg)	3.2934	-0.0042	3.8832
Ritmo (Notas/Seg)	-0.4766	0.7999	0.3217
NúmeroNotas	-0.5925	-0.7962	-0.0889
FrecPico (Hz)	0.0007	-0.00005	-0.0003
PFCMin (Hz)	-0.0003	0.0012	-0.0007
PFCMax (Hz)	-0.0002	0.0006	0.00006
Varianza explicada	79.09%	16.06%	4.15%

## Información suplementaria

**Tabla S1.** Especie, accesión en Xenocanto y localidad de las grabaciones utilizadas en el análisis discriminante para este estudio.

Especie	Xenocanto	País	Localidad
<i>Vireo approximans</i>	-	Colombia	Providencia y Santa Catalina
<i>Vireo approximans</i>	-	Colombia	Providencia y Santa Catalina
<i>Vireo approximans</i>	-	Colombia	Providencia y Santa Catalina
<i>Vireo approximans</i>	-	Colombia	Providencia y Santa Catalina
<i>Vireo approximans</i>	-	Colombia	Providencia y Santa Catalina
<i>Vireo crassirostris</i>	XC331617	Bahamas	Lucayan Estates, West Grand Bahama
<i>Vireo crassirostris crassirostris</i>	XC54728	Bahamas	Lakeview, Paradise Island, Nassau
<i>Vireo crassirostris cubensis</i>	XC256885	Cuba	Cayo Peradon Grande
<i>Vireo crassirostris cubensis</i>	XC105959	Cuba	Cayo Paredon Grande, Camaguey
<i>Vireo pallens</i>	XC61293	Guatemala	Old Airstrip, Tikal, Peten
<i>Vireo pallens semiflavus</i>	XC103420	Mexico	Las Coloradas Rd, Yucatan
<i>Vireo pallens ochraceus</i>	XC302376	Honduras	Laguna Guapinol, Choluteca
<i>Vireo pallens pallens</i>	XC71794	Costa Rica	Tarcoles River mouth
<i>Vireo pallens salvini</i>	XC232194	Mexico	Uxmal Ruins, Yucatan, Yucatan
<i>Vireo caribaeus</i>	XC316755	Colombia	Big Pond, San Andres isla
<i>Vireo caribaeus</i>	XC540886	Colombia	Big Pond, San Andres isla
<i>Vireo caribaeus</i>	XC540885	Colombia	Big Pond, San Andres isla
<i>Vireo caribaeus</i>	XC316754	Colombia	Jardín Botánico de San Andrés
<i>Vireo caribaeus</i>	XC7770	Colombia	El Radar road, Isla San Andres



**Figura S1.** Nido del Vireo de Providencia (*Vireo approximans*). (A)Vista frontal del nido. (B)Vista superior del nido con apreciación de su interior (Fotografía por J. Burbano).

**Tabla S2.** Matriz de confusión a partir de la validación cruzada “dejando uno fuera” para evaluar la precisión de la función discriminante creada a partir de las variables acústicas de las canciones de los 4 taxones de estudio.

		Especie predicha			
		<i>caribaeus</i>	<i>crassirostris</i>	<i>pallens</i>	Providencia
Especie observada	<i>caribaeus</i>	8(53.3%)	2(13.3%)	5(33.3%)	0
	<i>crassirostris</i>	2(13.3%)	9(60%)	4(26.67%)	0
	<i>pallens</i>	2(13.3%)	2(13.3%)	9(60%)	0
	Providencia	0	0	1(6.67%)	14(93.3%)