FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	/5	5
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	/5	5
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	/20	20
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	/15	14
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	/15	15

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	/25	25
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	/10	9
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	/5	5
VALORACIÓN TOTAL	100	98

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	x
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	98

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
CECIBEL MONSERRATE TENELEMA DELGADO

MSc. Cecibel Tenelema Delgado

Dado en la ciudad de Puyo, a los 25 días del mes de febrero de 2021.

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Correcto
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4/5	Correcto. Sin embargo, faltó describir en el objetivo la parte de geoturismo como lo describe en la introducción y en las conclusiones.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Correcta
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	14/15	Primero va el título Anexos y luego el subtítulo Marco Teórico.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	12/15	La explicación de la curva de acumulación de especies debe ir dentro del ítem de análisis de datos y colocar el año del Estimates utilizado. En el ítem **g)** sugiero se coloque antes del análisis de datos o simplemente se suprima. En caso de dejarlo, no se debe colocar “se presentará”, sino se presentó o se realizó una guía fotográfica…etc.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	20/25	Sugiero que primero se describan los resultados de abundancia de individuos y luego de riqueza, revisar artículos similares para ordenar las tablas y gráficos.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	5/10	En la primera conclusión debe colocarse el porqué de esa diversidad alta, no es necesario mencionar el índice utilizado porque ya se explicó en la metodología.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Correctas
VALORACIÓN TOTAL	85	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	85

Atentamente,

CAROLINA BANOL PEREZ

Firmado digitalmente por CAROLINA BANOL PEREZ
Fecha: 2022.02.23 15:00:43 -05'00'

Dra. Carolina Bañol Pérez Ph.D
Docente revisor

Dado en la ciudad de Puyo, a los 23 días del mes de febrero de 2022.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE BIOLOGÍA

Puyo, **04-02-2022**

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: **DAVIDRICARDODIAZGUEVARA**,conC.I..**1804333944**,conelTema:**"Diversidad de invertebrados en las cavernas de Puyu Yaku del cantón Mera, Provincia de Pastaza – Ecuador",."**, de la carrera de **BIOLOGIA**. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, **EDISON ROBERTO SUNTASIGNEGRETE**, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del **0%,** Informe generado con fecha **04-02-2022**por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines

pertinentes Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
EDISON ROBERTO SUNTASIG NEGRETE

EDISON ROBERTO SUNTASIG NEGRETE

Docente-tutor del Trabajo de Integración

Curricular CI: **0502956261**

Curiginal

DocumentInformation

Analyzeddocument	Informe final del trabajo de integración curricular David Díaz.pdf(D126799368)
Submitted	2022-02-01T20:49:00.0000000
Submittedby	EDISONSUNTASIG
Submitteremail	esuntasig@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysisaddress	esuntasig.uea@analysis.urkund.com

SourcesincludedinthereportS

Diversidad de invertebrados en las cavernas de Puyu Yaku del cantón Mera, Provincia de Pastaza - Ecuador

[1] David Ricardo Díaz Guevara

[1]Blg2017018@uea.edu.ec

[2] Edison R. Suntasig Negrete

[2] **Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida.**

[1] **Carrera de Biología**

Resumen

Los ecosistemas subterráneos son sitios de interés geológico, ecológico, económico y cultural, sin embargo, son ecosistemas poco estudiados a nivel biológico en el Ecuador, por ende la fauna subterránea ha permanecido desconocida a lo largo de los años, a pesar de las peculiares adaptaciones que suelen poseer los organismos que habitan en estos sitios, al encontrarse en un ecosistema hostil donde no existe incidencia solar y por ende el flujo de materia y energía es diferente al resto de ecosistemas conocidos. Es por ello, que esta investigación pretende demostrar la alta diversidad de invertebrados que estos ecosistemas poseen y de esta manera potenciar el estudio científico – bioespeleológico en el Ecuador. Para ello, se estudiaron los diferentes organismos subterráneos tanto terrestres como acuáticos, que fueron colectados mediante la interacción de tres diferentes métodos como son: colecta directa o manual, trampas pitfall y finalmente la implementación de una red tipo "D" en las cavernas de Puyu Yaku, ubicadas en el Cantón Mera, donde se encontraron 45 morfoespecies, algunas de ellas con troglomorfismos, posiblemente especies troglobiontes y se demostró mediante el índice de diversidad de Simpson que todas estas cavernas poseen una alta diversidad debido a la aplicación de varios métodos de colecta que se complementan entre ellos y permiten colectar individuos de diferentes nichos ecológicos.

Palabras Clave: Subterránea, troglomorfismos, troglobiontes.

Abstract

Underground ecosystems are sites of geological, ecological, economic and cultural interest, however, in Ecuador, they are little studied ecosystems at a biological level, so the underground fauna has remained unknown over the years, despite the peculiar adaptations that the organisms that inhabit these sites usually have, being in a hostile ecosystem where there is no solar incidence and therefore the flow of matter and energy is different from the rest of known ecosystems. That is why this research aims to demonstrate the high diversity of invertebrates that these ecosystems have and thus enhance the scientific biospeleological study in Ecuador. To do this, different subterranean organisms, terrestrial and aquatic, were studied. They were collected through the interaction of three different methods, such as: direct or manual collection, pitfall traps and finally the implementation of a type "D" network in the Puyo – Yaku caves in Mera, where 45 morphospecies were found, some of them with troglomorphisms, possibly troglobiont species and it was shown through the Simpson diversity index that all these caves have a high diversity due to the application of various collection methods that complement each other and allow collecting organisms from different ecological niches.

Keywords*:* Underground, troglomorphisms, troglobiont.

1. INTRODUCCIÓN

De manera general las cavernas han sido objeto de investigación por ser sitios de interés geológico y ecosistemas vulnerables al poseer dinámicas especiales (Tafur, 2019). La fauna subterránea es extremadamente interesante debido a las peculiares adaptaciones que suelen poseer dichos organismos, por factores como la humedad relativa elevada, la oscuridad y el incremento de anhídrido carbónico, además de humedad y temperatura estable (Barranco et al. 2008). Estos factores provocan cambios morfológicos denominados troglomorfismos como son: la elongación de apéndices, regresión ocular, pérdida de pigmentación entre otros (Barranco et al. 2018).

En el Ecuador existen escasos proyectos de investigación enfocados en la diversidad de invertebrados en cavernas (Constantin et al. 2018). A pesar de que los estudios espeleológicos en nuestro país cada vez son más abundantes, aún existen ciertos aspectos

que deben ser profundizados, como son aquellas interacciones bióticas y abióticas dentro de las cavernas (Sánchez Cortez, 2017).

Si bien es cierto, tanto en la provincia de Pastaza como Napo, se han llevado investigaciones biológicas en ecosistemas subterráneos, entre las cuales destaca aquel que estudia el efecto del espeleoturismo sobre la composición de especies de invertebrados en cuevas de la provincia del Napo (Romero, 2020) y la investigación propuesta por Daugherty (2019) acerca de la diversidad y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en 17 cuevas y arroyos en Pastaza, nunca se han muestreado a profundidad las cavernas de Puyu Yaku, a pesar de que se han llevado investigaciones geológicas y ecológicas en ellas, donde destaca la investigación de Leib (2017).

El objetivo de esta investigación es proporcionar información útil acerca de la diversidad y riqueza de invertebrados acuáticos y terrestres en las cavernas de Puyu Yaku y a partir de ahí potenciar el interés geológico-bioespeleológico del país, el geoturismo y turismo científico en el sector, pues según Piedra Guevara & Ortiz Yánez (2020) el turismo espeleológico es una práctica que se ha realizado muchos años atrás en todo el mundo y la Amazonía ecuatoriana no es la excepción.

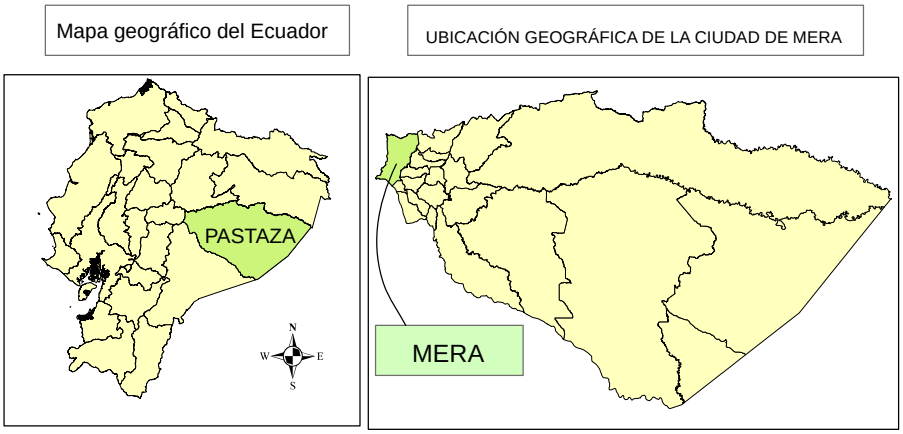
2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

a) Ubicación Geográfica

Las cavernas de Puyu Yaku son un circuito de cavernas, ubicadas en Ecuador al norte de la ciudad de Mera (Figura 1) en la zona de amortiguamiento del parque nacional Llanganates, aproximadamente a 1.300 m.s.n.m (Yaguachi Mora, 2017). Es un Bosque siempreverde premontano nublado en transición al bosque siempreverde pluvial bajo de 1.000 m.s.n.m, donde las precipitaciones poseen los valores más altos del país pues varían entre 4.000 y 6.000 mm, además la temperatura permanece estable en el transcurso del año con un promedio de 16 a 19 °C (Yaguachi Mora, 2017).

Figura 1

Ubicación geográfica del sitio de investigación.



Esta investigación se centra en tres cavernas: "La Garganta del Dino", "La cueva del Tigre" y "Sasak Machi" (Tabla 1), esta última recientemente descubierta y sin posibilidad de brindar servicios turísticos debido a la complejidad de su ingreso.

Tabla 1

Ubicación Geográfica de las cavernas de Puyu Yaku.

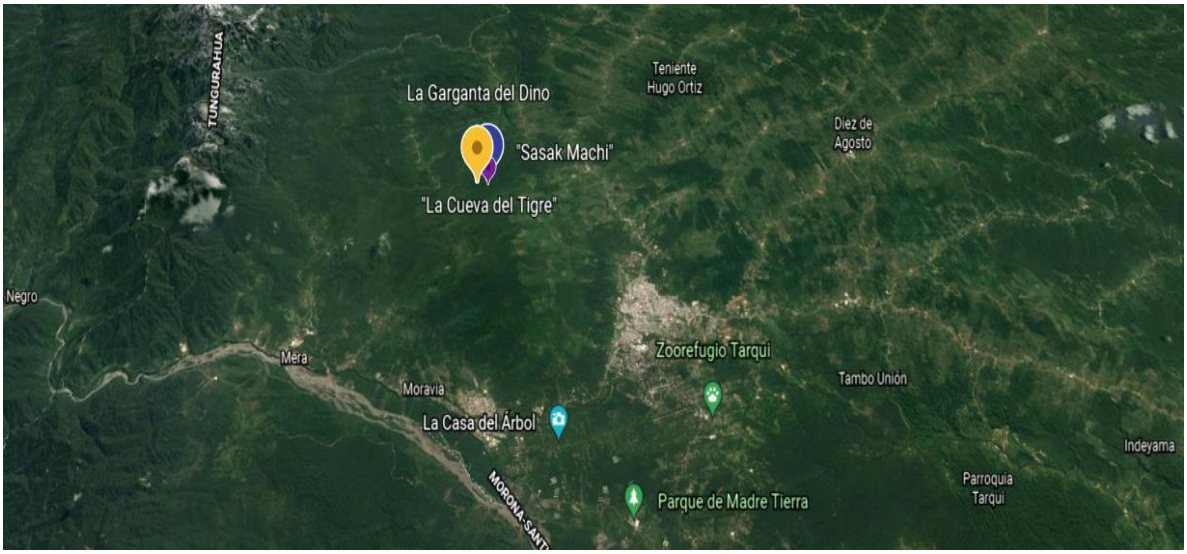
NOMBRE DE LA CAVERNA	ZONA	COORDENADAS	
		X	Y
"LA GARGANTA DEL DINO"	17 S	829397.9	9842341.3
"LA CUEVA DEL TIGRE"	17S	829821.1	9842287.6
"SASAK MACHI"	17S	829832.3	9842336.3

Se realizó la identificación de los tres puntos de muestreo como son: "La Garganta del Dino", "La cueva del Tigre" y "Sasak Machi", los mismos que se detallan en la figura 2. "Sasak Machi" es una caverna difícil de muestrear, debido a la dificultad que presenta su ingreso, por otro lado, "La Cueva del tigre" se caracteriza por poseer abundante flujo de

agua y finalmente “La Garganta del Dino” es la caverna más extensa pero no hay muchos lugares donde se puedan muestrear invertebrados acuáticos por la escasez del flujo de agua en la misma.

Figura 2

Ubicación geográfica de las 3 cavernas de Puyu Yaku.



b) Tipo o diseño de investigación

Este proyecto tiene un diseño exploratorio y experimental debido a que examina un problema poco estudiado como es el caso de la diversidad de invertebrados en un ecosistema ignorado a nivel biológico por la comunidad científica, además, incluye análisis estadísticos, pues se contemplan variables cuantitativas independientes y su efecto en el hallazgo de diversidad de invertebrados subterráneos (variable dependiente).

c) Captura de individuos subterráneos

La presente investigación se realizó en los meses de agosto y septiembre del año 2021, puesto que es una temporada seca en el sector, esto permite tener fácil acceso a las cavernas e imposibilita posibles daños en las trampas pitfall debido a las intensas lluvias.

Los organismos terrestres fueron colectados manualmente en un tiempo estimado de una

hora por caverna cada 15 días, además, también se incluyeron trampas “pitfall” con alcohol al 75 % ubicadas cada 10 o 15 metros, las cuales fueron retiradas aproximadamente después de un mes. Para muestrear los organismos subterráneos acuáticos, se elaboró una red tipo “D”, la cual fue ubicada en contra de la corriente cada 10 o 15 metros, esta red permite recoger material después de remover el suelo y de esta manera colectar los organismos que quedan atrapados en ella. En ambos casos, los organismos fueron colocados en recipientes con alcohol al 75% para posteriormente ser identificados hasta el mayor nivel taxonómico posible, mediante una serie de claves de identificación taxonómicas entre las que destacan las propuestas por: (Triplehorn & Johnson, 2005) y (Corrochano & Alvarez, 2012).

d) Diversidad y riqueza de las cavernas de Puyu Yaku.

Según Samo Lumbreras (2008) la riqueza o número de especies es un mal indicador de complejidad de una comunidad, sin embargo, es la más utilizada debido a que es fácil de obtener por lo que sirve como una primera y simple aproximación. Para el calculó de la diversidad de invertebrados subterráneos se utilizó el índice de diversidad de Simpson este índice destaca por ser uno de los más utilizados y simples, el cual arroja valores que oscilan entre 0 y 1. A medida que el valor se acerca a 1 indica que la diversidad es alta y, por otro lado, cuanto más cercano a 0 se encuentre, la diversidad será baja (Smith & Smith, 2007).

e) Análisis de datos

Para el cálculo del índice de diversidad de Simpson, se utilizó el programa PAST y se elaboró una curva de acumulación de especies por caverna en el programa Estimates, para de esta manera conocer la eficacia de muestreos y por ende si aún existen especies que no fueron encontradas durante la fase de campo.

Índice de diversidad de Simpson = $1 - \sum(n1/N)2$ **(1)**

Donde n = Número total de organismos de una especie.

N = Número total de individuos de todas las especies.

f) Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies es un procedimiento que se realiza inmediatamente después de un inventario, para saber si la muestra obtenida representa el atributo medido;

en otras palabras, para conocer que tanto se acerca el número de especies encontradas al número real de especies y por ende la eficacia de muestreo. Esta metodología surge debido a la imposibilidad de registrar el número total de especies en un muestreo especialmente en el estudio de invertebrados, especialmente en aquellos denominados como hiperdiversos (Jimenez-Valverde & Hortal, 2003). En este caso, se tomaron en cuenta los índices CHAO 1 y ACE, este último siendo el menos riguroso.

g) Guía fotográfica de individuos con posibles troglomorfismos

Se presentará una guía fotográfica que incluya las especies de invertebrados con posibles troglomorfismos identificados en los tres lugares de muestreo, además de las especies más representativas de estas cavernas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

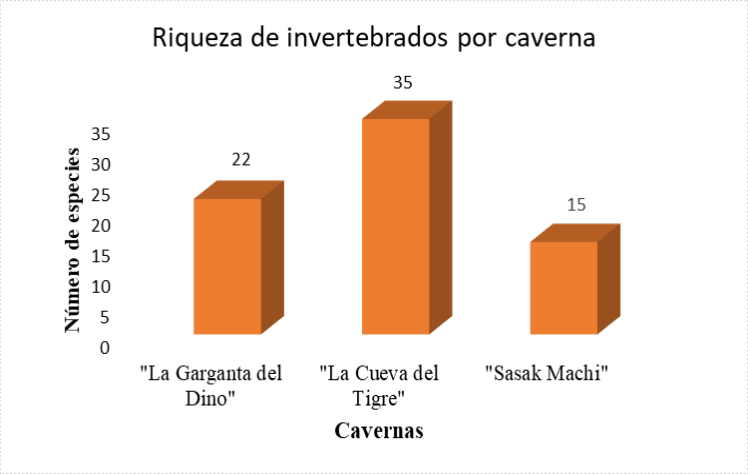
- **Riqueza y diversidad**

Entre las tres cavernas se encontraron 1283 individuos distribuidos en 45 Morfoespecies de invertebrados, La cueva del Tigre posee la mayor riqueza, con un número de 35 Morfoespecies, seguida de la Garganta del Dino con 22 y finalmente Sasak Machi con 15 (Figura 3).

En comparación con investigaciones similares realizadas en el país como la propuesta por Romero (2020), podemos destacar que a pesar de que en esta investigación la fase de campo tardó menos y los muestreos en una de las cavernas se redujeron por la dificultad de ingreso en la misma, la riqueza de especies en las tres cavernas de Puyu Yaku y las 3 cavernas muestreadas por Romero no varía demasiado, sin embargo, en esta investigación no se descartaron morfoespecie puesto que la idea es tener una línea base de invertebrados subterráneos para contrastar los cambios en estas comunidades a lo largo del tiempo.

Figura 3

Número de morfoespecies encontradas por caverna.



En la tabla 2 se realiza el listado de las 45 morfoespecies encontradas entre las tres cavernas de Puyu Yaku en los muestreos realizados en los meses de agosto y septiembre del 2021.

Tabla 2

Registro de la abundancia de invertebrados subterráneos en las cavernas de Puyu Yaku.

MORFOESPECIES	"LA GARGANTA DEL DINO"	"LA CUEVA DEL TIGRE"	"SASAK MACHI"
STAPHYLINIDAE	11	4	
PHILODACTYLIDAE		5	
CARABIDAE MSP 1.		26	
CARABIDAE MSP 2.	36	68	
COLEOPTERA MSP 1.		1	
COLEOPTERA MSP 2.	224	56	28
LEPTOPHLEBIIDAE		24	11
EUTHYPLOCIIDAE	3	6	4
HYDROPSYCHIDAE	1	12	3

PHILOPOTAMIDAE			1
HYMENOPTERA	1		
COENAGRIONIDAE	1	1	1
MEGAPODAGRIONIDAE		1	
CHIRONOMIDAE		2	
DIPTERA MSP 1.	5		
DIPTERA MSP 2.	7		
VELIIDAE		1	
HEMIPTERA MSP 1.	77	49	14
HEMIPTERA MSP 2.	61	54	29
HEMIPTERA MSP 3.		6	
ENTOMOBRYOMORPHA		1	
RAPHIDOPHORIDAE	56	17	6
PHOLCIDAE MSP 1.			5
PHOLCIDAE MSP 2.	5		
PHOLCIDAE MSP 3.	33		
ARANEIDAE	6	5	
THERAPHOSIDAE		1	
ARANEAE MSP 1.		1	4
ARANEAE MSP 2.		19	
ONISCIDEA MSP 1.	15	30	16
ONISCIDEA MSP 2.		6	
DECAPODA		4	
OPILIONES MSP 1.	29		4
OPILIONES MSP 2.	1	1	

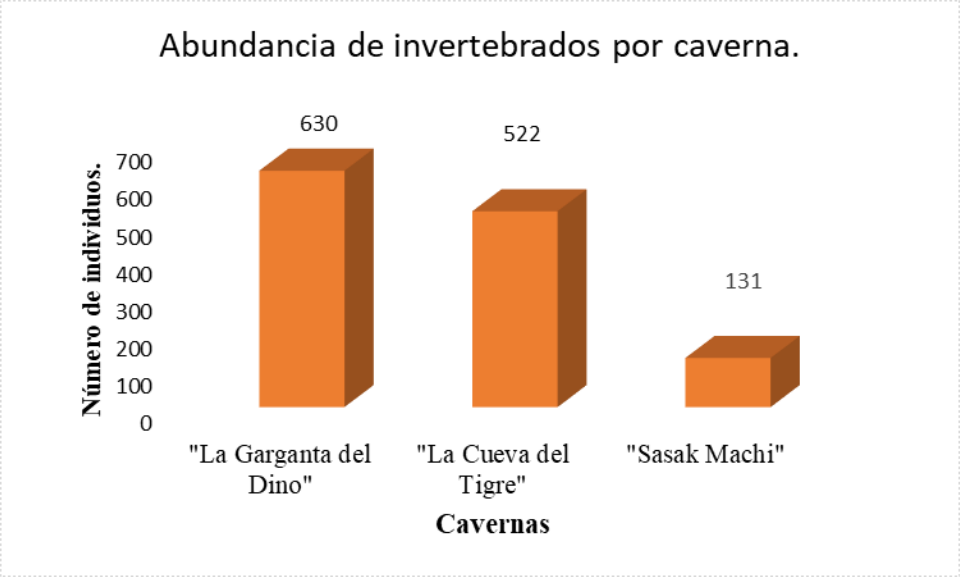
OPILIONES MSP 3.		1	
BUTHIDAE MSP 1	1		
BUTHIDAE MSP 2		10	
PSEUDOESCORPIONES	1	1	
ACARI		5	2
POLYDESMIDA		73	
DIPLOPODA MSP 1.		4	
DIPLOPODA MSP 2.		5	3
CHILOPODA	1		
GASTROPODA		1	
HETEROPHRYNUS	55	21	
TOTAL	630	522	131

Nota. Los números que se encuentran en esta tabla representan el número de individuos encontrados por cada morfoespecie en cada caverna.

Durante la fase de campo se encontraron 1283 invertebrados subterráneos, “La Garganta del Dino” resultó ser caverna con mayor presencia de individuos con un total de 630, seguida de “La Cueva del Tigre” con 522 y finalmente “Sasak Machi” con 131 (Figura 4). En comparación con la investigación propuesta por Romero (2020), existe una gran diferencia en términos de abundancia, puesto que en su investigación el número de individuos colectados superan los 3000, esto se debe principalmente a que se colocaron más trampas pitfall en cada caverna debido a que la geomorfología de cada una de ellas lo permitía.

Figura 4

Número de individuos encontrados por caverna.



A pesar de que los métodos para colectar los organismos subterráneos utilizados en esta investigación fueron eficaces, el hecho de comenzar a utilizar cebos ya sean de material vegetal o animal como en la investigación propuesta por (Wynee et al. 2011), podría traer mejores resultados a la hora de encontrar especies de troglobiontes, es decir, aquellos organismos subterráneos que dependen de la caverna y se encuentran en la zona oscura o profunda de la misma (Angarita-Sierra, 2018). Esto no solo permitiría dar con el número real de organismos subterráneos sino encontrar nuevas especies para la ciencia.

Los resultados obtenidos por el índice de diversidad de Simpson manifiestan que las tres cavernas poseen alta diversidad de invertebrados subterráneos, “La Cueva del Tigre” resulta ser la más diversa, seguida de “Sasak Machi” y finalmente la Garganta del Dino (Tabla 3). Este resultado de diversidad es similar al obtenido por Romero (2020), aquellas cavernas de Napo tambien son muy diversas, de todas maneras, en ambos casos se recomienda continuar con el uso de trampas pitfall e incluso añadir cebos para colectar aquellas especies que aún no han sido muestreadas.

Tabla 3

Resultados de diversidad según el índice de Simpson en el programa PAST.

CAVERNA	ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON (PAST)
"LA GARGANTA DEL DINO"	0.8244
"LA CUEVA DEL TIGRE"	0.9187
"SASAK MACHI"	0.8642

- **Curvas de acumulación de especies**

Tanto en la curva de acumulación de especies de la "La Garganta del Dino" (Figura 6) como en la de la "La Cueva del Tigre" (Figura 7) podemos apreciar que la gráfica no comienza a estabilizarse, este es un indicador de que aún se pueden encontrar más especies en ellas y la razón para tener una eficacia de muestreo de 69.90% y 76% respectivamente según el índice ACE (Tabla 4).

Figura 6

Curva de acumulación de especies de "La Garganta del Dino".

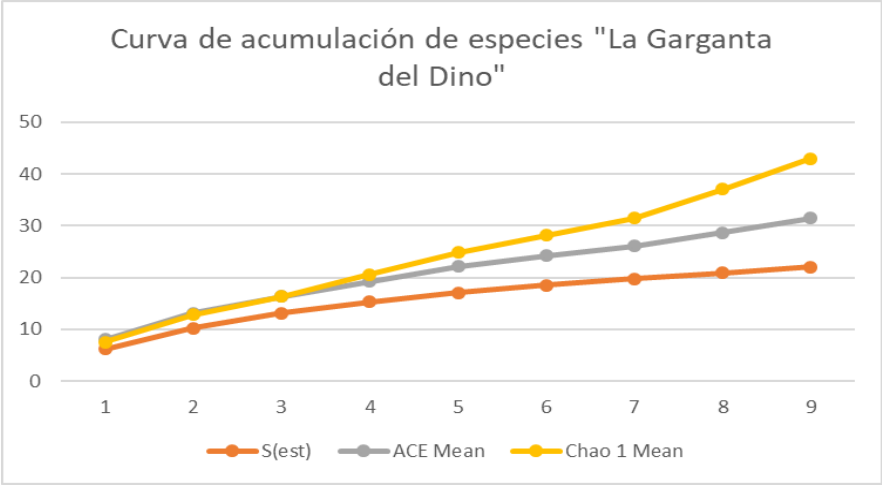
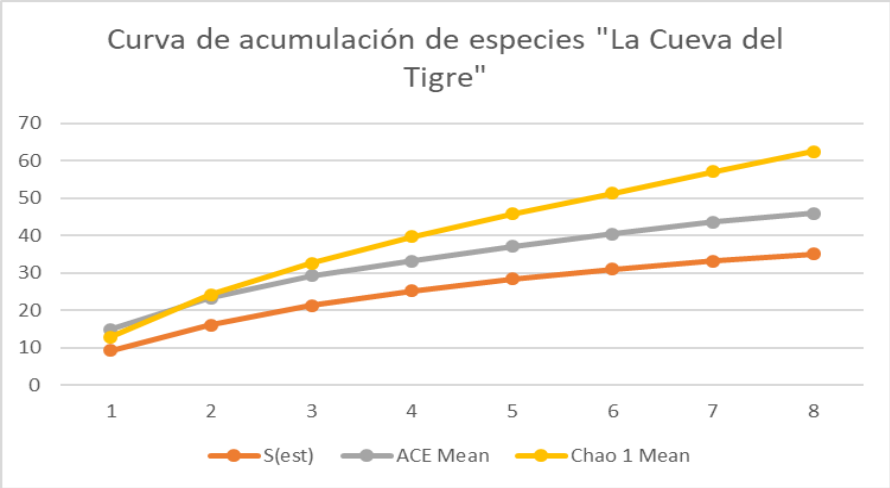


Figura 7.

Curva de acumulación de especies de "La Cueva del Tigre".



Por otro lado, la curva de acumulación de especies en Sasak Machi (Figura 8) es interesante puesto que, a pesar de que tiene una tendencia a no estabilizarse la eficacia de muestreo es sumamente alta, con un valor de 95.78 % según el índice ACE y de 96.77% para el índice CHAO 1 (Tabla 4).

Figura 8

Curva de acumulación de especies de "Sasak Machi".

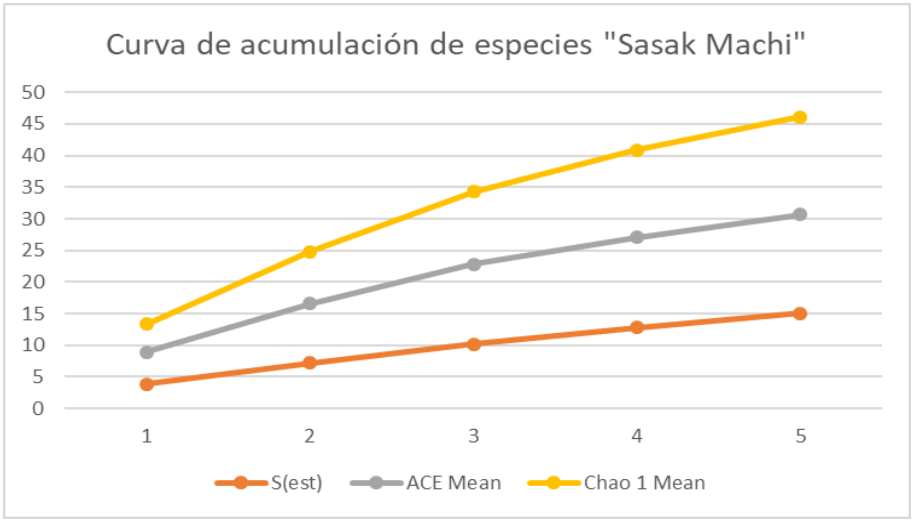


Tabla 4

Resultados de la eficacia de muestreo según los índices ACE y CHAO 1.

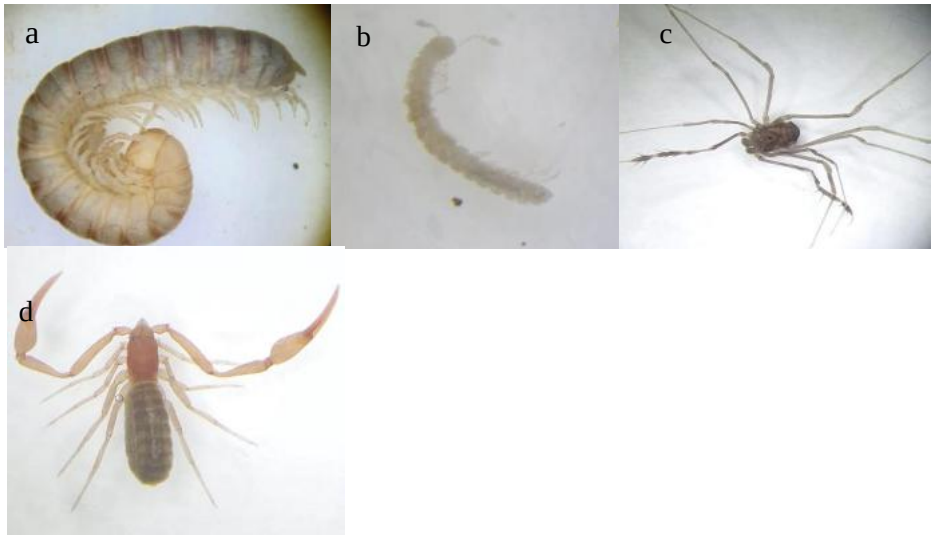
NOMBRE DE LA CAVERNA	ACE	CHAO 1
"LA GARGANTA DEL DINO"	69.90%	51%
"LA CUEVA DEL TIGRE"	76%	56%
"SASAK MACHI"	95.78%	96.77%

Finalmente, podemos destacar la importancia de trabajar con un grupo de taxónomos, puesto que a diferencia de las investigaciones propuestas por Romero (2020), (Wynne et al. 2011) e incluso la información acerca de diversidad subterránea en la Guía Espeleológica de la provincia de Napo (Sánchez Cortez, 2017) las identificaciones en este trabajo no superaron el nivel de familia.

A continuación, se presentan imágenes de algunas de las especies subterráneas con algún rasgo troglomórfico, encontradas en las cavernas de Puyu Yaku (Figura 5) así como tambien de las especies más representativas de este tipo de ecosistema (Figura 6).

Figura 5

Invertebrados con posibles troglomorfismos encontrados en las cavernas de Puyu Yaku



Nota. a) Diplopoda, Polydesmida; b) Diplopoda; c) Pseudoescorpion; d) Opiliones, Laniatores.

Figura 6.

Invertebrados más representativos en ecosistemas subterráneos.



Nota. a) Amblypigy, *Heterophrynus;* b) Orthoptera, Raphidophoridae; c) Ephemeroptera *Euthyplocia*.

4. CONCLUSIONES

Las 3 cavernas muestreadas en el sector de Puyu Yaku representan alta diversidad según el índice de diversidad de Simpson; por otro lado, la riqueza de especies en ellas también es alta en comparación con trabajos similares en el Ecuador, sin embargo, no se acerca al número real de invertebrados subterráneos.

Los resultados obtenidos a partir de la curva de acumulación de especies realizada en cada caverna, es un indicador de que los esfuerzos de muestreo son buenos, pero pueden mejorar, se puede colocar un mayor número de trampas por caverna, prolongar su tiempo en campo o incluso colocar cebos en la zona oscura.

Tanto la caverna “La Garganta del Dino” como “La cueva del Tigre” son aptas para geoturismo y turismo científico, sin embargo, debido a la dificultad de ingreso, y vulnerabilidad “Sasak Machi” no tiene posibilidades de brindar servicios turísticos.

REFERENCIAS

Angarita-Sierra, T. (2018). *Breve historia de la bioespeleología en Colombia: perspectivas y oportunidades*. Bogotá

Barranco, P., Baena, M., & Tinaut, A. (2008). *Entomofauna cavernícola de Andalucía.*

Barriga, J., Martinez-Torres, D., López-Orosco, C., Villareal, O., & Murcia, M. (2019). *Artrópodos terrestres de las cuevas y cavernas en el Peñón (Andes)* Santander, Colombia. Santander.

Borja Albán, D. (2016). *Ruta turística para la práctica de espeleología en el cantón tena provincia del napo. Quito*.

Constantine, S., Toulkeridis, T., Moidovan, O. T., Villacís, M., & Addison, A. (2018). *Caves and karst of Ecuador – state-of-the-art and research perspectives.* Physical Geography, 20. doi:10.1080/02723646.2018.1461496.

Corrochano, A., & Alvarez, R. (2012). *Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Daugherty, O. (2019). *Macroinvertebrate biodiversity and water quality in the subterrean aquifers of Rio Anzu.* Mera.

Jimenez-Valverde, A., &Hortal, J. (2003). *Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos*. Revista Ibérica de Aracnología,1.

Leib, S. (2017). *Geología y ecología de las Cavernas del Rio Anzu, Ecuador. dilo en alemán. aportaciones al primer congreso interdisciplinario en Alemán*, 97-108.

Muñoz-Saba, Y., Andrade, G., Baptiste, L., Salas, D., Villa real, H., & Armenteras, D. (1998). *Conservación de ecosistemas subterráneos en Colombia*. Santa Fe.

Piedra Guevara, B., & Ortiz Yanez, G. (2020). *Estudio de factibilidad del proyecto de turismo espeleológico Anzu, sector colonia 24 de mayo, cantón Mera*. Puyo.

Samo Lumbreras, A. J., Salvador, A., & Delgado, J. (2008). *Introducción práctica a la*

ecología. Madrid: Prentice Hall

Sánchez Cortez, J. (2017). *Guía espeleológica de la provincia del Napo*. Tena.

Smith, T., & Smith, R. (2007). *Ecología*. Madrid: PEARSON.

Tafur Bastidas, A. (2019). *Caracterización de impactos ambientales por actividades turísticas en cavernas Jumandy, provincia de Napo*. Guayaquil. Recuperado el 10 de Junio de 2021, de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44945.

Triplehorn, C., & Johnson, N. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the study of insects*. Thomson.

Wynee, J., Pakarati, L., & Tambley, C. (2011). *Artrópodos carvernícolas en zonas profundas en cavernas en Rapa Nui*. Santiago. doi:10.13140/RG.2.2.10438.37442

Yaguachi Mora, A. (2017). *Actualización del inventario turístico del cantón Mera, provincia de Pastaza*. Quito.

ANEXOS

MARCO TEÓRICO

- **Origen de las cavernas**

Las cavernas, cuevas y todas estas galerías subterráneas son sitios de interés geológico, biológico, cultural, turístico y científico, entre otros, pero ¿Cómo se forman? Según Sánchez Cortez (2017) existen muchos tipos de cuevas y por ende su formación es diferente. Tenemos, por ejemplo, cuevas formadas a partir de erupciones volcánicas o debido al deshielo dentro de un glaciar. También, existen cuevas formadas por fracturas, otras debido a procesos de erosión e incluso por el desprendimiento de grandes piedras, o por acumulación de materiales. Sin embargo, las más comunes son aquellas formadas por disolución, debido a la interacción de piedras solubles (piedras calizas) con agua químicamente activa (Sánchez Cortez, 2017). Este tipo de cueva es la más común en la Amazonía ecuatoriana, sin embargo, el conocimiento de ellas es muy limitado en el Ecuador, debido a su ubicación geográfica (Constantine et al. 2018).

- **Zonificación de las cavernas**

Para estudiar estas interacciones, es necesario mencionar que a una caverna se la puede

zonificar o dividir en cuatro zonas, cada una con condiciones totalmente diferentes a las otras por lo que la diversidad en ellas tambien varia. Howarth 1980 (como se citó en Wynne et al. 2011) menciona que la primera zona es conocida como zona de entrada, en ella las condiciones medioambientales subterráneas convergen con la superficie, existe incidencia solar, por lo que la temperatura varía, es decir durante el día la temperatura aumenta y durante la noche disminuye, además aún se puede observar vegetación. La zona oscura o de penumbra es aquella donde la luz solar poco a poco se reduce y la temperatura comienza a estabilizarse. La zona de transición es un terreno sin luz donde las condiciones persisten y finalmente la zona profunda, es aquella donde las condiciones ambientales se estabilizan y donde se encuentran los organismos troglobios o troglobiontes, es decir organismos con troglomorfismos (Barranco et al.2008)

- **Clasificación de los organismos cavernícolas**

Ya mencionada la zonificación dentro de una caverna, es necesario destacar que dependiendo de la zona en la cual nos encontremos, los organismos observados serán diferentes. En primer lugar, tenemos a los organismos (a) troglóxenos (especies terrestres) y estigoxenos (especies acuáticas), estos individuos estarán presentes en la zona de entrada de la caverna y según (Barranco et al. 2008) se caracterizan por que son incapaces de cumplir su ciclo vital dentro de ella, pero la visitan por alimentación o refugio. Por otro lado, tenemos a los (b) troglófilos (especies terrestres) y estigofilos (especies acuáticas), organismos cavernícolas facultativos capaces de cumplir su ciclo vital dentro de cuevas y ocupar ambientes con características similares fuera de ellas, además, ocasionalmente poseen cierto grado de troglomorfismo. Finalmente tenemos a los organismos (c) troglobios (especies terrestres) y estigobios (especies acuáticas), estos organismos ocupan la zona profunda de la caverna y se caracterizan porque poseen troglomorfismos (Barranco et al. 2008). En otras palabras y según Angarita-Sierra (2018) los organismos troglobios son quienes dependen de las cavernas, los troglófilos habitan en ellas y los trogloxenos frecuentan los ecosistemas subterráneos.

Ahora bien, los troglomorfismos son adaptaciones basadas en el incremento de la capacidad sensorial compensatoria, economía metabólica, adaptaciones a la humedad elevada y desarrollo de la neotenia, esto provoca cambios morfológicos como la elongación de apéndices, por un lado, tenemos la elongación de las antenas lo cual permite aumentar la

percepción sensorial y por otro, tenemos la elongación de patas para dar pasos más largos en superficies irregulares, permitiendo ahorrar energía (economía metabólica) dando pasos mucho más largos (Barranco et al. 2008).

- **Importancia de los invertebrados subterráneos**

Los invertebrados más diversos en ecosistemas subterráneos son los artrópodos, estos organismos son importantes por ser pieza clave en el reciclaje de nutrientes y además debido a su papel como bioindicadores de perturbaciones ambientales en cavernas (Muñoz-Saba et al. 1998). Por otro lado, el estudio de los invertebrados subterráneos es perfecto para estudiar mecanismos evolutivos fundamentales, debido a las condiciones particulares de estos ecosistemas lo cual ha dado lugar a modificaciones convergentes en taxones filogenéticamente distintos (Barriga et al. 2019)

- **Exploración de cavernas y turismo espeleológico**

Según Sánchez Cortez (2017) solo ciertas cavernas deberían ser utilizadas con fines espeleológicos, esto debido a que su exploración requiere de ciertas habilidades físicas, nivel de destreza avanzado y equipamiento básico de exploración subterránea, puesto que existirán zonas amplias donde la movilidad resulte fácil pero también existen fragmentos muy estrechos que requieren realizar movimientos tácticos y adecuados. Por otro lado, hay que tomar en cuenta que las personas incapaces de tolerar ambientes confinados deberían abstenerse a visitarlos y también que muchas cavidades pueden llegar a desorientarnos especialmente si es la primera vez que ingresamos a ellas, por lo que es indispensable acudir con un guía local y nunca explorar solo una caverna, es recomendable hacerlo en grupos de más de 4 personas, evitar el ingreso a las mismas en épocas lluviosas y sin el equipo necesario especialmente cuando son verticales, además es necesario estar previamente capacitado (Sánchez Cortez, 2017).

El turismo espeleológico se ha venido realizando desde hace muchos años atrás en todo el mundo, en la amazonia ecuatoriana existen diversos lugares en donde se encuentran una gran variedad de cavernas como es en la provincia de Napo que se encuentra al límite de la Provincia de Pastaza, las dos provincias cuentan con atractivos naturales excepcionales (Piedra et al. 2020). Según la investigación realizada por el autor Borja Albán (2016) el turismo espeleológico ha sido aprovechado correctamente en la provincia de Napo para la práctica de espeleología en el cantón Tena.