El Hornero Volumen 41 · Número 2 · Diciembre 2026
Artículo
doi.org/10.56178/eh.v41i2.1553

REPERTORIO VOCAL EN URRACA CRIOLLA (*Cyanocorax chrysops*): VOCALIZACIONES E IMITACIONES

Juan I. Escobar[1]* & G. Giselle Mangini[1]

[1]Instituto de Ecología Regional (UNT-CONICET). Edificio las Cúpulas, Residencia Universitaria de Horco Molle, Yerba Buena, Tucumán, Argentina

*juanignacio0302@gmail.com

RESUMEN: La comunicación vocal desempeña un papel fundamental en las aves, particularmente en especies gregarias como las Urracas. Sin embargo, la diversidad y la función de sus vocalizaciones siguen siendo poco conocidas en muchas especies de Urracas neotropicales. En este estudio describimos y caracterizamos parte del repertorio vocal de la Urraca Criolla (*Cyanocorax chrysops*), una especie social, distribuida en los bosques tropicales y subtropicales de Sudamérica. Para ello, combinamos grabaciones focales de cuatro grupos en la ecorregión de las Yungas con registros acústicos provenientes de repositorios y de grabaciones continuas realizadas con un grabador pasivo. A partir de las grabaciones focales, identificamos siete tipos de vocalizaciones, distinguibles por su estructura espectro-temporal y por su similitud auditiva. El análisis acústico multivariado mostró que las vocalizaciones ocupan regiones acústicas diferenciadas, aunque algunas son similares entre sí. Algunas vocalizaciones pudieron asociarse a contextos comportamentales específicos, particularmente a alarmas y a desplazamientos grupales. Asimismo, el análisis de grabaciones provenientes de repositorios reveló dos vocalizaciones que sugieren posibles imitaciones de rapaces de los géneros *Micrastur* y *Astur*. El análisis de 117 horas de grabaciones pasivas permitió explorar una posible variación en la frecuencia relativa de uso de las distintas vocalizaciones donde aparentemente ciertas vocalizaciones dominarían el repertorio y variarían en su emisión a lo largo del día. En conjunto, estos resultados evidencian que *C. chrysops* posee un repertorio vocal estructurado y diverso, consistente con lo observado en otros córvidos sociales, y aportan nueva información sobre el uso de señales acústicas en especies de este grupo.

PALABRAS CLAVE: *bioacústica, Corvidae, ecología del comportamiento, patrones de actividad acústica, Tucumán*

El repertorio vocal de las especies de aves y su función dentro de un contexto comportamental ha intrigado a innumerables investigadores a lo largo del tiempo (Hardy 1979, Alonso 2001, Elie et al. 2011, Leighton & Birmingham 2021). Las vocalizaciones pueden dirigirse a individuos interespecíficos o intraespecíficos, y en especies gregarias las vocalizaciones intraespecíficas se vinculan a actividades del grupo, como el desplazamiento en conjunto, el mantenimiento de la cohesión y la alerta frente a depredadores (Hardy 1979). Dentro de las aves gregarias, los córvidos son particularmente interesantes ya que presentan un repertorio vocal que abarca muchas de estas funciones y, en algunos casos, exhibe un alto grado de flexibilidad y complejidad (Hardy 1979).

Los córvidos (familia Corvidae) se destacan entre las aves paseriformes por realizar comportamientos complejos con alta frecuencia y poseer un alto grado de encefalización (relación entre el tamaño del cerebro y el tamaño corporal; Taylor 2014). A nivel global, la familia ha sido ampliamente estudiada por ser responsable del mayor número de innovaciones comportamentales en el forrajeo y en el uso de herramientas en comparación con otros grupos de aves, así como por conductas como el aprendizaje social, la cooperación intraespecífica y la flexibilidad en los sistemas de comunicación, particularmente en contextos sociales complejos (Emery et al. 2007a, Taylor 2014, Lambert et al. 2019). Sin embargo, pese a su amplia diversidad comportamental y cognitiva, el conocimiento sobre la comunicación

Recibido: 30/03/2026 · **Aceptado:** 25/09/2026 · **Editora Asociada:** Natalia Garcia · **Editora de formato:** Camila Pereyra Almena · **Editora de inglés:** Maria G Smith

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0

vocal no es homogéneo y los repertorios vocales no se han descripto para la mayoría de las especies de la familia (Kovářová et al. 2025). En este contexto, explorar el repertorio vocal de distintos grupos de córvidos resulta clave para comprender cómo se diversifican los sistemas de comunicación dentro de la familia.

Las 'urracas del Nuevo Mundo' constituyen un grupo de córvidos americanos pertenecientes a varios géneros (e.g., *Aphelocoma*, *Cyanocitta*, *Cyanocorax*, *Cyanolyca* y *Gymnorhinus*; Espinosa de los Monteros & Cracraft 1997) y poseen diferentes tipos de vocalizaciones que pueden asociarse a contextos comportamentales específicos como el desplazamiento grupal y la alerta ante situaciones de peligro (Rosa et al. 2016). El género *Cyanocorax* está representado por 19 especies (AviList 2025) y constituye uno de los linajes más diversos morfológicamente entre los córvidos del continente americano, con una distribución que se extiende desde el sur de Norteamérica hasta el norte y el centro de Sudamérica. Las especies de este género presentan una considerable variación en el tamaño corporal y en la coloración del plumaje (Bonaccorso et al. 2010) y se caracterizan por formar grupos sociales relativamente estables y mantener interacciones sociales frecuentes (Emery et al. 2007b). Sin embargo, el repertorio vocal ha sido estudiado solo en algunas especies del género *Cyanocorax*, como la Urraca Azul (*Cyanocorax coeruleus*; Dos Anjos & Vielliard 1993). La Urraca Criolla (*Cyanocorax chrysops*) es una especie conspicua y gregaria frecuente en ambientes abiertos y ecotonales, donde forma grupos estables (Kazue Uejima et al. 2012). Esta conspicuidad se manifiesta no solo a nivel visual, sino también acústico, dado que los individuos vocalizan con frecuencia y de manera llamativa durante sus interacciones sociales. No obstante, a pesar de la prominencia de estas vocalizaciones en el comportamiento cotidiano de la especie, el conocimiento disponible sobre la estructura, la diversidad y la función de su repertorio vocal sigue siendo limitado, y los estudios más recientes provienen de Brasil donde se enfocaron en un único tipo de vocalización 'grito social' con diferencias acústicas sutiles entre grupos (Brunetta 2009). Así, desconocemos el repertorio vocal completo de la especie, cómo se diferencian acústicamente los distintos tipos de vocalizaciones, en qué situaciones se emiten las vocalizaciones y cómo varía la actividad vocal de la especie a lo largo del día. Esta falta de información limita nuestra comprensión del rol que desempeñaría la comunicación acústica en la organización social y en las interacciones grupales de la especie.

El presente estudio tiene como objetivo describir y caracterizar parte del repertorio vocal de la Urraca Criolla y, en especial, el de la subespecie *C. chrysops tucumanus* a partir de grabaciones realizadas en grupos de la ecorregión de las Yungas del noroeste argentino. Para ello, combinamos observaciones de campo, análisis acústicos y herramientas de detección automática. Específicamente, nos propusimos: 1. Identificar y clasificar cualitativamente distintos tipos de vocalizaciones presentes en el repertorio de *C. chrysops* a partir de su estructura acústica y de su similitud auditiva. 2. Explorar la asociación entre los tipos de vocalizaciones y los comportamientos, en particular en situaciones de desplazamiento, alimentación y alarma. 3. Evaluar cuantitativamente si los tipos de vocalizaciones definidos cualitativamente presentan diferencias en sus características espectro-temporales mediante análisis acústicos multivariados. 4. Cuantificar la frecuencia relativa de emisión de las distintas vocalizaciones mediante herramientas de detección automática (basadas en modelo de machine learning) y 5. Examinar la variación temporal en la emisión de vocalizaciones a lo largo del día y evaluar posibles patrones en la actividad vocal de la especie. En conjunto, estos análisis permiten aportar una caracterización integrada de parte del repertorio vocal de la Urraca Criolla.

MÉTODOS

Área de estudio

Realizamos el estudio en la provincia de Tucumán, en el noroeste de Argentina, ubicada en la ecorregión de las Yungas. Esta ecorregión constituye uno de los principales sistemas de bosques de montañas subtropicales de Sudamérica y se caracteriza por presentar un marcado gradiente altitudinal que determina cambios en la estructura de la vegetación y en las condiciones ambientales (Brown et al. 2002). El trabajo lo llevamos a cabo en tres grandes áreas que se localizaron en la zona de transición entre la selva pedemontana y la selva montana. Ambos estratos presentan un régimen climático estacional, con un período de lluvias intensas entre noviembre y marzo, seguido de una estación seca prolongada (Hunzinger 1997). Entre las tres áreas establecimos cuatro sitios donde mediante caminatas previas se encontraron grupos independientes de Urraca Criolla (Fig. 1). Dos sitios a los que denominamos IER e IER-Antayacu, se localizaron en el Parque Sierra San Javier (26°46'S, 65°20'O), en las cercanías del Instituto de Ecología Regional (IER), en el departamento de Yerba Buena. En cada uno de los sitios del Parque Sierra San Javier se encontró un grupo de Urracas que ocupaban el bosque, en buen estado de recuperación luego de su uso

productivo (Grau et al. 1997). El tercer sitio corresponde a un área semiurbana adyacente (26°48'S, 65°19'O), donde un grupo residente de Urraca Criolla utiliza un mosaico de vegetación nativa remanente, jardines y espacios verdes. El cuarto sitio corresponde al Proyecto Seamos Bosques (26°30'S, 64°53'O), ubicado en las cercanías de la localidad de El Cajón, en el departamento de Burruyacú. El Proyecto Seamos Bosques representa un área extensa (5650 ha) donde se emplaza un proyecto de restauración de árboles que ocuparían el dosel, sumado a áreas en buen estado de conservación. Como tal, el área alberga varios grupos de Urracas independientes, pero en este trabajo solo nos enfocamos en un grupo (26°30'S, 64°53'O). La vegetación dominante en todos los sitios de estudio incluye especies arbóreas como *Tipuana tipu* y *Enterolobium contortisiliquum*, mientras que en algunos sectores se puede encontrar vegetación asociada a la selva montana donde se registran especies como *Ocotea puberula* (Lauraceae), *Juglans australis* y *Blepharocalyx salicifolius* (Brown et al. 2002). En conjunto, estos ambientes conforman un paisaje heterogéneo donde coexisten áreas de bosque nativo, sectores modificados y ambientes semiurbanos, condiciones bajo las cuales la Urraca Criolla forma grupos sociales estables y vocalmente activos.

Identificación cualitativa de vocalizaciones y asociación con contextos comportamentales

Entre septiembre y noviembre de 2025, grabamos a la Urraca Criolla en dos salidas de campo por la mañana en el área de Parque Sierra San Javier, una visita al área Proyecto Seamos Bosques, y de manera oportunista en el área semiurbana. Una vez localizado un grupo, procedíamos a realizar grabaciones focales de distintos individuos; en todos los casos, buscamos grabar a cada individuo una única vez por cada vez que encontramos un grupo. Esto nos llevó a obtener 24 grabaciones pertenecientes a cuatro grupos diferentes (Fig. 1) aunque, dado el carácter social de la especie, en los análisis a posteriori no pudimos interpretar claramente la pertenencia de cada vocalización a nivel individual ya que numerosas vocalizaciones ocurren de manera sincrónica provenientes de varios individuos. Las 24 grabaciones obtenidas durante las salidas de campo fueron inspeccionadas de forma auditiva y visual en Raven Pro 1.6.5 (K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics at the Cornell Lab of Ornithology 2026) mediante espectrogramas estandarizados (Hann window, FFT size 512, 50% overlap), con el objetivo de identificar y clasificar preliminarmente los distintos tipos de vocalizaciones. Esta etapa inicial consistió en una clasificación cualitativa, basada en la similitud auditiva de los sonidos y en la estructura observada en los espectrogramas. Cada tipo de vocalización identificada fue agrupada y designada mediante una onomatopeya representativa de su sonido característico (e.g., *kekeke*, *kiu*, *maullido*, entre otros; Fig. 2).

Para cada grabación registramos notas de voz con información sobre el comportamiento observado en los individuos focales. Los comportamientos

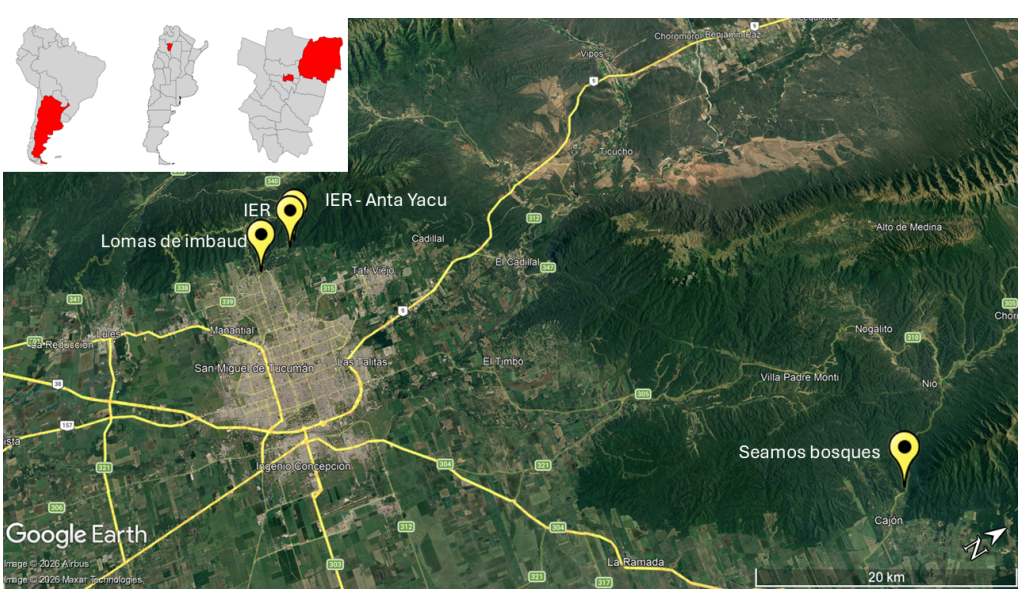


Figura 1. Mapa ilustrativo que muestra los sitios de muestreo donde se obtuvieron 24 grabaciones de Urraca Criolla (*Cyanocorax chrysops*) en los departamentos de Burruyacú y Yerba Buena, provincia de Tucumán, Argentina.

observados fueron sintetizados en tres categorías principales: (1) desplazamiento, cuando el individuo se encontraba moviéndose como actividad predominante o se desplazaba luego de emitir la vocalización; (2) alimentación, cuando el individuo se encontraba forrajeando, pudiendo incluir desplazamientos cortos asociados a esta actividad; (3) alarma, cuando se registró la presencia de un potencial depredador (ave rapaz que se alimenta de otras aves) a menos de 20 m de los individuos grabados. Estos comportamientos fueron asociados al tipo de vocalización únicamente cuando era claramente identificable. Realizamos todas las grabaciones con una grabadora Zoom H1essential equipada con una parábola unidireccional y un micrófono estéreo (CrakeSound), protegido con una funda antiviento. Un número reducido de grabaciones (n = 8) se obtuvo adicionalmente mediante un teléfono celular utilizando la aplicación Merlin (Cornell Lab of Ornithology 2026) y todas las grabaciones se realizaron en formato *.wav*, 32 bits.

Medición de variables acústicas y validación cuantitativa de tipos de vocalizaciones

Analizamos en total 44 grabaciones de la Urraca Criolla provenientes de tres fuentes: 24 grabaciones propias realizadas en la provincia de Tucumán durante septiembre a noviembre 2025 (ver sección *'Identificación cualitativa de vocalizaciones y asociación con contextos comportamentales'*), 18 grabaciones obtenidas de la plataforma xeno-canto (www.xeno-canto.org, hasta febrero 2026), seleccionadas por representar el área del noroeste de Argentina (ocho de la provincia de Jujuy, diez de Salta) y contener vocalizaciones identificables como la especie, y por último dos vocalizaciones por fuera de esta selección: una grabación oportunista proveniente del grupo del Proyecto Seamos Bosques del año 2023, y una grabación de xeno-canto.org de la provincia de Misiones que decidimos incluir en nuestros análisis del repertorio vocal debido a características únicas de tales vocalizaciones. Utilizamos las 24 grabaciones realizadas a campo para inspeccionar las obtenidas en repositorios y clasificar las vocalizaciones según los tipos de vocalizaciones identificadas cualitativamente. Aquellas vocalizaciones que no se asemejaron a los tipos identificados cualitativamente (Fig. 3) fueron descartadas. De cada grabación solo seleccionamos un evento de cada tipo de vocalización diferente por grabación quedándonos con los eventos con mejor señal-ruido para extraer variables acústicas (e.g., la Grabación 1 presenta dos tipos de vocalizaciones diferentes *kiu* y *kia* con varias repeticiones: en ese caso solo se selecciona y miden variables acústicas de una repetición por tipo de vocalización). Algunas grabaciones presentaron sonidos que fueron clasificados como imitaciones (ver sección '*Resultados*').

Para caracterizar acústicamente cada vocalización extrajimos siete variables mediante Raven Pro 1.6.5 (K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics at the Cornell Lab of Ornithology 2026) sobre espectrogramas estandarizados (Hann window, FFT size 512, 50% overlap): frecuencia pico (Peak Freq), duración al 90% (Dur 90%), frecuencia al percentil 95% (Freq 95%), frecuencia al percentil 5% (Freq 5%), ancho de banda

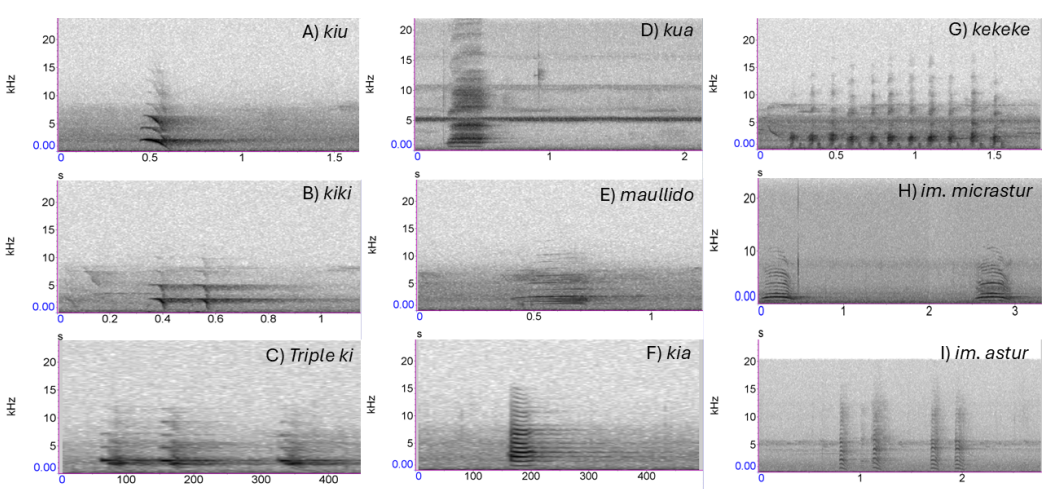


Figura 2. Espectrogramas estandarizados (Hann window, FFT size 512, 50% overlap). Se muestra un ejemplo cada uno de los siete tipos de vocalización identificados de la Urraca Criolla (*Cyanocorax chrysops*): *kiu* (A), *kiki* (B), *triple ki* (C), *kua* (D), *maullido* (E), *kia* (F), *kekeke* (G). Además, se muestran las dos vocalizaciones categorizadas como imitación: imitación del Halcón Montés Grande (*Micrastur semitorquatus*; H) grabada en Proyecto Seamos Bosques, septiembre 2023, e imitación del Esparvero Variado (*Astur bicolor*; I) obtenida a partir de xeno-canto (XC337874). Los espectrogramas se generaron con Raven Pro 1.6.5.

al 90% (bandwidth 90%), las medias de los contornos de frecuencia 5% y 95%, y se calcularon dos variables: la desviación estándar de los contornos de frecuencia superior e inferior (C95 SD y C05 SD, respectivamente), totalizando así nueve variables acústicas medidas. La desviación estándar de los contornos de frecuencia superior e inferior se vincula a la modulación temporal de cada contorno a lo largo de la vocalización y no está disponible directamente en Raven. Por ello, calculamos en R el desvío estándar a partir de los valores de frecuencia de todas las ventanas del espectrograma que abarcan cada vocalización (tamaño de ventana = 512 muestras, solapamiento = 50%), obteniendo un valor por contorno para cada vocalización. Dado que la tasa de muestreo de las grabaciones fue heterogénea, cada contorno fue interpolado a 100 puntos equidistantes antes de calcular la desviación estándar, garantizando la comparabilidad entre vocalizaciones.

Para evaluar la separación acústica entre los tipos de vocalizaciones realizamos un Análisis Discriminante Lineal (ADL) sobre las variables estandarizadas con fines exploratorios incluyendo todos los eventos de los tipos de vocalización provenientes de las diferentes grabaciones del Noroeste Argentino (n = 67). La selección de variables buscó minimizar la redundancia entre predictores, descartando aquellas con correlaciones fuertes entre sí (correlación de Pearson, $|r| \geq 0.85$), se excluyó bandwidth 90% por su alta correlación con Freq 95% (r = 0.96), y las medias de los contornos por su correlación con Freq 95% (r = 0.87) y Freq 5% (r = 0.85) respectivamente. La significancia estadística de las diferencias entre grupos se evaluó mediante PERMANOVA (adonis2, paquete *vegan*; utilizando 999 permutaciones, Oksanen et al. 2025), restringiendo las permutaciones dentro de cada grabación de origen (strata = ID de la grabación) en aquellos casos que las grabaciones presentaron más de un tipo de vocalización para controlar la no independencia de vocalizaciones provenientes del mismo archivo de audio. El PERMANOVA se realizó únicamente con las clases con $n \geq 4$ (*kiu*, *maullido*, *kiki*, *triple ki* y *kekeke*; n = 63 vocalizaciones provenientes de 38 grabaciones), excluyendo *kia* (n = 1), *kua* (n = 3), grabación por presentar un tamaño muestral bajo para realizar la permutación e imitación *Micrastur semitorquatus* (n = 2), provenientes de una única grabación del 2023 e imitación *Astur bicolor*, por ser una grabación del Noreste de Argentina. Se verificó el supuesto de homogeneidad de dispersión multivariada mediante betadisper con 999 permutaciones. Las comparaciones post-hoc entre pares de clases se realizaron con PERMANOVA individuales corrigiendo los valores de p por el método FDR (false discovery rate, Benjamini-Hochberg). Todos los análisis se realizaron en R v4.3.1 (R Core Team 2023).

Entrenamiento y evaluación del modelo automático y análisis de patrones temporales de actividad vocal

Para explorar el patrón de actividad vocal diario de la Urraca Criolla utilizamos grabaciones pasivas obtenidas en el área semiurbana utilizando un grabador SongMeter Mini durante nueve días (del 3 al 11 de octubre de 2025) colocado a 50 cm del suelo. El grabador fue configurado para grabar 1 h de manera continua cada hora desde las ~ 05:00 h hasta las ~ 19:00 h (así se cuenta con grabaciones de 05:00 a 06:00 h, de 06:00 a 07:00 h, etc.). Esto nos permitió obtener 117.3 h de grabación continua. Durante este período no realizamos grabaciones directas del mismo grupo para evitar la pseudorreplicación. Así, para cuantificar la frecuencia relativa de los distintos tipos de vocalizaciones en grabaciones de larga duración, implementamos un enfoque de detección automática utilizando BirdNET Analyzer v2.4.0 (Kahl et al. 2021), una herramienta basada en redes neuronales convolucionales entrenadas para el reconocimiento de sonidos. A partir de los tipos de vocalizaciones definidas en la clasificación cualitativa previa, entrenamos un modelo específico para reconocer los distintos tipos de vocalizaciones de la Urraca Criolla. Utilizamos los hiperparámetros por defecto: 50 epochs, tamaño de lote (batch size) de 32, tasa de aprendizaje de 0.0001. No aplicamos aumento de datos (mixup ni upsampling) ni la función de autotune. Trabajamos con las 24 grabaciones realizadas en la provincia de Tucumán donde cada grabación fue inspeccionada y segmentada manualmente en fragmentos de hasta 3 s de duración, correspondientes a diferentes eventos vocales de cada tipo de vocalización por grabación (el rango de 3 s es el utilizado por el modelo). El conjunto de entrenamiento final incluyó únicamente los tipos de vocalizaciones con representación suficiente para permitir el aprendizaje del modelo (mínimo por tipo de vocalización: 6; máximo: 27 de *kekeke*, *kia*, *kiu*, *kiki*, *triple ki* y *maullido*). Además de los tipos de vocalizaciones, se incorporó una clasificación adicional denominada *ruido* que incluyó sonidos ambientales tales como ruido de fondo, vocalizaciones heteroespecíficas y sonidos antropogénicos (e.g., vehículos). La inclusión de esta clase permitiría al clasificador distinguir entre las vocalizaciones objetivo y otros eventos acústicos presentes en las grabaciones. Las grabaciones utilizadas en el entrenamiento presentaron variaciones tanto en la duración (siempre dentro

del límite de 3 s) como en la calidad de la señal, ya que provenían de individuos registrados a distintas distancias y en diferentes contextos (tanto en áreas semiurbanas como en no urbanas). Esta variabilidad aportaría ejemplos más representativos al modelo de las condiciones acústicas presentes en las grabaciones obtenidas de los dispositivos de grabación automática.

Durante el entrenamiento, BirdNET Analyzer procesa las grabaciones en ventanas temporales de 3 s, extrayendo automáticamente características espectro-temporales utilizadas por la red neuronal para la clasificación. Para evaluar la capacidad de generalización del modelo y maximizar el uso de las grabaciones disponibles, implementamos un procedimiento de validación cruzada de cuatro particiones (4-fold cross-validation). Para cada tipo de vocalización, las grabaciones se dividieron aleatoriamente en cuatro subconjuntos aproximadamente iguales (folds). El entrenamiento y la validación del modelo se repitieron cuatro veces, utilizando tres subconjuntos para el entrenamiento y el restante para la validación. De esta manera, cada grabación se utilizó una vez para la validación y tres veces para el entrenamiento. Así, el rendimiento del procedimiento de entrenamiento se estimó mediante validación cruzada de cuatro pliegues; el modelo final aplicado a las grabaciones pasivas se entrenó con la totalidad de los clips. Este procedimiento permitió reducir el sesgo asociado al tamaño relativamente pequeño del conjunto de datos y obtener múltiples estimaciones independientes del rendimiento del modelo. Para cada repetición del proceso de validación cruzada, BirdNET Analyzer genera una matriz de confusión. A partir de estos resultados, se calcularon las siguientes métricas de evaluación: precisión (verdaderos positivos/(verdaderos positivos + falsos positivos)), recall (verdaderos positivos/(verdaderos positivos + falsos negativos)), F1-score, el Área bajo la curva ROC (AUROC) y Área bajo la curva de precisión–recuperación (AUPRC). El rendimiento del modelo indicó una capacidad de discriminación moderada en todas las repeticiones. El AUROC promedio fue de 0.86 (rango: 0.82–0.91), lo que indica una restringida capacidad del modelo para distinguir entre casos positivos y negativos. De manera similar, el AUPRC promedio fue de 0.65 (rango: 0.53–0.74), lo que sugiere un desempeño que puede mejorar en términos de precisión y recall, considerando el probable desequilibrio entre clases presente en el conjunto de datos. La puntuación F1 en el umbral optimizado fue relativamente baja ($\bar{x}$ = 0.07; Tabla 1), lo que refleja la dificultad de maximizar simultáneamente la precisión y el recall en un contexto de clases desbalanceadas (algunos tipos de vocalizaciones representadas con 6 y otros con 27) aunque esto nos permite de manera exploratoria evaluar las posibles variaciones en el uso vocal de la especie a lo largo del día. Dado que el clasificador produce valores de confianza de pertenencia para cada clase, utilizamos este valor como criterio para evaluar la confiabilidad de las predicciones. Las detecciones se consideraron de alta confianza únicamente cuando los valores de confianza estimados fueron ≥ 0.85. Las ocurrencias que superaron este umbral de confianza, sin validación manual, se utilizaron posteriormente para estimar la frecuencia relativa de los distintos tipos de vocalizaciones emitidas por la Urraca Criolla en las grabaciones analizadas.

Una vez entrenado y evaluado el modelo, se aplicó al conjunto de grabaciones obtenidas mediante los grabadores automáticos instalados en el área de estudio semiurbana. Este procedimiento permitió analizar de manera automatizada un gran volumen de grabaciones continuas. Compilamos todas las detecciones con un valor de confianza estimado ≥ 0.85. Dado que BirdNET Analyzer evalúa las grabaciones en ventanas temporales de 3 s, cada detección corresponde a la presencia de una vocalización dentro de dicha ventana. De este modo, cuantificamos el número de ventanas de 3 s en las que cada tipo de vocalización fue detectado al menos una vez en las grabaciones analizadas. Finalmente, las detecciones se agregaron temporalmente como un promedio por hora para los nueve días, para estimar la frecuencia de emisión de vocalizaciones por minuto de grabación. Esta

Tabla 1. Tabla resumen de los resultados de la validación cruzada de cuatro pliegues del modelo de reconocimiento de los tipos de vocalizaciones de la Urraca Criolla (*Cyanocorax chrysops*). Los valores corresponden al promedio macro de las siete clases (seis tipos de vocalizaciones y ruido) en cada pliegue. F1 (umbral opt): puntuación F1 en el umbral optimizado; AUPRC: área bajo la curva de precisión–recall; AUROC: área bajo la curva ROC. Los valores bajos de F1 indican una capacidad de detección reducida con el volumen actual de datos de entrenamiento, por lo que las detecciones obtenidas con este modelo se consideran exploratorias.

Métrica	Pliegue 1	Pliegue 2	Pliegue 3	Pliegue 4	Promedio
F1 (umbral opt)	0.02	0.07	0.11	0.08	0.07
AUPRC	0.63	0.53	0.74	0.68	0.65
AUROC	0.82	0.86	0.91	0.83	0.86

agregación permitió, además, explorar una posible variación en la tasa de emisión de los distintos tipos de vocalizaciones a lo largo del día, considerando el horario de cada ventana de grabación.

RESULTADOS

Identificación cualitativa de vocalizaciones y asociación con contextos comportamentales

Realizamos un total de 24 grabaciones focales independientes de la Urraca Criolla correspondientes a cuatro grupos diferentes, distribuidas de la siguiente manera: Grupo 1 (IER): siete grabaciones; Grupo 2 (IER–Antayacu): seis grabaciones; Grupo 3 (área semiurbana): ocho grabaciones; y Grupo 4 (Proyecto Seamos Bosques): tres grabaciones. Identificamos siete tipos de vocalizaciones que pudieron distinguirse claramente en función de su estructura espectro-temporal y de su similitud auditiva (Figs. 2 & 3). Estas vocalizaciones fueron clasificadas en onomatopeyas representativas de su sonido característico en: *kekeke*, *kiki*, *kia*, *kiu*, *kua*, *maullido* y *triple ki* (Figs. 2 & 3). Si bien no obtuvimos datos suficientes para evaluar estadísticamente qué comportamientos se asociarían a cada vocalización, destacamos que nuestras observaciones de campo sugieren una asociación del sonido con un comportamiento en seis grabaciones diferentes (cada una con diferentes tipos de vocalizaciones). Registramos dos tipos de vocalizaciones (*kiu* y *maullido*; Figs. 3A & 3E) emitidas en contextos asociados a la presencia de aves rapaces y de potenciales depredadores. La vocalización *kiu* fue registrada en presencia de Halcón Montés Chico (*Micrastur ruficollis*) en el sitio del Proyecto Seamos Bosques y con un comportamiento de asedio hacia el individuo, así como del Halcón Montés Grande (*Micrastur semitorquatus*) en el sitio IER-Antayacu que vocalizaba en cercanías de donde se encontraba el grupo de Urracas. También registramos esta vocalización, emitida cuando un individuo de Taguató (*Rupornis magnirostris*) en IER volaba cerca del dosel (a aprox. 20 m del suelo). En el encuentro entre las urracas y Taguató, la vocalización de *maullido* fue emitida de manera intercalada dentro de la misma secuencia vocal en la que se registró *kiu*. En relación con el comportamiento de desplazamiento, la vocalización *kekeke* (que se realiza de manera estática, pero con el cuerpo subiendo y bajando de forma enfática, como si se estuviera sacudiendo la rama donde se posa el individuo; Fig. 2G) apareció en dos situaciones de desplazamiento, intercalada con la vocalización *kiki*. En cuanto al comportamiento de alimentación, no se detectó una asociación clara entre un tipo particular de vocalización y este comportamiento (aunque se registraron las vocalizaciones denominadas *kiki* y *kia* durante eventos de alimentación; Figs. 2B & 2F). Por último, el análisis de grabaciones oportunistas y de las provenientes de repositorios acústicos reveló

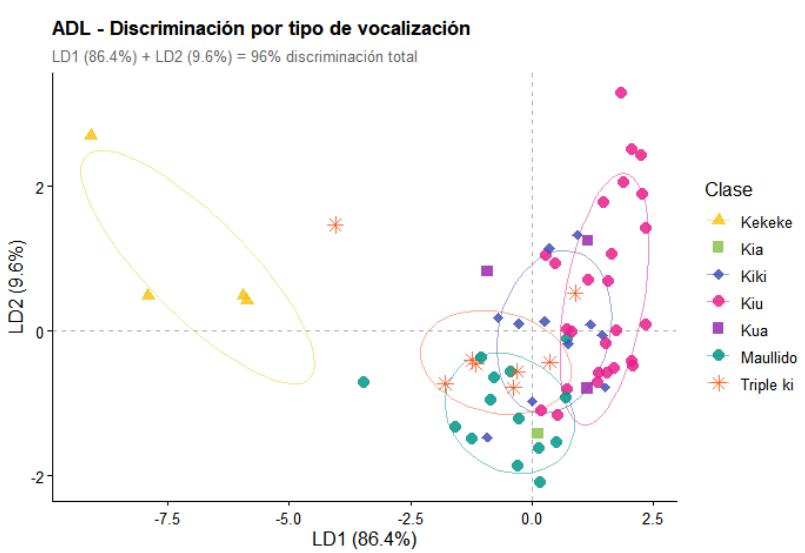


Figura 3. Análisis discriminante lineal (ADL) de los tipos de vocalización de la Urraca Criolla (*Cyanocorax chrysops*), con 24 grabaciones provenientes de la provincia de Tucumán de septiembre a noviembre 2025 y 18 grabaciones proveniente de la plataforma xeno-canto (ocho de Jujuy, diez de Salta). Se representan los dos primeros ejes discriminantes (LD1 y LD2), que en conjunto explican el 96% de la varianza entre clases (LD1 = 86.4%; LD2 = 9.6%). Cada punto representa una vocalización y los colores y símbolos indican el tipo de vocalización (ver leyenda en el gráfico). Las elipses corresponden a los intervalos de confianza del 95% asumiendo distribución normal bivariada. LD1 estuvo determinado principalmente por la duración de la vocalización (duración del 90%); LD2, por la variabilidad del contorno de la frecuencia inferior (SD contorno 5%). Abreviaturas: LD = función discriminante lineal; SD = desvío estándar. Los coeficientes discriminantes estandarizados de cada variable se detallan en la Tabla 2.

dos vocalizaciones que sugieren posibles imitaciones de aves rapaces. Una de ellas corresponde a una grabación oportunista realizada en 2023 en el Proyecto Seamos Bosques (Tucumán, Argentina; GM), cuya estructura vocal sugiere una posible imitación del Halcón Montés Grande (Figs. 2H & 4A). La segunda, corresponde a una grabación disponible en xeno-canto (XC337874) de la provincia de Misiones, cuya estructura acústica presenta similitudes con la de las vocalizaciones de Esparvero Variado (*Astur bicolor*; Figs. 3I & 4B). La imitación de la Urraca Criolla del canto del Halcón Montés Grande se aproxima a esta última especie en sus dimensiones centrales donde la frecuencia de pico medida es similar (1266 Hz en la imitación frente a 1125 Hz en la vocalización del Halcón Montés Grande) y la duración al 90% es mayor en la imitación (0.31 s frente a 0.26 s, aproximadamente un 19% más larga). La diferencia más marcada aparece en el contorno superior (95%) donde en la imitación por parte de la Urraca se eleva hasta frecuencias mucho más altas (alrededor de 4500 Hz), abarcando un rango más amplio y agudo que la vocalización del Halcón Montés Grande. En cuanto a la imitación del Esparvero Variado, la imitación solo se correspondería a parte de una vocalización más completa del ave rapaz, pero al considerar los elementos de ambas vocalizaciones por separado, ambas comparten el mismo patrón de contorno de frecuencia (5% y al 95%), de modo que la imitación de la Urraca Criolla reproduce la forma espectro-temporal del llamado natural del Esparvero Variado. La principal diferencia es de nivel de frecuencia donde la imitación conserva la forma del contorno, pero a mayores frecuencias, con un pico aproximadamente un 63% más alto (3750 Hz frente a 2295 Hz), además de una duración al 90% un poco mayor (0.06 s en la imitación frente a 0.05 s en el canto del ave rapaz). Esto sugiere que la Urraca Criolla emite un sonido similar en cuanto a la forma de la vocalización, pero tiene mayor dificultad para igualar y sostener con precisión la frecuencia del Esparvero Variado.

Variables acústicas y validación cuantitativa de tipos de vocalizaciones

El análisis de las 24 grabaciones propias realizadas para este trabajo y las 18 provenientes de xeno-canto de la provincia de Salta y Jujuy, nos permitió clasificar los siguientes tipos de vocalizaciones que las asociamos con las categorías previamente identificadas: *kiu* (n = 26), *maullido* (n = 14), *kiki* (n = 11), *triple ki* (n = 8), *kekeke* (n = 4), *kua* (n = 3), *kia* (n = 1; Figs. 2 & 3). El ADL (análisis discriminante lineal) discriminó las clases vocales en dos ejes principales que explicaron en conjunto el 96% de la variación discriminante (LD1: 86.4%; LD2: 9.6%). En el espacio discriminante, *kekeke* se separó claramente del resto de las clases a lo largo de LD1, mientras que resto de las vocalizaciones se distribuyó en valores positivos de LD1, con una estructura interna parcialmente solapada donde *maullido* ocupó la región inferior (valores negativos de LD2), *kiu* se extendió hacia valores altos de LD1 y LD2, y *kiki* y *triple ki* se situaron en una posición central, solapándose con ambas. Las clases con menor número de registros (*kia* y *kua*) quedaron inmersas dentro de la dispersión

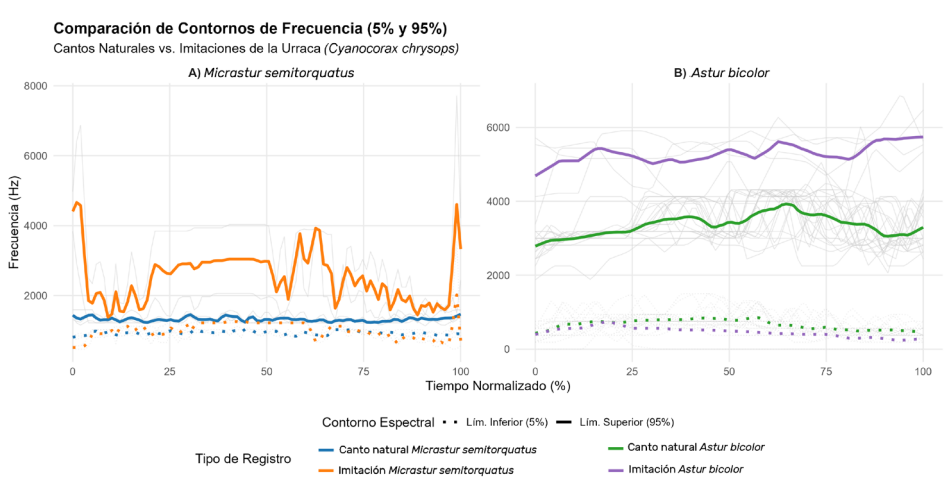


Figura 4. Contornos de frecuencia del 5% (línea punteada) y del 95% (línea sólida) de las vocalizaciones categorizadas como imitaciones de aves rapaces, estandarizados en 100 ventanas temporales. Las líneas grises finas muestran los contornos individuales de cada vocalización analizada; las líneas de color representan el contorno promedio de cada registro. A) En celeste se muestra el canto natural del Halcón Montés Grande (*Micrastur semitorquatus*), grabado en el departamento de Concepción, Tucumán, en febrero de 2024, y en naranja su imitación por la Urraca Criolla (*Cyanocorax chrysops*). B) En verde se muestra el canto natural del Esparvero Variado (*Astur bicolor*), grabado en el Proyecto Seamos Bosques en septiembre de 2023, y en violeta la imitación por Urraca Criolla.

de las clases mayoritarias (Fig. 3). El ordenamiento de los tipos de vocalizaciones estuvo determinado principalmente por la duración de la vocalización (duración 90%), que fue la variable con mayor peso sobre LD1 (Tabla 2), seguida por la frecuencia pico y la variabilidad del contorno de la frecuencia inferior (SD Contorno 5%). El segundo eje (LD2) estuvo asociado a la variabilidad de los contornos de frecuencia, tanto inferior como superior (Tabla 2). El PERMANOVA global mostró que hay diferencias significativas entre los tipos de vocalizaciones analizados dentro del espacio acústico multivariado ($F_{4,58}$ = 4.14; R^2 = 0.22; p < 0.05; las permutaciones fueron restringidas por la ID de cada grabación). La prueba de homogeneidad de dispersiones (betadisper) no fue significativo ($F_{4,58}$ = 1.20; p = 0.34), indicando que los resultados reflejarían la separación en los centroides acústicos de cada clase y no una de dispersión desigual. Las comparaciones post-hoc entre pares de clases (PERMANOVA por pares corregido para comparaciones múltiples utilizando el ajuste de Benjamini-Hochberg por tasas de falsos descubrimientos) revelaron que todos los tipos de vocalizaciones se diferencian significativamente de al menos uno de los otros tipos. La vocalización *kekeke* fue la que mostró mayor diferenciación acústica, distinguiéndose significativamente de los otros cuatro tipos de vocalizaciones comparadas (*kiki*, *kiu*, *maullido* y *triple ki*; todos p < 0.05; Fig. 3). Le sigue *kiu* que se distingue de tres tipos de vocalizaciones (*maullido*, *triple ki* y *kekeke*; p < 0.05) luego *triple ki* y *maullido* diferenciándose de dos tipos de vocalizaciones (*kekeke* y *kiu*; $p \leq$ 0.05). Finalmente, el tipo de vocalización *kiki* presentó diferencias significativas sólo con *kekeke* (p < 0.05).

Detección automática y análisis de patrones temporales de actividad vocal

El análisis de 117.3 horas de grabaciones pasivas mostró que *kekeke* fue la vocalización más frecuentemente detectada de la Urraca Criolla representando el 63% de las detecciones de la especie, seguida por *kia* y *kiu* (71.8 det/h; n = 8419; Fig. 5). Las vocalizaciones menos frecuentes fueron *kiki* (13.5 det/h; n = 1583), *triple ki* (7.7 det/h; n = 898) y *maullido* (3.0 det/h; n = 347). En conjunto, estas tres últimas vocalizaciones representaron menos del 4% del total de detecciones registradas, mientras que *kekeke* y *kia* concentraron el 75% del total, lo que sugeriría que estas dos vocalizaciones constituyen el núcleo del repertorio vocal del grupo estudiado durante los nueve días de grabación.

En relación con la actividad vocal a lo largo del día, el análisis de las detecciones automáticas reveló patrones distintos según la clase de vocalización (Fig. 6). En términos generales, la tasa de detección promedio (línea negra) se mantuvo relativamente baja y estable a lo largo del día, con un pico marcado durante la primera hora de muestreo (~ 05:00 h, ~ 20%), seguido de un descenso pronunciado hacia las 06:00–07:00 h (~ 6–7%), y una leve tendencia ascendente durante las horas de la tarde. Este patrón general, sin embargo, no se refleja en cada clase de vocalización. Específicamente, la vocalización *kekeke* (Fig. 2G), potencialmente asociada al comportamiento de desplazamiento, fue la clase dominante a lo largo de todo el período de muestreo; presentó su mayor tasa de detección al amanecer (05:00 h, ~ 63%), seguida de una caída abrupta durante las primeras horas de la mañana (06:00–08:00 h, ~ 13%), y un segundo incremento sostenido hacia el mediodía y la tarde (13:00–19:00 h, ~ 25–33%). Este patrón bimodal sugeriría una mayor actividad de desplazamiento tanto al amanecer como durante la segunda mitad del día. La vocalización *kia* (Fig. 2F), también mostró niveles de detección relativamente elevados al amanecer (~ 49% a las 05:00 h), con una disminución gradual hacia las 07:00–08:00 h (~ 13%) y valores más constantes durante el resto del día (~ 14–16%). A diferencia de *kekeke*, *kia* no mostró un segundo pico vespertino claro, sino una actividad moderada y relativamente constante durante las horas centrales del día.

Las vocalizaciones que parecían estar asociadas a contextos de alarma, *kiu* y *maullido* (Figs. 3A & 3E; ver más arriba en la sección Resultados: *'Identificación cualitativa de vocalizaciones y asociación con contextos comportamentales'*) presentaron tasas de detección considerablemente más bajas a lo largo de todo el día. Sin embargo, *kiu* mostró un patrón particular, con dos picos de detección relativamente discretos hacia las 07:00 h y las 18:00–19:00 h, coincidiendo precisamente con los momentos en que otras vocalizaciones, particularmente *kekeke* y *kia*, alcanzarían sus valores

Tabla 2. Coeficientes estandarizados del análisis discriminante lineal de los tipos de vocalizaciones de Urraca Criolla (*Cyanocorax chrysops*) identificados cualitativamente (n = 67). Los dos ejes capturan en conjunto el 96% de la variación discriminante entre tipos de vocalizaciones.

Variable	LD1	LD2
Frecuencia pico (Hz)	-0.34	-0.19
Duración (90%)	-2.13	0.54
Frecuencia (95%)	0.24	-0.03
Frecuencia (5%)	0.09	0.37
SD Contorno Frecuencia 95%	-0.11	0.35
SD Contorno Frecuencia 5%	0.33	1.07

mínimos o registraron una marcada disminución en su tasa de detección. El *maullido* mostró valores aún más bajos y sin un patrón temporal claro, lo que podría indicar que su emisión responde a estímulos puntuales más que a una pauta temporal definida. Finalmente, *kiki* y *triple ki* (Figs. 3B & 3C) presentaron las tasas de detección más bajas del conjunto (~ 1–4%), sin patrones temporales evidentes.

DISCUSIÓN

En este trabajo describimos y caracterizamos parte del repertorio vocal de Urraca Criolla, combinando observaciones de campo, vocalizaciones disponibles en repositorios, análisis acústicos multivariados y herramientas de detección automática aplicadas a grabaciones pasivas. A partir de este enfoque identificamos siete tipos principales de vocalizaciones que pudieron distinguirse tanto por su estructura espectro-temporal como por su similitud auditiva y reportamos potenciales vocalizaciones de imitaciones de aves rapaces. Los análisis acústicos mostraron que estas vocalizaciones ocupan regiones acústicas diferenciadas, lo que sustenta parte de la clasificación cualitativa en categorías discretas. Asimismo, reportamos posibles asociaciones entre vocalizaciones y su vínculo como señales de alarma emitidas frente a potenciales depredadores y a comportamientos de desplazamiento grupal. Finalmente, el análisis de detecciones automáticas en grabaciones continuas sugirió potenciales diferencias en la frecuencia relativa de uso y en los patrones de actividad a lo largo del día entre los distintos tipos de vocalizaciones, aunque el desempeño del modelo de detección aún debe mejorarse para confirmar estos patrones. Así, estos resultados sugieren que el repertorio vocal de la Urraca Criolla está compuesto por señales acústicamente diferenciadas que podrían desempeñar funciones distintas en la dinámica social y comportamental de la especie.

Diversidad y estructura de las vocalizaciones

Las vocalizaciones en los córvidos pueden variar dependiendo el contexto comportamental o en el ambiente en el que se producen (Kovářová et al. 2025) donde incluso pueden presentar variaciones en función del mensaje a transmitir, por ejemplo, el grado de amenaza si se trata de una vocalización de alarma (Hardy 1979, Ellis 2008). En nuestro trabajo, encontramos al menos nueve tipos de vocalizaciones distinguibles en la Urraca Criolla (siete en grabaciones focales de grupo y dos potenciales imitaciones provenientes de repositorios y grabaciones oportunistas de años previos) y, aunque reconocemos que solo es una pequeña porción del repertorio probable, nuestros hallazgos se ubican en congruencia con lo reportado para la familia Corvidae. En particular encontramos vocalizaciones vinculadas al movimiento en grupo como aquellas que se presentaron a la mañana y a la tarde para iniciar el desplazamiento. Adicionalmente, hubo vocalizaciones que no pudimos asociar con un

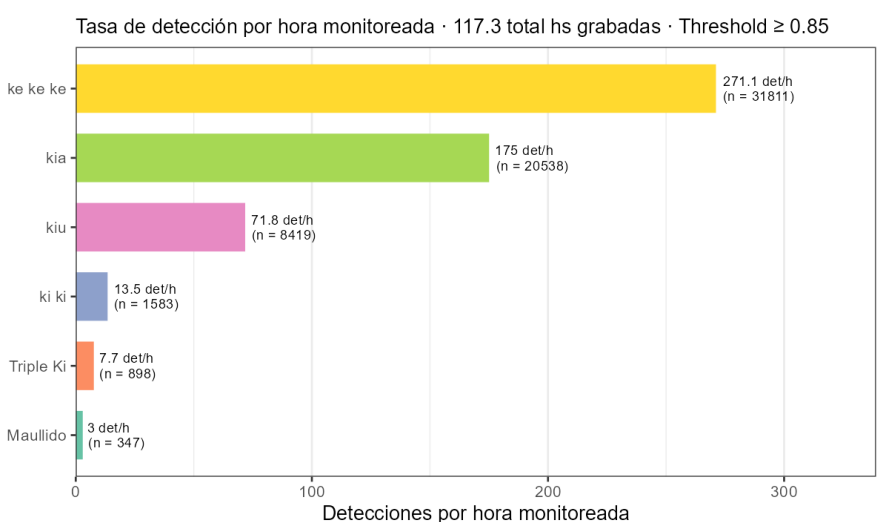


Figura 5. Tasa de detección por hora de monitoreo de cada tipo de vocalización de la Urraca Criolla (*Cyanocorax chrysops*), obtenida mediante detección automática a partir de grabaciones pasivas en el sitio del área semiurbana, Tucumán durante 3-11 de octubre 2025 con grabador pasivo SongMeter Mini. Las detecciones se generaron con BirdNET analyzer, conservando únicamente aquellas con un valor de confianza ≥ 0.85. Las barras indican el número de detecciones por hora monitoreada (det/h) y, entre paréntesis, el número total de detecciones (*n*) acumuladas sobre un total de 117.3 h de grabación. Las detecciones pueden incluir falsos positivos; por lo tanto, las frecuencias relativas deben interpretarse como exploratorias.

patrón claro de comportamiento pero que podrían estar asociadas por ejemplo, a la defensa territorial en grupo como se ha descrito en *Cyanocitta stelleri* (Harvey et al. 2024). Por último, aquellas que se vincularon a presencia de depredadores para alertar a otros individuos. Se ha descrito para *Cyanocorax formosus* que según el nivel de amenaza varían la duración de la vocalización y la frecuencia con la que la hacen. La relación descripta señala que entre mayor sea el grado de amenaza tienden a hacer cantos con una menor duración y una mayor frecuencia (Ellis 2008). Si bien no evaluamos la intensidad de la respuesta en nuestro estudio, al pertenecer al mismo género creemos que es plausible que este comportamiento también pueda encontrarse en la Urraca Criolla. En paralelo, en nuestros sitios de estudio y periodo acotado no encontramos situaciones de cortejo o nidificación que nos permitan evaluar vocalizaciones emitidas vinculadas a la defensa del nido o territorio de manera individual. Sin embargo, en el género *Cyanocorax* se han descripto vocalizaciones que evocan respuestas de los machos cuando las hembras están fértiles (Ellis 2009) por lo que sería importante buscar eventos reproductivos y estudiar las vocalizaciones de la Urraca Criolla en estos momentos. Finalmente, para el género *Cyanocorax* se ha documentado variación vocal a nivel individual, grupal e incluso geográfica (Hardy 1979, Rosa & Dos Anjos 2022). En este sentido, nuestros hallazgos no nos permiten evaluar diferencias entre grupos e individuos, pero a futuro el análisis de los patrones vocales diarios en distintos grupos podría aportar evidencia adicional que permita comprender mejor el origen y la magnitud de esta variabilidad.

Detecciones automáticas y patrón de actividad vocal

El estudio de la actividad vocal de las aves es clave para comprender su biología, así como para contribuir a su conservación y a la elaboración de estrategias de manejo (Baldo & Mennill 2011, Lavariega et al. 2019, Pérez-Granados & Schuchmann 2021). En este estudio exploratorio y descriptivo, identificamos diferentes patrones potenciales de actividad vocal a lo largo del día según la clase de vocalización registrada, lo que sugeriría que las vocalizaciones reflejan distintos contextos comportamentales. En particular, la vocalización *kekeke*, que pudimos asociar con el desplazamiento, presentó un pico marcado durante las primeras horas de la mañana, seguido de una disminución hacia el mediodía, lo que podría estar marcando ritmos de movimiento y descanso de la especie a lo largo del día. Por su parte, la vocalización *kiu*, vinculada a contextos de alarma frente a depredadores, mostró un patrón bimodal, con mayor emisión al amanecer como al atardecer. Este patrón podría coincidir con momentos de mayor actividad de depredadores potenciales, como rapaces crepusculares (e.g., Halcón Montés Grande; Bierregaard et al. 2020) o algunas especies de lechuzas (Enríquez 2015). Si bien las especies de aves tienen picos de actividad al amanecer y al atardecer, nuestros resultados muestran que este patrón no se manifiesta igual entre todos los tipos de vocalizaciones, reforzando la idea de una relación específica entre el tipo de vocalización y el comportamiento temporal de vocalización. En especies sociales, la complejidad en los patrones de emisión vocal es especialmente relevante, ya que la función de las vocalizaciones excede

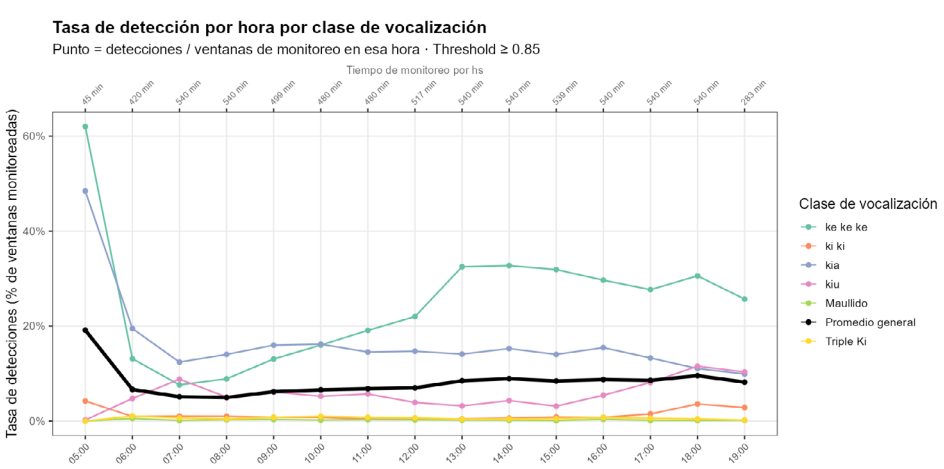


Figura 6. Actividad vocal a lo largo del día de la Urraca Criolla según el tipo de vocalizaciones identificadas a partir de grabaciones pasivas obtenidas en el área semiurbana, Tucumán durante 3 a 11 octubre 2025. Los valores del eje Y fueron calculados con base en el total de ventanas posibles de detección (3 s) y representan el porcentaje de ventanas temporales en las cuales se detectó cada clase de vocalización con relación a las ventanas donde se detectó la especie. Las detecciones deben considerarse exploratorias hasta ser confirmados con un modelo de mayor desempeño. La línea negra representa el promedio general de la actividad acústica de la especie durante el período de grabación.

los roles clásicos asociados a la territorialidad y la reproducción (Kroodsma & Byers 1991). Así, en especies gregarias, las vocalizaciones pueden cumplir funciones vinculadas a la cohesión grupal, la coordinación de movimientos y el reconocimiento entre individuos, incluyendo la identificación entre miembros del grupo y de individuos extraños. Por tal motivo, interpretar los patrones de actividad vocal implica considerar tanto las interacciones competitivas como las dinámicas cooperativas que estructuran la vida social en especies gregarias. Más aún, el estudio de la actividad vocal se posiciona como una herramienta valiosa para explorar la ecología comportamental de las especies sociales como lo es la Urraca Criolla.

Aunque consideramos que los patrones generales de uso relativo y variación temporal de las vocalizaciones capturados a nivel agregado son informativos y se basan en un gran volumen de datos y en la aplicación de umbrales de alta confianza, nuestros resultados deben interpretarse en el contexto de ciertas limitaciones y las detecciones realizadas con el modelo que entrenamos utilizando BirdNET deberían considerarse exploratorias. Por un lado, las limitaciones se asocian al bajo número de repeticiones a escala espacial y de grupo y a la posible presencia de falsos positivos ya que no validamos todas las detecciones manualmente. Por otro lado, el estudio se centró en un único grupo (área semiurbana), durante un período acotado (nueve días) y, principalmente en la época reproductiva en el noroeste argentino (Auer et al. 2007), y no incluimos factores climáticos en nuestros análisis. Además, se ha documentado variación en las vocalizaciones tanto a nivel intraespecífico como regional en aves (Medina & Francis 2012, García et al. 2014), e incluso dentro del género *Cyanocorax* (Rosa & Dos Anjos 2022), por lo que es esperable que los patrones observados puedan variar en comparación a otros grupos de Urracas. No obstante, estos resultados constituyen una primera descripción cuantitativa de la actividad vocal de la Urraca Criolla y una base metodológica replicable para estudios futuros con mayor cobertura temporal y espacial. En consecuencia, futuros estudios que incorporen un mayor número de grupos, una cobertura estacional más amplia y una caracterización más completa del repertorio vocal con mayores volúmenes de entrenamiento permitirán profundizar en la comprensión de estos patrones. Finalmente, este trabajo se suma a un creciente cuerpo de estudios (e.g., Pérez-Granados & Schuchmann 2021) que destacan el potencial de las herramientas de grabación pasiva y de análisis automatizado para generar datos continuos y aportar nuevas perspectivas al estudio de la ecología acústica de las aves.

Posibles casos de imitación

En la familia Corvidae se han descripto al menos 39 especies que imitan vocalizaciones de al menos 13 géneros de aves diferentes, entre los cuales se incluyen aves rapaces (Wascher et al. 2025). Este valor, equivalente al 30% de las especies de la familia, contrasta con la representatividad de este rasgo en el suborden Passeri en su conjunto (8.9%), lo que sugiere una presencia particularmente marcada de la imitación vocal en los córvidos (Goller & Shizuka 2018, Wascher et al. 2025). De nuestro trabajo se desprenden al menos dos imitaciones potenciales por parte de la Urraca Criolla que comparamos con vocalizaciones naturales, la imitación del Halcón Montés Grande y del Esparvero Variado, siendo que la imitación del Halcón Montés Grande ya ha sido descripta para Brasil por Martos-Martins & Donatelli (2018).

Si bien actualmente no se considera que la imitación de depredadores potenciales (y potencialmente conocidos) tenga una única función específica, existen distintas hipótesis acerca de su rol en diferentes contextos. Por un lado, Harvey et al. (2024) sugiere que la imitación podría estar más relacionada con actividades sociales que con la presencia de un depredador volviéndose más frecuentes durante la época reproductiva y sugiere que podrían asociarse a la defensa de nido o advertencia a la pareja. En este sentido, la imitación de depredadores podría vincularse también con la búsqueda de pareja, bajo el supuesto de que un individuo capaz de interpretarlas con precisión posee la capacidad de recrear sonidos heteroespecíficos y un alto nivel cognitivo siendo considerado mejor pareja potencial (Taylor 2014). Por otro lado, en otras especies del género *Cyanocorax* se ha sugerido que la imitación de aves rapaces se utiliza como mecanismo de engaño para disuadir a otras especies y robar el alimento. Esto se ha mencionado para *C. cyanopogon*, emitiendo vocalizaciones de imitación de Taguató frente a primates (Barbosa da Silva 2020) y en *Cyanocorax yncas* imitando a un Accipitridae para disuadir a *Ortalis vetula* (Giese & Hall 2024). En nuestro trabajo, la señal de alarma que apareció en los tres encuentros con diferentes depredadores fue la vocalización que denominamos *kiu*; no observamos un vínculo entre el tipo de especie imitada y el ave rapaz presente (e.g., cuando grabamos a un Halcón Montés Grande en cercanía del grupo IER-Antayacu). Esto sugeriría que las imitaciones de aves rapaces también podrían emitirse como un mecanismo de engaño y en su conjunto, que las vocalizaciones de depredadores potenciales no se aprenden por

error, sino que tienen una función evolutiva adaptativa (Wascher et al. 2025).

CONCLUSIÓN

Nuestro estudio aporta nuevos detalles sobre la comunicación vocal en la Urraca Criolla donde mostramos que la especie posee una estructura de vocalizaciones acústicamente distinguibles, asociadas a situaciones comportamentales, y que el uso de determinadas vocalizaciones se distribuiría diferencialmente a lo largo del día. La detección de posibles imitaciones de aves rapaces se suma a la reconocida plasticidad vocal de la familia Corvidae que, si bien la función de estas imitaciones sigue siendo debatida, su presencia en la Urraca Criolla abre interrogantes sobre el posible rol en interacciones sociales, defensa de territorio o estrategias de engaño que aún quedan por evaluarse. En este contexto, nuestros resultados resaltan a la Urraca Criolla como un modelo de especie gregaria que permitiría explorar el vínculo entre la comunicación y la cognición. Finalmente, destacamos la necesidad de estudios futuros que evalúen un mayor número de tipos de vocalizaciones, integren aproximaciones experimentales, y donde se continúen realizando grabaciones de la especie para entrenar un modelo más completo con más tipos de vocalizaciones y en diferentes estaciones del año.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer al Proyecto Seamos Bosques por permitirnos realizar numerosas salidas en el área entre las cuales parte de ellas representan los resultados presentados en este trabajo. Los autores también agradecen a dos revisores/as anónimos, a la Editora Asociada Natalia García y a la editora del Hornero Lucia Mentesana por sus copiosas revisiones que mejoraron este trabajo de manera contundente. Agradecemos el espíritu de El Hornero de promocionar el número especial para hacer posible más y mejor ciencia en nuestro país. Finalmente, agradecemos al Programa PECaRIES del Instituto de Ecología Regional (IER, CONICET-UNT), que promueve el involucramiento de estudiantes de la Lic. en biología en proyectos de investigación relacionados con su vocación.

USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Se utilizó Grammarly para la revisión ortográfica, gramatical y de estilo del texto. Adicionalmente, se utilizó Gemini para asistencia y depuración de script en R para realizar los gráficos de contorno de comparación de vocalizaciones naturales e imitaciones. Todas las sugerencias generadas por estas herramientas fueron revisadas, evaluadas y validadas por los autores.

REFERENCIAS

Alonso HG (2001) Conductas de gregarismo y vocalización de la cotorra cubana (*Amazona leucocephala*). Ornitología Neotropical 12(2):141-152

Auer SK, Bassar RD, Fontaine JJ, Martin TE (2007) Breeding biology of passerines in a subtropical montane forest in northwestern Argentina. Condor 109(2):321-333. https://doi.org/10.1093/condor/109.2.321

AviList (2025) AviList: The Global Avian Checklist, v2025. https://doi.org/10.2173/avilist.v2025

Baldo S, Mennill DJ (2011) Vocal behavior of Great Curassows, a vulnerable Neotropical bird. Journal of Field Ornithology 82(3):249-258. https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2011.00328.x

Barbosa da Silva L (2020) Vocal mimicry of raptor by the White-naped Jay (*Cyanocorax cyanopogon*) during a dispute over food resources. Atualidades Ornitológicas 217. Pp. 24

Bierregaard RO, Kirwan GM, Boesman PFD (2020) Collared Forest-Falcon (*Micrastur semitorquatus*), version 1.0. En: del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J, Christie DA, de Juana E (eds) Birds of the World. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. https://doi.org/10.2173/bow.coffal1.01

Bonaccorso E, Peterson AT, Navarro-Sigüenza AG, Fleischer RC (2010) Molecular systematics and evolution of the *Cyanocorax* jays. Molecular Phylogenetics and Evolution 54(3):897-909. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.11.014

Brown AD, Grau A, Lomáscolo T, Gasparri NI (2002) Una estrategia de conservación para las selvas subtropicales de montaña (Yungas) de Argentina. Ecotropicos 15(2):147-159

Brunetta B (2009) Ecologia e grito da gralha-picaça (*Cyanocorax chrysops*) (Vieillot, 1818) (Passeriformes: Corvidae) em duas formações florestais da Mata Atlântica, Brasil. Master Thesis. Universidade Estadual de Londrina, Brasil

Cornell Lab of Ornithology (2026) Merlin Bird ID (Version 4.1.0) Cornell Lab of Ornithology. [URL: https://merlin.allaboutbirds.org/]

Dos Anjos L, Vielliard JM (1993) Repertoire of the acoustic communication of the azure jay *Cyanocorax caeruleus* (Vieillot) (Aves, Corvidae). Revista Brasileira de Zoología 10(4):657-664. https://doi.org/10.1590/S0101-81751993000400011

Elie JE, Soula HA, Mathevon N, Vignal C (2011) Dynamics of communal vocalizations in a social songbird, the zebra finch (*Taeniopygia guttata*). The Journal of the Acoustical Society of America 129(6):4037-4046. https://doi.org/10.1121/1.3570959

Ellis JMS (2008) Which call parameters signal threat to conspecifics in white-throated magpie-jay mobbing calls? Ethology 114(2):154-163. https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2007.01439.x

Ellis JMS (2009) Anti-Predator Signals as Advertisements: Evidence in White-Throated

Magpie-Jays. Ethology 115(6):522-532. https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2009.01631.x

Emery NJ, Seed AM, von Bayern AM, Clayton NS (2007a) Cognitive adaptations of social bonding in birds. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 362(1480):489-505. https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1991

Emery NJ, Clayton NS, Frith CD (2007b) Introduction. Social intelligence: from brain to culture. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 362(1480):485-488. https://doi.org/10.1098/rstb.2006.2022

Enríquez PL (2015) Los búhos neotropicales: diversidad y conservación. El Colegio de la Frontera Sur, Mexico

Espinosa de los Monteros A, Cracraft J (1997) Intergeneric relationships of the New World Jays inferred from Cytochrome b Gene Sequences. Condor 99(2):490-502. https://doi.org/10.2307/1369955

García NC, Barreira AS, Kopuchian C, Tubaro PL (2014) Intraspecific and interspecific vocal variation in three Neotropical cardinalids (Passeriformes: Fringillidae) and its relationship with body mass. Emu 114(2):129-136. https://doi.org/10.1071/MU13010

Giese JC, Hall JD (2024) Green Jay (*Cyanocorax yncas*), version 2.0. In: Billerman SM (eds) Birds of the World. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY. https://doi.org/10.2173/bow.grnjay.02

Goller M, Shizuka D (2018) Evolutionary origins of vocal mimicry in songbirds. Evolution Letters 2(4):417-426. https://doi.org/10.1002/evl3.62

Grau HR, Arturi MF, Brown AD, Aceñolaza PG (1997) Floristic and structural patterns along a chronosequence of secondary forest succession in Argentinean subtropical montane forests. Forest Ecology and Management 95(2):161-171. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00010-8

Hardy JW (1979) Vocal repertoire and its possible evolution in the black and blue jays (*Cissilopha*). The Wilson Bulletin 91(2):187-201

Harvey TC, Gabriel PO, Black JM (2024) Propensity of Predator Mimicry in Steller's Jays. Birds 5(1):173-189. https://doi.org/10.3390/birds5010012

Hunzinger H (1997) Hydrology of montane forests in the Sierra de San Javier, Tucumán, Argentina. Mountain Research and Development 17(4):299-308. https://doi.org/10.2307/3674020

K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics at the Cornell Lab of Ornithology (2026) Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.6.5). The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY. [URL: https://www.ravensoundsoftware.com/]

Kahl S, Wood CM, Eibl M, Klinck H (2021) BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. Ecological Informatics 61:101236. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101236

Kazue Uejima AM, Boesing AL, Dos Anjos L (2012) Breeding and foraging variation of the Plush-crested Jay (*Cyanocorax chrysops*) in the Brazilian Atlantic Forest. The Wilson Journal of Ornithology 124(1):87-95. https://doi.org/10.1676/11-027.1

Kovářová E, Linhart P, Syrová M, Robovský J, Urbanová N, Veselý P (2025) Acoustic variation in alarm calls of Corvidae: effect of morphology, ecology and phylogeny. Animal Cognition 28:83. https://doi.org/10.1007/s10071-025-02000-w

Kroodsma DE, Byers BE (1991) The Function(s) of Bird Song. American Zoologist 31(2):318-328. https://doi.org/10.1093/icb/31.2.318

Lambert ML, Jacobs I, Osvath M, von Bayern AM (2019) Birds of a feather? Parrot and corvid cognition compared. Behaviour 156(5-8):505-594. https://doi.org/10.1163/1568539X-00003527

Lavariega MC, Monroy-Gamboa AG, Padilla-Gómez E, Olivera-Martínez U (2019) Patrones de actividad de la chachalaca pálida (*Ortalis poliocephala*). Huitzil 20(2):e-536. https://doi.org/10.28947/hrmo.2019.20.2.455

Leighton GM, Birmingham T (2021) Multiple factors affect the evolution of repertoire size across birds. Behavioral Ecology 32(3):380-385. https://doi.org/10.1093/beheco/araa139

Martos-Martins R, Donatelli RJ (2018) Vocal mimicry of Collared Forest-Falcon, *Micrastur semitorquatus* (Falconiformes: Falconidae), by Plush-crested Jay, *Cyanocorax chrysops* (Passeriformes: Corvidae), in the municipality of Pirajuí, State of São Paulo, Brazil. Atualidades Ornitológicas 206:21

Medina I, Francis CD (2012) Environmental variability and acoustic signals: a multi-level approach in songbirds. Biology Letters 8(6):928-931. https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0522

Oksanen J, Simpson G, Blanchet F, ..., Weedon J (2025) vegan: Community Ecology Package. R package version 2.6-10. [URL: https://CRAN.R-project.org/package=vegan]

Pérez-Granados C, Schuchmann KL (2021) Passive acoustic monitoring of Chaco Chachalaca (*Ortalis canicollis*) over a year: vocal activity pattern and monitoring recommendations. Tropical Conservation Science 14:19400829211058295. https://doi.org/10.1177/19400829211058295

R Core Team (2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [URL: https://www.R-project.org/]

Rosa GL, Ellis JM, Bonaccorso E, Dos Anjos L (2016) Friend or foe? Social system influences the allocation of signals across functional categories in the repertoires of the New World jays. Behaviour 153(4):467-524. https://doi.org/10.1163/1568539X-00003360

Rosa GL, Dos Anjos L (2022) Out of the blue: geographic variation and divergence between Azure Jays (*Cyanocorax caeruleus*) from two ecologically distinct ranges. Emu - Austral Ornithology 122(2):100-111. https://doi.org/10.1080/01584197.2022.2078218

Taylor AH (2014) Corvid cognition. Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science 5(3):361-372. https://doi.org/10.1002/wcs.1286

Wascher CA, Waterhouse G, Beheim BA (2025) Vocal mimicry in corvids. Animal Cognition 28(1):88. https://doi.org/10.1007/s10071-025-02006-4