



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ciencias Biológicas

Unidad de Posgrado

**Estudio de la serpiente endémica de Perú *Bothrops  
pictus* “Jergón de Costa” a través de caracteres  
morfológicos y moleculares**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Zoología con  
mención en Ecología y Conservación

**AUTOR**

Walter Hugo SILVA SUÁREZ

**ASESOR**

Dr. Armando YARLEQUE CHOCAS

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Silva, W. (2022). *Estudio de la serpiente endémica de Perú Bothrops pictus “Jergón de Costa” a través de caracteres morfológicos y moleculares*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Walter Hugo Silva Suárez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07521115
URL de ORCID	“ _ ”
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Armando Yarlequé Chocas
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07649561
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-8038-2162">https://orcid.org/0000-0002-8038-2162</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Cesar Augusto Aguilar Puntriano
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06667817
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Fanny Elizabeth Lazo Manrique
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07186191
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Patricia Gloria Woll Toso
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10587728
<b>Miembro del jurado 3</b>	
Nombres y apellidos	Armando Yarlequé Chocas
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	07649561
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	A.1.1.3. Diversidad genética
Grupo de investigación	TOXIVEN
Agencia de financiamiento	Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. Proyecto N° B20100301.  Perú. Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología-Fondecyt. Contrato N° 101-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Facultad de Ciencias Biológicas - UNMSM País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: 15.3 Longitud: -88.41667
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2006 – Marzo 2022
URL de disciplinas OCDE	Bioquímica, Biología Molecular <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.03</a>



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

Universidad del Perú. Decana de América



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**UNIDAD DE POSGRADO**

**Exped. N° 221v-UPG-FCB-2022**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE  
MAGÍSTER EN ZOOLOGÍA (SUSTENTACIÓN VIRTUAL)**

Siendo las 11:12 horas del día martes 11 de octubre de 2022, en Evento Virtual mediante la herramienta MEET de Google, con enlace [meet.google.com/nus-zqbk-xrn](https://meet.google.com/nus-zqbk-xrn), el Jurado de Tesis conformado por:

Dr. César Augusto Aguilar Puntriano	(Presidente)
Mg. Patricia Gloria Woll Toso	(Miembro)
Dra. Fanny Elizabeth Lazo Manrique	(Miembro)
Dr. Armando Yarleque Chocas	(Asesor)

Se reunió para la sustentación oral y pública de la Tesis para optar al Grado Académico de Magíster en Zoología con mención en Ecología y Conservación, que solicitara el señor Bachiller Don **WALTER HUGO SILVA SUÁREZ**.

Después de darse lectura al **Expediente N° 221v-UPG-FCB-2022**, en el que consta haberse cumplido con todas las disposiciones reglamentarias, los señores miembros del Jurado presenciaron la exposición de la Tesis Titulada:

**“Estudio de la serpiente endémica de Perú *Bothrops pictus* “Jergón de Costa” a través de caracteres morfológicos y moleculares”**, y formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

Universidad del Perú. Decana de América

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**UNIDAD DE POSGRADO**

Acto seguido el Jurado procedió a la votación la que dio como resultado el calificativo de: MUY BUENO con la nota de DIECISIETE (17)

A continuación, el Presidente del Jurado de Tesis recomienda que la Facultad proponga que la Universidad le otorgue el grado académico de Magíster en Zoología con mención en Ecología y Conservación, al señor Bachiller **WALTER HUGO SILVA SUÁREZ**.

Siendo las 12:38 horas se levantó la sesión, recibiendo el graduando las felicitaciones de los señores miembros del Jurado y público asistente.

Se extiende la presente Acta en Lima, el día martes 11 de octubre del año 2022.

.....  
**Dr. César A. Aguilar Puntriano**

Profesor Asociado a T.C.  
PRESIDENTE

[caguilarp@unmsm.edu.pe](mailto:caguilarp@unmsm.edu.pe)

RENACYT P0003893

.....  
**Dr. Armando Yarleque Chocas**

Profesor Principal T.C.  
ASESOR

[ayarlequec@unmsm.edu.pe](mailto:ayarlequec@unmsm.edu.pe)

RENACYT P0000073

.....  
**Mg. Patricia G. Woll Toso**

Profesora Principal a T.C.  
MIEMBRO

[pwollt@unmsm.edu.pe](mailto:pwollt@unmsm.edu.pe)

.....  
**Dra. Fanny E. Lazo Manrique**

Profesora Principal a D.E.  
MIEMBRO

[flazom@unmsm.edu.pe](mailto:flazom@unmsm.edu.pe)

RENACYT P00003773



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

UNIDAD DE POSGRADO

INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

1. Facultad: CIENCIAS BIOLÓGICAS
2. UNIDAD DE POSGRADO
3. Autoridad académica que emite el informe de originalidad:  
Evaluadores de la originalidad de los documentos de investigación conducentes a los grados académicos de la UPG (RD N° 564-D-FCB-2018):  
\_ Dra. Diana Fernanda Silva Dávila y  
\_ Dra. Mónica Arakaki Makishi
4. Apellidos y Nombres de la autoridad académica: Liz Erika Cruz Pio, Directora de la Unidad de Posgrado
5. Operador del Programa Informático de Similitudes:  
\_ Dra. Diana Fernanda Silva Dávila y  
X Dra. Mónica Arakaki Makishi
6. Documento evaluado: **“Estudio de la serpiente endémica de Perú *Bothrops pictus* “Jergón de Costa” a través de caracteres morfológicos y moleculares”**
7. Tesis para Grado Académico de: Magíster en Zoología con mención en Ecología y Conservación
8. Autor del documento:  
Apellidos: SILVA SUÁREZ  
Nombres: WALTER HUGO
9. Fecha de recepción de documento: 18 de mayo de 2022
10. Fecha de aplicación del programa informático de similitud:  
18 de mayo de 2022
11. SOFTWARE UTILIZADO  
- Turnitin
12. Configuración del programa detector de similitudes  
X Excluye texto entrecomillado  
X Excluye bibliografía  
X Excluye cadenas menores a 40 palabras  
- Otros criterios (especificar)
13. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes  
- Porcentaje en letras y números: SEIS por ciento de similitud (06%)
14. Fuentes originales de las similitudes encontradas  
- Indicarlas en decreciente y su respectivo porcentaje: Se adjunta Informe respectivo
15. Observaciones  
.....
16. Calificación de originalidad  
- Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.
17. Fecha del informe  
1° Informe: 18 de mayo de 2022



Firmado digitalmente por CRUZ PIO  
Liz Erika FAU 20148092282 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 23.05.2022 14:40:58 -05:00

**DRA. MONICA ARAKAKI MAKISHI**  
Miembro Evaluador

**DR. LIZ ERIKA CRUZ PIO**  
Directora de la Unidad de Posgrado



## **Agradecimientos**

A Dios, por guiarme y darme fuerzas en el desarrollo de mis diversos trabajos de campo en el estudio de las víboras peruanas.

A mis padres, Walter y Mercedes, quienes me dieron los conocimientos básicos sobre el respeto hacia los animales y sus cuidados.

A mi esposa Maribel, por su amor y apoyo durante mis estudios de posgrado, viajes de campo y sobre todo por entender mi pasión hacia los ofidios.

A mi hija Ivanna, por su cariño y comprensión durante mis largas horas de estudio en la herpetología.

Al Dr. Niels Valencia por su dedicación y orientación en el presente estudio.

Al Dr. Armando Yarlequé por su apoyo incondicional durante el desarrollo de esta importante investigación.

Al Laboratorio de Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM, y todo su personal, que me brindaron sus recomendaciones en esta investigación, con especial agradecimiento a Dan Vivas, Fanny Lazo, Edith Rodríguez, Gustavo Sandoval.

Al Departamento de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en especial agradecimiento a los Dres. Cesar Aguilar, Jesús Córdova, Claudia Torres y todos sus profesionales herpetólogos.

Al Laboratorio de Herpetología del Instituto Butantan, Sao Paulo, en especial agradecimiento a Kathleen Fernandes Grego, Savio Stefanini Sant'Anna, Wilson Fernandes.

Al Centro de Zoología Aplicada de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, en especial agradecimiento a Paola Carrasco, Javier Nori y Gerardo Leynaud.

Al Laboratorio de Herpetología de la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, en especial agradecimiento a Evaristo López, Roy Santacruz y todo su personal.

Al Laboratorio de Herpetología de CORBIDI, en especial agradecimiento a los herpetólogos y amigos Pablo Venegas y German Chávez, y todo su personal científico.

A la Coordinación de Animales Venenosos y al Instituto Nacional de Salud, con especial agradecimiento al Dr. César Cabezas y Luz García.

A los herpetólogos y amigos: Henry Márquez, Nilton Castro, William Lamar, Elías Ponce, Mikael Lunberg, Maik Dobiay, André Baertschi, por su amistad e importantes aportes en el presente trabajo.

Como un homenaje póstumo, agradezco a los herpetólogos y amigos: Omar Pesantes y Víctor Morales, con quienes compartí gratos momentos aprendiendo sobre las víboras sudamericanas.

## **Dedicatoria**

*“A todas esas hermosas criaturas de lengua bífida y escamas carenadas que me causaron fascinación desde la primera vez que las vi, y por las cuales dedico este trabajo para que las personas puedan comprender y entender su importante rol en la ecología”.*

**La presente investigación fue llevada a cabo en el Laboratorio de Biología Molecular y en el serpentario Oswaldo Meneses de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, financiada por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT-PROCIENCIA) por medio del Contrato No. 101-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV y por el Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la UNMSM (Código B 20100301)**

## INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS.....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCTION .....	1
II. ANTECEDENTES .....	4
III. HIPOTESIS .....	16
IV. OBJETIVOS .....	17
V. MATERIALES Y METODOS .....	18
VI. RESULTADOS .....	24
VII. DISCUSION .....	45
VIII. CONCLUSIONES .....	52
IX. RECOMENDACIONES .....	53
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	54
XI. ANEXOS .....	60

## INDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Géneros y especies de la sub familia Crotalinae, Familia Viperidae en el Perú.
- Tabla 2.** Distribución por ecorregión de las serpientes venenosas de la Familia Viperidae del Perú.
- Tabla 3.** Estadísticos descriptivos de las medidas morfológicas según especie.
- Tabla 4.** Distribución geográfica del jergón de costa.
- Tabla 5.** Identificación de las secuencias obtenidas para los marcadores Cytb y COI de los especímenes de *Bothrops pictus* del Serpentario Oswaldo Meneses MHN-UNMSM.
- Tabla 6.** Análisis de distancia de pares del marcador de Cyt b de los ejemplares de *Bothrops pictus*.
- Tabla 7.** Análisis de distancia de pares del marcador de Cyt b de los ejemplares de *Bothrops pictus*.
- Tabla 8.** Pruebas de Normalidad de Kolmogorov Smirnov y Shapiro Wilks, según especie.
- Tabla 9.** Resultados de la Prueba U de Mann Whitney.
- Tabla 9A.** Resultado de las pruebas de igualdad de medias entre los grupos.
- Tabla 10.** Resultados de la Prueba M de Box para el contraste de igualdad de matrices de varianzas – covarianzas.
- Tabla 11.** Autovalores de la función discriminante.
- Tabla 12.** Valor del Lambda de Wilks de la Función Discriminante.
- Tabla 13.** Variables Incluidas en el Análisis.
- Tabla 14.** Comparación de la proporción de la cabeza con el largo total del cuerpo, según especie.

## RESUMEN

En el presente estudio se hace una comparación del jergón de Costa *Bothrops pictus*, desde el punto de vista morfológico y molecular para definir si existen diferencias entre localidades identificadas en las colecciones herpetológicas, y si fuera el caso la presencia de *Bothrops roedingeri* en las mismas. La distribución de *B. pictus* se basó en las colecciones científicas y en las observaciones de los animales colectados en los serpentarios. Se encontró que no existe diferencia significativa a nivel morfológico entre los ejemplares de *B. pictus* incluyendo a los ejemplares de *B. roedingeri*, por lo tanto se concluye que es la misma especie. Sin embargo, existe una variación en su coloración y diseño de las manchas dorsales. También se realizó un análisis filogenético del ADN de *B. pictus* con otras especies del género y se discute sus relaciones de parentesco

Palabras claves: *Bothrops pictus*, jergón de Costa, secuencia de ADN, morfología, análisis molecular.

## ABSTRACT

In the present study, a morphological and molecular comparison of the “Jergon de Costa” *Bothrops pictus* is made to define if there are differences between localities identified in the herpetological collections, and if it were the case the presence of *Bothrops roedingeri*. *B. pictus* distribution was based on scientific collections and observations of animals collected in serpentariums. It was found that there is no significant differences at the morphological level between the *B. pictus* specimens, including *B. roedingeri* specimens, therefore it is concluded that it is the same species. However, there is a variation in their coloration and design of the dorsal spots. In addition, a DNA phylogenetic analysis of *B. pictus* with other species from the genus was carried out, and their relationships are discussed.

Keywords: *Bothrops pictus*, Jergón de Costa, DNA sequence, morphology, molecular analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la humanidad, las serpientes han desempeñado un papel importante en la religión y en las fábulas, siendo tratadas como un símbolo demoníaco o malévolo en la Biblia y en los relatos mitológicos (Yarlequé, 2000). Los hindúes consideran a las serpientes como símbolo de sabiduría y para los aztecas existía el dios Quetzalcoatl, “la serpiente emplumada”, que era una combinación de pájaro Quetzal y serpiente cascabel; además los aztecas, al igual que los egipcios y los griegos poseían en sus templos serpientes sagradas vivas (Abalos, 1977; Fanti, 2003; Lama, 1991).

En el antiguo Perú se menciona también a la serpiente como símbolo de adoración, así tenemos: en esculturas de la cultura Chavin (800 – 400 A. C.), tales como el lanzón, estela de Raimondi y cabezas clavadas; también tenemos en la alfarería de las culturas Tiahuanaco y Wari (70 – 1100 D. C.) (Lumbreras, 1990). La serpiente es el motivo principal de los símbolos de la medicina y la farmacología (Lama, 1991; Fanti, 2003).

En la actualidad, en algunas localidades de nuestra Amazonía, en casos de fracturas o luxaciones se emplea la serpiente semimuerta, ésta es envuelta en espiral en la zona afectada y se dice que mediante la constricción ejercida por ella, ayuda a la solución de la dolencia.

Las serpientes venenosas de la Familia Viperidae se caracterizan por tener un aparato bucal especializado en inyectar veneno a sus presas o accidentalmente a los humanos, lo cual requiere el uso de un antídoto, por lo que se consideran especies de importancia en salud pública. Se estima que hay más de 3500 especies de serpientes en el mundo y que alrededor del 10 % son peligrosas para el hombre (Gutiérrez et al., 2010; Lomeli y Tamayo, 2004; Meneses, 1974; Russel, 1983; Salomão et al., 1997 y 1999; Reptile – Database, 2022).

Las serpientes habitan en casi todos los climas de la Tierra excepto en la Antártida, se encuentran principalmente en las regiones ecuatoriales y pueden hallarse en altitudes que van desde los 0 hasta altitudes mayores a los 4600 m.s.n.m. (Cabrera, 1998).

Uno de los principales trabajos publicados sobre los vipéridos americanos fue realizado por Campbell y Lamar (1989, 2004), donde se hace la descripción de los diversos géneros de la familia Viperidae, incluyendo el género *Bothrops*.

El género *Bothrops* tiene una alta variabilidad en su morfología y ecología ya que, sus especies habitan un amplio rango de distribución en América del Sur, desde el trópico y floresta sub tropical hasta las regiones áridas y semiáridas, y de altitudes desde el nivel del mar hasta los 3000 m. Otras especies se distribuyen en áreas muy específicas y su biología general es poco conocida, lo que hace que este género tenga una sistemática compleja (Mesquita, 1997; Carrasco et al., 2012; Sawaya, 2003).

Estudios filogenéticos realizados en el género *Bothrops* por Werman (1992), Salomão et al., (1997 y 1999), Wüster et al., (2002), Gutberlet y Harvey (2002), Castoe y Parkison (2006); no incluyeron las especies peruanas *Bothrops pictus*, *Bothrops roedingeri* ni *Bothrops barnetti* en sus investigaciones.

En la costa del Perú se ha considerado la existencia de tres especies de serpientes del género *Bothrops*: *B. pictus* (Lima y alrededores), *B. barnetti* (Piura-La Libertad) y *B. roedingeri* (Ica-Arequipa). Esta última especie no está ratificada por los últimos estudios taxonómicos y sin embargo las tres tienen como característica general poseer veneno de acción coagulante, hemorrágica y proteolítica en grado variable.

En el año 2009 Fenwick et al., incluyeron en su estudio la evidencia molecular y morfológica para la filogenia y clasificación de las víboras sudamericanas y en lo referente a la Jergón de Costa (*Bothrops pictus*), se encontró que ésta no se podía agrupar en ninguno de los clados propuestos; también hacen mención que *Bothrops roedingeri* sería un sinónimo de *Bothrops pictus*.

Carrasco et al., (2012) incluye en su estudio a los vipéridos peruanos de la Costa y vertiente occidental de los Andes: *Bothrops pictus*, *Bothrops roedingeri* y *Bothrops barnetti*, afirmando que *Bothrops pictus* y *Bothrops roedingeri* son taxas hermanas por su similitud y rango de distribución.

El apoyo del Banco Mundial a través de un proyecto aprobado FONDECYT además del financiamiento del VRIP-UNMSM, permitió hacer una evaluación cuidadosa de algunos especímenes de *Bothrops pictus*, desde el punto de vista morfológico y análisis molecular para evaluar sus características. La expansión urbana en los valles de la costa como Canta, Cañete, Ica, Arequipa y Huaral; está originando la desaparición progresiva de estos valiosos ejemplares y por ello el serpentario Oswaldo Meneses de la UNMSM está logrando mantener en cautiverio una pequeña población de *B. pictus*, además de otros especímenes que podrían referirse a *B. roedingeri* si fuera correcta la existencia de esta especie.

## II. ANTECEDENTES

En el Perú se pueden encontrar 9 de las 15 familias de serpientes que se conocen (Zavaleta y Salas, 1996) y 34 especies de serpientes inoculadoras de veneno, de las cuales 7 habitan en la costa (Campbell y Lamar, 1989 y 2004; Pesantes, 2000). El Perú ocupa el segundo lugar en Latinoamérica por su diversidad de serpientes.

Estas serpientes venenosas del Perú están clasificadas en 3 familias: Viperidae, Elapidae e Hydrophiidae (Instituto Nacional de Salud del Perú, 2000; Cardoso *et al*, 2009). La familia *Viperidae* se divide en 2 grandes subfamilias: Viperinae y Crotalinae.

Las serpientes del género *Bothrops* son reptiles venenosos que pertenecen a la subfamilia Crotalinae. Los Crotalinae se encuentran en el continente americano, siendo especialmente diversificados en América del Sur; se caracterizan por la presencia de la foseta loreal (foseta termo receptora), que es un orificio situado entre el ojo y la nariz, esta característica les da la denominación popular de “cuatro narices” (Instituto Nacional de Salud de Colombia, 2004).

En la Tabla N° 1, se puede observar los 6 géneros de la sub familia *Crotalinae* y las 20 especies que la conforman en el Perú (Pesantes, 2000). Estas serpientes se distribuyen en casi todas las regiones del país (ver Tabla N° 2), siendo la selva en donde se encuentra la mayor población ofídica y donde se registran anualmente mayor cantidad de accidentes (Ascencios y Cuti, 1995; Campbell y Lamar, 1989 y 2004; Carrillo de Espinoza e Icochea, 1995; Pesantes, 2000; Yarlequé, 2000). Con notable frecuencia, los accidentes ocurridos en territorio peruano son ocasionados por serpientes del género *Bothrops*, denominándose a dicho envenenamiento como Botropismo (Ascencios y Cuti, 1995; Maguiña *et al.*, 1998; Zavaleta y Salas, 1996).

Son las especies *Bothrops pictus* “Jergón de costa”, *Bothrops roedingeri* “Víbora o jergón de costa” y *Bothrops barnetti* “Macanche o sancarranca” los que se encuentran preponderantemente en la costa, mientras que *Bothrops atrox*

“Jergón de selva” se encuentra en la amazonia, casi siempre en zonas periurbanas y rurales que es precisamente donde ocurren con mayor frecuencia los accidentes ofídicos (Campbell y Lamar, 1989 y 2004; Instituto Nacional de Salud de Perú, 2000; Maguiña et al., 1998; Navarrete et al., 2010; Pesantes, 2000; Villanueva et al., 2004).

Los accidentes ofídicos se estiman en el mundo en 5 400 000 casos anuales, de los cuales 2 682 500 producen envenenamiento y mueren por esta causa unas 125 345 personas. Para América Latina se estima 150 000 accidentes con envenenamiento y mueren unas 5 000 personas (Instituto Nacional de Salud de Colombia, 2004; Instituto Nacional de Salud de Perú, 2000; Gutiérrez et al., 2010).

En el Perú, los accidentes por mordeduras de ofidios vienen causando muchas pérdidas de vidas humanas. Cuando no suceden casos fatales, los afectados pueden sufrir una destrucción de tejidos hasta la pérdida total o parcial de algún miembro (Pesantes, 2000); según reportes del Ministerio de Salud se estima que hubieron 2 262 accidentes ofídicos con 12 defunciones en el 2013 (Ministerio de Salud, 2014).

**Tabla N° 1. Géneros y especies de la sub familia Crotalinae, Familia Viperidae en el Perú (Pesantes, 2000; Campbell y Lamar 1989 y 2004; Reptile-Database, 2022).**

	Género <i>Bothriechis</i>	<i>B. schlegelii</i>
		<i>B. bilineatus</i>
	Género <i>Bothrops</i> (antes <i>Bothriopsis</i> )	<i>B. chloromelas</i>
		<i>B. oligolepis</i>
		<i>B. pulcher</i>
		<i>B. taeniatus</i>
		<i>B. atrox</i>
		<i>B. barnetti</i>
		<i>B. brazili</i>
Sub Familia <i>Crotalinae</i>	Género <i>Bothrops</i>	<i>B. mattogrossensis</i>
		<i>B. osbornei</i>
		<i>B. pictus</i>
		<i>B. roedingeri</i>
		<i>B. sonene</i>
	Género <i>Crotalus</i>	<i>C. durissus terrificus</i>
	Género <i>Lachesis</i>	<i>L. muta muta</i>
		<i>B. hyoprora</i>
	Género <i>Bothrocophias</i>	<i>B. microphthalmus</i>
		<i>B. andianus</i>
		<i>B. lojanus</i>

**Tabla N° 2. Distribución por ecorregión de las serpientes venenosas de la Familia Viperidae del Perú. (Pesantes, 2000; Campbell y Lamar 1989 y 2004).**

<b>Ecorregion</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombres populares</b>
BTP	<i>Bothriechis schlegelii</i>	Víbora
DCO	<i>Bothrops barnetti</i>	Macanche, Doble x, Cascabel.
DCO y SES	<i>Bothrops pictus</i>	Víbora, Jergón de la Costa.
DCO	<i>Bothrops roedingeri</i>	Víbora, Jergón de la Costa.
BTP	<i>Bothrops asper</i>	Víbora.
SEA	<i>Bothrops andianus</i>	Upachilla, Dormilona.
BTA	<i>Bothrops atrox</i>	Jergón de Selva.
BTA	<i>Bothrops brazili</i>	Jergón shushupe.
BTA	<i>Bothrops bilineatus</i>	Loromachaco.
SEA	<i>Bothrops chloromelas</i>	Lamon.
BTA	<i>Bothrops taeniatus</i>	Jergón negro.
BTA y SEA	<i>Bothrocophias microphthalmus</i>	Jergón pudridora.
BTA y SEA	<i>Bothrocophias hyoprora</i>	Jergón pudridora.
SAP y SEA	<i>Crotalus durissus</i>	Cascabel, Pallacatari.
BTA y SEA	<i>Lachesis muta</i>	Shushupe, Yamongsse.

BTP= Bosque Tropical del pacífico, DCO = Desierto costero, SES = Serranía esteparia, SEA = Selva Alta, BTA = Bosque Tropical Amazónico y SAP = Sábana de palmeiras.

La jergón de Costa (*Bothrops pictus*), fue descrita por primera vez por Tschudii en el año 1845 y la denominó así porque en latín el término “*pictus*” hace referencia a la forma de las manchas que presenta en el plano dorsal (Campbell y Lamar, 1989, 2004). Las investigaciones sobre esta especie se han orientado hacia el estudio del veneno como bioquímica, toxicidad, neutralización y efectos biológicos (Olascoaga, 1987; Mesía, 1996; Mesía et al., 2011) y algunos datos generales sobre su distribución geográfica (Asencios y Cutti, 1995). Olascoaga (1987), hace referencia en su estudio del veneno de *Bothrops pictus* que probablemente tenga dos subespecies, basado en comentarios personales del Dr. Omar Pesantes.

Campbell y Lamar (1989 y 2004) hacen una breve descripción de *Bothrops pictus*, incluyendo su distribución geográfica y sus habitats; donde se menciona que el jergón de costa o Desert lancehead se distribuye en las laderas oeste bajas de los andes y en las planicies costeras al sur del departamento de La Libertad

hasta el departamento de Arequipa. Asencios y Cutti (1995) refieren que su distribución es desde el Río Moche (La Libertad) hasta Majes (Arequipa), y que se encuentra con bastante frecuencia por debajo de los 1000 m.s.n.m. (Campbell y Lamar, 1989, 2004); aunque se registraron varios ejemplares en Pullo – Parinacochas (Ayacucho) a 3020 m.s.n.m. y en la sierra de Huancavelica y Ancash (Maguiña et al., 1998), sin embargo no se menciona si los ejemplares están depositados en alguna colección científica, por lo que podría tratarse de otra especie de vipérido.

Campbell y Lamar (1989, 2004) refieren que su distribución vertical es hasta los 2300 m.s.n.m. mientras que, Olascoaga (1987) afirma que la distribución de *Bothrops pictus* es en los departamentos de La Libertad, Ancash, Lima e Ica, y su distribución altitudinal es entre los 50 y 3256 m.s.n.m. (distrito de Chiquian, Ancash), éste último registro no se tiene información si está depositado en alguna colección científica.

Esta jergón de costa (*Bothrops pictus*) tiene presencia en los alrededores de las grandes ciudades como Lima, Trujillo e Ica, lo cual no solo significa que son importantes en el ofidismo de nuestro país, sino también evidencia que las poblaciones humanas desplazan continuamente a muchas especies incluyendo a los ofidios (Mesía et al., 2011).

En Lima se ha encontrado con frecuencia en Barranca, Paramonga, las Lomas de Lachay, Huaral, Comas, Independencia, Quebrada Verde, Lurín, Pachacamac, Vitarte, Canta, así como en los alrededores del observatorio de Jicamarca, Santa Eulalia (Maguiña et al., 1998; Mesía, 1996).



**Foto 1. Ejemplar de *Bothrops pictus* (Foto: Andre Baertschi)**

Los habitats de *Bothrops pictus* son las faldas de las colinas semiáridas, lomas costeñas, valles ribereños, laderas andinas bajas y regiones rocosas secas con árboles de leguminosas donde abundan las Tilandsias (Campbell y Lamar, 1989, 2004; Carrillo, 1983; Mesía, 1996).

La descripción de *Bothrops pictus* es: víbora terrestre con dientes solenoglifos de patrón variable que puede medir entre los 400 - 650 mm de largo pero puede llegar hasta los 1000 mm (Mesía, 1996, Olascoaga, 1987). Presenta cabeza triangular cuyo dorso y el cuerpo es gris pálido a marrón usualmente uniforme; tiene una ancha franja marrón oscura que cruza las escamas supra labiales 3 - 4 y continúa hasta la parte inferior de la cabeza cerca al primer ventral. Una mancha marrón está situada bajo el ojo y cubre los supralabiales adyacentes cuarto y quinto; uno o dos puntos definidos ocupan los intercantales posteriores, estos puntos algunas veces están fusionados para formar una banda transversa anterior a los supraoculares; hay un patrón simétrico pero variable en el dorso de la cabeza: generalmente consiste de una banda transversa o uno o dos puntos en

la parte posterior de los supralabiales; el patrón de la cabeza sigue un par de franjas oblicuas dirigidas posteriormente sobre la región temporal; a su turno esas franjas son seguidas por un largo par de franjas oblicuas (usualmente fusionadas) orientadas posteriormente y que terminan cerca del ángulo de la mandíbula; una o dos manchas están usualmente ubicadas entre los dos pares de franjas oblicuas; todo el patrón cefálico puede ser difuso o puede ser subdividido en puntos y en manchas; los dos primeros pares de los supralabiales tienen a veces algún pigmento oscuro; ventralmente, los infralabiales anteriores pueden estar cubiertos con manchas pequeñas oscuras de pigmento, y existe usualmente uno o dos puntos marrones oscuros casi opuesto al punto marrón oscuro subocular; lo que queda de la región de la garganta contiene pequeñas manchas oscuras (Campbell y Lamar, 1989 y 2004).

El dorso del cuerpo consiste de una fila de manchas marrones ovoides o cuadradas que están con frecuencia salpicadas dorsalmente, ligeramente superpuestas y fusionadas para formar una franja en zig - zag sobre las porciones del cuerpo, presenta considerable variación en el color de la base dorsal (manchas marrones rosadas a grisáceas), color patrón (marrón a gris), y patrón de configuración. Los bordes de estas manchas son irregulares y usualmente resaltados por ligeras trazas de pigmento negro y blanco; una pequeña serie lateral de manchas están coloreadas idénticamente a las manchas medias dorsales y los inter-espacios contienen usualmente concentraciones difusas de pigmento marrón que parece formar una serie terciaria de manchas (Campbell y Lamar, 1989 y 2004, Mesía, 1996).

La región paraventral está delineada por una serie de manchas marrones que se extienden hasta los bordes externos de los ventrales.

El vientre es de color crema a blanco con abundantes manchas oscuras difusas; el iris es gris o gris amarillento y se asemeja al color de la franja post orbital (Campbell y Lamar, 1989 y 2004; Maguiña, 1998).

La cola es casi toda marrón oscuro o negra debido a la invasión de las marcas medias dorsales; en los especímenes juveniles, la porción posterior de la cola es blanca.

La lengua es roja o gris rosácea; hay 5 - 7 escamas intersupraoculares; 9 - 10 supralabiales, con la segunda, tercera o ninguna, fusionada con la prelacunal; 10 -12 infralabiales; 21 - 25 (usualmente 23) filas de escamas dorsales del cuerpo medio; 159 - 172 escamas ventrales en machos, 165 – 172 escamas ventrales en hembras y 37 - 42 escamas subcaudales divididas en machos y 33 – 43 en hembras (Campbell y Lamar, 2004).

Carrasco (2010) hizo una re descripción de *Bothrops ammodytoides* y una comparación con otras especies, entre ellas *Bothrops pictus*, encontrando 9 -11 escamas supralabiales, 11-13 infralabiales, 23 - 25 fila de escamas dorsales del cuerpo medio, segunda o tercera escama supralabial fusionada o no con la prelacunal, 1-2 cantales, supraocular de forma oval. Cárdenas *et al* (2012) revisaron 87 especímenes y encontraron 159 - 170 escamas ventrales en machos, 162 – 172 escamas ventrales en hembras, y la presencia de la mancha pos-ocular que llegaba hasta las primeras ventrales. Esta especie presenta hemipenes bilobulados.

Este vipérido cuando fue descrito por Tschudi en 1845 mencionó que presentaba 74 escamas subcaudales, lo cual aparentemente fue un error debido a que se ha demostrado recientemente de que el lectotipo adulto tiene solo 43 subcaudales (Campbell y Lamar, 1989).

La variación reportada en los ventrales probablemente incluye algunos errores también, no se sabe de especímenes con menos de 167 escamas ventrales. Esta es una especie venenosa muy peligrosa y ha causado la muerte en humanos (Olascoaga, 1987; Campbell y Lamar, 1989 y 2004; Mesía, 1996).

En cuanto a *Bothrops roedingeri* conocida también como Jergón de Costa o en inglés como Roedinger's lancehead, fue descrita por primera vez por Mertens (1942) y la denominó así porque los ejemplares que colectó para su descripción fueron hallados en la Hacienda Huayuri (Nazca - Ica) de propiedad del Sr. H. Roedinger. Las investigaciones realizadas sobre esta especie son escasas; sin embargo, Pesantes (2000) reportó su presencia para el Departamento de Lima y esto fue adaptado por Campbell y Lamar (2004) e incluido en el estudio de Aguilar *et al* (2007). Además se ha realizado un estudio comparativo de los venenos de

*Bothrops pictus* y *Bothrops roedingeri* (Cárdenas et al., 2012), encontrando diferencias en el contenido enzimático principalmente Fosfolipasa A<sub>2</sub> y proteasas con valores de 35 a 47% respectivamente mayores que para *B. pictus*.

Campbell y Lamar (1989, 2004) hacen una breve descripción morfológica de *Bothrops roedingeri* y mencionan que su distribución vertical es desde el nivel del mar hasta los 500 m desde del Departamento de La Libertad hasta Arequipa. El hábitat es el desierto costero y las colinas.

La descripción original de la especie se basó en dos ejemplares juveniles que midieron 269 y 328 mm (Campbell y Lamar, 1989).



**Foto 2. Ejemplar de *Bothrops roedingeri* (Foto: Andre Baertschi)**

Esta es una especie terrestre con una cola corta no prensil; el color de la cabeza y el cuerpo es básicamente gris claro a marrón rojizo. Presenta una amplia mancha posocular que cruza posteriormente a la tercera y cuarta escamas supralabiales y continua hasta el ángulo de la mandíbula y algunas veces llega cerca a la primera escama ventral. En algunos especímenes esta mancha es débilmente marcada. Existe también una mancha situada debajo del ojo y cruza la

cuarta y quinta escama supralabial, usualmente no llega a tocar por debajo de la foseta loreal. Presenta además una mancha en forma de banda o bloque anterior a las escamas supraoculares y posterior a la región intercantal. El patrón dorsal de diseño de la cabeza es muy variable y consiste generalmente en una banda marrón oscura que se extiende cruzando la cabeza en la zona posterior a las supraoculares. El patrón de la cabeza es seguida por dos líneas sinuosas en la región occipital, éstas a su vez son continuadas con un par de bloques redondeados en la región de la nuca (Campbell y Lamar, 1989, 2004).

El patrón dorsal del cuerpo consiste en una serie de manchas de forma ovoide o cuadrada de color marrón que están parcialmente o completamente divididas medio dorsalmente y están ligeramente superpuestas y fusionadas en forma de zig zag, y son pobremente definidas conteniendo algo de pigmento negro y blanco a lo largo de sus bordes. En el plano ventrolateral se observa una serie de pequeñas manchas de color idéntico al diseño dorsal del cuerpo, y entre sus espacios existen unos pigmentos marrones que asemejan una tercera fila de manchas laterales. Esta región paraventral está delineada por una serie de manchas marrones oscuras que se extienden al inicio de las escamas ventrales. La cola es mayormente cubierta por bloques marrones oscuros separados entre sí muy débilmente. En ejemplares juveniles la parte posterior de la cola es blanca o rosácea, el vientre es de color crema a blanco, usualmente immaculado pero algunos pueden presentar pequeños puntos oscuros. El iris es de color gris, gris amarillento o gris rosáceo. La lengua es roja (Campbell y Lamar, 2004). Tiene de 5 a 7 escamas intersupraoculares, 9 a 12 supralabiales (con la segunda, tercera o ninguna fusionada con la escama prelacunal), 11 a 13 infralabiales: 21 – 25 escamas media dorsales (usualmente 21), cada una con una punta prominente; 165 - 186 escamas ventrales en machos y 173 – 186 en hembras y 35 - 50 escamas subcaudales divididas en machos y 35 – 45 en hembras (Campbell y Lamar, 1989, 2004).

Dentro de los diversos macrohabitats donde se encuentran las serpientes del género *Bothrops* tenemos: bosques húmedos montañosos bajos, bosques estacionales tropicales, bosques lluviosos, bosques primarios elevados, bosques

nubosos, colinas semiáridas, cuenca amazónica, matorrales de desierto árido, áreas cultivadas cercanas a poblaciones humanas, regiones húmedas y pantanos cercano a fuentes de agua, tales como riachuelos y arroyos (Amaral, 1985; Abalos, 1997; Borges, 2001; Dos Santos-Costa y Prudente, 2003; Martins y Oliveira, 1998); este macrohabitat ocupado por las serpientes refleja el espacio donde ejerce sus actividades variadas, siendo el microhabitat la posición precisa en el macrohabitat. La importancia de este parámetro ecológico reside en el hecho de que las alteraciones en los habitats son factores en los procesos de extinción, extirpación y declinaciones poblacionales (Duarte, 1999; Campbell y Christman, 1982).

La costa presenta un invierno muy húmedo, con nieblas persistentes y un verano relativamente seco (Valencia, 1992). La Vertiente Occidental es una banda que se extiende a lo largo de casi todo el rango latitudinal del Perú, cuyos límites altitudinales pueden considerarse la línea divisoria de aguas en parte superior, y el cambio marcado y abrupto de las condiciones climáticas típicas de la costa, en la inferior. Este último se presenta a los 1000 m de altitud aproximadamente y ha sido considerado como tal desde hace mucho tiempo atrás. Este límite inferior puede ser visto desde altitudes superiores a 2000 m en los meses de invierno, como un manto de nubes que cubre toda la costa; en el extremo norte, el límite inferior es menos notorio, siendo difícil establecerlo por observación; el límite superior de la vertiente, la línea divisoria de aguas, presenta altitudes muy variadas desde 2150 hasta 6768 m, siendo el promedio alrededor de 4500 m.

La vertiente occidental (arriba de los 1000 m) tiene un área total de 170 000 km<sup>2</sup> aproximadamente, distribuida en casi todos los departamentos que colindan con el mar. Además, los departamentos de Cajamarca, Huancavelica y Ayacucho, también constituyen parte considerable de la vertiente hasta casi un tercio de su superficie (Weberbauer, 1945; Valencia, 1992).

Dentro de la zona costera se encuentran las ecorregiones del Bosque Seco Ecuatorial, Desierto Pacífico Tropical, Desierto Pacífico Subtropical, Desierto Pacífico Templado Cálido, Andes meridionales Tropicales, Andes meridionales Subtropicales (Rodríguez, 1996).

Actualmente, mediante Decreto Supremo N° 004-2014-AG (2014), se clasifica a la fauna silvestre de acuerdo al grado de amenaza en que se encuentra; y a las serpientes: *Bothrops roedingeri* se le considera en peligro (EN), y *Bothrops pictus* como especie en situación vulnerable (VU). Además de esta situación de peligro, la falta de información que existe en cuanto a la historia natural de estas serpientes hace que sea necesario el incremento del conocimiento científico de estos vipéridos.

Conocer la distribución de estos animales servirá desde el punto de vista epidemiológico como una herramienta en el desarrollo de planes de prevención de casos de ofidismo, así como una orientación de las estrategias de vigilancia epidemiológica en las localidades con mayor frecuencia de observaciones.

Toda información obtenida, así como los métodos y programas que se utilizaron, servirán de base para futuros estudios en estas especies o en otras especies de serpientes.

### III. HIPOTESIS.

Si los datos morfológicos y moleculares analizados de los especímenes de serpientes provenientes de las colecciones y de los ejemplares mantenidos en cautiverio, son semejantes a *Bothrops pictus*, entonces esta serpiente es la única representativa de la costa central y sur del Perú.

#### IV. OBJETIVOS.

**Objetivo general:**

Analizar las características morfológicas y moleculares relacionados con la serpiente *Bothrops pictus* “Jergón de costa”.

**Objetivos específicos:**

1. Evaluar morfológicamente al jergón de la costa *Bothrops pictus*.
2. Obtener las secuencias de los marcadores Citocromo B y la subunidad I de la citocromo oxidasa de ejemplares de *Bothrops pictus*.
3. Determinar la diversidad genética y la filogenia molecular de los especímenes de *Bothrops pictus* evaluados.

## V. MATERIALES Y METODOS

### 1. Ejemplares empleados

Se examinaron los ejemplares de *Bothrops pictus* y *Bothrops roedingeri* provenientes de las siguientes colecciones: Colección herpetológica del Departamento de Herpetología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (MHN - UNMSM) de Lima, colección herpetológica de la Universidad Nacional San Agustín (UNSA) de Arequipa, colección herpetológica del Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI) de Lima, así como los ejemplares vivos provenientes del Serpentario Oswaldo Meneses del Instituto Nacional de Salud (SOM - INS) y del Serpentario Oswaldo Meneses de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

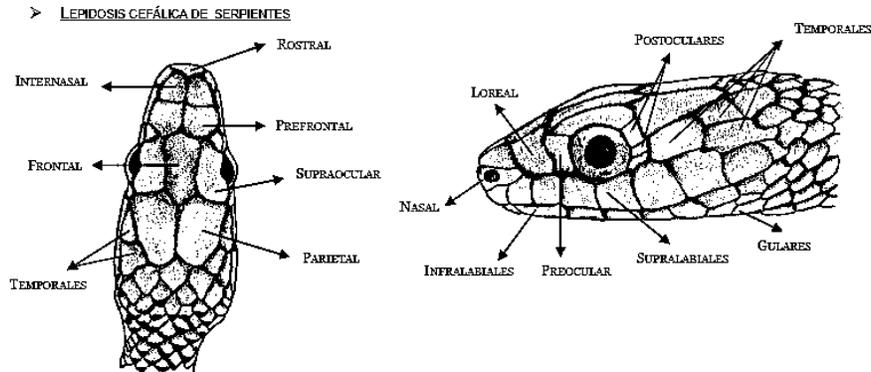
### 2. Caracterización Morfológica.

Fueron analizados los siguientes caracteres de la morfología externa: conteo de escamas y toma de medidas (datos morfométricos). La terminología utilizada y la estandarización de la obtención de datos siguen las propuestas de Dowling (1951) y Peters (1964).

**a) Descriptor Morfológico.** En el descriptor morfológico las abreviaturas a utilizar serán las siguientes:

<b>Ccab</b>	:	Largo de la cabeza.
<b>Ccau</b>	:	Largo de la cola.
<b>CRC</b>	:	Largo rostro-cloacal.
<b>Dis</b>	:	Diseños y pigmentación del vientre.
<b>DO</b>	:	Número de filas de escamas dorsales a una cabeza de distancia de la cabeza ( <b>A</b> ), al medio del cuerpo ( <b>M</b> ) y a una cabeza de distancia de la cola ( <b>P</b> ).
<b>DP</b>	:	Desvío del patrón.
<b>E</b>	:	Región anterior del vientre más claro que el posterior.
<b>H</b>	:	Tonalidad de la región anterior del vientre semejante al posterior.
<b>IL</b>	:	Número de escamas infralabiales.
<b>L</b>	:	Líneas longitudinales en el vientre.
<b>M</b>	:	Vientre manchado.
<b>N</b>	:	Número de ejemplares examinados.
<b>SC</b>	:	Número de pares de escamas subcaudales.

**SL** : Número de escamas supralabiales.  
**X** : Media aritmética.  
**VE** : Número de escamas ventrales.



> PLACAS VENTRALES, CLOACALES Y SUBCAUDALES EN OFIDIOS

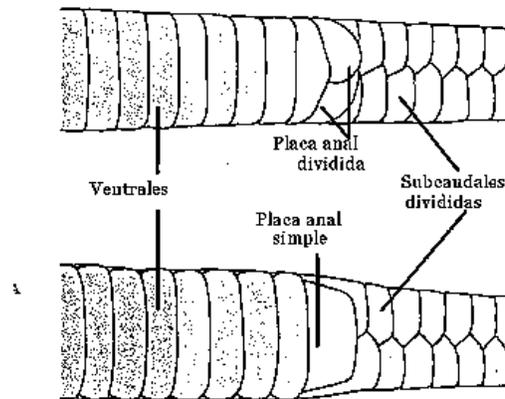


Figura 1A y 1B. Lepidosis en serpientes

b) **Distribución Geográfica.** Se utilizaron los datos de las localidades donde fueron encontrados los ejemplares de *Bothrops pictus* y *Bothrops roedingeri* de las colecciones MHN -UNMSM, UNSA, CORBIDI y SOM -INS.

c) **Análisis de la Información.** Se utilizó el programa AR-GIS que es un sistema que permite analizar y visualizar en mapas, datos de colectas geográficamente referenciados. Este programa nos permitió hacer mapas de sitios donde se ha observado o colectado especímenes.

Se calcularon estadísticos descriptivos: promedios (medias aritméticas y medianas) y varianzas. Se utilizaron gráficos de cajas para comparar las variables en las dos especies.

Se aplicaron pruebas de normalidad (prueba de Kolmogórov-Smirnov y prueba de Shapiro Wilks) para verificar si los datos provienen de una población con distribución normal. Se eligió la prueba no paramétrica U de Mann Whitney para verificar si existen diferencias morfológicas entre las dos especies.

Para la comparación de dos poblaciones con muestras independientes se tiene dos alternativas: la prueba t (prueba paramétrica) o la prueba U de Mann Whitney (prueba no paramétrica). Se utiliza una prueba t si los datos presentan distribución normal en ambas poblaciones, si por el contrario, los datos no provienen de una población con distribución normal en las dos poblaciones o en su defecto en una de ellas; se procederá a aplicar la prueba U de Mann Whitney.

Una de las ventajas de utilizar pruebas no paramétricas es que se puede identificar diferencias donde verdaderamente las hay cuando se trabaja con poblaciones pequeñas con respecto a la prueba t para muestras independientes que se utiliza para poblaciones grandes ( $n > 30$ ), motivos por los cuales se eligió utilizar la prueba no paramétrica.

Finalmente se aplicó el Análisis Discriminante con la finalidad de verificar a nivel multivariado si existen diferencias en las mediciones morfológicas entre las dos especies. En primer lugar, se analiza los resultados de las pruebas de igualdad de medias entre los grupos, esta comparación se realiza utilizando la prueba F que permite contrastar la hipótesis de igualdad de medias entre las especies en cada variable independiente. Además se analiza el estadístico Lambda de Wilks univariados. La información de esta tabla suele utilizarse como prueba preliminar para identificar si los grupos difieren en las variables de clasificación seleccionadas; sin embargo, debe tenerse en cuenta que una variable no

significativa a nivel univarriante podría aportar información discriminativa a nivel multivariante. Para todas las pruebas de hipótesis se utilizó un nivel de significancia de 0,05.

### **3. Análisis Molecular**

El procedimiento molecular fue realizado solamente con los especímenes vivos mantenidos en el Serpentario Oswaldo Meneses de la UNMSM que cumplían con las características morfológicas de la especie *B. pictus*. Las localidades de procedencia era del departamento de Lima, como La Molina, Santa Eulalia, Lurín, y un caso de un ejemplar procedente de Trujillo. Este último ejemplar tenía una coloración rojiza en todo su patrón de manchas.

#### **A) Obtención del ADN**

Se extrajo una escama ventral de 11 ejemplares. Cada muestra fue depositada en un vial de 1.5 mL con alcohol de 96° libre de nucleasas. Las muestras fueron transferidas al Laboratorio de Biología Molecular de la Facultad de Ciencias Biológicas (UNMSM) para su procesamiento. El procedimiento de extracción se realizó empleando el kit GeneJET Genomic DNA Purification (Thermo Scientific). Las escamas en forma independiente, fueron disgregadas con la ayuda de una hoja bisturí hasta obtener un particulado, el cual fue transferido a un vial de 1.5 mL que contenía 20 µL de proteinasa K y 275 µL de solución de digestión incubándose entre 16 a 18 h a 55 °C en un equipo Termoblock. Alcanzada la completa digestión de las muestras, estas fueron centrifugadas a 2000 g transfiriéndose el sobrenadante a nuevos tubos de 1.5 mL a los cuales se agregó 250 µL de buffer de lisis agitando con un equipo vortex durante 3 min. Después de esto, se traspasaron los lisados a las columnas de purificación para ser centrifugados a 13000 g durante 3 min. Se remplazaron los envases colectores y se agregaron 650 µL de solución de lavado centrifugándose posteriormente a 13000 g por 1 min, este proceso se repitió 3 veces más. Después del último lavado, se vaciaron los tubos colectores, se volvió a unir

los sistemas para centrifugarlos a 13000 g por 2 min. Finalmente, las columnas fueron colocadas en viales de 1.5 mL y se agregaron 70 µL de agua libre de nucleasas, se esperó 2 min a temperatura ambiente y se centrifugaron a 13000 g por 1 min. El ADN resultante fue cuantificado empleando un espectrofotómetro de microvolumen NanoDrop.

## **B) Amplificación de los marcadores mitocondriales**

### a. Citocromo b

Se realizó empleando los cebadores F: 5'-tgacttgaaraaccaycgttg-3' R: 5'-tgagaagtttctcygggtrctt-3'. El protocolo de amplificación empleado fue: denaturación inicial de 94 °C por 5 min, seguido de una denaturación de 93 °C por 1 min, un anillamiento de 56 °C por 30 s y una extensión de 72 °C por 2 min, por 30 ciclos y extensión final de 72 °C por 5 min (Parkinson et al., 2002).

### b. Sub unidad I de la citocromo oxidasa (COI)

Este marcador fue amplificado empleando los cebadores F: 5'-tntmtcaacnaaccacaaaga-3' R: 5'-acttctggrtgkccaaaraatca-3'. El protocolo de amplificación fue: denaturación inicial de 94 °C por 3 min, seguido por 40 ciclos de una denaturación de 94 °C por 40 s, un anillamiento de 48.5 °C por 30 s y una extensión de 72 °C por 60 s, finalmente extensión de 72 °C por 7 min (Naggy et al., 2012).

Los productos amplificados de ambos marcadores fueron evaluados mediante electroforesis en agarosa al 1% pre teñidos con el intercalante de ácidos nucleicos RedGel y visualizados en un equipo fotodocumentador a luz ultravioleta. Finalmente, los productos concentrados utilizando el kit DNA Clean & Concentrator®-5 y enviados a la casa comercial MACROGEN INC (Seúl, Corea del Sur) para su secuenciación. Los resultados (secuencias nucleotídicas) fueron recibidos vía correo electrónico.

### **C) Análisis filogenético**

En primer lugar, las secuencias fueron analizadas y editadas con el programa Clustal W y el redactor biológico BioEdit. Posteriormente se realizó el análisis de semejanza con otras secuencias depositadas en el GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) utilizando la plataforma BLASTn (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

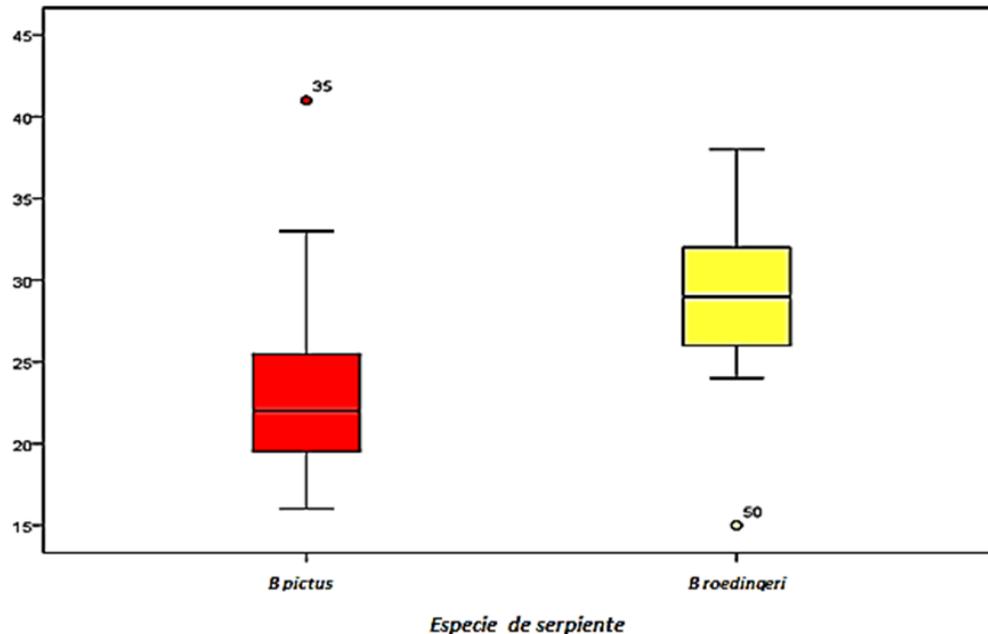
Posteriormente, se realizó el alineamiento múltiple con el programa MAFFT v.7.407 (Kato y Standley, 2013) con refinamiento iterativo por el método L-INS-i (Kato et al., 2003). Se reconstruyó las relaciones filogenéticas por criterio de Máxima Verosimilitud (ML) e Inferencia Bayesiana (BI) y se empleó el modelo GTR+I+G. El análisis ML fue desarrollado con el programa IQ-TREE (Nguyen et al., 2015) con 0.5 de perturbación, el soporte de los nodos se obtuvo por medio de 1000 réplicas de bootstrap (BS). El análisis BI se realizó en MrBayes 3.2 (Ronquist et al., 2012); se realizaron dos ejecuciones independientes con cuatro cadenas de Markov y 50 millones de iteraciones. El muestreo de los árboles fue cada 1000 generaciones. La convergencia a valores estables se verificó utilizando Tracer v1.7 (Rambaut et al., 2018) para obtener tamaños de muestra efectivos (ESS) superiores a 200 para todos los parámetros.

## VI. RESULTADOS

### 1. Análisis Descriptivo

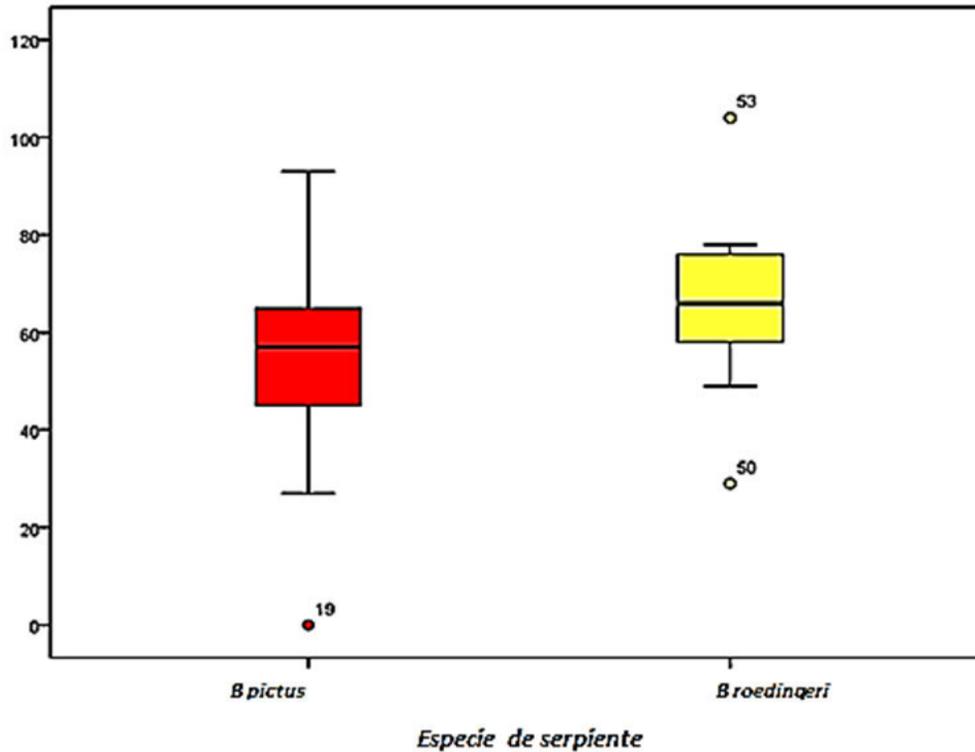
En cuanto a la longitud de la cabeza se observa que en la especie *Bothrops roedingeri* presenta una mayor longitud promedio:  $28.78 \pm 7.09 \text{ mm}$  con respecto a la especie *Bothrops pictus*:  $23.45 \pm 5.44 \text{ mm}$ . El 50% de las serpientes pertenecientes a la especie *Bothrops roedingeri*, tienen una longitud de la cabeza menor o igual a 22 mm mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes presenta este mismo valor. Gráfico 1.

**Gráfico 1: Longitud de la cabeza, según especie.**



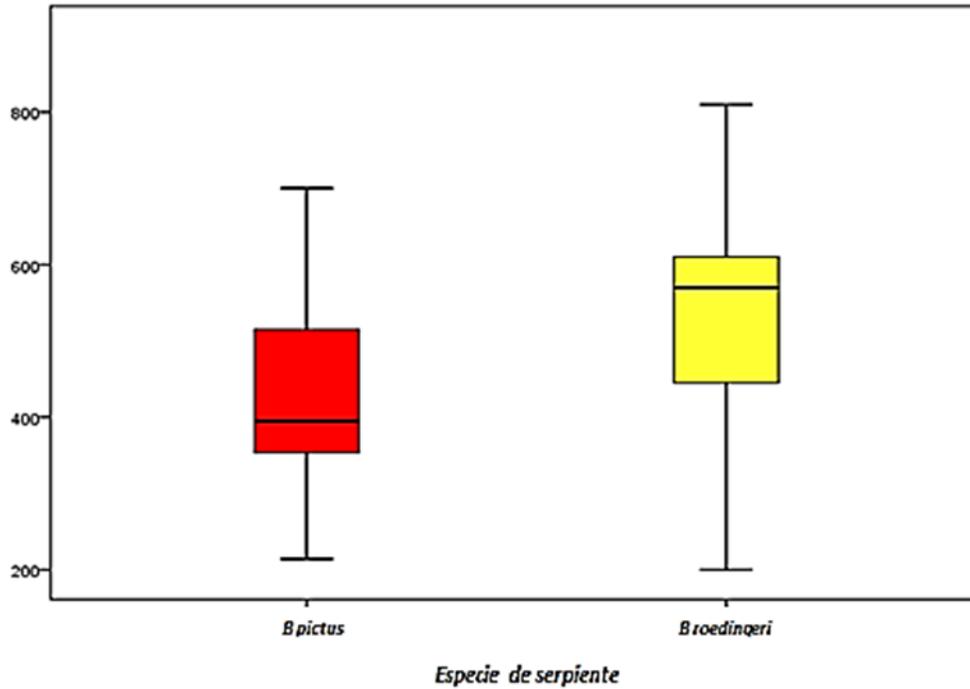
Al analizar la longitud de la cola (Gráfico 2) se observa que la especie *Bothrops roedingeri* es la que presenta una mayor longitud promedio ( $\bar{x} = 66.44 \pm 20.75 \text{ mm}$ ) con respecto a la especie *Bothrops pictus* ( $\bar{x} = 56.79 \pm 18.19 \text{ mm}$ ). El 50% de las serpientes pertenecientes a la especie *Bothrops roedingeri*, tienen una longitud de la cola menor o igual a 66 milímetros mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes presenta un valor de 57 mm (Tabla N° 3).

**Gráfico 2: Longitud de la cola, según especie.**



La longitud promedio rostro cloacal (Gráfico 3) de la especie *Bothrops roedingeri* ( $\bar{x} = 545.56 \pm 176.34 \text{ mm}$ ) es mayor con respecto a la longitud correspondiente a la especie *Bothrops pictus* ( $\bar{x} = 426.70 \pm 118.14 \text{ mm}$ ). En ambas especies se observa una alta variabilidad, en la primera especie se tiene un 32.3% de variabilidad mientras que, para la segunda especie este porcentaje es de 27.7%. El 50% de las serpientes pertenecientes a la especie *Bothrops roedingeri*, tienen una longitud rostro-cloacal menor o igual a 570 milímetros mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes presenta un valor de 395 mm. (Tabla N° 3).

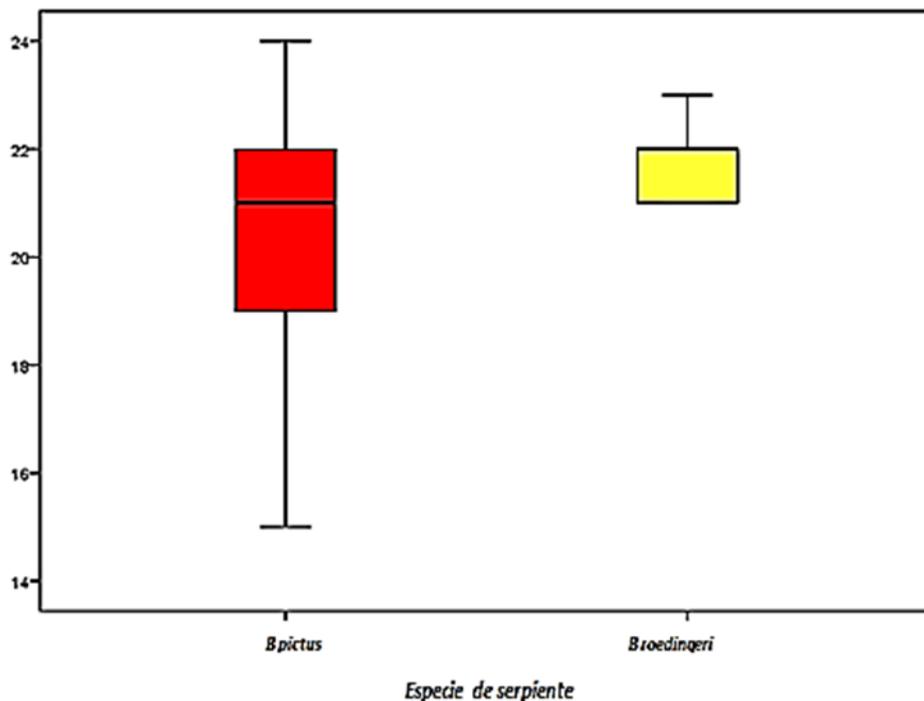
**Gráfico 3: Longitud del rostro cloacal, según especie.**



## 2. Lepidosis

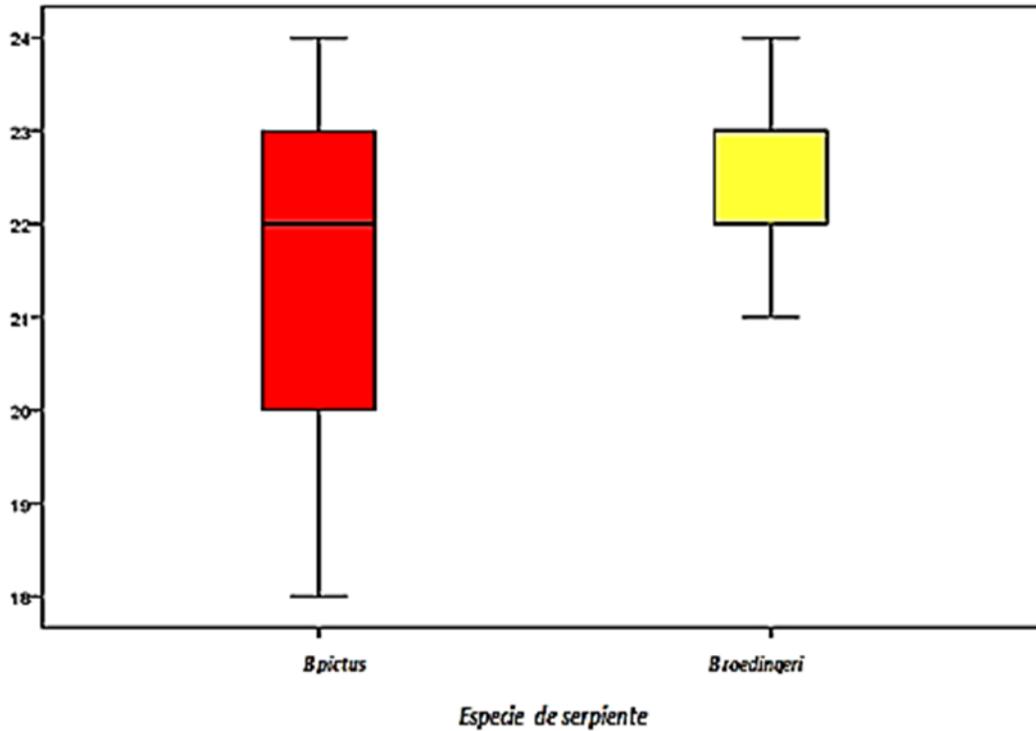
El número de escamas promedio de la parte anterior en la especie *Bothrops roedingeri* ( $\bar{x} = 21.78 \pm 0.67$ ) es mayor con respecto al número de escamas promedio de la especie *Bothrops pictus* ( $\bar{x} = 20.76 \pm 1.98$ ). El 50% de las serpientes de la especie *Bothrops roedingeri*, tienen un número de escamas de la parte anterior menor o igual que 22 mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes tienen un número de escamas menor o igual a 21. Gráfico 4.

**Gráfico 4: Número de escamas anterior, según especie.**



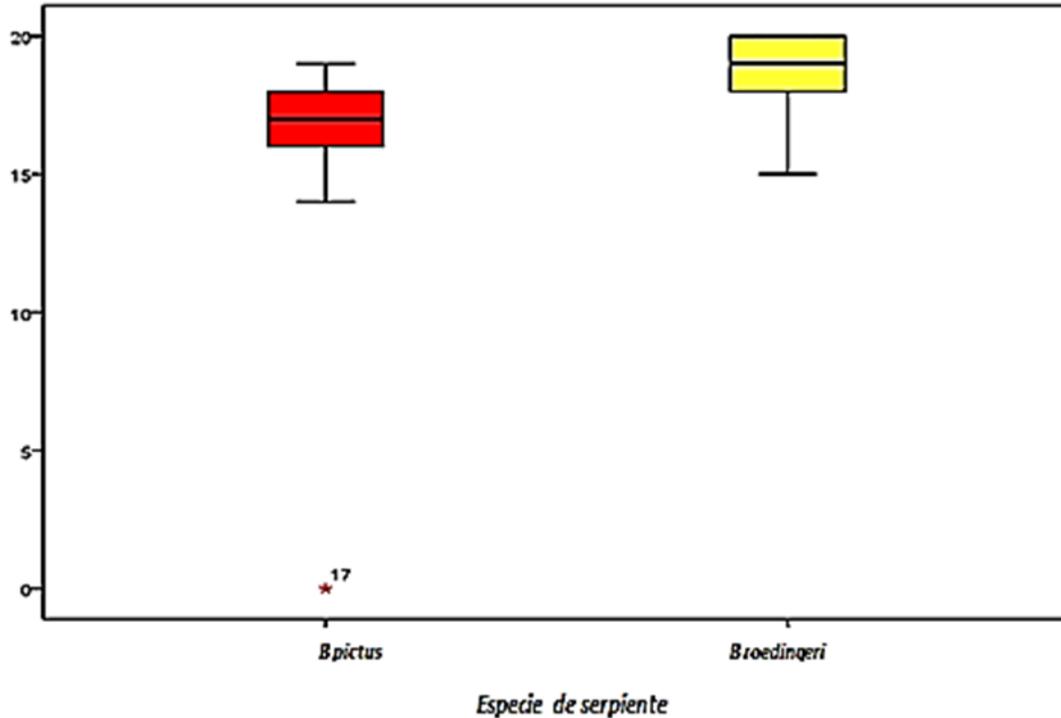
Con respecto al número de escamas promedio de la parte media en la especie *Bothrops roedingeri* ( $\bar{x} = 22.56 \pm 0.88$ ), es mayor en comparación con el número de escamas promedio de la especie *Bothrops pictus* ( $\bar{x} = 21.38 \pm 1.71$ ). El 50% de las serpientes de la especie *Bothrops roedingeri*, tienen un número de escamas de la parte media menor o igual que 23 mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes tienen un número de escamas menor o igual a 22. Gráfico 5.

**Gráfico 5: Número de escamas medio, según especie.**



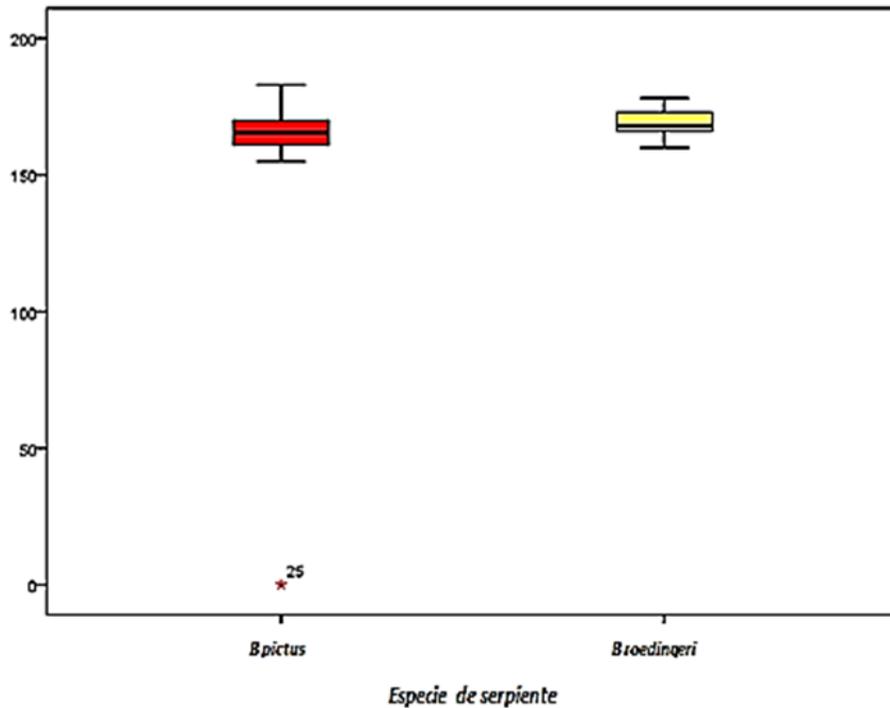
Por otro lado, el número de escamas promedio de la parte posterior en la especie *Bothrops roedingeri* ( $\bar{x} = 18.67 \pm 1.58$ ) es mayor con relación al número de escamas promedio de la especie *Bothrops pictus* ( $\bar{x} = 16.78 \pm 2.99$ ). El 50% de las serpientes de la especie *Bothrops roedingeri*, tienen un número de escamas de la parte posterior menor o igual que 19 mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes tienen un número de escamas menor o igual a 17. Gráfico 6.

**Gráfico 6: Número de escamas posterior, según especie.**



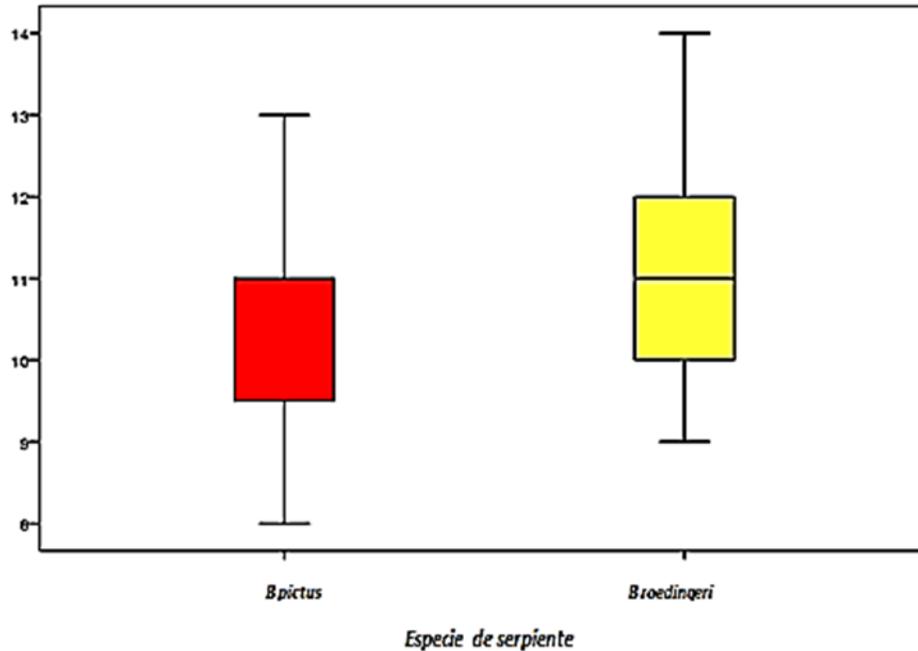
Al observar el número de escamas ventrales promedio en la especie *Bothrops roedingeri* ( $\bar{x} = 169 \pm 5.48$ ) es mayor comparada con el número de escamas promedio de la especie *Bothrops pictus* ( $\bar{x} = 161.92 \pm 27.71$ ). El 50% de las serpientes de la especie *Bothrops roedingeri*, tienen un número de escamas ventrales menor o igual que 168 mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes tienen un número de escamas menor o igual a 165. Gráfico 7.

**Gráfico 7: Número de escamas ventrales, según especie.**



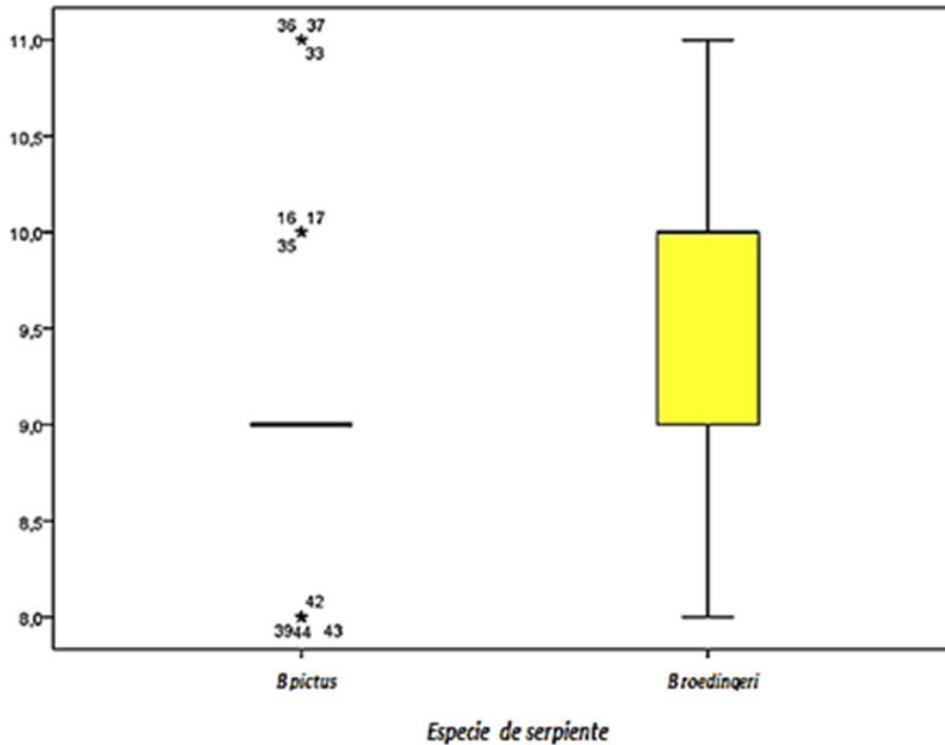
Observando los resultados del número de escamas infra labiales promedio, en la especie *Bothrops roedingeri* ( $\bar{x} = 11 \pm 1.738$ ) es mayor respecto al número de escamas promedio de la especie *Bothrops pictus* ( $\bar{x} = 10.47 \pm 1.25$ ). El 50% de las serpientes de la especie *Bothrops roedingeri*, tienen un número de escamas infra labiales menor o igual que 11 mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes presenta este mismo valor. Gráfico 8.

**Gráfico 8: Número de escamas infra labiales, según especie.**



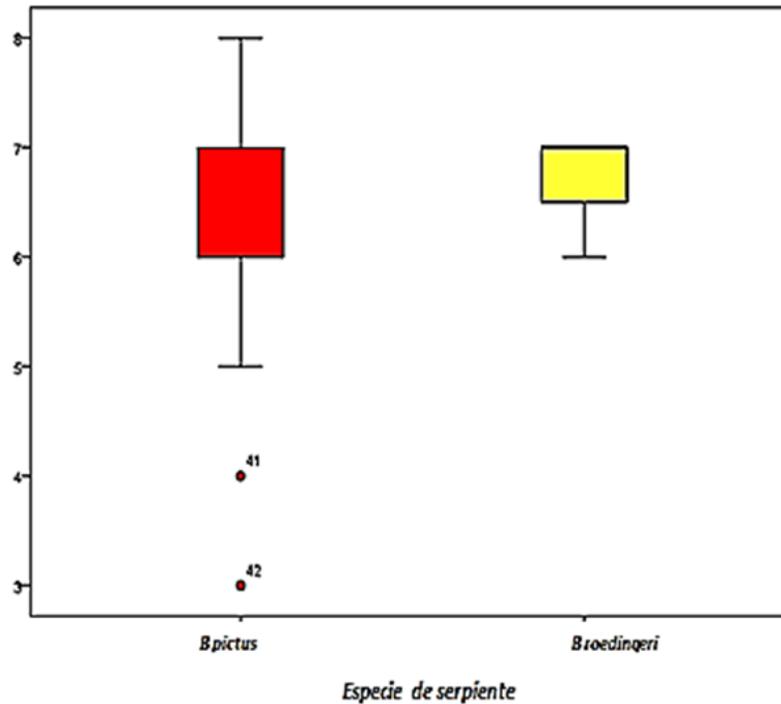
Analizando los resultados del número de escamas supra labiales promedio, en la especie *Bothrops roedingeri* ( $\bar{x} = 9.67 \pm 0.87$ ) es mayor respecto al número de escamas promedio de la especie *Bothrops pictus* ( $\bar{x} = 9.11 \pm 0.78$ ). El 50% de las serpientes de la especie *Bothrops roedingeri*, tienen un número de escamas supra labiales menor o igual que 10 mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes tienen un número de escamas menor o igual a 9. Gráfico 9.

**Gráfico 9: Número de escamas supra labiales, según especie.**



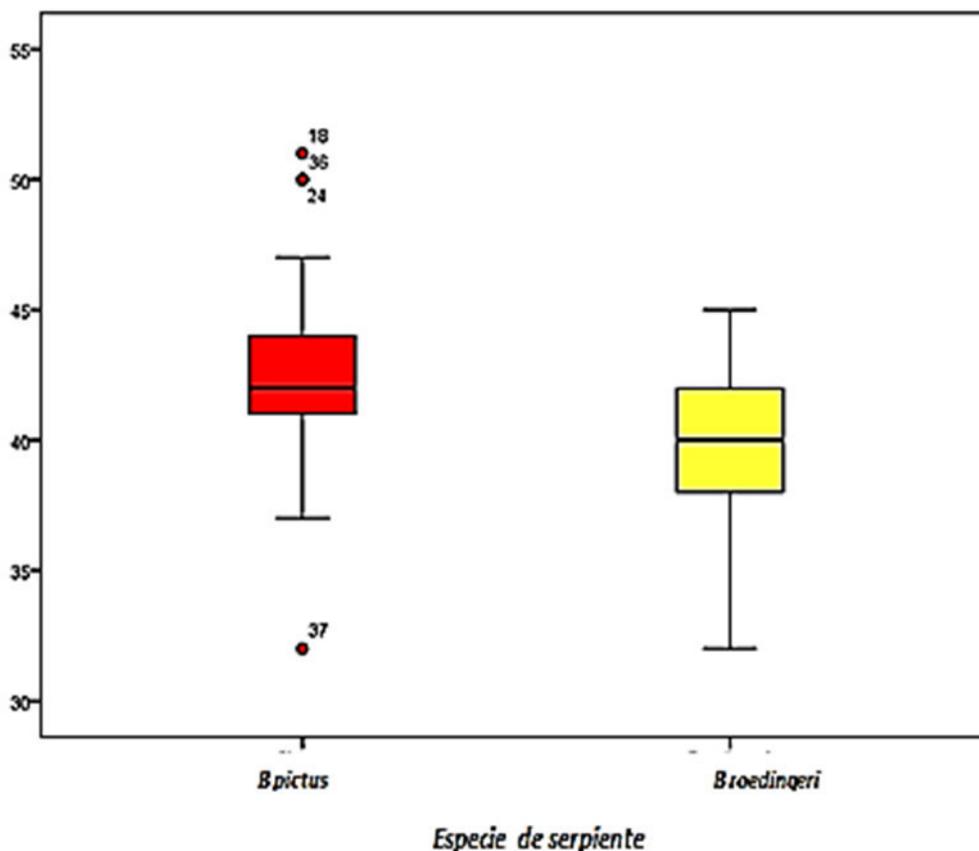
Observando los resultados del número de escamas inter supra oculares promedio, en la especie *Bothrops roedingeri* ( $\bar{x} = 6.75 \pm 0.46$ ) es menor respecto al número de escamas promedio de la especie *Bothrops pictus* ( $\bar{x} = 6.15 \pm 0.93$ ). El 50% de las serpientes de la especie *Bothrops roedingeri*, tienen un número de escamas inter supra oculares menor o igual que 7 mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes tienen un número de escamas menor o igual a 6. Gráfico 10.

**Gráfico 10: Número de escamas inter supra oculares, según especie.**



Observando los resultados del número de escamas sub caudales promedio, en la especie *Bothrops roedingeri* ( $\bar{x} = 39.63 \pm 4.00$ ) es menor con relación al número de escamas promedio de la especie *Bothrops pictus* ( $\bar{x} = 42.39 \pm 3.68$ ). El 50% de las serpientes de la especie *Bothrops roedingeri*, tienen un número de escamas sub caudales menor o igual que 40 mientras que, para la especie *Bothrops pictus* el 50% de las serpientes tienen un número de escamas menor o igual a 42. Gráfico 11.

**Gráfico 11: Número de escamas sub caudales, según especie.**



**Tabla 3: Estadísticos descriptivos de las medidas morfológicas según especie.**

	<i>B. pictus</i>			<i>B. roedingeri</i>		
	Media	SD	Mediana	Media	SD	Mediana
Longitud						
<i>Cabeza</i>	23.45	5.437	22.00	28.78	7.085	22.00
<i>Cola</i>	56.79	18.193	57.00	66.44	20.749	66.00
<i>Rostró Cloacal</i>	426.70	118.136	395.00	545.56	176.342	570.00
Número de Escamas						
<i>Anterior</i>	20.76	1.980	21.00	21.78	0.667	22.00
<i>Medio</i>	21.38	1.714	22.00	22.56	0.882	23.00
<i>Posterior</i>	16.78	2.991	17.00	18.67	1.581	19.00
<i>Ventrales</i>	161.92	27.714	165.00	169.00	5.477	168.00
<i>Infra labiales</i>	10.47	1.248	11.00	11.00	1.732	11.00
<i>Supra labiales</i>	9.11	0.787	9.00	9.67	0.866	10.00
<i>Inter supra oculares</i>	6.15	0.932	6.00	6.75	0.463	7.00
<i>Sub caudales</i>	42.39	3.682	42.00	39.63	3.998	40.00

### 3. Distribución Geográfica del Jergón de la costa

Al analizar la distribución geográfica, observamos que la especie *Bothrops pictus* procede en un 70.8% de Lima en comparación con un 41.9% que corresponde a la especie *Bothrops roedingeri* que procede del mismo sitio, Tabla 4.

**Tabla 4: Distribución geográfica del jergón de costa.**

Localidades de Procedencia	Frecuencia	Porcentaje
<b>Especie <i>B. pictus</i></b>		
<i>Ancash</i>	10	13.9
<i>Lima</i>	51	70.8
<i>Ica</i>	3	4.2
<i>Arequipa</i>	2	2.8
<i>Ayacucho</i>	4	5.6
<i>INS (Nacido en cautiverio)</i>	2	2.8
<b>Especie <i>B. roedingeri</i></b>		
<i>La Libertad</i>	4	12.9
<i>Lima</i>	13	41.9
<i>Ica</i>	4	12.9
<i>Arequipa</i>	7	22.6
<i>INS (Nacido en cautiverio)</i>	3	9.7

### 4. Análisis Molecular

El presente análisis solo fue realizado con los especímenes albergados en el Serpentario Oswaldo Meneses (MHN-UNMSM). Esto puntualmente debido a la disponibilidad inmediata de las muestras, las cuales sólo constaron de la extracción de la escama supradérmica ventral de los especímenes sin requerir una manipulación adicional a la que usualmente se realiza al momento de la extracción del veneno. Se monitoreó a los especímenes por dos semanas para ver posibles lesiones, estas fueron ausentes.

En la Tabla 5, se resumen los resultados obtenidos a partir de las secuencias de ambos marcadores, las cuales se muestran en la sección de anexos. Cada secuencia fue analizada empleando la plataforma del BLASTn para su

identificación por homología (Tabla 5). Posteriormente se realizó el alineamiento múltiple para el análisis de identidad y homología entre las mismas.

**Tabla 5.** Identificación de las secuencias obtenidas para los marcadores Cytb y COI de los especímenes de *Bothrops pictus* del Serpentario Oswaldo Meneses MHN-UNMSM.

Especimen	Marcador Cyt b (753 pb)			Marcador COI (672 pb)		
	Identificación Gen Bank	(% Identidad)	Haplotipo	Identificación Gen Bank	(% Identidad)	Haplotipo
SM13	<i>Bothrops pictus</i> (AF292583)	98.77%	1	<i>Bothrops bilineatus</i> MH273564	88.82 %	1
SM14		99.07 %	2		89.28 %	2
SM16		98.77 %	3		89.43 %	3
SM17		96.69 %	4		88.97 %	4
SM18		96.60 %	5	<i>Bothrops brazili</i> KU986320	90.95 %	5
SM19		98.77 %	6	<i>Bothrops bilineatus</i> MH273564	89.13 %	6
SM20		98.77 %	1		89.28 %	7
SM21		99.23 %	7		89.43 %	3
SM22		99.23 %	7		89.28 %	8
SM23		92.90 %	8		<i>Bothrops brazili</i> KU986320	90.49 %

## 5. Marcador Molecular Citocromo b (Cyt b)

Para el marcador mitocondrial Cyt b se obtuvieron las secuencias con una extensión de 753 pares de bases. El análisis por el alineamiento múltiple, que incluyó la única secuencia previamente depositada para este marcador (Acceso GenBank: AF292583), arrojó 686 sitios conservados y 67 posiciones variables, estos últimos estaban conformados por 40 sitios informativos parsimoniosos y 27 sitios de variación única (*singleton*). El análisis de distancia de pares Tabla 6, arroja una distancia promedio de 0.0274.

**Tabla 6.** Análisis de distancia de pares del marcador de Cyt b de los ejemplares de *Bothrops pictus*

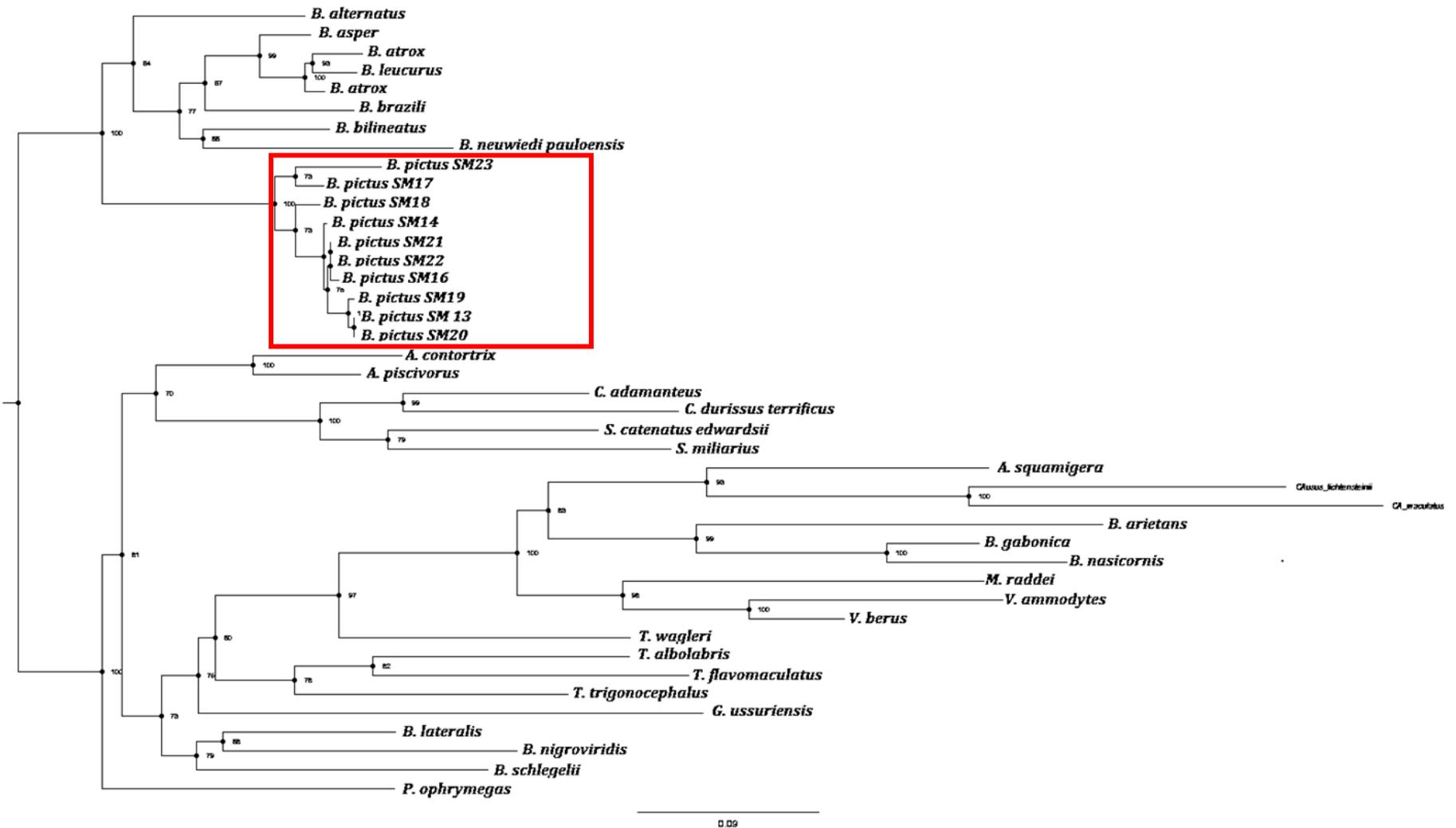
	SM13	SM14	SM18	SM21	SM22	SM19	SM23	SM20	SM17	SM16	AF292583
SM13		0.004	0.006	0.004	0.004	0.003	0.009	0.000	0.007	0.005	0.004
SM14	0.0146		0.006	0.002	0.002	0.004	0.009	0.004	0.007	0.003	0.003
SM18	0.0305	0.0239		0.006	0.006	0.006	0.007	0.006	0.007	0.006	0.006
SM21	0.0133	0.0040	0.0252		0.000	0.004	0.009	0.004	0.007	0.002	0.003
SM22	0.0133	0.0040	0.0252	0.0000		0.004	0.009	0.004	0.007	0.002	0.003
SM19	0.0053	0.0146	0.0305	0.0133	0.0133		0.009	0.003	0.007	0.005	0.004
SM23	0.0717	0.0624	0.0465	0.0611	0.0611	0.0717		0.009	0.008	0.009	0.009
SM20	0.0000	0.0146	0.0305	0.0133	0.0133	0.0053	0.0717		0.007	0.005	0.004

<b>SM17</b>	0.0438	0.0425	0.0398	0.0438	0.0438	0.0438	0.0452	0.0438		0.007	0.007
<b>SM16</b>	0.0173	0.0053	0.0292	0.0040	0.0040	0.0173	0.0637	0.0173	0.0452		0.004
<b>AF292583</b>	0.0120	0.0080	0.0293	0.0066	0.0066	0.0120	0.0678	0.0120	0.0426	0.0106	

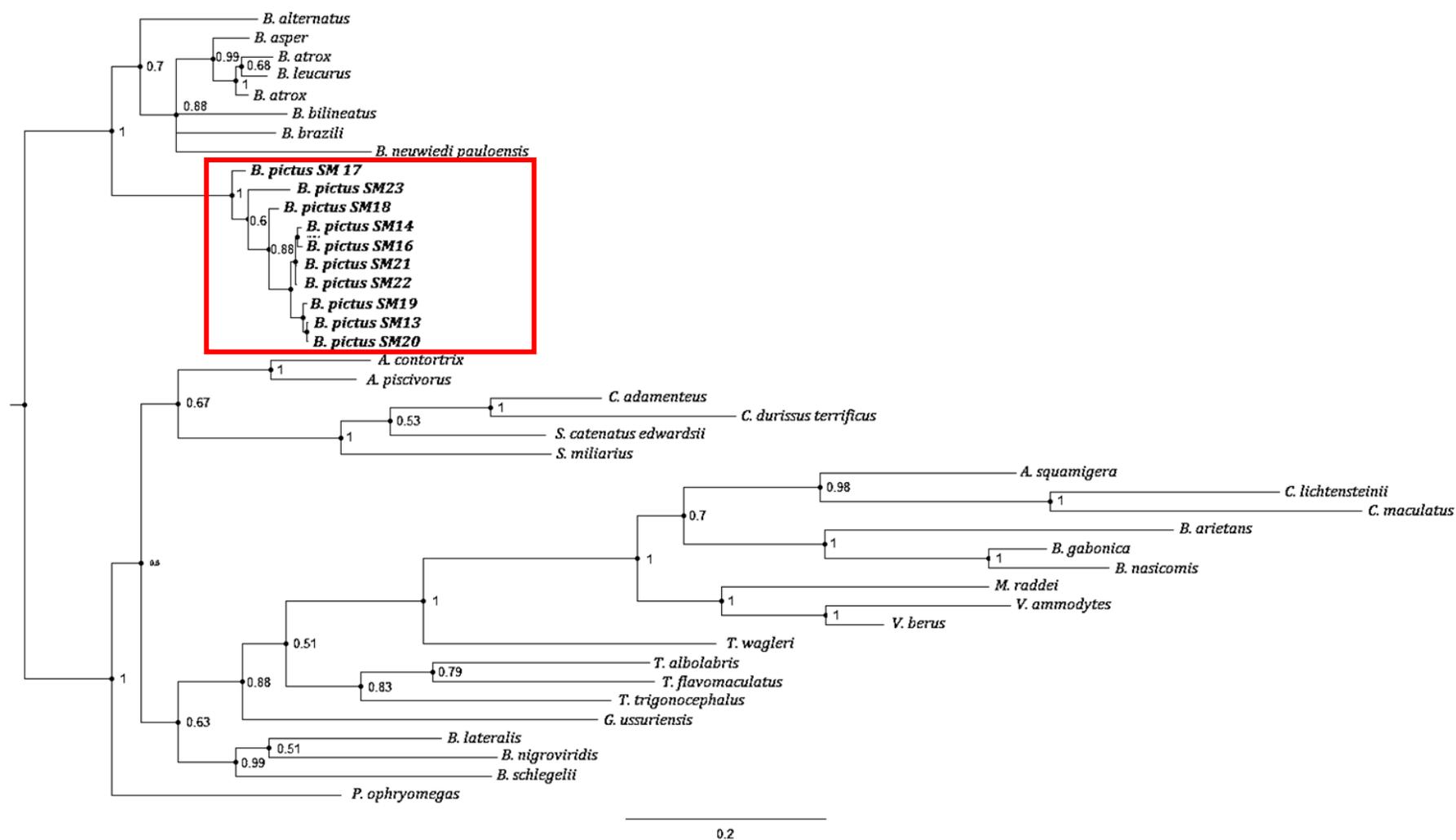
\* En negro los valores de desviación. En azul se presenta los valores de error estándar.

Los análisis de polimorfismo para este marcador arrojaron una diversidad haplotípica ( $H_d$ ) de 0.963, con la presencia de 9 haplotipos. Los especímenes SM13 y SM20 conforman el haplotipo 1 y los especímenes SM21 y SM22 conforman el haplotipo 4; los demás especímenes, incluyendo la secuencia previamente reportada en el GenBank, se muestran como haplotipos independientes. Por otro lado, la diversidad nucleotídica ( $P_i$ ) fue de 0.02751 y un valor de test de neutralidad por Tajima ( $D$ )= -0.51768, fue no significativa ( $p > 0.10$ ).

En cuanto al análisis filogenético, todos los especímenes de *B. pictus* conformaron un clado bien definido. Este resultado es reiterativo para los análisis por ML (Figura N° 2), NJ (Figura N° 3) y confirmado por análisis bayesiano (Figura N° 4). Asimismo, dentro del clado los especímenes SM18 y SM23, se agruparon independiente de los demás especímenes.



**Figura N° 2. Análisis filogenético de *Bothrops pictus* por el método de *Maximun Likelihood* empleando el marcador Cyt b.** Dentro del cuadrado rojo se muestran los especímenes del Serpentario Oswaldo Meneses – MHN- UNMSM. Los números en los nodos son los valores de soporte. Los códigos de acceso (GenBank) de las especies mostradas se encuentran en la Tabla 15.



**Figura N ° 3. Análisis filogenético de *Bothrops pictus* por el método de Neighbor-Joining empleando el marcador Cyt b.** Dentro del cuadrado rojo se muestran los especímenes del Serpentario Oswaldo Meneses – MHN- UNMSM. Los números en los nodos son los valores de soporte. Los códigos de acceso (GenBank) de las especies mostradas se encuentran en la Tabla 15.

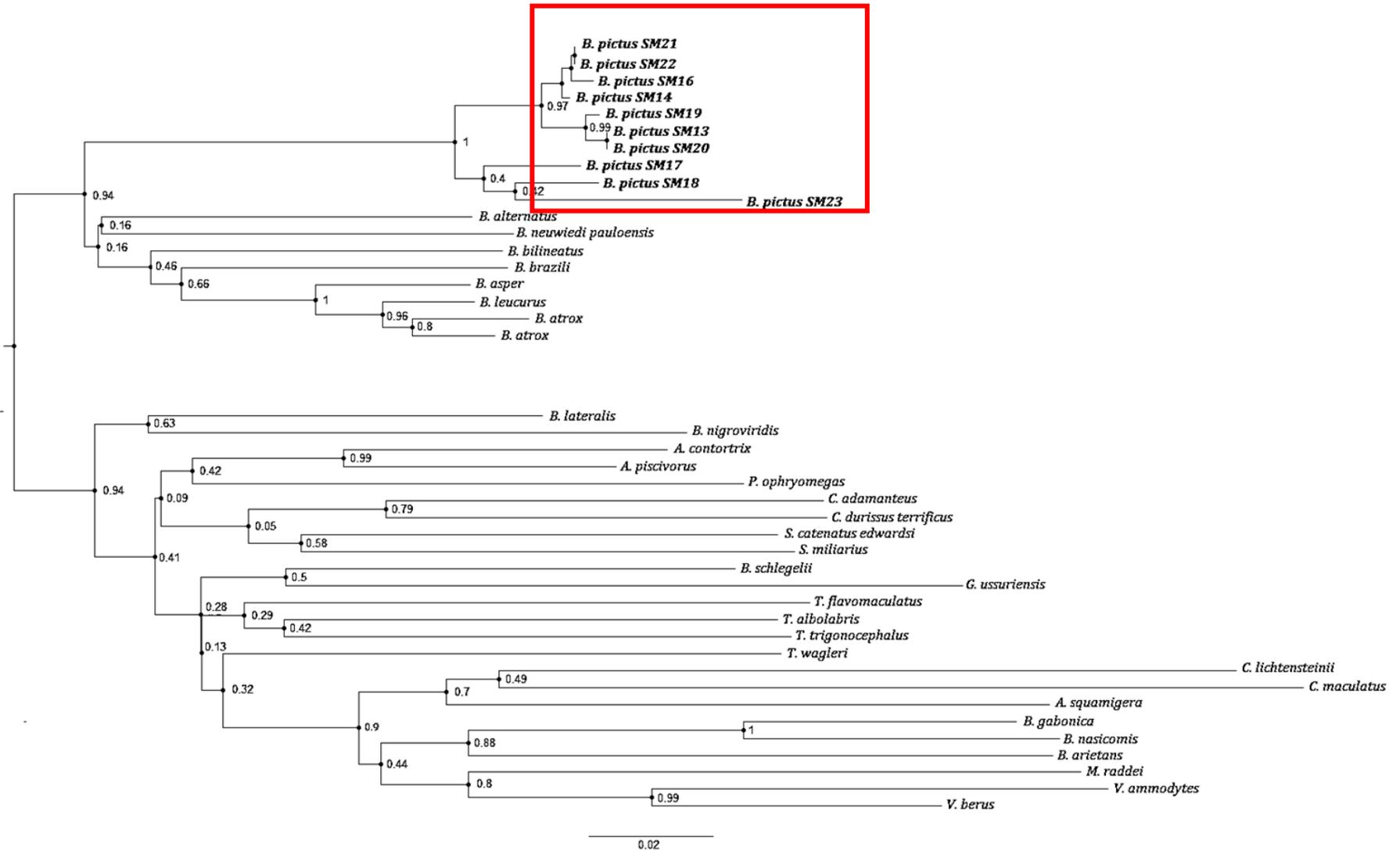


Figura N° 4. Análisis bayesiano de los especímenes de *Bothrops pictus* en relación a otras especies y géneros de vipéridos empleando el marcador Cyt b. Dentro del cuadrado rojo se muestran los especímenes del Serpentario Oswaldo Meneses – MHN-UNMSM. Los números en los nodos son los valores de soporte. Los códigos de acceso (GenBank) de las especies mostradas se encuentran en la Tabla 15.

## 6. Marcador molecular de la subunidad I de la citocromo oxidasa (COI)

Para el caso del marcador COI, las secuencias obtenidas tuvieron una extensión de 672 pares de bases. El análisis de alineamiento múltiple se realizó solo entre los ejemplares analizados, ante la ausencia de secuencias de la especie en el GenBank, este arrojó 608 sitios conservados y 64 posiciones variables conformados por 40 sitios informativos parsimoniosos y 24 singletons. El análisis de distancia de pares (tabla 7) arrojó una distancia promedio de 0.0330

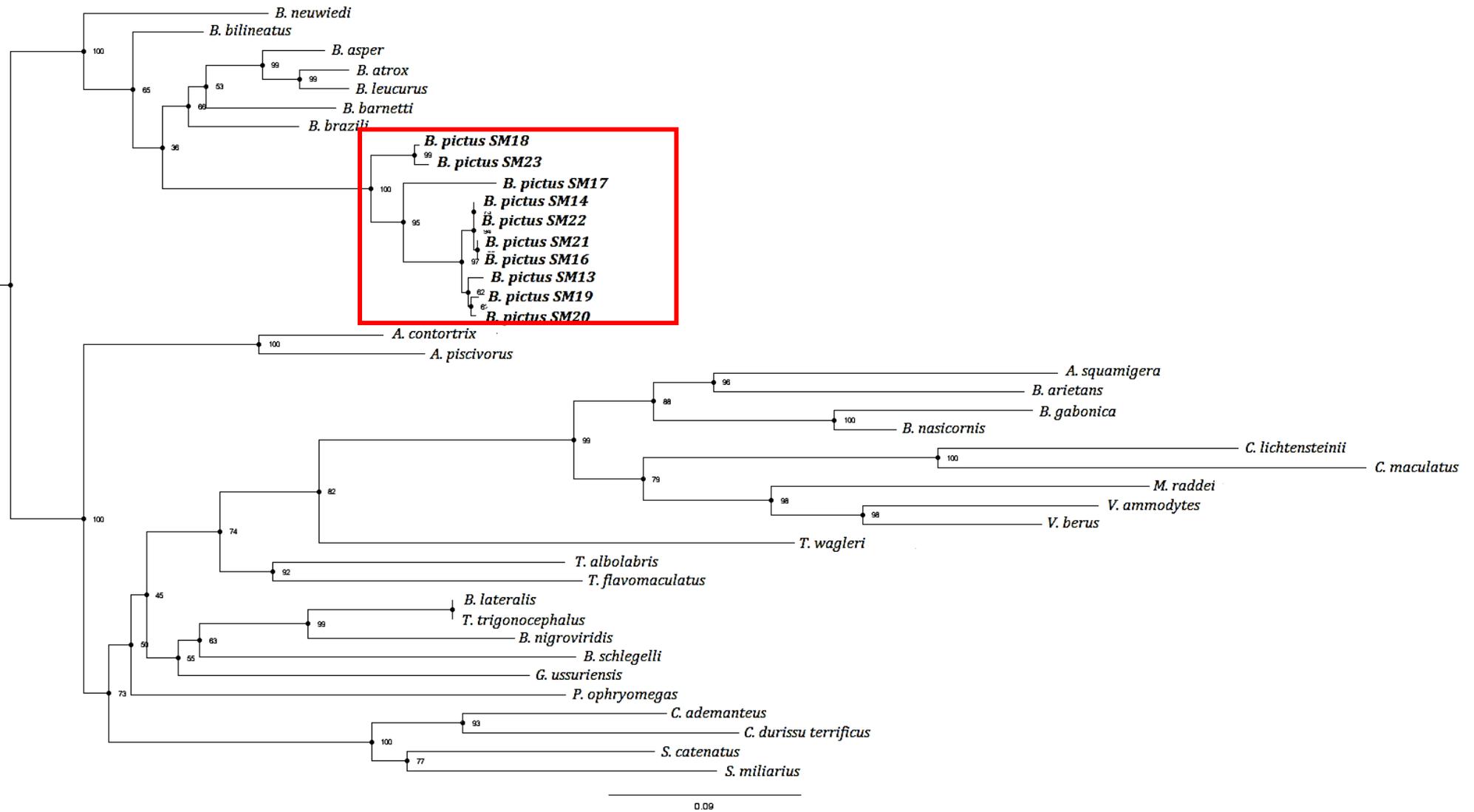
**Tabla. 7.** Análisis de distancia de pares del marcador de Cyt b de los ejemplares de *Bothrops pictus*

	SM13	SM14	SM18	SM21	SM22	SM19	SM23	SM20	SM17	SM16
SM13		0.0047	0.0091	0.0047	0.0046	0.0039	0.0086	0.0037	0.0088	0.0047
SM14	0.0149		0.0089	0.0021	0.0021	0.0039	0.0087	0.0042	0.0086	0.0021
SM18	0.0580	0.0551		0.0092	0.0090	0.0092	0.0042	0.0091	0.0088	0.0092
SM21	0.0149	0.0030	0.0580		0.0021	0.0040	0.0087	0.0036	0.0087	0.0000
SM22	0.0149	0.0030	0.0551	0.0030		0.0040	0.0086	0.0042	0.0086	0.0021
SM19	0.0104	0.0104	0.0580	0.0104	0.0104		0.0087	0.0026	0.0089	0.0040
SM23	0.0521	0.0521	0.0119	0.0521	0.0521	0.0521		0.0086	0.0089	0.0087
SM20	0.0089	0.0119	0.0565	0.0089	0.0119	0.0045	0.0506		0.0087	0.0036
SM17	0.0595	0.0565	0.0595	0.0595	0.0565	0.0595	0.0625	0.0580		0.0087
SM16	0.0149	0.0030	0.0580	0.0000	0.0030	0.0104	0.0521	0.0089	0.0595	

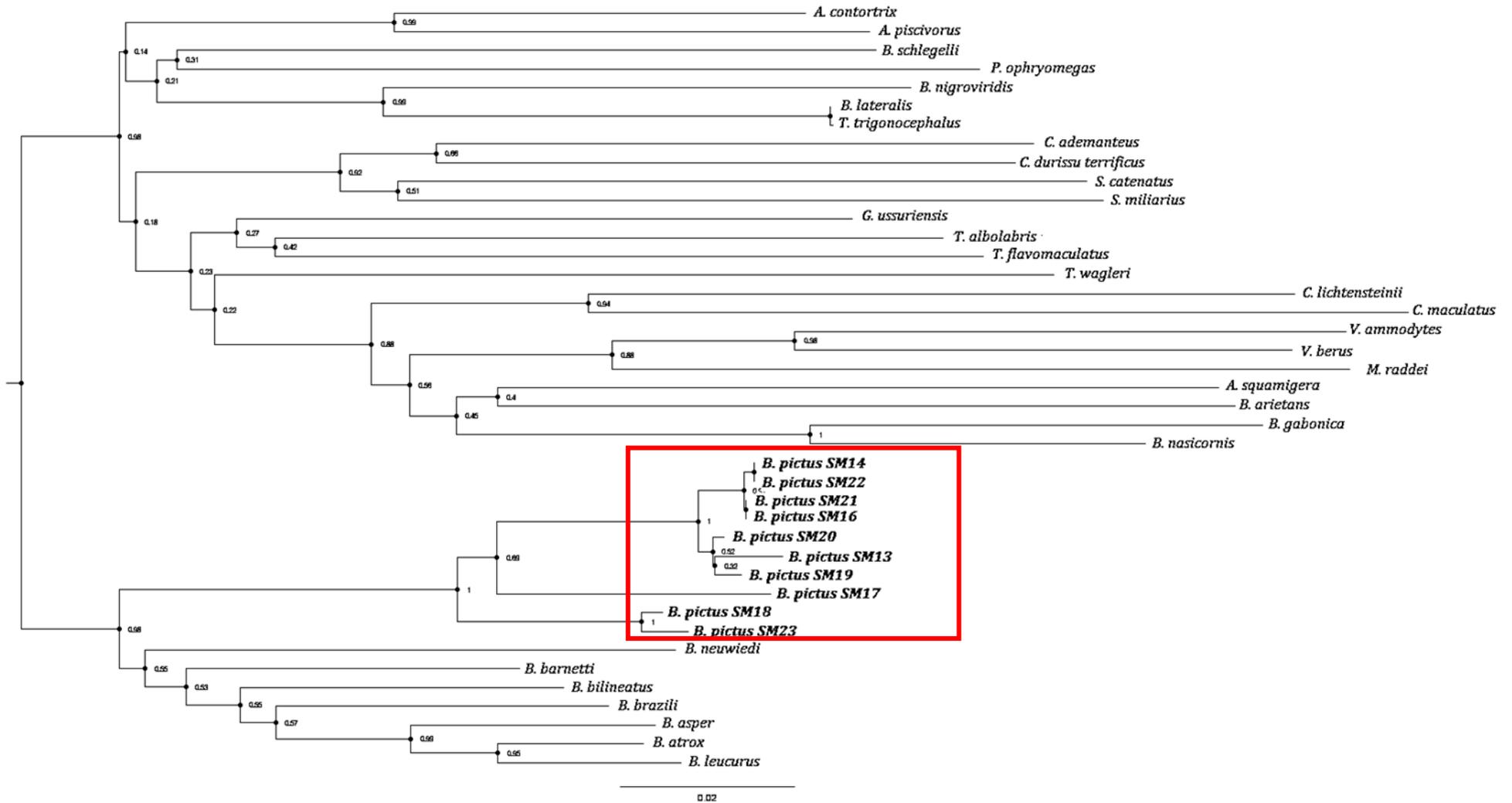
\* En negro los valores de desviación. En azul se presenta los valores de error estándar.

Los análisis de polimorfismo para este marcador arrojaron una diversidad haplotípica ( $H_d$ ) de 0.978, con la presencia de 9 haplotipos siendo los especímenes SM16 y SM21 pertenecientes al mismo haplotipo. Por otro lado, la diversidad nucleotídica ( $P_i$ ) fue de 0.033 y un valor de Tes't de neutralidad por Tajima ( $D$ )= -0.37621, fue no significativa ( $p > 0.10$ ).

En cuanto al análisis filogenético, todos los especímenes de *B. pictus* conformaron un clado bien definido. Este resultado es reiterativo para los análisis por ML (Figura N° 5), NJ (Figura N° 6) y confirmado por análisis bayesiano (Figura N° 7). Nuevamente, dentro del clado los especímenes SM18 y SM23, se agruparon independiente de los demás especímenes.



**Figura N° 5. Análisis filogenético de *Bothrops pictus* por el método de *Maximun Likelihood* empleando el marcador COI. Dentro del cuadrado rojo se muestran los especímenes del Serpentario Oswaldo Meneses – MHN- UNMSM. Los números en los nodos son los valores de soporte. Los códigos de acceso (GenBank) de las especies mostradas se encuentran en la Tabla 5.**



**Figura N ° 6. Análisis filogenético de *Bothrops pictus* por el método de *Neighbor-Joining* empleando el marcador COI.** Dentro del cuadrado rojo se muestran los especímenes del Serpentario Oswaldo Meneses – MHN- UNMSM. Los números en los nodos son los valores de soporte. Los códigos de acceso (GenBank) de las especies mostradas se encuentran en la Tabla 5.



**Figura N° 7. Análisis bayesiano de los especímenes de *Bothrops pictus* en relación a otras especies y géneros de vipéridos empleando el marcador COI. Dentro del cuadrado rojo se muestran los especímenes del Serpentario Oswaldo Meneses – MHN-UNMSM. Los números en los nodos son los valores de soporte. Los códigos de acceso (GenBank) de las especies mostradas se encuentran en la Tabla 5.**

## VII. DISCUSION

### Comparación de las variables según la especie

Para la comparación de cada una de las variables según la especie, se aplicaron en primer lugar pruebas de normalidad (Tabla 8), con la finalidad de verificar si los datos obtenidos han sido recogidos de poblaciones con distribución normal.

Para ello se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov Simirnov para los datos pertenecientes a la especie *Bothrops pictus* debido a que, esta prueba se aplica para variables con más de 30 datos. Para la especie *Bothrops roedingeri* se aplicó la prueba de Shapiro Wilks, debido a que las variables sólo presentan 9 datos. Se contrastan las siguientes hipótesis estadísticas:

$H_0$ : Los datos provienen de una población con distribución normal.

$H_1$ : Los datos no provienen de una población con distribución normal.

A un nivel de significancia de 0.05 lo que se busca es no rechazar la hipótesis nula.

De acuerdo a los resultados obtenidos para la especie *Bothrops pictus* se puede afirmar que sólo los datos correspondientes a las variables longitud de la cola ( $p = 0.193$ ), longitud rostro-cloacal ( $p = 0.064$ ) y número de escamas sub caudales ( $p = 0.088$ ) presentan distribución normal ( $p > 0.05$ ), mientras que el resto de las variables analizadas no presentan distribución normal.

Para la especie *Bothrops roedingeri* las únicas variables que no presentan distribución normal son: número de escamas anterior ( $p = 0.028$ ), número de escamas posterior ( $p = 0.018$ ) y el número de escamas supra oculares ( $p = 0.000$ ) ya que en cada uno de las variables mencionadas se rechaza la hipótesis nula ( $p \leq 0.000$ ) mientras que, el resto de variables presenta distribución normal ( $p > 0.193$ ).

**Tabla 8: Pruebas de Normalidad de Kolmogorov Smirnov y Shapiro Wilks, según especie.**

Variable	<i>B. pictus</i>			<i>B. roedingeri</i>		
	n	Kolmogorov Smirnov	p valor	n	Shapiro Wilks	p valor
Longitud						
<i>Cabeza</i>	47	0.158	0.005	9	0.934	0.518
<i>Cola</i>	38	0.119	0.193	9	0.966	0.862
<i>Rostró Cloacal</i>	37	0.140	0.064	9	0.958	0.778
Número de Escamas						
<i>Anterior</i>	46	0.157	0.006	9	0.813	0.028
<i>Medio</i>	47	0.215	0.000	9	0.913	0.338
<i>Posterior</i>	40	0.273	0.000	9	0.795	0.018
<i>Ventrales</i>	38	0.391	0.000	9	0.990	0.996
<i>Infralabiales</i>	47	0.176	0.001	9	0.933	0.510
<i>Supralabiales</i>	47	0.320	0.000	9	0.873	0.132
<i>Inter supra oculares</i>	47	0.245	0.000	8	0.566	0.000
<i>Sub caudales</i>	36	0.136	0.088	8	0.914	0.385

Observando los resultados de la prueba U de Mann Whitney (Tabla 9) concluimos que sólo se observan diferencias estadísticamente significativas al comparar las dos especies en las variables: longitud de la cabeza ( $p = 0.025$ ), longitud rostro-cloacal ( $p = 0.035$ ), el número de escamas posterior ( $p = 0.003$ ) y el número de escamas supra labiales ( $p = 0.042$ ), a un nivel de significancia de 0.05; mientras que en las otras variables no se puede afirmar que existen diferencias.

**Tabla 9: Resultados de la Prueba U de Mann Whitney.**

Variable	<i>B. pictus</i>		<i>B. roedingeri</i>		U Mann Whitney	p valor
	Rangos Promedios	Suma de Rangos	Rangos Promedios	Suma de Rangos		
Longitud						
<i>Cabeza</i>	26.37	1239.50	39.61	356.50	111.50	0.025 **
<i>Cola</i>	22.51	855.50	30.28	272.50	114.50	0.126
<i>Rostró Cloacal</i>	21.45	793.50	31.94	287.50	90.50	0.035 **
Número de Escamas						
<i>Anterior</i>	26.67	1227.00	34.78	313.00	146.00	0.157
<i>Medio</i>	26.70	1255.00	37.89	341.00	127.00	0.054
<i>Posterior</i>	22.21	888.50	37.39	336.50	68.50	0.003 **
<i>Ventrales</i>	22.58	858.00	30.00	270.00	117.00	0.143

<i>Infra labiales</i>	27.83	1308.00	32.00	288.00	180.00	0.471
<i>Supra labiales</i>	26.72	1256.00	37.78	340.00	128.00	0.042 **
<i>Inter supra oculares</i>	26.40	1241.00	37.38	299.00	113.00	0.054
<i>Sub caudales</i>	24.10	867.50	15.31	122.50	86.50	0.078

\*\* Significativo a un nivel de 0,05

### Análisis Discriminante

De acuerdo a los resultados observados en la Tabla 9A, se puede concluir que, la única variable en que las especies difieren es en el número de escamas posteriores ( $p = 0.000$ ), a un nivel de significancia de 0.05, mientras que en el resto de variables no se puede concluir que existan diferencias significativas.

**Tabla 9A: Resultado de las pruebas de igualdad de medias entre los grupos.**

Variable	Lambda de Wilks	Estadístico F	p valor
Longitud			
<i>Cabeza</i>	0.929	2.836	0.101
<i>Cola</i>	0.968	1.218	0.277
<i>Rostró Cloacal</i>	0.906	1.755	0.058
Número de Escamas			
<i>Anterior</i>	0.955	1.755	0.193
<i>Medio</i>	0.944	2.179	0.148
<i>Posterior</i>	0.687	16.837	0.000 **
<i>Ventrales</i>	0.978	0.835	0.367
<i>Infralabiales</i>	0.991	0.353	0.556
<i>Supralabiales</i>	0.950	1.940	0.172
<i>Inter supra oculares</i>	0.936	2.546	0.119
<i>Sub caudales</i>	0.915	3.443	0.072

Seguidamente se verifica el supuesto de que todos los grupos proceden de la misma población y más concretamente que las matrices de varianzas covarianzas poblacionales correspondientes a cada grupo son iguales entre sí. En la Tabla 10, se presenta el estadístico M de Box y su transformación a un estadístico F.

El resultado de la prueba permite no rechazar la hipótesis de igualdad de matrices de varianza - covarianza ( $p = 0.122$ ) por tanto, no se puede concluir que una de las especies difiere de la otra, a un nivel de significancia de 0.05.

**Tabla 10: Resultados de la Prueba M de Box para el contraste de igualdad de matrices de varianzas - convarianzas**

Prueba M de Box	Valores
<i>M de Box</i>	2.524
<i>F</i>	2.391
<i>p valor</i>	0.122

### Resumen de la Función Discriminante Canónica

Al observar los resultados del autovalor (0.455) y la correlación canónica (Tabla 11) podemos concluir que existe una única función discriminante que permite en forma significativa clasificar a las serpientes en las dos especies *Bothrops pictus* y *Bothrops roedingeri* ( $p = 0.000$ ). La Tabla 12 presenta el valor del estadístico Lambda de Wilks (0.687), al analizarlo permite concluir que aunque la función discriminante pronostica la pertenencia a los grupos, no todas las variables que se han tomado en cuenta sirven para tal fin. Su valor denota muchas similitudes entre las especies y por lo tanto, se debería de verificar cuál o cuáles de las variables incluidas en el análisis determina mejor la diferencia entre los grupos.

**Tabla 11: Autovalores de la función discriminante**

Función	Autovalor	% Varianza Acumulado	Correlación Canónica
<i>1</i>	0.455	100.00	0.559

**Tabla 12: Valor del Lambda de Wilks de la Función Discriminante**

Función	Valor del Lambda de Wilks	Chi cuadrado	p valor
<i>1</i>	0.687	13.689	0.000

La tabla 13 nos indica cuál de las variables independientes se consideran como significativas para el modelo discriminante. Para ello se utiliza el valor del Lambda de Wilks y su transformación al estadístico F para incluir variables (criterio de entrada). Las notas a pie de tabla indican los valores del estadístico F que se ha utilizado para tomar en cuenta una variable o en su defecto para excluirla del análisis. De acuerdo a los resultados observados, podemos concluir que la única variable que discrimina es el número de escamas dorsales posteriores

**Tabla 13: Variables Incluidas en el Análisis.**

Pasos	Variable	Lambda de Wilks	Estadístico F	p valor
1	Número de Escamas Dorsales posteriores	0.687	16.837	0.000

*En cada paso, ingresa la variable que minimiza el valor Lambda de Wilks*

*F mínimo para entrar es 3.84*

*F máximo para eliminar es 2.71*

Al comparar la proporción de la cabeza (Tabla 14) con el largo total del cuerpo observamos que, la proporción de la cabeza con el resto del cuerpo de la especie *B. roedingeri* es de 0.049; para la especie *B. pictus* la proporción es de 0.038. Al comparar las proporciones observamos que hubo evidencia estadísticamente significativa para afirmar que las proporciones son diferentes para ambas especies ( $p = 0.192$ ), a un nivel de significancia de 0.05.

**Tabla 14: Comparación de la proporción de la cabeza con el largo total del cuerpo, según especie.**

Especies	Tamaño de la muestra	Proporción	I. C. 95%	p valor
<i>B. pictus</i>	46	0.038	0.032 - 0.045	0.192
<i>B. roedingeri</i>	9	0.049	0.043 - 0.054	

El empleo de los marcadores mitocondriales ha ido incrementándose a lo largo de los años, esto debido a que la identificación basada en el ADN es efectiva para los estudios de investigación sistemática, evaluaciones de biodiversidad e inclusive para análisis forenses (Dubey et al., 2011; Tyagi et al., 2019). En el campo de la herpetología los estudios moleculares complementan mucho a la taxonomía clásica (por morfología) y permite identificar serpientes, resolver conflictos taxonómicos y determinar cuan variable es una población ofídica (Nagy et al., 2012; Chambers y Hebert, 2016) como es el caso de la presente tesis.

Para ambos marcadores empleados en el presente trabajo, la diversidad haplotípica y la diversidad nucleotídica han sido elevadas. Esto podría hacer referencia de que las poblaciones de *B. pictus* no están estructuradas y que existe una variabilidad génica significativa. No obstante, a pesar de este hecho, los marcadores Cyt b y COI han permitido conocer el estado monofilético de la especie *B. pictus*, máxime cuando los especímenes empleados no son consanguíneos.

Los altos valores de diversidad presente en esta tesis son congruentes con resultados obtenidos para otras especies como la Cobra Real (*Ophiophagus hannah*) que con 13 secuencias analizadas presenta 12 haplotipos y 37 sitios polimórficos que resultan en una diversidad haplotípica de 0.989. Otra especie de serpiente *Bungarus fasciatus* (*Elapidae*), muestra una diversidad haplotípica de = 0.885 con 9 haplotipos presentes de las 14 secuencias analizadas; ambos análisis empleando el marcado Cyt b (Kundu et al, 2020).

Por otro lado, el análisis filogenético ubica a *B. pictus* como monofilético dentro del clado del género *Bothrops*; sin embargo, no está integrado dentro del grupo *Bothrops* cuando es analizado con el marcador Cyt b. Carrasco et al (2012) indican que *B. pictus* pertenece al complejo *alternatus* junto con las otras dos especies costeras *B. barnetti* y *B. roedingeri* (considerados como *incertae sedis*). La topología del árbol que muestra los autores son semejantes a la obtenida en el

presente trabajo, en aquel trabajo *B. pictus* es una especie hermana con *B. roedingeri*, asumiendo que ambas especies son taxonómicamente similares corroborando la similitud morfológica encontrada en esta investigación y que es externa a las otras especies del género *Bothrops*. Resultan interesantes las conclusiones de Carrasco *et al.* (2012) al señalar que *B. pictus* está más asociado a especies actualmente designadas como *Bothrops* pero que antiguamente eran designadas como los géneros *Rhinocerophis* y *Bothropoides* (Carrasco *et al.* 2012) y que se mantienen separados del género *Bothrops sensu stricto*.

En esta tesis se presenta por primera vez el análisis de la filogenia de *B. pictus* empleando al marcador COI. Este marcador tiene un comportamiento diferente al Cyt b y produce la inclusión de *B. pictus* dentro del grupo *Bothrops*. Este marcador es utilizado en el desarrollo de códigos de barras de DNA o Barcoding para la identificación de especies por su alta tasa de sustitución, presentando variación de su secuencia entre especies del mismo género. Las diferencias de secuencia de COI son demasiado pequeñas para ser detectadas entre especies estrechamente relacionadas, normalmente se detecta más del 2% de divergencia entre especies estrechamente relacionadas (Hebert *et al.*, 2003a; Hebert *et al.*, 2003b; Luo *et al.*, 2011), por lo que su uso en el presente estudio refuerza los datos obtenidos con el Cyt b y permite concluir la monofilia de los especímenes evaluados.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Con los datos analizados para las especies *Bothrops pictus* y *Bothrops roedingeri* se observa que no existe diferencia significativa a nivel morfológico, por lo tanto se concluye que es la misma especie, y que no existe características para diferenciarlas a ese nivel.
2. La distribución de ambas especies de este estudio, muestran las mismas localidades y hábitats correspondientes al desierto costero y serranía esteparia.
3. Filogenéticamente, *Bothrops pictus* se presenta como un grupo monofilético, asimismo, se evidencia una significativa variabilidad intraespecífica.

## IX. RECOMENDACIONES

1. Es necesario continuar los estudios de los vipéridos peruanos de este trabajo a nivel molecular, para determinar si realmente se pueden diferenciar o caso contrario sinonimizar *Bothrops roedingeri* a *B. pictus*, ya que según las evidencias halladas en el presente trabajo nos indica que es la misma especie con una amplia variación en su coloración y diseño de manchas.
2. Obtener más muestras de especímenes provenientes de localidades poco conocidas como Pullo (Ayacucho), lo cual nos hace suponer que dentro de los diversos valles interandinos estas poblaciones de serpientes lograron especializarse y constituir una población estable con sus características propias.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **ÁBALOS J. 1977.** ¿Qué sabe usted de las víboras? Editorial Losada S.A. Buenos Aires, Argentina.
2. **AGUILAR C., LUNDBERG M., SIU-TING K., JIMENEZ M.E. 2007.** New records for the herpetofauna of Lima, description of *Telmatobius rimac* Schmidt, 1954 tadpole (Anura: Ceratophryidae) and a key to the amphibians. *Rev. peru. biol.* 14(2): 209-216. Diciembre 2007.
3. **AMARAL C.F. 1985.** Renal cortical necrosis following *Bothrops jararaca* and *B. jararacussu* snake bite. *Toxicon*.
4. **ASENCIOS H. y F. CUTTI. 1995.** Distribución geográfica de la fauna ofídica ponzoñosa en el Perú. En: Boletín de Lima N° 97, pp 91-96.
5. **BORGES R.C. 2001.** Serpentes peçonhentas brasileiras: manual de identificação, prevenção e procedimentos em caso de acidentes. Editora Atheneu. São Paulo, Brasil.
6. **CABRERA T. 1998.** Evolución del aparato venenoso de las serpientes. Colombia. En: <http://www.inf.bme.hu/~zi/venser.htm>
7. **CAMPBELL J.A. y S.P. CHRISTMAN. 1982.** Field techniques for herpetofaunal community analysis. In N.J. SCOTT, JR (ed). *Herpetological Communities: a Symposium of the Society for the Study of Amphibians and Reptiles and the Herpetologist's League*. U.S. Fish Wild. Serv. Wildl. Res. Rep. 13.
8. **CAMPBELL J.A. y W.W. LAMAR. 1989.** The venomous reptiles of Latin America. The Herpetologist leaguem (pub) Museum Natural History. Pittsburg. USA.
9. **CAMPBELL J.A. y W.W. LAMAR. 2004.** The venomous reptiles of the Western Hemisphere. Comstock/ Cornell University Press. Ithaca. New York. 870 p.
10. **CARDENAS J., PESANTES O., LAZO F. y YARLEQUE A. 2012.** Diferenciación taxonómica y bioquímica de las serpientes venenosas de costa *Bothrops pictus* y *Bothrops roedingeri* (Viperidae: Crotalinae). Congreso XXI RC ICBAR, Resúmenes Biodiversidad, Agosto 2012.
11. **CARDOSO J. FRANCA F., WEN F.H, SANT'ANA C, HADDAD V. 2009.** Animais peçonhentos no Brasil: Biologia, clínica e terapêutica dos acidentes. SARVIER. Sao Paulo. Brasil.

12. **CARRASCO, P. A., VENEGAS, P. J., CHAPARRO, J. C., & SCROCCHI, G. J. (2016).** Nomenclatural instability in the venomous snakes of the *Bothrops* complex: Implications in toxinology and public health. *Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology*, 119, 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2016.05.014>
13. **CARRASCO P.A., MATTONI C.I., LEYNAUD G.C., SCROCCHI G.J. 2012.** Morphology, phylogeny and taxonomy of South American bothropoid pitvipers (Serpentes, Viperidae). *Zool. Scr.* 41: 109-124.
14. **CARRILLO N. 1983.** Contribución al conocimiento de las serpientes venenosas del Perú de las familias Viperidae, Elapidae e Hydrophiidae (Ophidae: Iguanidae). *Public. Mus. Hist. Nat. (UNMSM). (A)* 30: 1-55 .
15. **CARRILLO DE ESPINOZA N; J. ICOCHEA. 1995.** Lista Taxonómica Preliminar de los reptiles vivientes del Perú. *Publicaciones del Museo de Historia Natural – Universidad Nacional Mayor de San Marcos N° 49:* 1-27.
16. **CASTOE, T.A., PARKINSON, C.L. (2006):** Bayesian mixed models and the phylogeny of pitvipers (Viperidae: Serpentes). *Mol. Phylogenet. Evol.* 39: 91–110.
17. **CHAMBERS EA, HEBERT PD. 2016.** Assessing DNA barcodes for species identification in North American reptiles and amphibians in natural history collections. *PLOS One.* 11(4):e0154363
18. **DOS SANTOS-COSTA M.C. y A.L.D. PRUDENTE. 2003.** História Natural das serpentes da Estação Científica Ferreira Penna, Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço, Pará, Brasil. Em: *Dez anos de Pesquisa na Amazonia. Estação Científica Ferreira Penna. Pará. Brasil.*
19. **DOWLING H.G. 1951.** A proposed standard system of counting ventral in snakes. *British Journal of Herpetology* 1: 97-99.
20. **DUARTE M.R. 1999.** Microhabitat e relações térmicas da jararaca ilhoa *Bothrops insularis* (Serpentes, Viperidae). *Dissertação apresentada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu. Brasil.*
21. **DUBEY B, MEGANATHAN PR, HAQUE I. 2011.** DNA mini-barcoding: an approach for forensic identification of some endangered Indian snake species. *Forensic Sci Int Genet.* 5(3):181–184
22. **FANTI E. 2003.** Manejo de reptiles, anfibios y artrópodos venenosos. *Ophiolab S.A. Laboratorio de Herpetología y Producción de venenos. México.* En: <http://www.udlap.mx/-herpetos/curso.htm>

23. **FENWICK, A.M, GUTBERLET, R.L., EVANS, J.A., PARKINSON, C.L. (2009):** Morphological and molecular evidence for phylogeny and classification of South American pitvipers, genera *Bothrops*, *Bothropsis*, and *Bothrocophias* (Serpentes: Viperidae). *Zool. J. Linn. Soc.* 156: 617–640.
  
24. **GUTBERLET R.L Jr, HARVEY MB. 2002.** Phylogenetic relationships of New World pitvipers as inferred from anatomical evidence. In: SCHUETT G.W., HOGGREN M., DOUGLAS M.E., GREENE H.W. (eds) 2002. *Biology of the Vipers*. Eagle Mountain Publishing. Utah.
  
25. **GUTIERREZ J.M., WILLIAMS D., FAN H.W. y WARREL D. 2010.** Snakebite envenoming from a global perspective: Towards an integrated approach. *Toxicon* 56 (2010) 1223-1235.
  
26. **HEBERT, P. D. N., CYWINSKA, A., & BALL, S. L. (2003A).** Barcode of Life: Identifying Species with DNA Barcoding Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1512), 313-321.
  
27. **HEBERT P., RATNASINGHAM S, DE WAARD J. (2003B)** Barcoding Animal Life: Cytochrome c Oxidase Subunit 1 Divergences Among Closely Related Species. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270 (S96S99).
  
28. **INSTITUTO NACIONAL DE SALUD DE COLOMBIA. 2004.** Accidentes ofídicos. Colombia. En: <http://www.ins.gob.co>
  
29. **INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. 2000.** Ofidismo Módulo Técnico. Editor: MANRIQUE H. Lima – Perú.  
En: [http://bvs.minsa.gob.pe/local/OGEI/807\\_MS-OGE115.pdf](http://bvs.minsa.gob.pe/local/OGEI/807_MS-OGE115.pdf)
  
30. **KATOH, K., & STANDLEY, D. M. (2013).** MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Molecular biology and evolution*, 30(4), 772-780.
  
31. **KATOH, H., & NEGISHI, M. (2003).** RhoG activates Rac1 by direct interaction with the Dock180-binding protein Elmo. *Nature*, 424(6947), 461-464.
  
32. **KUNDU S, LALREMSANGA HT, TYAGI K, BIAKZUALA L, KUMAR V, CHANDRA K. 2020.** Mitochondrial DNA discriminates distinct population of two deadly snakes (Reptilia: Elapidae) in Northeast India. *Mitochondrial DNA Part B*. 5(2):1530–1534.
  
33. **LAMA J.E. 1991.** Ofidismo en cuatro hospitales de Lima: Estudio retrospectivo de la casuística de cuatro Hospitales Generales de Lima –

- Perú. 1970 – 1990. Tesis para optar el grado de Bachiller. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima – Perú.
34. **LOMELI M.G., R. TAMAYO. 2004.** Serpientes. México. En:  
[http://www.sagangea.org/hojared\\_biodiversidad/paginas/hoja2tl.html](http://www.sagangea.org/hojared_biodiversidad/paginas/hoja2tl.html)
  35. **LUMBRERAS L. 1990.** Los orígenes de la civilización en el Perú. Perú.
  36. **LUO A, ZHANG A, HO S, XU W, ZHANG Y, SHI W. (2011).** Potential Efficacy of Mitochondrial Genes for Animal DNA Barcoding: A Case Study Using Eutherian Mammals. *BMC Genomics*. 12(1):84.
  37. **MAGUIÑA C.; C. HENRÍQUEZ; L. ILQUIMICHE; R. MOSTORINO; E. GOTUZZO; P. LEGUA; J. ECHEVARRIA y C. SEAS. 1998.** Ofidismo por *Bothrops pictus* en el Hospital Nacional Cayetano Heredia: Estudio prospectivo de 23 casos. *Dermatología Tropical*. En: *Folia Dermatológica Peruana*. Vol 9 N° 1-2. Marzo-Junio 1 998. Lima, Perú.
  38. **MARTINS, M. y M.E. OLIVEIRA. 1998.** Natural History of Snakes in Forests of the Manaus Region, Central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History* 6:78-150.
  39. **MENESES O. 1974.** Los animales venenosos y sus peligros. Instituto de Salud Pública. Lima – Perú. Publicación N°2.
  40. **MESÍA M. 1996.** Purificación y caracterización bioquímica de la enzima similar a trombina del veneno de la serpiente *Bothrops pictus* “jergón de la Costa”. Tesis para optar el Título de Licenciado en Biología con mención en microbiología y parasitología. UNMSM. Lima-Perú.
  41. **MESÍA M., LAZO F., YARLEQUE A. 2011.** Purificación y caracterización de un nuevo principio coagulante del veneno de la serpiente peruana *Bothrops pictus*. *Rev Soc Quím Perú* 77 (3) 2011.
  42. **MESQUITA O.D. 1997.** Biometría, folidose e ecologia de população de *Bothrops alternatus* (Duméril, Bibron y Duméril, 1854) (Serpentes – Croatalinae) da zona geográfica do Triangulo e Alto Paranaíba – Minas Gerais. Tese apresentada à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas. Uberlândia, Minas Gerais. Brasil.
  43. **MINISTERIO DE SALUD. 2014.** Boletín epidemiológico Lima Vol 23 (Semana Epidemiológica N°04). Lima. Perú.
  44. **NAVARRETE M., SILVA W., VARGAS E. 2010.** Las serpientes venenosas de importancia en la salud pública del Perú. *REDVET Revista electrónica*

veterinaria de veterinaria. 1695-7504. 2010 Volumen 11, N° 07. Julio 2010.  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070710/071011.pdf>

45. **NAGY ZT, SONET G, GLAW F, VENCES M. 2012.** First large-scale dna barcoding assessment of reptiles in the biodiversity hotspot of madagascar, based on newly designed COI primers. PLOS One. 7(3):e34506
46. **NGUYEN, H. T., NGUYEN, N. C., CHEN, S. S., NGO, H. H., GUO, W., & LI, C. W. (2015).** A new class of draw solutions for minimizing reverse salt flux to improve forward osmosis desalination. Science of the Total Environment, 538, 129-136.
47. **OLASCOAGA M. 1987.** Estudio del veneno de *Bothrops pictus*: Bioquímica, toxicidad, neutralización y efectos biológicos. Tesis para optar el Título de Licenciado en Biología. UNALM. Lima-Perú.
48. **PARKINSON, C. L., CAMPBELL, J. A., CHIPINDALE, P. T., & SCHUETT, G. (2002).** Multigene phylogenetic analysis of pitvipers, with comments on their biogeography. Biology of the Vipers, 9, 3-110.
49. **PESANTES O. 2000.** Prevención y tratamiento de accidentes por serpientes venenosas. Oficina de Relaciones Públicas. SEDAPAL. Lima, Perú.
50. **PETERS J.A. 1964.** Dictionary of Herpetology – a brief and meaningful definition of words and terms used in Herpetology. New York, Hafner Publishing Company 392 pp.
51. **RAMBAUT, A., DRUMMOND, A. J., XIE, D., BAELE, G., & SUCHARD, M. A. (2018).** Posterior summarization in Bayesian phylogenetics using Tracer 1.7. Systematic biology, 67(5), 901.
52. **Reptile-Database 2022** en: <http://reptile-database.reptarium.cz>
53. **RODRIGUEZ L. 1996.** Diversidad Biológica del Perú. Zonas prioritarias para su conservación. Proyecto Fanpe GTZ – INRENA. Lima, Perú.
54. **RONQUIST, F., TESLENKO, M., VAN DER MARK, P., AYRES, D. L., DARLING, A., HÖHNA, S., ... & HUELSENBECK, J. P. (2012).** MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. Systematic biology, 61(3), 539-542.
55. **RUSSEL F. 1983.** Snake Venos Poisoning. Scholium Internacional Inc. New York, USA.

56. **SALOMAO M. G., WÜSTER W, THORPE R.S., TOUZET J-M y BBBSP. 1997.** DNA evolution of South American pitvipers of the genus *Bothrops* (Reptilia: Serpentes: Viperidae). Symp. Zool. Soc. Lon. No. 70: 89-98.
57. **SALOMAO M. G., WÜSTER W, THORPE R.S., TOUZET J-M y BBBSP. 1999.** MtDNA phylogeny of neotropical pitvipers of the genus *Bothrops* (Squamata: Serpentes. Kaupia 8, 127 – 134.
58. **SAWAYA J.R. 2003.** História Natural e ecologia das serpentes do cerrado da Região de Itirapina, SP. Tese apresentada ao Instituto de Biologia da universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de Doutor em Ecologia.
59. **TYAGI K, KUMAR V, KUNDU S, PAKRASHI A, PRASAD P, CALEB JTD, CHANDRA K. 2019.** Identification of Indian spiders through DNA barcoding: cryptic species and species complex. Sci Rep. 9(1):14033
60. **VALENCIA N. 1992.** Los Bosques Nublados Secos en la vertiente occidental de los Andes del Perú. Memorias del Museo de Historia Natural. UNMSM. Lima: 21: 155-170.
61. **VILLANUEVA M.; C. MAGUIÑA; M. CABADA; J. DEMARINI; H. ALVAREZ; E. GOTUZZO. 2004.** Ofidismo en la provincia de Chanchamayo, Junín. Revisión de 170 casos consecutivos en el Hospital de Apoyo de La Merced. Rev. Med. Hered. 15(2).
62. **WEBERBAUER A. 1945.** El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos (estudios fitogeográficos). Ministerio de Agricultura. Lima, Perú.
63. **WERMANN S.D. 1992.** Phylogenetic relationships of Central and South American pitvipers of the genus *Bothrops* (sensu lato): cladistic analysis of biochemical and anatomical characters. In J.A. Campbell & E.D. Brodie (Eds) Biology of the Pitvipers (pp. 21-40). Tyler, TX: Selva.
64. **WÜSTER W, SALOMAO M.G, QUIJADA-MASCAREÑAS A, THORPE R.S. & BBBSP. 2002.** Origins and evolution of the South American Pitviper Fauna: Evidence from mitochondrial DNA sequence analysis. In SCHUETT G.W., HOGGREN M., DOUGLAS M.E., GREENE H.W. (eds) 2002. Biology of the Vipers. Eagle Mountain Publishing. Utah.
65. **YARLEQUÉ A. 2000.** Las serpientes peruanas y sus venenos. Fondo editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
66. **ZAVALETA A. y M. SALAS. 1996.** Ofidismo. Envenenamiento por mordedura de serpientes. Separata Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.

## XI. ANEXOS.

### Observaciones sobre el manejo en cautiverio del Jergón de costa.

El 50% de las serpientes *B. pictus* tuvo en promedio un tiempo de cautividad de 117.84 días, siendo este menor con respecto a la especie *B. roedingeri* en donde observamos que el 50% de las serpientes correspondientes a esta especie fue de 133.64 días.

**Tabla 15: Tiempo mediano de cautividad (en días), según especie.**

Especie	Mediana	IC 95%
<i>B. pictus</i>	117.84	820.042 - 1281.958
<i>B. roedingeri</i>	133.64	230.058 - 753.942

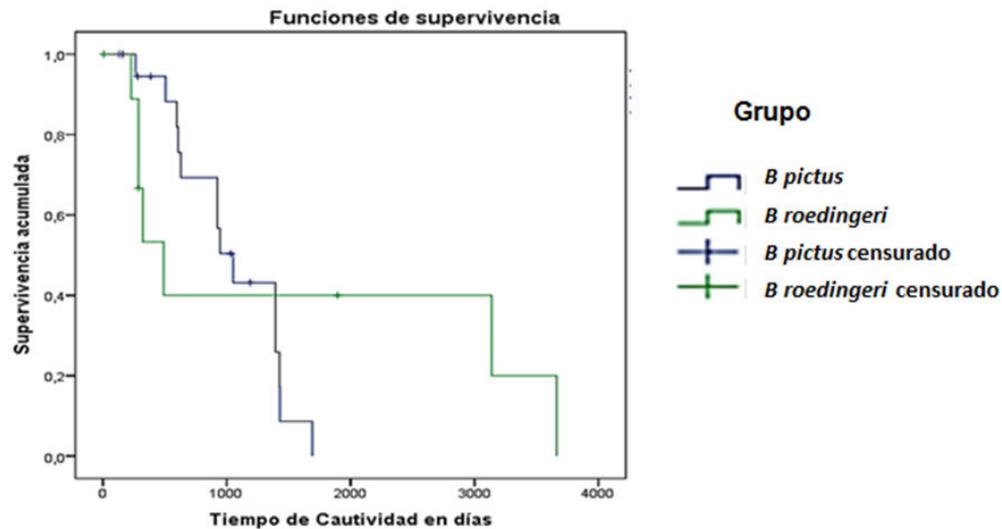
Al comparar las curvas de distribución con las de sobrevivencia donde se prueba la hipótesis nula de igualdad de curvas; observamos que los resultados en las tres pruebas, no se rechaza la hipótesis nula de igualdad ( $p > 0.05$ ) por lo que se concluye que, no existe suficiente evidencia para afirmar que las curvas son diferentes, a un nivel de significancia de 0.05.

**Tabla 16: Resultados de las pruebas de igualdad de distribuciones de las curvas de supervivencia para las dos especies.**

Pruebas	Chi cuadrado	p valor
Long Rank	0.316	0.574
Breslow	1.150	0.284
Tarone Ware	0.145	0.703

Al comparar las curvas de sobrevivencia para las dos especies (Gráfico 1), observamos que estas se cruzan al inicio del periodo y casi a la mitad del mismo concluyéndose que no existe evidencia para afirmar que las curvas son diferentes.

**Gráfico 1: Función de supervivencia para los tiempos de cautividad según especie.**



En la revisión de las fichas clínicas y registros del serpentario del INS se pudo observar que la temperatura de mantenimiento osciló entre los 22 a 28 °C, siendo los meses de junio a agosto, con los registros de 22 a 24 °C, de esta forma se estimuló al desarrollo de las gónadas para la reproducción en cautiverio.

En los meses de setiembre a octubre, se registró copulas entre los ejemplares de *B. pictus* y *B. roedingeri* y luego de 5 meses aproximadamente, se obtuvieron nacimiento de ambas especies (Foto 1), las cuales estuvieron en buenas condiciones de salud y se esperó la primera muda para ofrecerles el alimento que consistió, en ratones lactantes de 01 día de edad. También se pudo constatar la habilidad para alimentarse en cautividad, siendo la frecuencia de alimentación cada 10 días.



Foto 3. Nacimiento de jergón de Costa en el serpentario del INS.



© Andre Baertschi | wildtropix.com

Foto 4. Ejemplar cría de *Bothrops pictus* (Foto: Andre Baertschi).

En ejemplares adultos, la alimentación consistió en 01 ratón adulto cada 30 días. El manejo diario, consistió en la limpieza de las jaulas y el registro de las actividades realizadas en los formatos del SOM-INS.

El control sanitario de los animales consistió en un programa de desparasitación interna con Fenbendazol 100mg/kg vía oral, dos veces al año y la administración de vitaminas del complejo B a dosis de 1ml/litro de agua de bebida durante las fechas que se realizaba el control sanitario.

En cuanto a la extracción del veneno, se realizó cada dos meses y se desinfectaba la mucosa oral cada vez que se realizaba dicho proceso para evitar los cuadros de estomatitis. Los animales no fueron anestesiados durante el proceso de extracción de veneno.

Se colectaron muestras de escamas ventrales de los ejemplares mantenidos en el SOM-UNMSM para realizar el estudio molecular y establecer si existen dos especies identificadas como jergón de Costa *Bothrops pictus* y *Bothrops roedingeri*.



**Foto 5. Ejemplares de Jergón de Costa del serpentario Oswaldo Meneses de la UNMSM, observe la variación en su coloración.**

Mapa N° 1. Distribución del jergón de Costa por ecoregiones y altitud.

