

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS EX RELAVERAS AZALIA Y CHONTA (PASCO, PERÚ), POR MEDIO DE MONITOREOS ORNITOLÓGICOS

Carlos Alberto Saenz Cortez

ORCID: 0000-0003-2400-7162

Johanna Mariel Vilela Saldarriaga

ORCID: 0000-0003-3287-635X

CAMASSU EIRL

Resumen: Mediante monitoreos ornitológicos realizados en las ex relaveras de Azalia y Chonta del 9 al 12 de marzo de 2021, ubicadas en el Distrito de Goyllarisquizga (Pasco), se ha determinado que la calidad ambiental es de ponderación Media. Señalándose, además, que es importante la restauración y reforestación de los componentes ecológicos de ellas ya que, según los resultados obtenidos, el 89.06% de las especies encontradas se encuentran registradas en la *Lista roja de especies amenazadas de la UICN*, catalogadas como Leves según la versión 3.1 de la segunda edición de las *Categorías y criterios de la Lista roja de la UICN*. Asimismo, el 10.92% de aves son endémicas de la zona, que significaría que solo pueden habitar ese tipo de ecosistemas, y el 3.36% de aves son catalogadas como CITES y se ubican en el Apéndice II de CITES, por lo que se puede concluir que el 89.06% de las especies son sensibles.

Palabras clave: Monitoreos. Ornitología. Índices de diversidad. Endemismo. Especie sensible. Perú.

Determination of the Environmental Quality of the former Azalia and Chonta tailings dams (Pasco, Peru), through bird monitoring

Abstract: Bird monitoring conducted in the former Azalia and Chonta tailings dams, located in the District of Goyllarisquizga (Pasco), conducted from March 9 to 12, 2021, has helped determining that the environmental quality is average. Furthermore, it has been pointed out that it is important to restore and reforest ecological components of the former Chonta and Azalia tailings dams, since according to the results obtained, 89.06% of the species found are registered on the IUCN Red List of threatened species, classified as Least Concern according to version 3.1 of the second edition of the IUCN "Red List Categories and Criteria". Likewise, 10.92% of birds are endemic to the area, which means that they can only inhabit that type of ecosystem, and 3.36% of birds are cataloged as CITES and are listed in Appendix II of CITES, so it can be concluded that 89.06% of species are sensitive.

Keywords: Monitoring. Ornithology. Diversity Indices. Endemism. Sensitive species.

Carlos Alberto Sáenz Cortez

Biólogo, titulado en la Universidad Nacional de Piura, egresado de la maestría en Ingeniería Industrial y Medio Ambiente de la misma casa de estudios. Especialista en temas de biodiversidad, recursos biológicos e hídricos, además de ambientales, contando con experiencia de cuatro años en investigación biológica, como temas biológicos e hidrobiológicos, por parte del Ministerio de la Producción, además de tres años de especialista en recursos naturales en la empresa CAMASSU EIRL.

Correo: gerenciacamassu@gmail.com

Johanna Mariel Vilela Saldarriaga

Bachiller en Ingeniería Química por la Universidad Nacional de Piura. Tiene experiencia de tres años como Asistente en temas de investigaciones biológicas, de cambio climático y ambiental en la empresa CAMASSU EIRL, habiéndose desempeñado en temas de monitoreos de flora, fauna, tanto marina como terrestre.

Correo: gerenciacamassu@gmail.com

1. Introducción

La ciudad de Pasco está considerada como una de las regiones del Perú con una economía en constante crecimiento debido a la actividad minera. Según Benavides (2012), la minería genera en promedio más de 13 mil empleos directos en esta parte central del país. Asimismo, Benavides afirma que cerca de 3 millones de personas en el Perú dependen de este sector productivo. Es por esto que la minería es un claro ejemplo de cómo este sector dinamiza las economías locales y genera grandes oportunidades para las poblaciones.

Por otro lado, Medvinsky et al., (2015) señalan que la actividad minero-metalúrgica es una de las más importantes y con mayor impacto en la economía peruana, debido a que genera pasivos ambientales mineros (PAM), como los depósitos de relaves, que son causados por los desechos de las rocas molidas, generando residuos como minerales, agua, metales pesados y químicos (cianuro, arsénico, plomo, cadmio, zinc, mercurio, etcétera) que van a parar a los ríos, contaminándolos; es el caso del río San Juan y el delta Upamayo en el distrito de Vicco en Pasco. Por otro lado, para Lozano (2019) dichos desechos han causado en las desmontaderas de Azalia y Chonta, ubicadas en Goyllarisquizga, aguas ácidas, llegando estas a perder su calidad ambiental y perjudicando a las especies locales, como yanavicos, zambullidores y halcones.

Para medir la calidad ambiental de un ecosistema, hoy en día se usan algunas especies biológicas. Altamirano et al., (2003) y Huaman (2018) consideran que las aves son indicadores por excelencia de la calidad ambiental, debido a que permiten realizar comparaciones a lo largo de gradientes climáticos y ecológicos en cuanto a la riqueza, recambio y abundancia de especies.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Evaluar la calidad ambiental mediante el monitoreo ornitológico de las ex relaveras Azalia y Chonta.

2.2 Objetivos específicos

Respecto a la diversidad alfa:

- Determinar la diversidad ornitológica de las ex relaveras Azalia y Chonta.
- Determinar la diversidad beta ornitológica de las ex relaveras Azalia y Chonta.
- Determinar las especies de aves catalogadas como sensibles, según UICN (2012) en su versión 3.1 de la segunda edición de la *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN*, además de las especies CITES.

3. Índices de diversidad

Los estudios sobre medición de biodiversidad se han centrado en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro. En cada unidad geográfica, en cada paisaje, se encuentra un número variable de comunidades. Por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa, beta y gamma (Whittaker, 1972, citado por Moreno, 2001) puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas (Halffter, 1998 citado por Moreno, 2001).

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, está referida a un nivel local y refleja la coexistencia de las especies en una comunidad. La diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje. Y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972 citado por Moreno, 2001).

3.1 Medición de la diversidad alfa

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, los dividimos en dos grandes grupos:

- Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica).
- Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etcétera).

Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad. Si entendemos a la diversidad alfa como el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies dentro de un hábitat particular, entonces un simple conteo del número de especies de un sitio (índice de riqueza específica) sería suficiente para describir la diversidad alfa, sin necesidad de una evaluación del valor de importancia de cada especie dentro de la comunidad (Moreno, 2001).

3.1.1 Índice de Simpson- D

El Índice de diversidad de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que nos permite medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. El Índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos dentro de un hábitat, seleccionados al azar, pertenezcan a la misma especie. Es decir, cuanto más se acerca el valor de este índice a la unidad, existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población; y cuanto más se acerque el valor de este índice a cero, mayor es la biodiversidad de un hábitat.

$$\text{Donde: } D = \frac{\text{Sumatoria } n(n-1)}{N(N-1)}$$

Siendo n: Número de individuos de la especie i

N: Número total de individuos.

Asimismo: 1-D

Interpretación para el índice de Simpson 1-D

Tabla 1. Valoración del Índice de Simpson

Valores	Interpretación
0.00- 0.35	Diversidad Baja
0.36- 0.75	Diversidad Media
0.76- 1.00	Diversidad Alta

Fuente: Krebs (1985).

3.1.2 Riqueza específica (S)

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad. Esto es posible únicamente para ciertos taxones bien conocidos y de manera puntual en tiempo y en espacio. La mayoría de las veces tenemos que recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a partir de un muestreo de la comunidad. A continuación, se describen los índices más comunes para medir la riqueza de especies (Moreno, 2001).

- **Índice de diversidad de Margalef (DMg)**

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k.N$, donde k es constante (Magurran, 1998 citado por Moreno, 2001). Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando S-1, en lugar de S, da DMg = 0 cuando hay una sola especie.

$$DMg=(S-1)/LnN$$

Donde:

S = número de especies.

N = número total de individuos.

Interpretación:

Tabla 2. Valoración del Índice de diversidad de Margalef

Valores	Interpretación
0.1- 2.0	Diversidad Baja
2.1- 4.9	Diversidad Media
5-	Diversidad Alta

Fuente: Krebs (1985).

- **Índice de equidad de Shannon-Wiener (H')**

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev & Penev, 1995 citados por Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de «S» (LnS), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988 citado por Moreno, 2001).

$$H' = -\sum pi * Lnpi$$

Donde:

ni: número de individuos.

pi: abundancia proporcional.

Interpretación:

Tabla 3. Valoración del Índice de diversidad de Shannon-Wiener

Valores	Interpretación
0.1- 1.5	Diversidad Baja
1.6- 3.0	Diversidad Media
3.1-	Diversidad Alta

Fuente: Krebs (1985).

• Índice de Equidad de Pielou (J')

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988 citado por Moreno, 2001).

$$J' = H' / H' \text{ max}$$

Donde: $H' \text{ max} = \ln(S)$.

3.2 Medición de la diversidad beta

La medición de la diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972 citado por Moreno, 2001). A diferencia de las diversidades alfa y gamma que pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988 citado por Moreno, 2001). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etcétera), o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Magurran, 1988; Wilson & Shmida, 1984 citados por Moreno, 2001). Para ordenar en este texto las medidas de diversidad beta, se clasifican según se basen en la disimilitud entre muestras o en el reemplazo propiamente dicho.

- **Coefficiente de similitud de Jaccard (IJ)**

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

$$IJ = c / (a + b - c)$$

Donde

a = número de especies presentes en la FM

b = número de especies presentes en el EA

c = número de especies presentes en ambos sitios FM y EA

- **Coefficiente de similitud de Sorensen (IS)**

Relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Magurran, 1988 citado por Moreno, 2001).

$$IS = 2c / (a + b)$$

Donde

a = número de especies presentes en la FM.

b = número de especies presentes en el EA.

c = número de especies presentes en ambos sitios FM y EA

- **Índice de complementariedad (C)**

El concepto de complementariedad se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas (Colwell & Coddington, 1994 citado por Moreno, 2001). Para obtener el valor de complementariedad obtenemos primero dos medidas:

La riqueza total para ambos sitios combinados:

$$S_{FM \text{ y } EA} = a + b - c$$

Donde:

a = es el número de especies del FM

b = es el número de especies del EA

c = es el número de especies en común entre los sitios FM y EA

El número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios:

$$U_{FM \text{ y } EA} = a + b - 2c$$

A partir de estos valores calculamos la complementariedad de los sitios FM y EA como:

$$C_{FM \text{ y } EA} = (U_{FM \text{ y } EA} / S_{FM \text{ y } EA})$$

$C_{FM \text{ y } EA}$: Índice de Complementariedad entre los dos estratos

4. Metodología

Los monitoreos de aves fueron realizados por el biólogo Carlos Saenz Cortez y su asistente Johanna Vilela Saldarriaga, en la temporada de lluvias propias del mes de marzo (que es la segunda semana del día 9 al 12) del año 2021, en las zonas de las ex relaveras Azalia y Chonta, ubicadas en el distrito de Goyllarisquizga, departamento de Pasco. Asimismo, se debe señalar que estas zonas han sido reforestadas con plantas de pinos y quinales, como parte del cumplimiento de sus planes de cierre.

4.1 Puntos de monitoreo

Tabla 4. Puntos de monitoreo

Lugar	Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM WGS84 Zona 18M		
		Este	Norte	Altitud (m.s.n.m.)
Azalia	PB 01	345582	8842118	4109
	PB 02	345474	8842132	4073
	PB 03	345236	8842181	4064
Chonta	PB 04	345729	8841398	4104

Fuente y elaboración propia.

Se debe precisar que la ex relavera Azalia ocupa un área de 12 ha y la ex relavera Chonta 3 ha.

4.2 Zonas de vida

Según el *Mapa de zonas de vida* de ONERN (1976), el área del Proyecto se encuentra enmarcada en la siguiente zona de vida:

4.2.1 Zona de Cordilleras Andinas (ZCA)

El Distrito de Goyllarisquizga se ubica dentro de una formación geológica de relieve cordillerano; asimismo, tiene las características de presentar una morfología bastante abrupta afectada por una intensa erosión glaciar, cerros muy elevados o de considerable elevación y quebradas profundas. Las localidades están ubicadas, indistintamente, en las mesetas de los cerros o en las partes llanas. La topografía del área es plana, con ligeras ondulaciones que dan origen a pequeños riachuelos y valles glaciares cuyo fondo amplio es en forma de U, sobre la cual se han acumulado depósitos morrenicos y glaciofluviales. Se halla ubicado en el piso ecológico cordillera, cuyas altitudes oscilan entre 4 mil a más de 4600 m s. n. m., notándose la presencia de relieve cordillerano, laderas cordilleranas y valles de origen glaciar.

Figura 1. Puntos de monitoreo de las ex relaveras Azalia y Chonta en el Distrito de Goyllarisquizga



Fuente: Google Earth. (s.f.a)

Figura 2. Ubicación de los puntos de monitoreo de la ex relavera Azalia



Fuente: Google Earth. (s.f.b)

Figura 3. Ubicación de los puntos de monitoreo de la ex relavera Chonta



Fuente: Google Earth. (s.f.c)

Constituye una subunidad morfoestructural cuya característica principal es su geoforma montañosa discontinua que se distribuye a nivel regional, el cual se muestra en su forma abrupta y relieve accidentado, que ha sido configurado por la tectónica Hercínica, pasando por sus fases Eohercínica, Tárdihercínica y Nevadiana, que se desarrollaron durante la era Paleozoica. Se ubican tierras misceláneas con pendientes que oscilan entre 8-75%.

Para la evaluación, se hicieron tres monitoreos por punto, teniendo cada monitoreo como radio de evaluación 300 metros y separación, y cada zona de monitoreo se distanció 400 metros del otro. Asimismo, se utilizaron binoculares de 10x42 y claves taxonómicas de aves ornitológicas.

5. Resultados

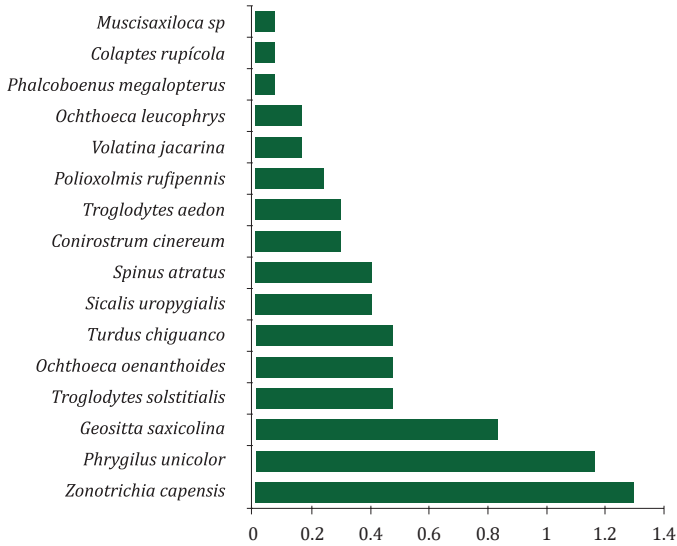
5.1 Análisis de la ex relavera Azalia

Tabla 5. Riqueza específica de la ex relavera Azalia y densidad de aves encontradas

Ítem	Especie	Familia	Densidad (aves/hectárea)
1	<i>Phrygilus unicolor</i>	Emberizidae	1.167
2	<i>Sicalis uropygialis</i>		0.417
3	<i>Zonotrichia capensis</i>		1.333
4	<i>Volatina jacarina</i>		0.167
5	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Falconidae	0.083
6	<i>Spinus atratus</i>	Fringílicos	0.417
7	<i>Colaptes rupícola</i>	Picidae	0.083
8	<i>Geositta saxicolina</i>	Sclerurinae	0.833
9	<i>Conirostrum cinereum</i>	Thraupidae	0.333
10	<i>Troglodytes aedon</i>	Troglodytidae	0.333
11	<i>Troglodytes solstitialis</i>		0.5
12	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>		0.5
13	<i>Ochthoeca leucophrys</i>	Tyrannidae	0.167
14	<i>Muscisaxiloca sp</i>		0.083
15	<i>Polioxolmis rufipennis</i>		0.25
16	<i>Turdus chiguanco</i>		Turdidae

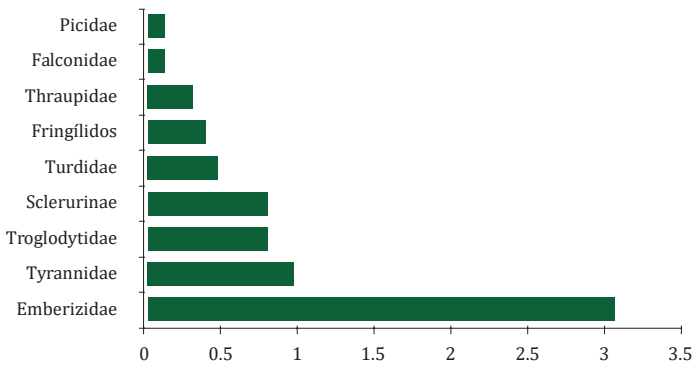
Fuente y elaboración propia.

Figura 4. Densidad de aves encontradas en la ex relavera Azalia (aves/ha)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Densidad de familias de aves encontradas en la ex relavera Azalia (aves/ha)



Fuente: Elaboración propia.

La ex relavera Azalia cuenta con una riqueza específica de 16 especies de aves. Las especies de mayor densidad son: *Zonotrichia capensis*, *Phrygilus unicolor* y *Geositta saxicolina*; y la familia *Emberizidae* es la más representativa.

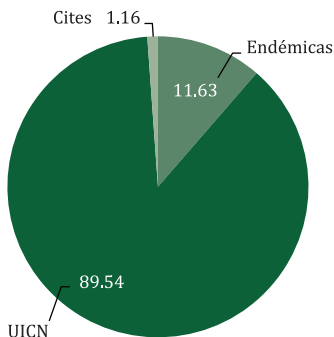
Tabla 6. Listado de especies sensibles encontradas en la ex relavera Azalia

Ítem	Especie	Endémicas	UICN	Cites	Clasificación de especies amenazadas de fauna silvestre	Porcentaje
1	<i>Phrygilus unicolor</i>		LC		No se ha encontrado aves pertenecientes a este listado	16.28
2	<i>Zonotrichia capensis</i>		LC			18.6
3	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>		LC	II		1.16
4	<i>Spinus atratus</i>		LC			5.81
5	<i>Geositta saxicolina</i>	E	LC			11.63
6	<i>Conirostrum cinereum</i>		LC			4.65
7	<i>Troglodytes aedon</i>		LC			4.65
8	<i>Troglodytes solstitialis</i>		LC			6.98
9	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>		LC			6.98
10	<i>Ochthoeca leucophrys</i>		LC			2.33
11	<i>Polioxolmis rufipennis</i>		LC			3.49
12	<i>Turdus chiguanco</i>		LC			6.98
Total		11.63	89.54	1.16		89.54

Fuente y elaboración propia.

En la ex relavera Azalia se encontró *Geositta saxicolina* como especie endémica, siendo el 11.63% de la población de aves encontradas en el monitoreo. Asimismo, se ha encontrado que la especie *Phalcoboenus megalopterus* se encuentra en el listado del Apéndice II de CITES, comprendiendo el 1.16% de especies de aves, con respecto al listado de la Clasificación de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre del MINAGRI (2014), se debe mencionar que no se ha encontrado especies sensibles. Finalmente, el 89.54% de especies encontradas están dentro de la Lista Roja de la UICN categorizadas como Preocupación Menor.

Figura 6. Clasificación de especies sensibles encontradas en la ex relavera Azalia (Porcentaje)



Fuente y elaboración propia.

Tabla 7. Índice de diversidad en la ex relavera Azalia

Clase de índices	Índice de Simpson	Shannon-Wiener	Pielou	Margalef
Resultado	0.91	2.48	0.89	3.37
Interpretación	D. Alta	D. Media		D. Media

Fuente y elaboración propia.

Con respecto a la Tabla 7, se determina que el Índice de Diversidad de Simpson es alto. No obstante, para Shannon-Wiener y Margalef la diversidad es media en estos lugares remediados.

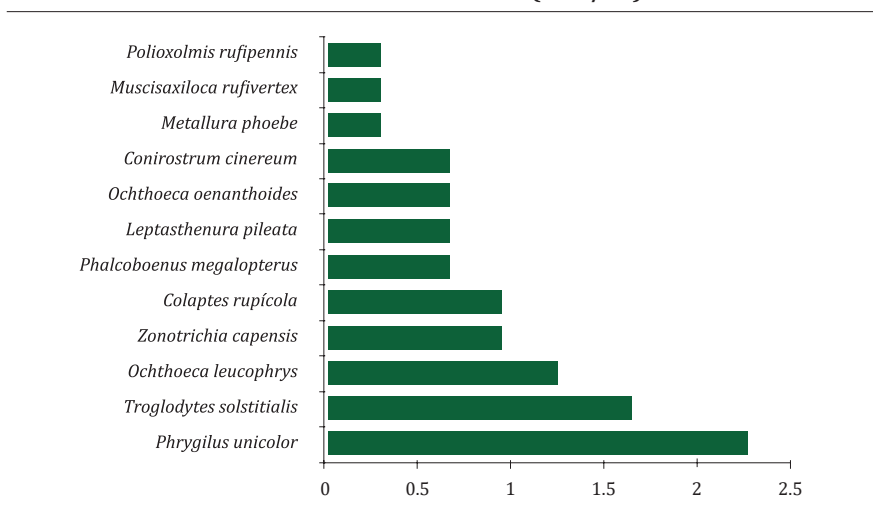
5.2 Análisis de la ex relavera Chonta

Tabla 8. Riqueza específica de la ex relavera Chonta y densidad de aves encontradas

Ítem	Especie	Familia	Densidad (aves/ha)
1	<i>Phrygilus unicolor</i>	Emberizidae	2.3
2	<i>Zonotrichia capensis</i>		1
3	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Falconidae	0.7
4	<i>Leptasthenura pileata</i>	Furnariidae	0.7
5	<i>Colaptes rupícola</i>	Picidae	1
6	<i>Conirostrum cinereum</i>	Thraupidae	0.7
7	<i>Metallura phoebe</i>	Trochilidae	0.3
8	<i>Troglodytes solstitialis</i>	Troglodytidae	1.7
9	<i>Muscisaxiloca rufivertex</i>	Tyrannidae	0.3
10	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>		0.7
11	<i>Ochthoeca leucophrys</i>		1.3
12	<i>Polioxolmis rufipennis</i>		0.3

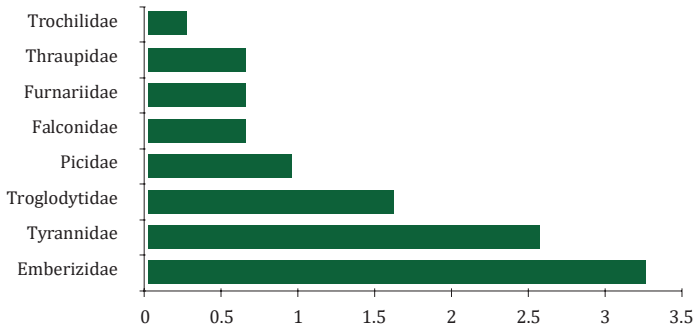
Fuente y elaboración propia.

Figura 7. Densidad de aves encontradas en la ex relavera Chonta (aves/ha)



Fuente y elaboración propia.

Figura 8. Densidad de familias de aves encontrados en la ex relavera Chonta (aves/ha)



Fuente y elaboración propia.

La riqueza específica de la ex relavera Chonta es de 12 especies de aves. Las especies de mayor densidad son *Phrygilus unicolor* y *Troglodytes solstitialis*, y las familias Emberizidae, Tyrannidae y Troglodytidae son las más abundantes.

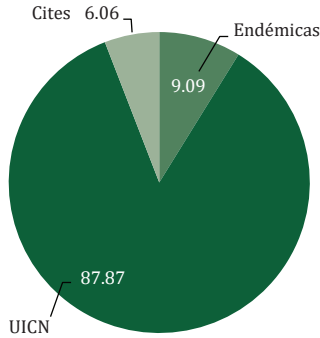
Tabla 9. Listado de especies sensibles encontradas en la ex relavera Chonta

Ítem	Especie	Endémicas	UICN	Cites	Clasificación de especies amenazadas de fauna silvestre	Porcentaje
1	<i>Phrygilus unicolor</i>		LC		No se ha encontrado aves pertenecientes a este listado	21.21
2	<i>Zonotrichia capensis</i>		LC			9.09
3	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>		LC	II		6.06
4	<i>Leptasthenura pileata</i>	E	LC			6.06
5	<i>Conirostrum cinereum</i>		LC			6.06
6	<i>Metallura phoebe</i>	E	LC			3.03
7	<i>Troglodytes solstitialis</i>		LC			15.15
8	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>		LC			6.06
9	<i>Ochthoeca leucophrys</i>		LC			12.12
10	<i>Polioxolmis rufipennis</i>		LC			3.03
Total		9.09	87.87	6.06		87.87

Fuente y elaboración propia.

En la ex relavera de Chonta se encontró a *Leptasthenura pileata* y *Metallura phoebe* como especies endémicas, siendo el 9.09% de la población de aves encontradas en el monitoreo. Asimismo, se ha encontrado que la especie *Phalcoboenus megalopterus* se encuentra en el listado del Apéndice II de CITES, comprendiendo el 6.06% de especies de aves, con respecto al listado de la Clasificación de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre del MINAGRI (2014), se debe mencionar que no se ha encontrado especies sensibles. Finalmente, se ha encontrado que el 87.87% de especies encontradas, se encuentran en el *Listado Rojo* de UICN, las cuales se encuentran categorizadas como Preocupación Menor.

Figura 9. Clasificación de especies sensibles encontradas en la ex relavera Chonta (porcentajes)



Fuente y elaboración propia.

Tabla 10. Índice de diversidad en la ex relavera Chonta

Clase de índices	Índice de Simpson	Shannon-Wiener	Pielou	Margalef
Resultado	0.91	2.3	0.93	3.15
Interpretación	D. Alta	D. Media		D. Media

Fuente y elaboración propia.

Con respecto al cuadro, se determina que el Índice de Diversidad de Simpson es alto. No obstante, para Shannon-Wiener y Margalef la diversidad es media en estos lugares remediados.

5.3 Análisis las ex relaveras Azalia y Chonta

Tabla 11. Riqueza específica y densidad de aves por especie y familia

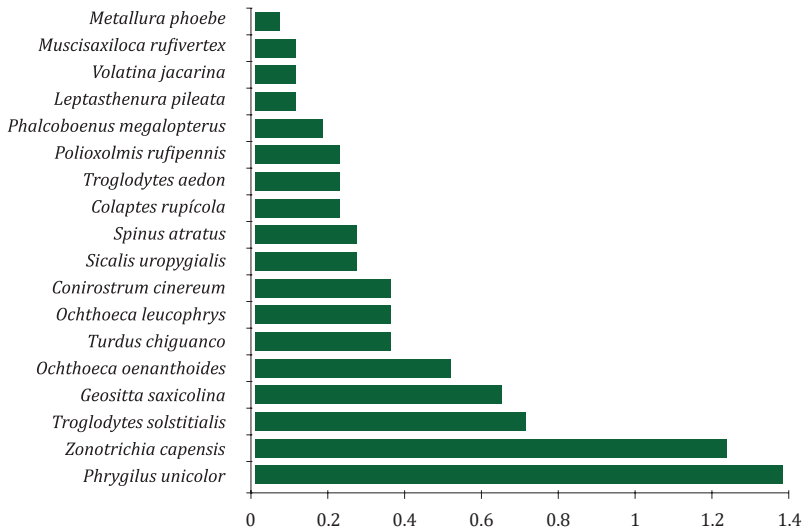
Nº	Familia	Especie	Total	Densidad por hectárea	Densidad por hectárea
1	Emberizidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	5	0.33	3.133
2		<i>Phrygilus unicolor</i>	21	1.40	
3		<i>Volatina jacarina</i>	2	0.13	
4		<i>Zonotrichia capensi</i> ²	19	1.27	
5	Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	3	0.20	0.200
6	Fringíflidos	<i>Spinus atratus</i>	5	0.33	0.333
7	Furnariidae	<i>Leptasthenura pileata</i>	2	0.13	0.133
8	Picidae	<i>Colaptes rupícola</i>	4	0.27	0.267
9	Sclerurinae	<i>Geositta saxicolina</i>	10	0.67	0.667
10	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	6	0.40	0.400
11	Trochilidae	<i>Metallura phoebe</i>	1	0.07	0.067
12	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	4	0.27	1.000
13		<i>Troglodytes solstitialis</i>	11	0.73	
14	Turdidae	<i>Turdus chiguanco</i>	6	0.40	0.40
15	Tyrannidae	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	8	0.53	1.333
16		<i>Ochthoeca leucophrys</i>	6	0.40	
17		<i>Muscisaxiloca rufivertex</i>	2	0.13	
18		<i>Polioxolmis rufipennis</i>	4	0.27	

Fuente y elaboración propia.

- Familia de aves con mayor densidad de especies.
- Aves con mayor densidad de especies.

Las zonas reforestadas de los planes de cierre de los relaves mineros de Azalia y Chonta, pertenecientes al Distrito de Goyllarisquiza, Pasco, poseen en su conjunto una riqueza específica de 18 especies. Por otro lado, las familias más densas son las *Emberizidae*, *Troglodytidae* y *Tyrannidae*, asimismo, las especies más densas son *Phrygilus unicolor* y *Zonotrichi capensis*.

Figura 10. Densidad de especies registradas en las ex relaveras Azalia y Chonta



Fuente y elaboración propia.

Tabla 12. Índices de diversidad de aves de la reforestación de los Planes de Cierre de los relaves mineros de Azalia y Chonta

Densidad (hectárea)	I. Simpson	Shannon-Wiener	Margalef	Equidad de Pielau
7.93	0.915	2.608	4.603	0.902

Fuente y elaboración propia.

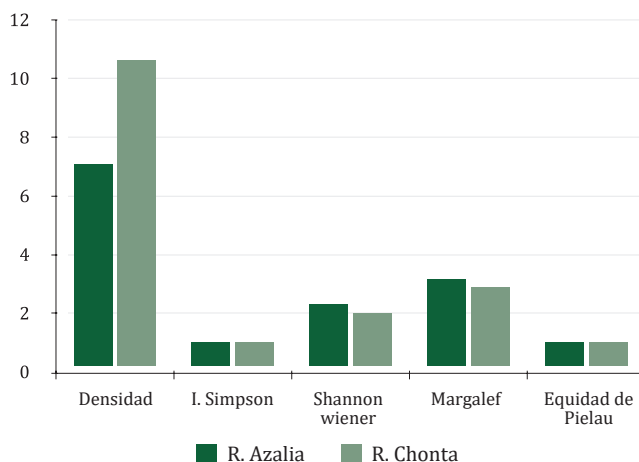
Con respecto al cuadro, se determina que el Índice de Diversidad de Simpson es alto, por lo que el grado de Dominancia para estas zonas es bajo. No obstante, para Shannon-Wiener y Margalef la diversidad es Media en estos lugares remediados.

Tabla 13. Índices de diversidad de las ex relaveras Azalia y Chonta

Lugar	Densidad	I.Simpson	Shannon-Wiener	Margalef	Equidad de Pielau
R. Azalia	7.17	0.908	2.48	3.37	0.89
R. Chonta	11	0.911	2.3	3.15	0.92

Fuente y elaboración propia.

Figura 11. Índices de diversidad en las ex relaveras Azalia y Chonta



Fuente y elaboración propia.

Si bien se encontró que la zona de mayor densidad de aves fue la de los relaves mineros de Chonta, se observa que tanto Chonta como Azalia tienen el mismo comportamiento respecto a la diversidad alfa, ya que para los dos el Índice de Diversidad de Simpson es alto, a diferencia de los Índices de Diversidad de Shannon-Wiener y Margalef, que señalan tener diversidad media. Por lo que la calidad ambiental en estas relaveras mineras es media.

5.4 Diversidad beta

Tabla 14. Índices de diversidad beta entre las ex relaveras Azalia y Chonta

Jaccard	Sorensen	Índice de complementariedad entre los dos estratos
0.56	0.714	0.444

Fuente y elaboración propia.

Para Jaccard, el 56% de aves encontradas estarían tanto en las ex relaveras Azalia y Chonta, frente a un 44% de aves que pueden estar solo en Azalia o en Chonta, por lo que esto es reflejado en el Índice de Complementariedad, donde se demuestra que son zonas casi al 50% similar. Asimismo, para Sorensen, ambas zonas de remediación comparten el 71.4% de la abundancia.

5.5 Especies sensibles en las ex relaveras Azalia y Chonta

Si bien no se han encontrado especies amenazadas de fauna silvestre, se han encontrado 2 especies CITES, 14 especies registradas en el *Libro rojo* de UICN (categorizadas como Preocupación Menor) y 3 especies endémicas.

Tabla 15. Listado de especies sensibles encontradas en las ex relaveras Azalia y Chonta

Nº	Especie	Porcentaje	Endémica	UICN	CITES	Clasificación de especies amenazadas de fauna silvestre
1	<i>Phrygilus unicolor</i>	17.65		LC		No se ha encontrado aves pertenecientes a este listado.
2	<i>Zonotrichia capensis</i>	15.97		LC		
3	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	2.52		LC	II	
4	<i>Spinus atratus</i>	4.2		LC		
5	<i>Leptasthenura pileata</i>	1.68	e	LC		
6	<i>Geositta saxicolina</i>	8.4	e	LC		
7	<i>Conirostrum cinereum</i>	5.04		LC		
8	<i>Metallura phoebe</i>	0.84	e	LC	II	
9	<i>Troglodytes aedon</i>	3.36		LC		
10	<i>Troglodytes solstitialis</i>	9.24		LC		No se ha encontrado aves pertenecientes a este listado.
11	<i>Turdus chiguanco</i>	5.04		LC		
12	<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	6.72		LC		
13	<i>Ochthoeca leucophrys</i>	5.04		LC		
14	<i>Polioxolmis rufipennis</i>	3.36		LC		
Porcentaje			10.92	89.06	3.36	

Fuente y elaboración propia.

Es importante restaurar estas dos áreas debido a que el 89.06% de las especies encontradas se encuentran registradas en el *Libro rojo* de la UICN, catalogadas como Preocupación Menor. Asimismo, el 10.92% de aves son endémicas de la zona, que significaría que solo pueden habitar ese tipo de ecosistemas, y el 3.36% de aves son catalogadas como CITES y se ubican en el listado del Apéndice II; con respecto al listado de la Clasificación de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre del MINAGRI (2014), se debe mencionar que no se han encontrado especies sensibles. Por lo que se puede concluir que el 89.06% de las especies son sensibles.

6. Discusión

De lo observado en esta investigación, una de las familias más representativas es la Tyrannidae (Figuras 5 y 8); Cabanillas et al., (2021) también la han identificado como una de las más representativas en los bofedales de Pasco. Respecto a las especies, estos autores señalan que *Geositta saxicolina* es una de las especies más representativas y endémicas de la zona; según lo identificado en este estudio, también figura entre las más abundantes (Figura 4 y 10).

Para Gonzalez (2017), en gradientes altoandinas similares a las de Pasco, como es el caso de Ayacucho, se han determinado como aves dominantes por su abundancia a: *Zonotrichia capensis*, *Phrygilus plebejus*, *Geositta cunicularia* y *Spinus magellanicus*, y al contrastarse con Figura 10, se encuentra que la especie *Zonotrichia capensis* es una de las más observadas, así como las aves del género *Phrygilus* y *Geositta*.

Por otro lado, para CESEL (2019) las aves son excelentes indicadores de la salud del medio ambiente por su gran sensibilidad a los cambios de estructura de hábitat y/o vegetación de una determinada área. Siendo esto clave para Cabanillas et al., (2021), ya que la importancia de los bofedales de Pasco radica en su capacidad de retener agua para la fauna silvestre, como las aves, por lo que, tal como se señala en Figura 11, las zonas de las ex relaveras Azalia y Chonta tienen como calidad ambiental, señalada por el componente ornitológico, una diversidad media.

Si bien la Figura 11 demuestra que en temas de diversidad las ex relaveras tanto de Azalia como de Chonta tienen comportamiento similar, resultando una diversidad media para los dos, se debe señalar que los Índices Jaccard y de Complementariedad indican que se comparte el 56% de especies de aves (Tabla 14), debido a que la ex relavera Azalia está más cercana al centro

poblado de Goyllarisquizga (Figuras 1 y 2), en comparación con el ex relave de Chonta, que se encuentra al costado de pajonales y bofedales (Figura 3), coincidiendo con Gonzalez (2017), que señala que la similitud entre zonas de pajonales rurales y bofedales es del 60%.

Las especies *Phalcoboenus megalopterus* y *Metallura phoebe* (Figuras 7 y 10) son especies sensibles de las zonas altoandinas, pertenecientes al listado del Apéndice II de CITES (2021), siendo, para Cabanillas et al., (2021) y Gonzalez (2017), especies de conservación muy sensibles, por lo que su hábitat debe ser preservado y monitoreado contantemente.

7. Conclusión

- La calidad ambiental encontrada mediante el monitoreo ornitológico en las ex relaveras Azalia y Chonta es de diversidad media.
- En ellas, las especies más densas son *Phrygilus unicolor* y *Zonotrichi capensis*.
- La especie *Geosita saxicolina* es una de las más representativas y endémicas de la zona, teniendo, además, especies sensibles como *Phalcoboenus megalopterus* y *Metallura phoebe*, cuyos hábitats deben cuidarse para garantizar su existencia.
- Es necesario restaurar estas ex relaveras dado que: el 89.06% de las especies encontradas están registradas en el Libro rojo de la UICN, catalogadas como Leves; el 10.92% de aves son endémicas de la zona, lo que significa que sólo pueden habitar ese tipo de ecosistemas; y el 3.36% de aves son catalogadas como CITES y se ubican en el Listado II. Se concluye por tanto que el 89.06% de las especies son sensibles.

Referencias

- Altamirano, M., Guzman, J., Martin, M. & Domínguez, L. (2003) Un Método para la Selección de Aves Bioindicadoras con Base en sus Posibilidades de Monitoreo. *Huitzil, Revista de Ornitología Mexicana*, 4(2).
<https://doi.org/10.28947/hrmo.2003.4.2.18>
- Benavides, R. (2012). *La Minería responsable y sus aportes al desarrollo del Perú*. Compañía de Minas Buenaventura S. A. A. http://www.mzweb.com.br/bvn/La_Mineria_Responsable_y_sus_Aportes_al_Desarrollo_del_Peru_Por_Roque_Benavides_Ganoza.pdf
- Cabanillas, E., Morales, A. & Madrid, F. (2021). Inventario de aves presentes en la Laguna Punrrun, departamento Pasco, Perú. *Biotempo*, 18(1), pp. 51-62.
- CESEL (2019). *Modificación de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto «Construcción de la Nueva Subestación Amarilis y los enlaces de conexión en 138 kV»*. Red Energía del Perú S. A. https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/3_0%20Aspectos%20del%20medio%20fisico-%20biologico%20y%20social%20Rev%200.pdf
- CITES (2021). *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, Apéndices I, II y III*. <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2021/S-Appendices-2021-06-22.pdf>
- Gonzales, N. (2017). *Comunidad de aves de la microcuenca de Usqu Willka, distrito de Quinoa, Ayacucho. 2014-2015*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Google Earth (s.f.a) [Distrito de Goyllarisquizga, provincia de Daniel Alcides Carrión, departamento de Pasco]. Recuperado el 9 de noviembre de 2022.
https://earth.google.com/web/@10.47513975,-76.41030992,4150.79714919a,1802.48314926d,35y,359.99919966h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419
- Google Earth (s.f.b). [Ex Relavera Minera Azalia]. Recuperado el 9 de noviembre de 2022.
https://earth.google.com/web/@-10.47160338,-76.41371248,4051.37856478a,1007.97293632d,35y,359.99919709h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419
- Google Earth (s.f.c). [Ex Relavera Chonta]. Recuperado el 9 de noviembre de 2022.
https://earth.google.com/web/@-10.47776738,-76.40844982,4106.02521585a,486.32930941d,35y,359.9991967h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=es-419
- Huaman, D. (2018) *Evaluación cualitativa y cuantitativa de la población de aves y referencia de indicador de calidad ambiental en diferentes hábitats de la comunidad campesina de Huayllay, provincia y región PASCO*. [Tesis de Pregrado para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/681/1/tesis%20DENIS-2018.pdf>
- Krebs, C. (1985). *Ecología: Estudios de la distribución y abundancia*. Editorial Mexicana. Segunda Edición.
- Lozano, W. (2019). *Evaluación de los parámetros físicos y químicos de los recursos hídricos en el Distrito de Goyllarisquizga influenciado por los pasivos ambientales de carbón Provincia Daniel Alcides Carrión-Pasco*. [Tesis de Pregrado para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2039>

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS EX RELAVERAS AZALIA Y CHONTA (PASCO, PERÚ),
POR MEDIO DE MONITOREOS ORNITOLÓGICOS / C. SAENZ Y J. VILELA

- Medvinsky, R., Caroca, V. & Vallejo, J. (2015). *Informe sobre la situación de los Relaves Mineros en Chile para ser presentado en el cuarto informe periódico de Chile para el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, perteneciente al consejo Económico Social de la Naciones Unidas*. Fundación Relaves Chile y Fundación Terram. https://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CESCR/Shared%20Documents/CHL/INT_CESCR_CSS_CHL_20605_S.pdf
- MINAGRI (2014). Decreto Supremo que Aprueba la Actualización de la Lista de Clasificación y Categorización de las Especies Amenazadas de Fauna Silvestre Legalmente Protegidas. Decreto Supremo 04-2014-MINAGRI.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la Biodiversidad*. M & T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- UICN (2012). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN*, Versión 3.1. Segunda Edición. Suiza. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-2001-001-2nd-Es.pdf>