

# Facultad de Ciencias

## Departamento de Estadística

Carrera Ingeniería Estadística

### PROYECTO TÍTULO II

- Asignatura : Proyecto de Título II (220068)
- Título : “Análisis estadístico del género *Microlophus* según sus características termorregulatorias asociadas al efecto latitudinal a través de árboles de decisión y redes neuronales.”
- Realizado por : Claudia Faúndez Olivares.
- Profesor Guía : Francisco Novoa Muñoz.
- Profesor Co-Guía : Marcela Vidal Maldonado.
- Semestre : Primer semestre 2018



## Índice

<b>Agradecimientos</b> .....	1
<b>Resumen</b> .....	2
<b>Introducción</b> .....	3
<b>Objetivos del estudio</b> .....	4
<b>Objetivo general</b> .....	4
<b>Objetivos específicos</b> .....	4
<b>Metodología</b> .....	5
<b>Resultados</b> .....	6
<b>Análisis Exploratorio</b> .....	6
Sección 1. Análisis exploratorio de datos conjuntos (hembras y machos) .....	7
<b>Histograma</b> .....	7
<b>Frecuencias</b> .....	10
<b>Correlaciones</b> .....	12
<b>Segmentación por localidad y separación por sexo</b> .....	14
Sección 2. Análisis exploratorio para reptiles macho. ....	17
<b>Estadística Descriptiva.</b> .....	17
<b>Histograma</b> .....	17
<b>Distancia de Cook</b> .....	21
<b>Frecuencias</b> .....	21
<b>Correlaciones.</b> .....	22
Sección 3. Análisis exploratorio para reptiles hembra. ....	23
<b>Estadística descriptiva</b> .....	23
<b>Histograma.</b> .....	24
<b>Distancia de Cook.</b> .....	27
<b>Frecuencias.</b> .....	28
<b>Correlaciones.</b> .....	29
Sección 4. Métodos de clasificación. ....	30
<b>Árboles de decisión</b> .....	30
<b>Redes neuronales</b> .....	35
<b>Conclusión</b> .....	39
<b>Bibliografía</b> .....	40

## **Agradecimientos**

A Miriam Olivares, mi madre, quien logró hacer de mí una persona llena de curiosidad y una buena estudiante.

A José Iribarren, quien me transmitió su amor por las matemáticas.

Y a Jaime y Cristóbal Sánchez, los pilares más fuertes en mi vida, que no dejaron que me rindiera.

*<<No importa que tan lejano y largo sea el camino, lo caminaré descalzo>>  
L'arc~en~ciel*

## Resumen

El género *Microlophus* es un grupo de lagartos que deben su distribución ancestral en la amazonia del Brasil. Por un proceso de dispersión natural, lograron atravesar la Cordillera de los Andes a la altura de la Depresión de Huancabamba en Perú, originando un linaje de especies que se dispersó por toda la línea de la costa del Pacífico hasta llegar a Chile. Éstas cambian su coloración de norte a sur y se distribuyen de forma dependiente en un gradiente térmico amplio, desde temperaturas tropicales hasta subtropicales.

La temperatura del cuerpo es la variable fisiológica más importante que afecta el estado físico de los reptiles ectotermos (dependencia de una fuente externa de temperatura) ya que eso modula principalmente todo su comportamiento y funcionamiento fisiológico (Huey & Stevenson 1979, Bennett 1980, Huey 1982, Atkinson 1994). La combinación de diversos factores como las situaciones conductuales, fisiológicas y la termorregulación determinan con qué precisión los ectotermos controlan sus temperaturas corporales y el grado de independencia entre la temperatura corporal y la del aire (Huey & Slatkin 1976), donde aquellos reptiles que no exhiben mecanismos de regulación (temperatura corporal similares a la temperatura del aire, correlación cercana a uno) son conocidos como termo conformadores (Huey, 1982) mientras que aquellos que mantienen una temperatura corporal distinta a la ambiental (correlación cercana a cero) son llamados termo reguladores (Mercer 2001)

Respecto a los estudios de termobiología a nivel género, el investigador Bogert (1949) señala que lagartos de un mismo género tienden a tener temperaturas corporales similares, independiente de donde habitan. Esto sugiere que la biología térmica de lagartos es evolutivamente estable, sin embargo, Labra (1998), sugiere que las temperaturas corporales dependen fuertemente de las temperaturas ambientales.

## **Introducción**

En mayor o en menor grado las reacciones bioquímicas, celulares y fisiológicas de un animal dependen de la temperatura (Labra & Vidal 2003). A nivel orgánico, las ecuaciones de presupuestos de energía térmica y tiempo en reptiles postulan que la temperatura corporal y el metabolismo son las variables fisiológicas fundamentales (Spotila & Standora 1985), destacándose la temperatura corporal ya que determina directamente el resto de las variables que afectan al organismo (Labra & Rosenmann, 1994).

Los reptiles en general tienen la capacidad de tener temperaturas corporales bastantes precisas (o con poca variación) adquiriendo y manteniendo su temperatura a través de los mecanismos de termorregulación conductuales donde se encuentra la temperatura del ambiente y del sustrato, ya que las velocidades de calentamiento/enfriamiento pueden verse afectadas por estos factores y además se presenta entre ambos sexos y distintas edades, llevando así esta investigación a buscar la dependencia del género *Microlophus* con las temperaturas existentes en la costa del Perú.

## **Objetivos del estudio.**

### **Objetivo general**

Determinar una coherencia de distribución latitudinal de las características termoregulatorias del género *Microlophus* a través de un análisis estadístico.

### **Objetivos específicos**

- Ordenar los datos térmicos de las especies sobre la base de temperatura, género y masa.
- Generar un análisis exploratorio de los datos.
- Aprender la herramienta computacional árboles de decisión y redes neuronales utilizando el lenguaje R.
- Aplicar árboles de decisión a la base de datos térmicos, latitud y masa.
- Aplicar redes neuronales a la base de datos térmicos, latitud y masa.
- Analizar los datos térmicos en función de su latitud.
- Relacionar variables que expliquen el comportamiento termoregulatorio entre las distintas especies del género *Microlophus*.

## Metodología

Para esta investigación, se utilizarán datos recolectados de especies de reptiles (268 reptiles analizados) del género *Microlophus* (*M. Koepkeroum*, *M. Occipitalis*, *M. Peruvianus*, *M. Quadrivittatus*, *M. Stolzmanni*, *M. Theresiae*, *M. Thorasicus* y *M. Tigris*) durante un mes completo (Septiembre de 2004) en localidades de Perú que abarcan desde Arequipa por el sur hasta el norte de Tumbes (Pariacoto, Talara, Camino a Tumbes, Salida a Piura, Chiclayo, Eten, Jequelepeque, Norte de Trujillo, Tortuga, Puerto Casma, Norte de Huacho, Punta Negra, Puerto Viejo, Asia, Jahuay, Chinchá, Lomas Puerto, Agua Salada, Los Pescadores, Camana, Catarino, La Ballenita, Salida Jaen, Cruce Chamaya, Pucara, Cruz de Huesos, Huanchaco, Puerto Morin, Vegueta, Pozo Santo, Ocucaje, Nasca, Km 515, Chala, Puerto Viejo, Sur de Arequipa, Jura y Quebrada de Guerrero). Para cada lagarto observado, las variables evaluadas fueron: temperatura del cuerpo (cloacal,  $T_b$ ), temperatura del aire (10 cm por encima del sustrato,  $T_a$ ), temperatura del sustrato (superficie,  $T_s$ ) y masa (g). Los instrumentos usados fueron: un termómetro UNI-T M-890C para datos térmicos, una pesa convencional para determinar la masa y los datos geográficos fueron georreferenciados con un GPS Garmin. La Temperatura se midió en grados C ( $^{\circ}$ C) y la masa en gramos (g).

La recolección de los datos e información fueron logrados gracias a los profesores Juan Carlos Ortiz (Universidad de Concepción) y Marcela Vidal (Universidad del Bío Bío), quienes cooperarán con la alumna para llevar a cabo la primera etapa de la investigación.

El análisis comenzará a partir de la hipótesis planteada donde se postula que las especies del género que están más cercanas al Ecuador (Tumbes) muestran menor adaptación al cambio climático ya que las especies están adaptadas a no modificar su fisiología en todo el año, en cambio, las especies más al sur de Perú poseen temperaturas cambiantes, esto se puede verificar a través de un registro de temperaturas de los lugares habitados por los reptiles. A partir de ello se aplicará análisis exploratorio y minería de datos con las técnicas árboles de decisión y redes neuronales con el fin de encontrar dichas relaciones entre características termorregulatorias de las especies y su ubicación geográfica además de otros análisis estadísticos que se puedan necesitar para llevar a cabo los objetivos.

## Resultados

### Análisis Exploratorio

Se aplica un análisis descriptivo a los datos recolectados en el mes de septiembre, en este mes las temperaturas del ambiente son adecuadas a comparación del clima mediterráneo de Perú durante el resto del año. Además, los reptiles están activos y en época de reproducción. Los datos se recolectaron desde las 9 a.m hasta las 7 p.m, siendo un set de 268 datos térmicos y 266 datos masa. (T°: Temperatura)

	T° Cloacal (°C)	T° Ambiental (°C)	T° Sustrato (°C)	Masa (g)
Mínimo	26,8	23,6	22,6	0,1
Máximo	40,1	38,8	57,9	50,0
Media	33,5	29,7	36,3	9,7
Moda	34,3	32,1	35,1	3,5

Tabla 1. Estadísticos descriptivos temperaturas y masa.

La Tabla 1 nos muestra una gran diferencia entre el mínimo y máximo de la variable masa, esto es esperado ya que existe diferencia de masa entre macho, hembra y clases de edad. Esta información es importante debido a que estas variables se encuentran dentro del mecanismo termo regulatorio fisiológico (Atkinson 1994), este mecanismo se centra en variaciones en el sistema cardiovascular, donde la tasa de transferencia calórica entre las distintas partes del cuerpo se modifica por cambios en la frecuencia cardíaca, el flujo, y la redistribución de la sangre (Bartholomew 1982, Seebacher 2000, Dzialowski & O'connor 2001). La existencia de una relación entre el tamaño corporal y la temperatura ambiental a la cual las especies habitan fue propuesta inicialmente por James (1970). La tendencia de tamaños corporales mayores hacia zonas frías, "regla de Bergmann", ha sido confirmada en diversos grupos de endotermos (Ashton 2004). Sin embargo, Squamata (1993) presenta la tendencia opuesta: menores tamaños corporales en zonas frías. Considerando que un animal grande se calienta y enfría más lento que uno pequeño, por lo que esto puede variar dependiendo de la especie.

En adelante, se realizarán tres análisis exploratorios de datos, considerando los datos hembra y macho de forma conjunta (identificado en la Sección 1) y por separado (identificados por las Secciones 2 y 3)

## Sección 1. Análisis exploratorio de datos conjuntos (hembras y machos)

### Histograma

Se presentan los gráficos de los datos de temperatura y masa de los reptiles en estudio, aplicando un histograma utilizando el programa R para probar normalidad.

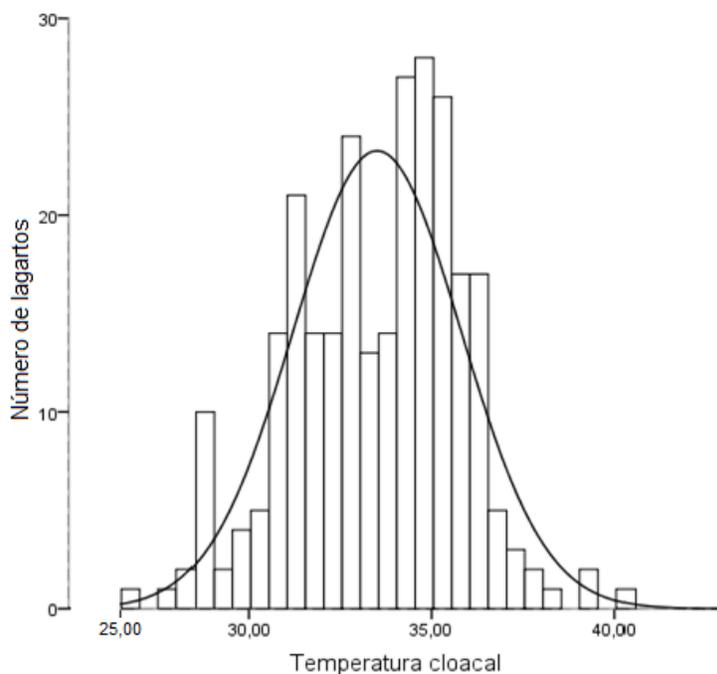


Figura 1. Histograma distribución normal Temperatura cloacal (°C).

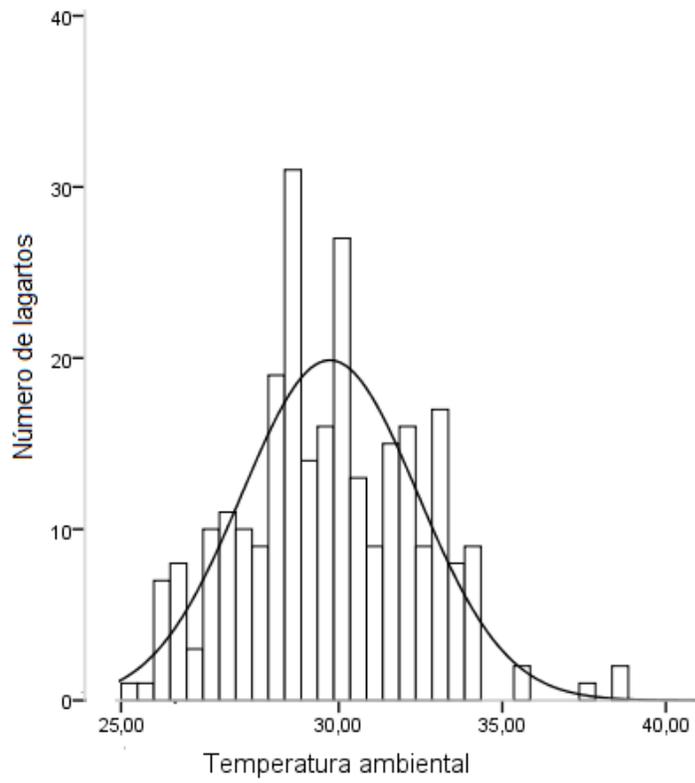


Figura 2. Histograma distribución normal Temperatura ambiental (°C).

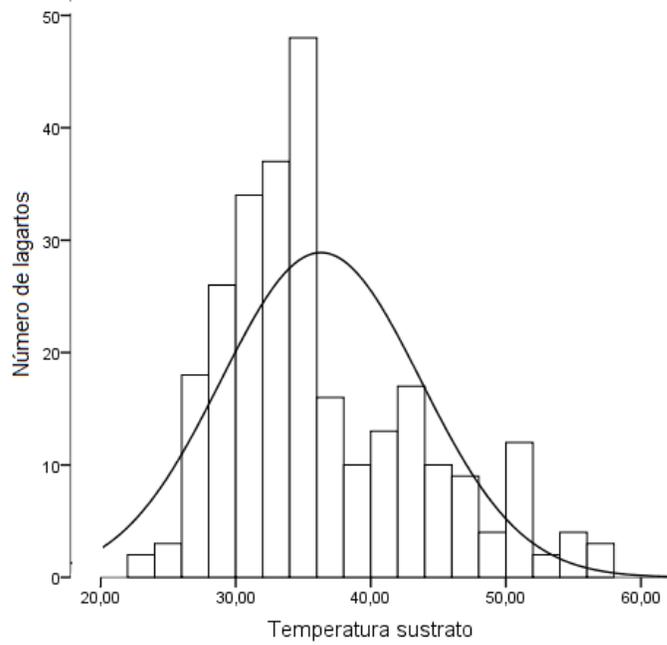


Figura 3. Histograma distribución normal Temperatura sustrato.

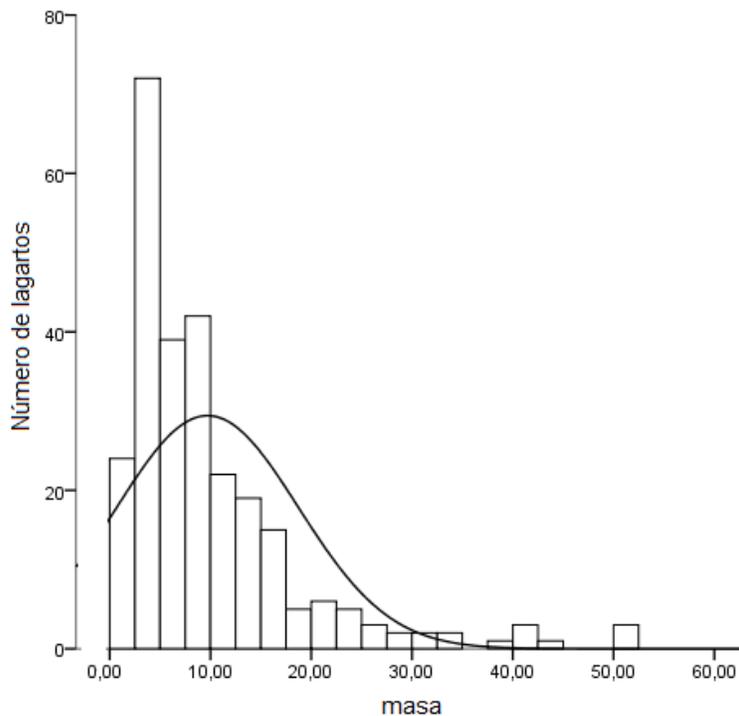


Figura 4. Histograma distribución normal masa (g).

Dado los histogramas presentados, confirmamos que las muestras no siguen una distribución normal ante el ajuste deficiente de la curva. En la Figura 1 se observa que la temperatura cloacal se concentra alrededor de los 35° Celcius, existiendo además datos atípicos alrededor de los 40° Celcius, en las Figuras 2 y 3 la temperatura ambiental y de sustrato es de mayor intensidad alrededor de los 30° Celcius, sin embargo, se presentan datos atípicos, estas son observaciones numéricamente distantes a las demás que cumplen con la “Regla de los tres sigmas”, esto es, la relación entre la distancia de la muestra y la media de la muestra ( $ti = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$ ) debe ser menor a 3, de lo contrario se considerará dicha muestra un dato atípico. Los datos atípicos en la Figura 2 se encuentran entre los 35° y 40° Celcius. Respecto a la masa, en la Figura 4 se perciben datos asimétricos hacia la derecha, la frecuencia es mayor hasta los 10 g y los datos atípicos existentes se encuentran entre los 40 y 60 g, esto se puede dar debido a la presencia de machos adultos o hembras grávidas (embarazadas).

## Frecuencias

A continuación, mostraremos la cantidad de reptiles por especies y por localidad.

Especie	Frecuencia
m. Koepkeorum	10
m. Occipitalis	29
m. Peruvianus	73
m. Quadrivittatus	15
m. Stolzmanni	12
m. Theresiae	10
m. Thorasicus	91
m. Tigris	28
Total	268

Tabla 2. Frecuencia de reptiles por especies.

Dentro del género *Microlophus*, la Tabla 2 nos muestra que las especies que se presentaron en mayor cantidad en la muestra fueron *Thorasicus* (91), *Peruvianus* (73), *Occipitalis* (29) y *Tigris* (28), quienes representan el 82,46% de la muestra total, por lo que son los más relevantes al momento de realizar el análisis.

Localidad	Frecuencia
260 Km norte de Huacho	1
261 Km norte de Huacho	1
262 Km norte de Huacho	1
263 Km norte de Huacho	1
264 Km norte de Huacho	1
265 Km norte de Huacho	1
266 Km norte de Huacho	1
267 Km norte de Huacho	1
268 Km norte de Huacho	1
269 Km norte de Huacho	1
270 Km norte de Huacho	1
271 Km norte de Huacho	1
272 Km norte de Huacho	1
273 Km norte de Huacho	1
274 Km norte de Huacho	1
35 Km S Chala	1
Agua Salada	6
Asia	6

Camana	2
Camino a Tumbes	5
Catarindo, cerca de Mollendo	6
Chiclayo	9
Chincha	7
Cruce Chamaya	3
Cruz de Huesos	6
Eten	7
Huacho	2
Huanchaco	8
Jahuay	10
Jequetepeque	5
Jura	1
Km 514	4
La Ballenita	14
Lomas Puerto	3
Los Molinos	1
Los pescadores	9
Nasca	12
Norte de Casma	9
Norte de Huacho	13
Norte de Trujillo	11
Ocucaje	2
Pariacoto	10
Pozo Santo	3
Puerto Viejo	3
Pucara	2
Puerto Morin	10
Puerto Viejo	11
Punta negra	1
Quebrada de Guerrero	5
Salida Jaen	7
Salida Piura	2
Sur de Arequipa	5
Sur de Jequetepeque	11
Talara	15
Tortuga, Puerto Casma	5
Vegueta	1
<b>Total</b>	<b>268</b>

Tabla 3. Frecuencia de reptiles por localidad.

En la Tabla 3 se observan localidades que disponen de la cantidad mínima de reptiles a comparación con la localidad con un mayor número (Talara). Esta forma de organizar la información no es de ayuda dado que las frecuencias en cada localidad son bajas (sensibles a cualquier análisis), por lo que es necesario una agrupación según las regiones en las que estas playas están localizadas, así podremos conocer la porción de especies según región.

### Correlaciones

Como se ve en la subsección de **Histogramas**, los datos no se distribuyen normal, por lo que se aplica una correlación de Spearman.

	T° Cloacal	T° Ambiente	T° Sustrato	Masa
T° Cloacal	1			
T° Ambiental	0,64	1		
T° Sustrato	0,64	0,56	1	
Masa	0,01	-0,07	-0,19	1

Tabla 4. Correlación de Spearman para datos cuantitativos.

La Tabla 4 muestra una alta correlación entre las temperaturas, en cambio la variable Masa no presenta dependencia con las variables de temperatura. Esto nos lleva a concluir que en el género *Microlophus*, respecto al mecanismo fisiológico mencionado anteriormente, no existe relación entre el tamaño corporal y las temperaturas medidas. Ante esto, nos apoyamos de que, en los reptiles en general, el comportamiento termo regulatorio y la selección del microhabitat son correlacionados ya que los microclimas térmicos varían dependiendo de la zona geográfica (Bartlett & Gates, 1967, Roughgarden et al 1981, Mella 2007).

En especies con dimorfismo sexual, el comportamiento térmico y el microhabitat usados tienen muchas implicaciones ecológicas debido al desplazamiento de los sexos a sitios térmicos favorables o desfavorables (Scheers & Van Damme, 2001. Vidal et al 2002) por lo que, se realiza una separación entre temperaturas y masas de hembras (H) y machos (M) debido a que sus características son distintas. La Tabla 5 muestra la baja relación entre sexos.

		Hembras				Machos			
		T° cloacal	T° ambiental	T° sustrato	Masa	T° Cloacal	T° ambiental	T° sustrato	Masa
H e m b r a s	T° cloacal H	1							
	T° ambiental H	0,67	1						
	T° sustrato H	0,64	0,61	1					
	Masa H	-0,04	-0,13	-0,25	1				
M a c h o s	T° Cloacal M	0,17	0,13	0,08	0,04	1			
	T° ambiental M	0,09	0,04	0,04	-0,08	0,53	1		
	T° sustrato M	0,09	0,02	-0,06	0,12	0,62	0,51	1	
	Masa M	-0,04	-0,09	0,11	0,06	-0,06	-0,12	-0,31	1

Tabla 5. Correlación de Spearman para datos cuantitativos entre hembras y machos.

En la Tabla 5 se observa la existencia de diferencias entre temperaturas y masa de hembras y machos, lo que nos lleva a trabajar con ellos por separado.

Microlophus es un género de lagartos en el cual existen especies que presentan dimorfismo sexual del tamaño. En la mayoría de los grupos de animales existen diferencias sexuales en los caracteres morfológicos, particularmente es un fenómeno común que existan diferencias en el tamaño del cuerpo (Dixon & Wright 1975), como se menciona anteriormente.

### Segmentación por localidad y separación por sexo

Ante el problema presentado, las localidades en donde se recolectaron los datos pertenecen a la zona costera de Perú, el cual recorre desde Arequipa a Tumbes, por lo cual trabajaremos las muestras agrupándolas según las regiones a las cuales pertenecen.

Las regiones están ordenadas de Norte (Tumbes) a Sur (Arequipa)

Localidad	M. Koepkeorum	M. Occipitalis	M. Peruvianus	M. Quadrivittatus	M. Stolzmanni	M. Theresiae	M. Thorasicus	M. Tigris
Tumbes		3						
Piura		4					7	
Lambayeque		8					1	
La libertad		5					23	
Ancash	2		1				1	
Lima			22			1		1
Ica			2		1		5	4
Arequipa			6	1	1			7

Tabla 6. Cantidad de reptiles macho por región de Perú.

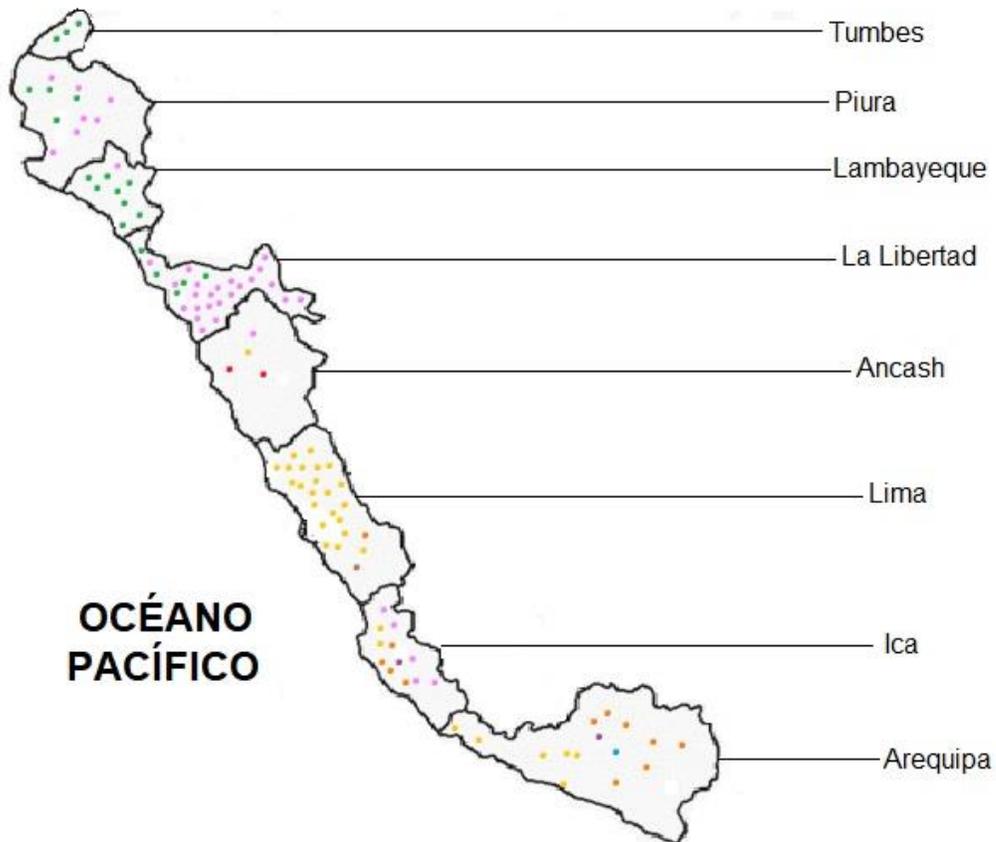
Localidad	M. Koepkeorum	M. Occipitalis	M. Peruvianus	M. Quadrivittatus	M. Stolzmanni	M. Theresiae	M. Thorasicus	M. Tigris
Tumbes		2						
Piura		1					5	
Lambayeque		6					1	
La libertad							21	
Ancash	8		4				8	
Lima			25			9	7	2
Ica			7		6		6	4
Arequipa			5	14	1			9

Tabla 7. Cantidad de reptiles hembra por región de Perú.

La Tabla 6 muestra una concentración de la especie Occipitalis y Thorasicus entre Tumbes y La Libertad (51 reptiles en total) esta zona puede ser considerada como la parte Norte de Perú, siendo la otra fracción (de Ancash a Arequipa) la zona sur con 55 reptiles macho. En esta parte del análisis, los reptiles que no tenían sexo definido (jóvenes o datos faltantes) fueron eliminados de la muestra. La Tabla 7 en cambio, muestra que un menor porcentaje de los reptiles se encuentran en la zona norte antes mencionada

Mapa de reptiles macho por región.

**ECUADOR**



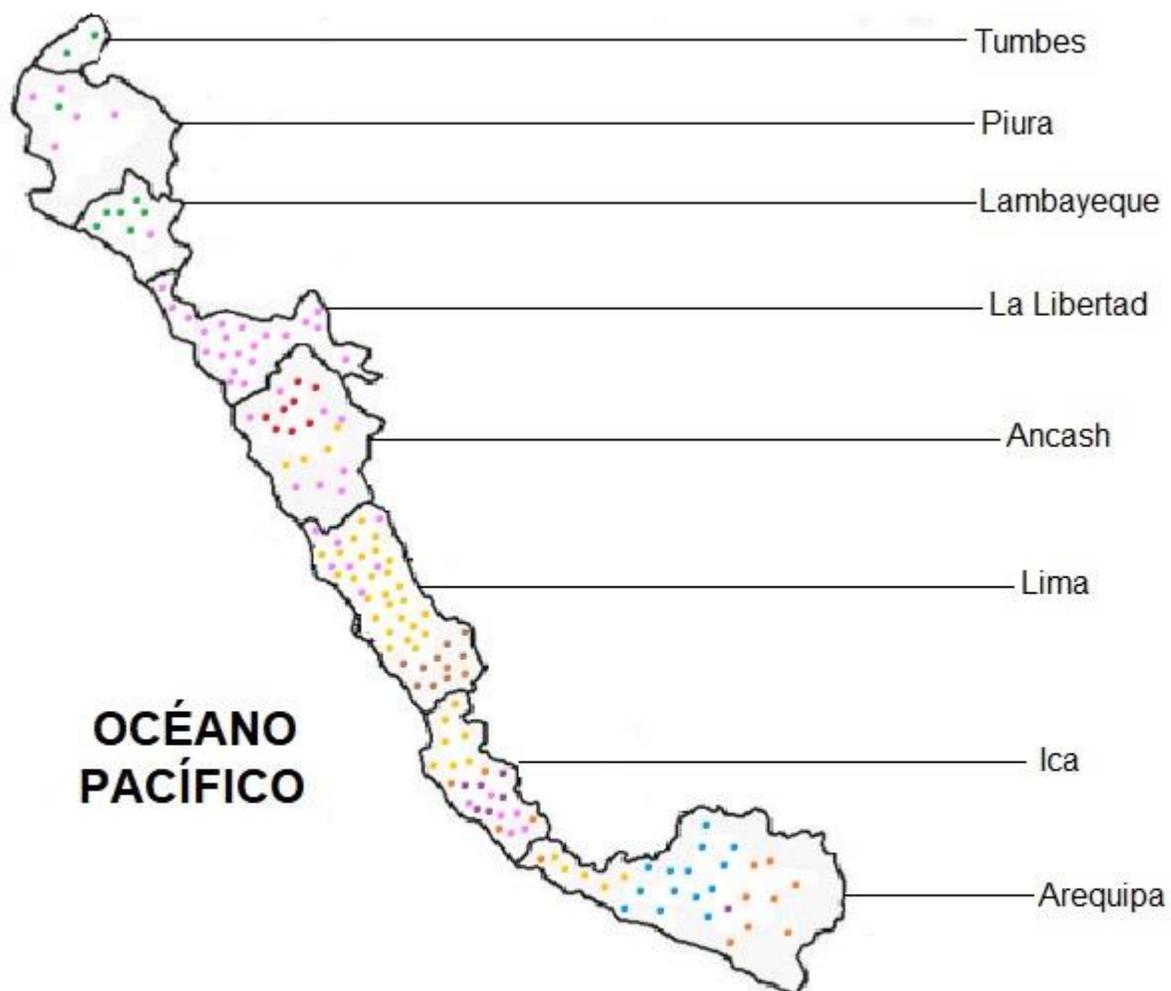
**Simbología**

- M. Koepkeorum ●
- M. Occipitalis ●
- M. Peruvianus ●
- M. Quadrivittatus ●
- M. Stolzmanni ●
- M. Theresiae ●
- M. Thorasicus ●
- M. Tigris ●

**CHILE**

### Mapa reptiles hembra por región

## ECUADOR



### Simbología

- M.Koepkeorum •
- M.Occipitalis •
- M.Peruvianus •
- M.Quadrivittatus •
- M.Stolzmanni •
- M.Theresiae •
- M.Thorasicus •
- M.Tigris •

## Sección 2. Análisis exploratorio para reptiles macho.

### Estadística Descriptiva.

En las Tablas 8 y 9 se observan diferencias entre los datos de las temperaturas norte y sur, donde la cantidad de datos de la zona norte es 51 y de la zona sur es 55. En esta sección no se incluyó la variable masa debido a que no tiene relación con las variables temperatura. Para evaluar la importancia de estas variables en la muestra, aplicaremos el análisis de árbol de decisión más adelante.

	T° Ambiental	T° Sustrato	T° Cloacal
Mínimo	24,70	28,70	27,70
Máximo	37,70	57,90	37,10
Media	30,65	38,54	33,92
Moda	29,90	35,50	34,90

Tabla 8. Estadísticos descriptivos Temperaturas zona Norte.

	T°Ambiental	T° Sustrato	T° Cloacal
Mínimo	23,60	22,60	28,60
Máximo	38,80	53,80	40,10
Media	29,83	36,09	33,89
Moda	28,70	29,30	31,50

Tabla 9. Estadísticos descriptivos Temperatura zona Sur.

### Histograma

En un análisis de Histograma, en la zona norte, se observa que en las Figuras 5, 6 y 7 existe un ajuste deficiente de la curva, por lo que los datos no siguen una distribución normal, sin embargo, en la Figura 6 se puede distinguir una posible distribución chi-cuadrado, además que, junto con la Figura 7 la mayor parte de las muestras presentan temperaturas alrededor de los 35°C contando también con datos atípicos. Respecto a la zona sur de igual manera, los datos no presentan una distribución normal, existiendo mediciones atípicas en las Figuras 8 (alrededor de los 40°C) y 10 (entre los 27,50° y 32,50°C). En cuanto a la Figura 9 los datos asimétricos se inclinan hacia la derecha, en donde la mayor parte de los reptiles presentan una temperatura alrededor de los 30°C al igual que se muestra en la Figura 8.

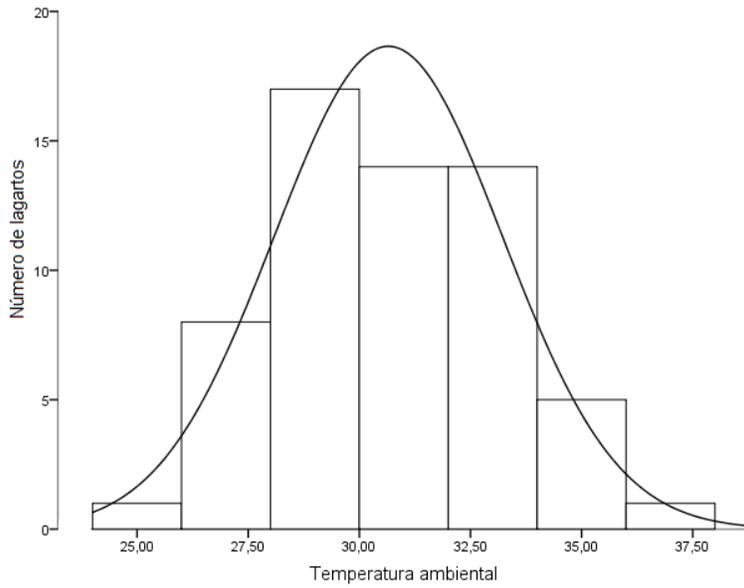


Figura 5. Histograma distribución normal Temperatura ambiental zona norte.

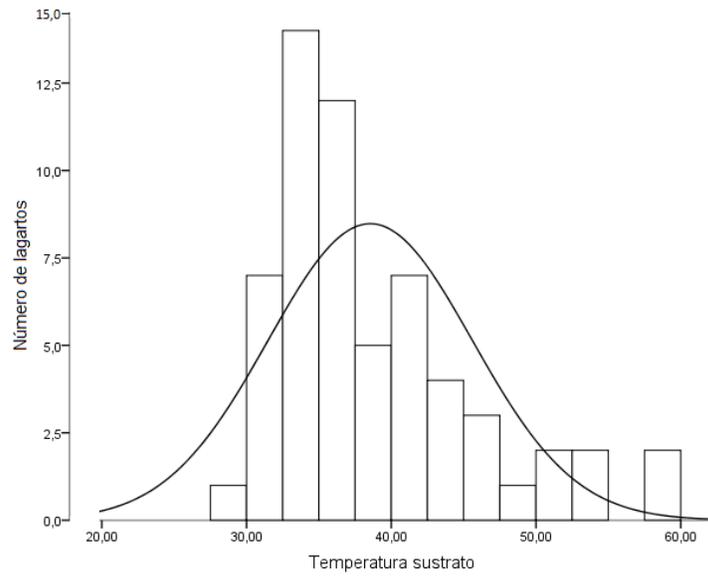


Figura 6. Histograma distribución normal Temperatura sustrato zona norte.

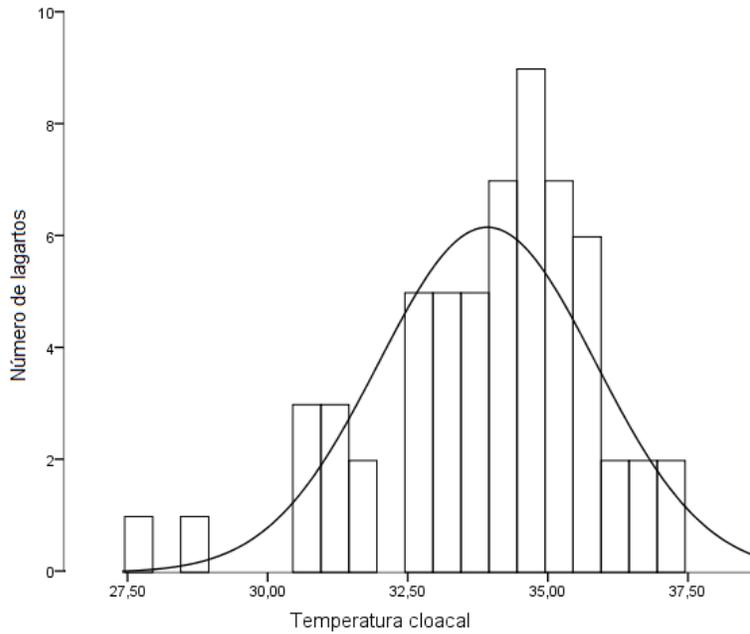


Figura 7. Histograma distribución normal Temperatura cloacal zona norte.

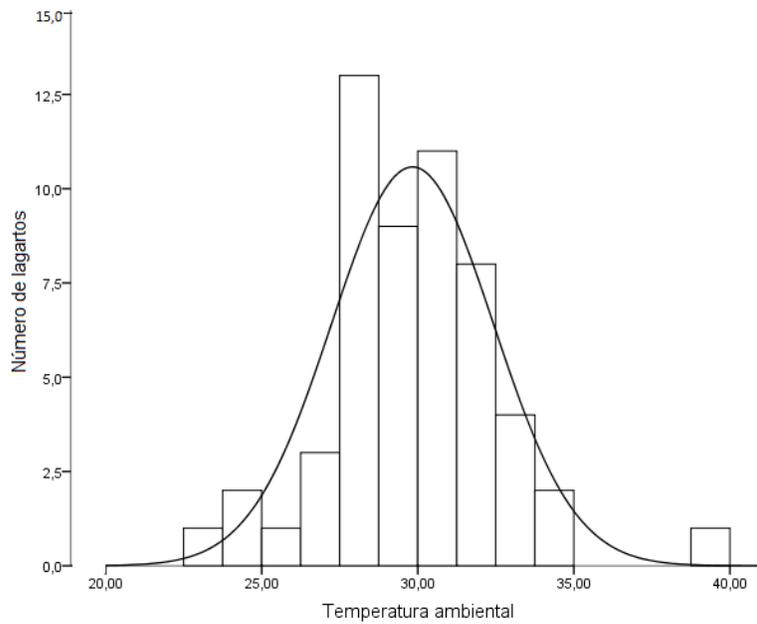


Figura 8. Histograma distribución normal Temperatura ambiental zona sur.

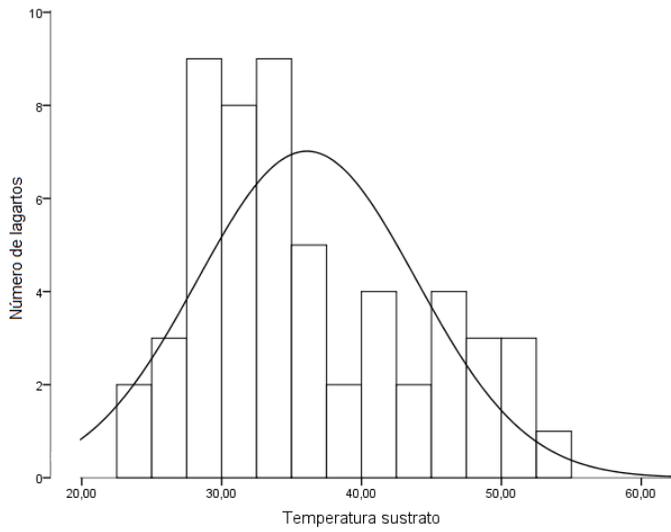


Figura 9. Histograma distribución normal Temperatura sustrato zona sur.

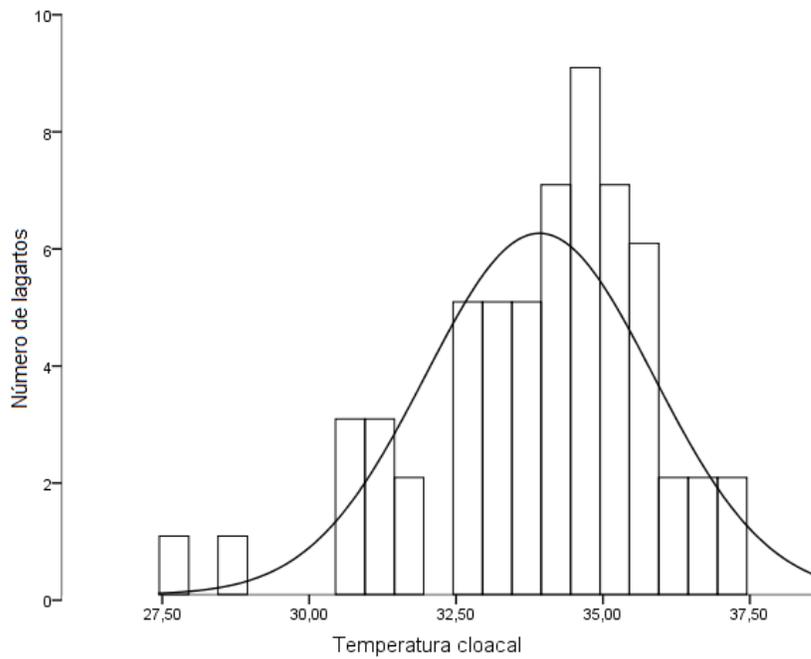


Figura 10. Histograma distribución normal Temperatura cloacal zona sur.

### Distancia de Cook

Ante la existencia de datos atípicos en la sección anterior, se calcula la “distancia de Cook” para conocer si los datos atípicos no son influyentes y así poder eliminarlos.

Distancia de Cook zona norte	0,036
Distancia de Cook zona sur	0,010

Tabla 10. Promedio distancia de Cook de los datos zona norte y sur.

Ante lo visto en la Tabla 10, los datos atípicos no son influyentes, por lo que serán eliminados.

### Frecuencias

Los datos atípicos fueron eliminados de la muestra, por lo que la agrupación de reptiles por región en la zona norte y sur queda de la siguiente manera.

Localidad	Frecuencia norte
Tumbes	3
Piura	11
Lambayeque	7
La Libertad	19
Total	40

Tabla 11. Frecuencia reptil por región de zona norte.

Especie	Frecuencia norte
M. Occipitalis	19
M. Thorasicus	21
Total	40

Tabla 12. Frecuencia reptil por especie de zona norte.

Al eliminar los datos atípicos, la cantidad de reptiles en la zona norte se redujo a 40, donde la mayor concentración de ellos fue en las regiones de Piura y La libertad (Tabla 11). La Tabla 12 muestra que en la zona norte las especies macho ubicadas son la especie Occipitalis y Thorasicus

Localidad	Frecuencia sur
Ancash	2
Lima	22
Ica	9
Arequipa	7
Total	40

Tabla 13. Frecuencia reptil por región zona sur.

Especie	Frecuencia sur
M. Koepkeorum	1
M. Peruvianus	22
M. Quadrivittatus	1
M. Stolzmanni	2
M. Theresiae	1
M. Thorasicus	5
M. Tigris	8
Total	40

Tabla 14. Frecuencia reptil por especie zona sur.

En las tablas 12 y 14 se presenta la misma cantidad de reptiles tanto en la zona sur como en la zona norte, observándose que en Lima se concentra la mayor parte de los reptiles de especie Peruvianus (tablas 12 y 13) representando el 55% de la muestra en la zona sur. En esta división se encuentran la especie Koepkeorum, Peruvianus, Quadrivittatus, Stolzmanni, Theresiae, Thorasicus y Tigris.

### Correlaciones.

Se aplica una correlación de Spearman a los datos de las zonas norte y sur,

	T° ambiental	T° sustrato	T° cloacal
T° ambiental	1		
T° sustrato	0,47	1	
T° cloacal	0,64	0,55	1

Tabla 15. Correlación de Spearman para temperaturas zona norte.

	T° ambiental	T° sustrato	T° cloacal
T° ambiental	1		
T° sustrato	0,30	1	
T° cloacal	0,63	0,60	1

Tabla 16. Correlación de Spearman para temperaturas zona sur.

Ante los histogramas presentados anteriormente, se le aplica una correlación de Spearman por zona (ver tablas 15 y 16) a las muestras, donde a simple vista se detecta una baja relación entre la temperatura ambiental y la temperatura del sustrato tanto en la zona norte como en la zona sur. Respecto a la correlación entre las otras temperaturas, se presenta una alta relación (sobre el valor 0,5).

### Sección 3. Análisis exploratorio para reptiles hembra.

#### Estadística descriptiva

Se realiza un análisis exploratorio a los datos hembra, donde el número de reptiles de la zona norte es 36 y de la zona sur es 115.

	T° cloacal	T° ambiental	T° sustrato
Mínimo	28,20	24,70	26,40
Máximo	39,30	35,50	57,90
Media	33,26	29,59	37,53
Moda	36,50	28,10	35,10

Tabla 17. Estadísticos descriptivos temperaturas zona norte.

	T° cloacal	T° ambiental	T° sustrato
Mínimo	26,80	24,10	24,70
Máximo	39,50	38,80	55,80
Media	33,27	29,39	35,05
Moda	32,20	32,10	33,80

Tabla 18. Estadísticos descriptivos temperaturas zona sur.

Las Tablas 16 y 17 muestran similitudes en cuanto a la media de las temperaturas tanto en zona norte como en la zona sur aun cuando exista una gran diferencia entre las cantidades de reptiles habitantes en cada fracción del país. El mínimo y el máximo varían en las

temperaturas cloacal y sustrato, donde en la división norte el mínimo es 28,20°C y 26,40°C respectivamente mientras que en la división sur el mínimo de estas temperaturas son 26,8°C y 24,7°C.

### Histograma.

En los histogramas tanto de la zona norte como de la zona sur de reptiles hembras no se presenta una distribución normal de los datos. De las Figuras 11 y 14 se observa que la mayor parte de los reptiles mostraron temperaturas entre los 30 y 35°C, además se aprecian datos atípicos en la temperatura cloacal de la zona sur. Las Figuras 12 y 15 difieren en cuanto la forma del histograma ya que en la zona norte los reptiles presentan en mayor cantidad distintas temperaturas ambientales, en cambio en la zona sur ésta se encuentra alrededor de los 30°C. En cuanto a la temperatura del sustrato, en ambas zonas los reptiles centran sus temperaturas entre los 30° y 40°C.

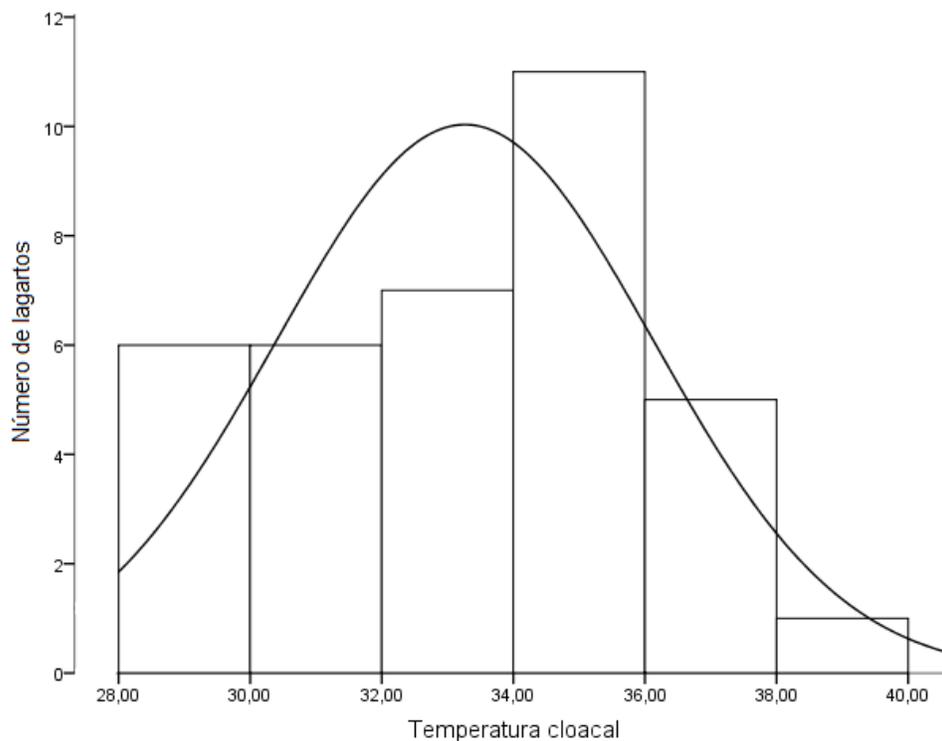


Figura 11. Histograma distribución normal temperatura cloacal zona norte.

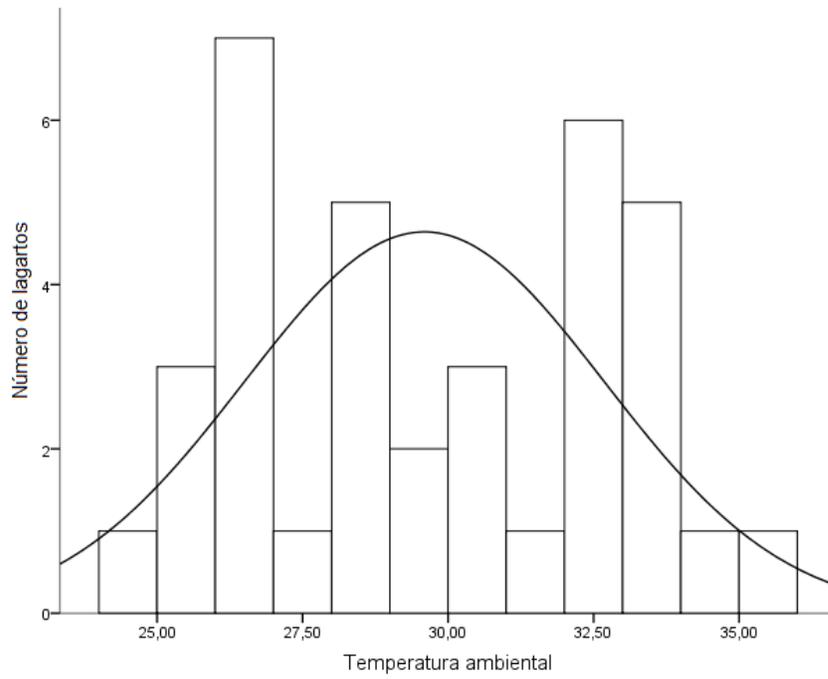


Figura 12. Histograma distribución normal temperatura ambiental zona norte.

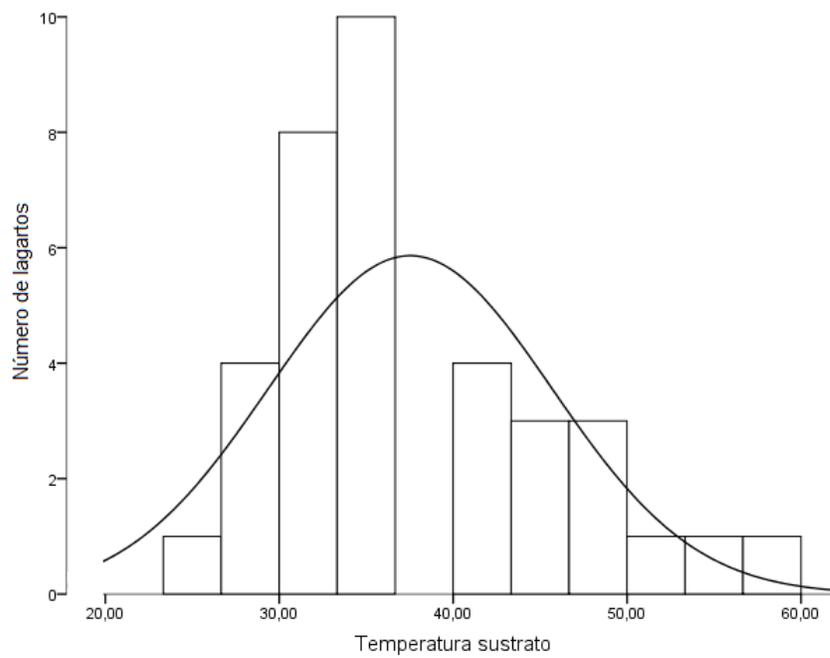


Figura 13. Histograma distribución normal temperatura sustrato zona norte.

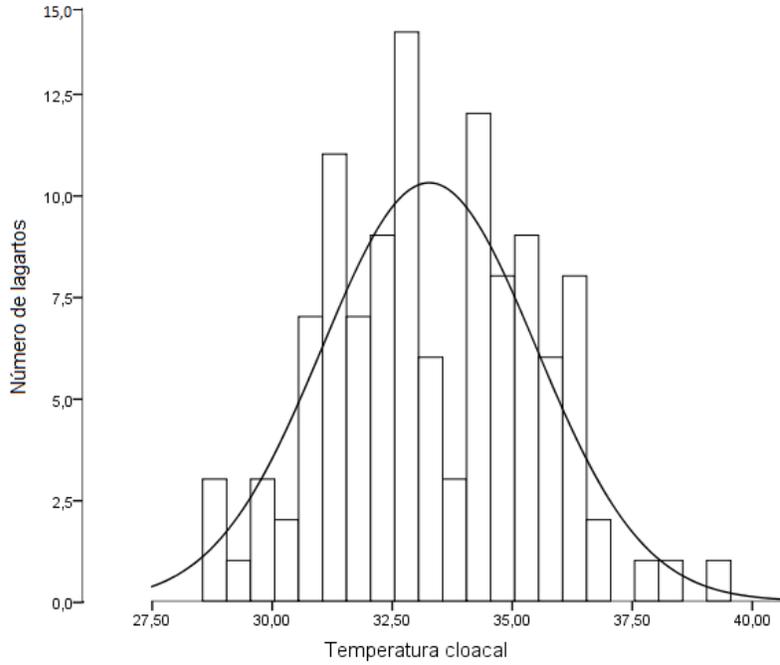


Figura 14. Histograma distribución normal temperatura cloacal zona sur.

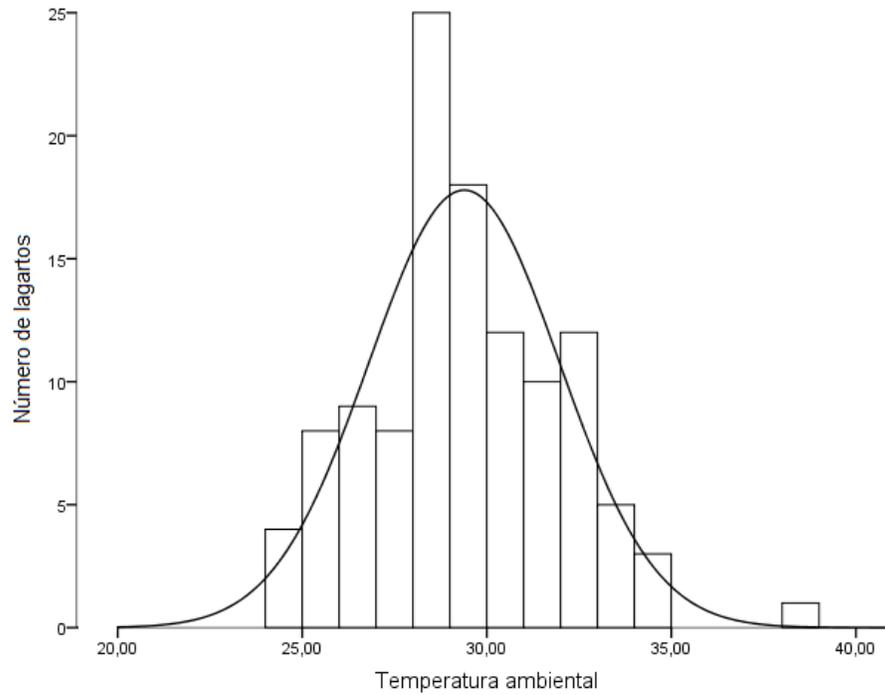


Figura 15. Histograma distribución normal temperatura ambiental zona sur.

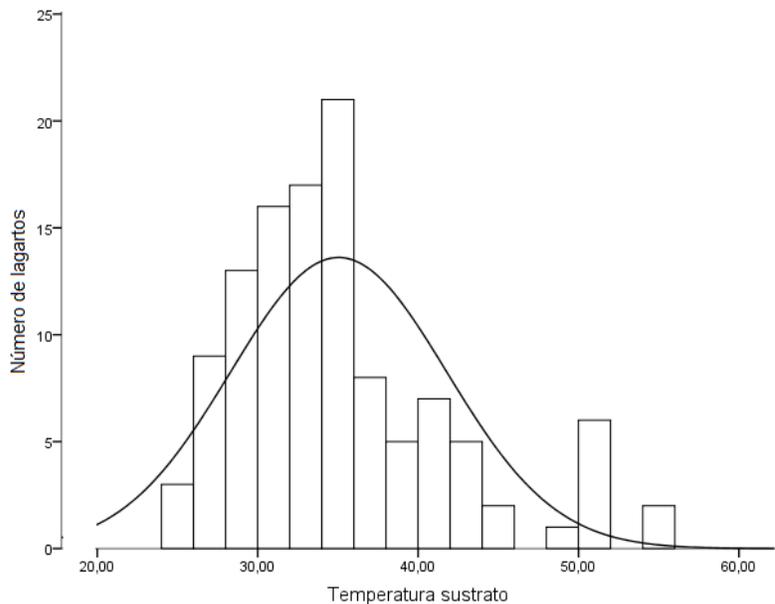


Figura 16. Histograma distribución normal temperatura sustrato zona sur.

**Distancia de Cook.**

Ante la existencia de datos atípicos en la sección anterior, se calcula la “distancia de Cook” para conocer si los datos atípicos no son influyentes y así poder eliminarlos.

Distancia de Cook zona sur	0,010
----------------------------	-------

Tabla 19. Promedio distancia de Cook para datos zona sur,

La zona norte no presentó datos atípicos y la zona sur presenta datos atípicos no influyentes, por lo que se pueden eliminar.

## Frecuencias.

Los datos atípicos fueron eliminados, por lo que la cantidad de datos queda de la siguiente manera:

Localidad	Frecuencia norte
Tumbes	2
Piura	6
Lambayeque	7
La Libertad	21
Total	36

Tabla 20. Frecuencia reptil por región de zona norte.

Especie	Frecuencia norte
M. Occipitalis	9
M. Thorasicus	27
Total	36

Tabla 21. Frecuencia reptil por especie de zona norte.

La especie de reptiles hembra de la zona norte, al igual que los machos, son en mayor cantidad los Occipitalis y Thorasicus, estos últimos se concentran en la región de La Libertad, siendo los Occipitalis la especie esparcida entre las otras localidades.

Localidad	Frecuencia sur
Ancash	12
Lima	42
Ica	22
Arequipa	26
Total	102

Tabla 22. Frecuencia reptil por región zona sur.

Especie	Frecuencia sur
M. Koepkeorum	8
M. Peruvianus	41
M. Quadrivittatus	13
M. Stolzmanni	5
M. Theresiae	8
M. Thorasicus	13
M. Tigris	14
Total	102

Tabla 23. Frecuencia reptil por especie zona sur.

En Lima (Tabla 20) se concentra la mayor cantidad de reptiles perteneciente a la especie Peruvianus, le sigue Arequipa e Ica con 26 y 22 reptiles, respectivamente. En la zona sur se encuentra distribuido el resto de las especies, donde el 53,92% de la muestra pertenece a la especie Peruvianus y Tigris.

### Correlaciones.

A continuación, se realizará un análisis de correlación de Spearman para los datos de ambas zonas.

	T° cloacal	T° ambiental	T° sustrato
T° cloacal	1		
T° ambiental	0,89	1	
T° sustrato	0,87	0,79	1

Tabla 24. Correlación de Spearman Temperaturas zona norte.

	T° cloacal	T° ambiental	T° sustrato
T° cloacal	1		
T° ambiental	0,57	1	
T° sustrato	0,54	0,49	1

Tabla 25. Correlación de Spearman temperaturas zona sur.

Al observar las tablas 22 y 23, las correlaciones tanto de norte y sur nos enseñan que la más baja relación existe entre la temperatura ambiental y la temperatura del sustrato

aunque, al igual que en los machos, el índice de correlación continua siendo sobre el valor 0,5.

#### Sección 4. Métodos de clasificación.

##### Árboles de decisión

Utilizamos este método de clasificación y predicción con el fin de encontrar las características que definen a las especies a partir de las variables ya analizadas utilizando la herramienta computacional R con la librería rpart y rpart.plot.

##### Zona norte

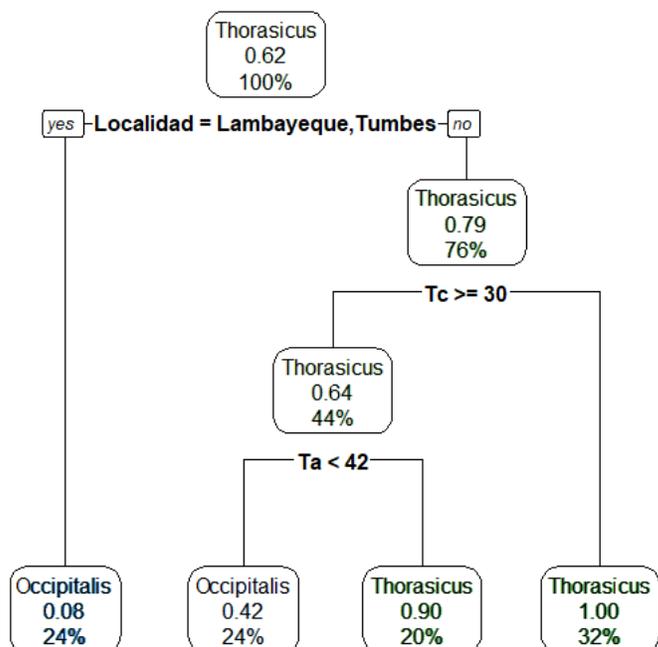


Figura 17. Árbol de decisión macho zona norte.

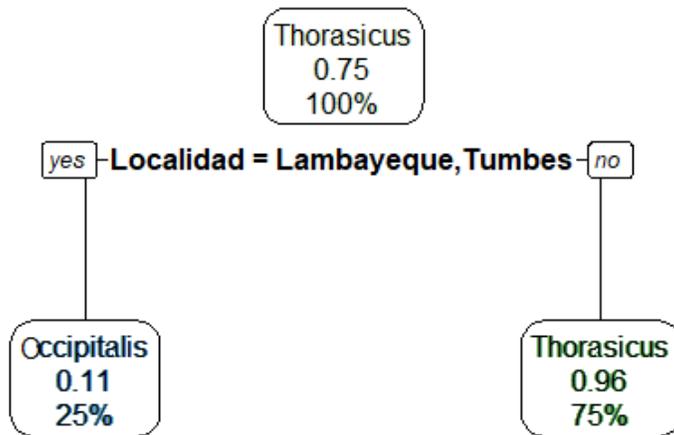


Figura 18. Árbol de decisión hembra zona norte.

Como sabemos, en la zona norte existen sólo dos especies tanto macho como hembra (Occipitalis y Thorasicus) en las cuales predomina la especie Thorasicus, en cuanto a la localidad donde se predice que hay en mayor cantidad de estos es en Lambayeque y Tumbes. La Figura 17 indica que la especie que habita las localidades de la zona norte en la región de Tumbes y Lambayeque es Occipitalis en un 24%, por otro lado, la especie que habita en mayor cantidad en las otras regiones de la zona norte es Thorasicus, en estas regiones las características de temperatura cloacal se dividen en aquellas especies con una temperatura mayor a 30° C y menor a 30° C, en esa última sección sólo encontramos la especie Thorasicus en un 32%. En cuanto a las especies que poseen una temperatura cloacal mayor o igual a 30° Celcius encontramos a los Thorasicus en un 44%. Dentro de esta característica existe una segunda, la cual divide a la especie en aquellos que poseen temperatura ambiental mayor o menor a 42° C siendo la especie Occipitalis la que se encuentra bajo los 42°Celcius de temperatura ambiental y los Thorasicus en el otro extremo. En la Figura 18, al igual que la Figura 17, la especie perteneciente a las regiones de Lambayeque y Tumbes es la Occipitalis en un 25% (muy similar a los machos). La especie que habita las regiones restantes es la Thorasicus en un 75%. No hubo un patrón de predicción para el resto de las variables en este caso.

**Zona sur.**

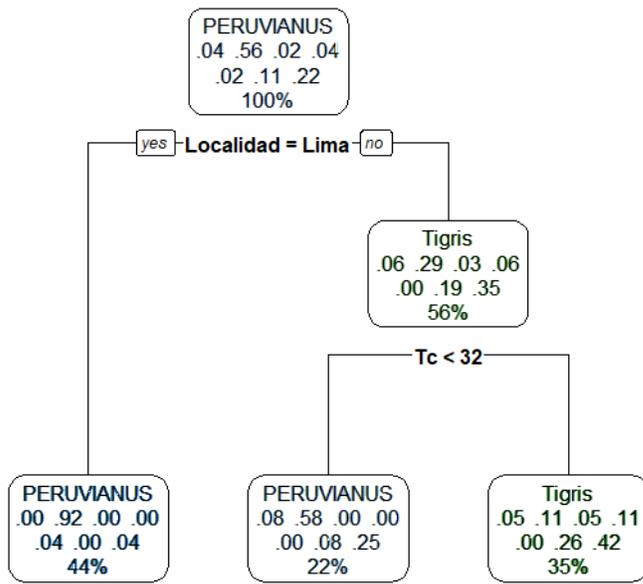


Figura 19. Árbol de decisión macho zona sur.

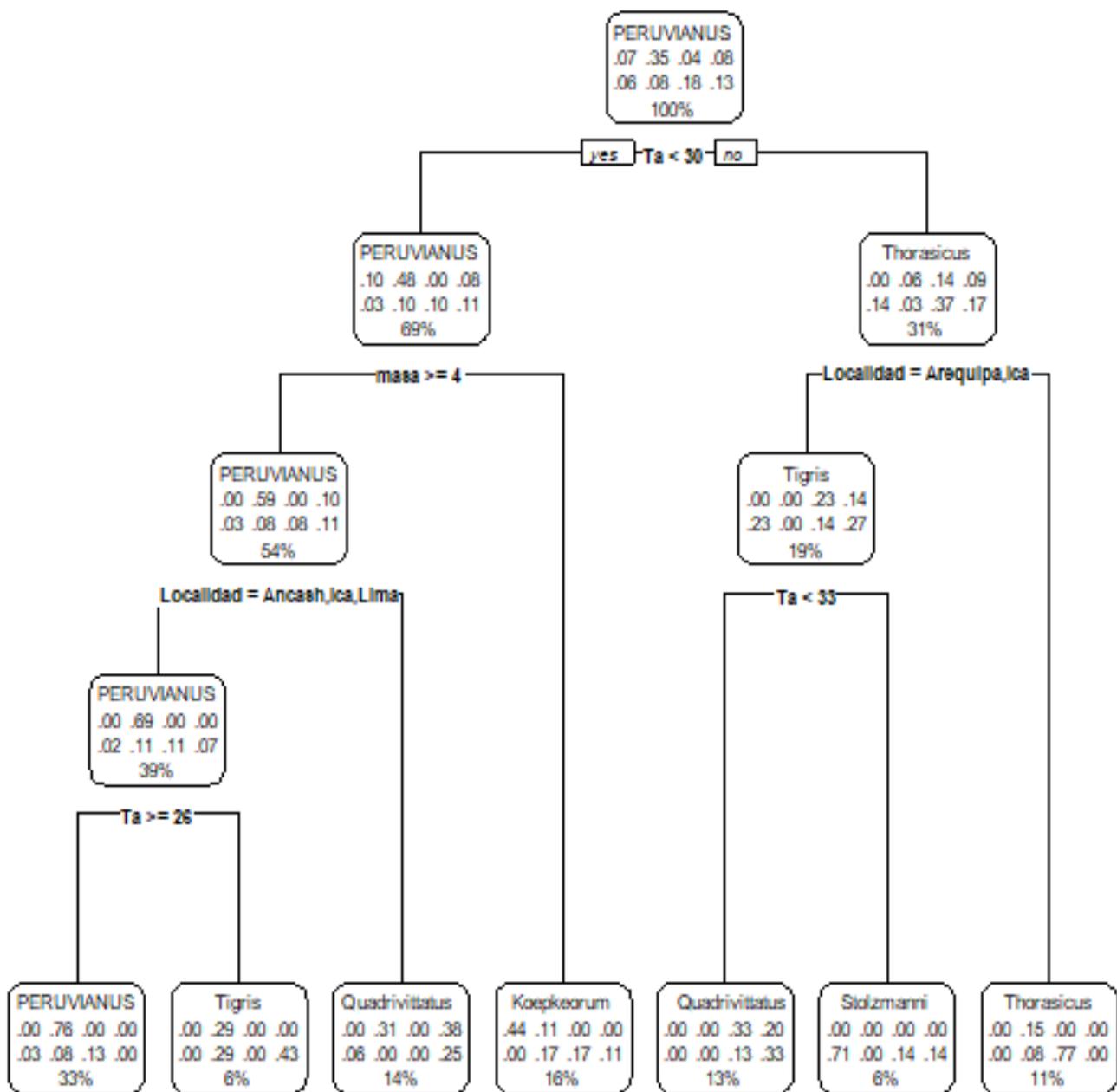


Figura 20. Árbol de decisión hembra zona sur

En la zona sur, la especie predominante es la Peruvianus. En la Figura 19 se observa que la localidad predominante es Lima, lugar donde habita la especie Peruvianus en un 44%. En cuanto a las localidades restantes de la zona sur, habita en un 56% la especie Tigris, en esta fracción encontramos la característica de la temperatura cloacal, la cual se divide en

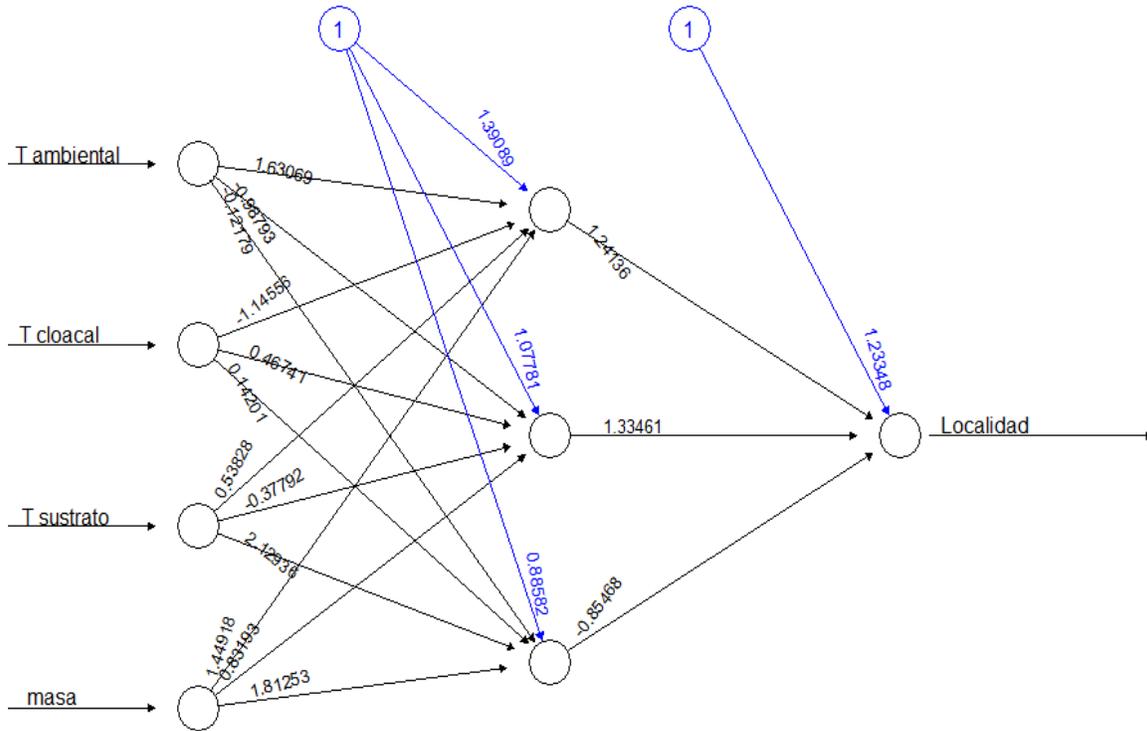
la especie *Peruvianus* que posee una temperatura menor a los 32°C y la especie *Tigris*, la cual su temperatura supera los 32°C.

La Figura 20 muestra como característica principal la temperatura ambiental, esta se divide en aquellos que poseen una temperatura bajo los 30°C, perteneciente a la especie *Peruvianus*, aquí la segunda característica presente es aquellos en donde se presenta una masa menor a los 4g (especie *koepkeorum*) y los que presentan una masa mayor o igual a 4g (*Peruvianus*), en este caso la tercera característica presente son las localidades predominantes: Ancash, Ica, Lima, en donde la especie que habita es la *Peruvianus*, versus la especie *Quadrivitattus* que habita las localidades restantes. Respecto a la especie que vive en las regiones predominantes, se presenta una cuarta característica, esta se divide en la especie *Peruvianus* con una temperatura ambiental mayor o igual a los 26°C y la especie *Tigris* menor a los 26°C.

Cuando hablamos de la característica principal en las hembras de la zona sur, existe aquella especie que está por sobre los 30°C llamada *Thorasicus*, aquí la segunda característica que aparece es la localidad predominante Arequipa, donde habita la especie *Tigris*, por otro lado, la especie *Thorasicus* se encuentra en las regiones restantes. La tercera característica aparece en aquella especie que habita en Arequipa, donde ésta se divide en aquellos que poseen temperatura ambiental menor a 33°C (*Quadrivitattus*) y en la especie que posee una temperatura ambiental mayor a 33°C (*Stolzmanni*)

## Redes neuronales

Se aplica un análisis de redes neuronales a los datos en función a la variable independiente (Localidad) buscando el error mínimo.



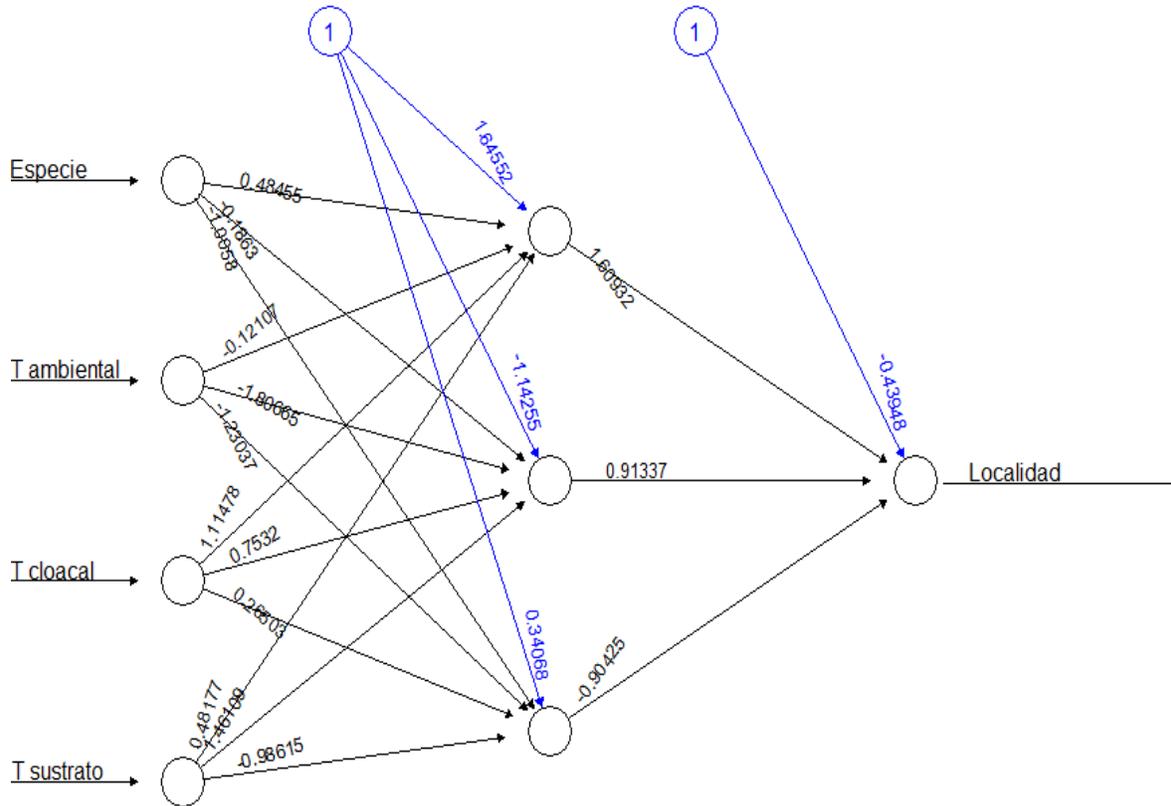
Error: 5.890001 Steps: 29

Figura 21: Redes neuronales datos macho norte.

En la Figura 21, las redes que conectan a la variable independiente representan las cargas que aportan a la red neuronal. La variable “Especie” provocó un aumento en el error, por lo que se eliminó de este análisis.

En cuanto al peso de las variables dependientes, se puede observar que las variables T sustrato y masa aportaron cargas positivas a la red neuronal, mientras que las variables T cloacal y T ambiental aportan cargas negativas a las capas ocultas que se conectan finalmente a la capa de salida (variable independiente).

En cuanto al sesgo, los sesgos de las capas ocultas son positivas y cercanas a 0, por lo que presentan una distribución simétrica, al igual que el sesgo de la capa de salida.



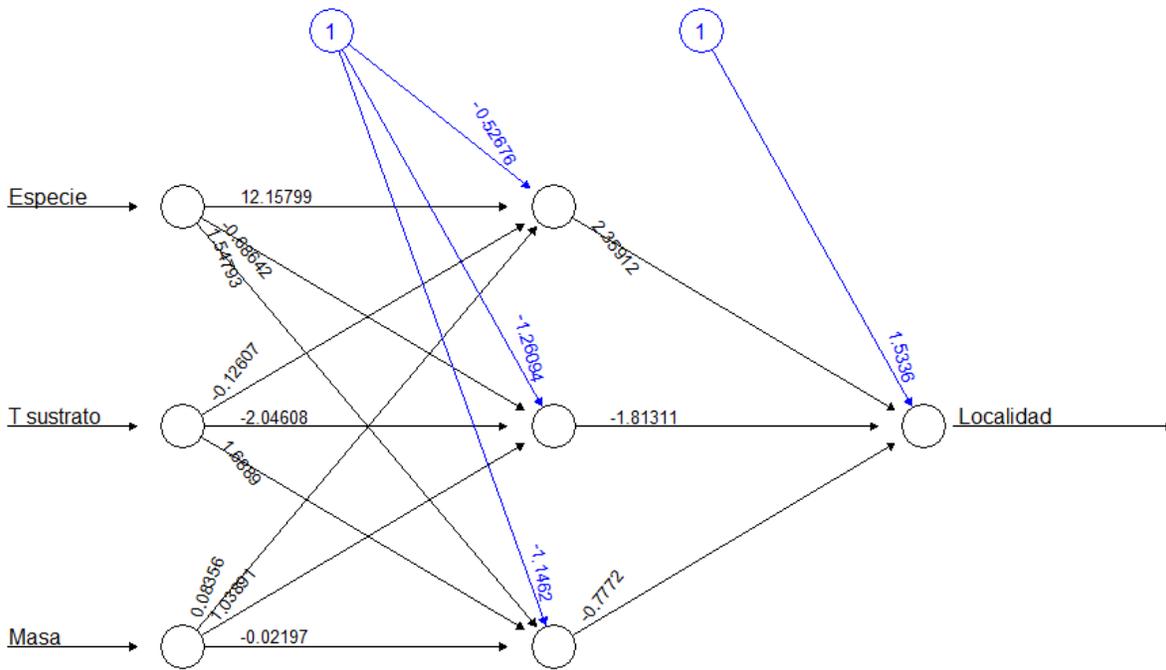
Error: 0.375 Steps: 29

Figura 22. Redes neuronales datos hembra norte.

En la Figura 22, las redes que conectan a la variable independiente representan las cargas que aportan a la red neuronal. La variable “masa” provocó un aumento en el error, por lo que se eliminó de este análisis.

En cuanto al peso de las variables dependientes, se puede observar que las variables T sustrato y T cloacal aportaron cargas positivas a la red neuronal, mientras que las variables Especie y T ambiental aportan cargas negativas a las capas ocultas que se conectan finalmente a la capa de salida (variable Localidad).

En cuanto al sesgo, los sesgos de las capas ocultas son cercanas a 0, por lo que presentan una distribución simétrica, al igual que el sesgo de la capa de salida.



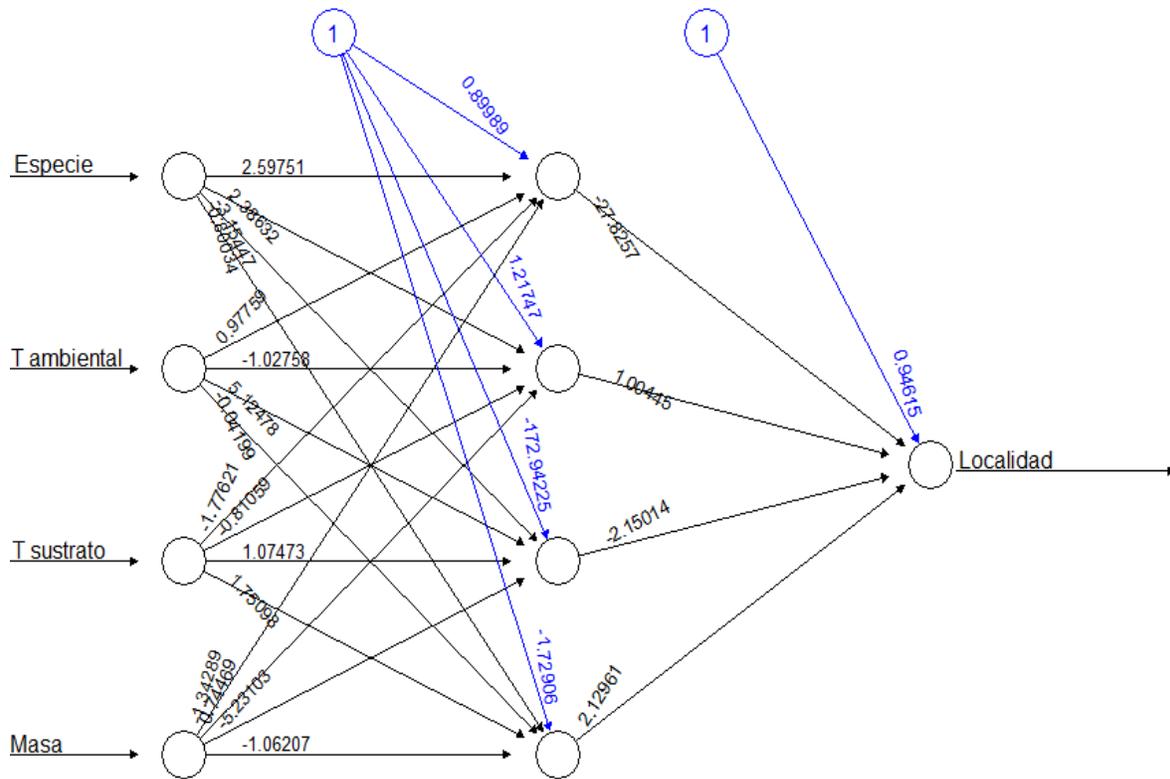
Error: 0.658599 Steps: 267

Figura 23. Redes neuronales datos macho sur.

En la Figura 23, las redes que conectan a la variable independiente representan las cargas que aportan a la red neuronal. Las variables “T ambiental y T cloacal” provocaron un aumento en el error, por lo que se eliminaron de este análisis.

En cuanto al peso de las variables dependientes, se puede observar que las variables Especie y masa aportaron cargas positivas a la red neuronal, mientras que la variable T sustrato aporta cargas negativas a las capas ocultas que se conectan finalmente a la capa de salida.

En cuanto al sesgo, los sesgos de las capas ocultas son cercanas a 0, por lo que presentan una distribución simétrica, al igual que el sesgo de la capa de salida.



Error: 4.881845 Steps: 75591

Figura 24. Redes neuronales datos hembra sur.

En la Figura 24, las redes que conectan a la variable independiente representan las cargas que aportan a la red neuronal. La variable “T cloacal” provocó un aumento en el error, por lo que se eliminó de este análisis.

En cuanto al peso de las variables dependientes, se puede observar que las variables *Especie* y *masa* aportaron cargas positivas a la red neuronal, mientras que las variables *T sustrato* y *T ambiental* aportan cargas negativas a las capas ocultas que se conectan finalmente a la capa de salida.

En cuanto al sesgo, los sesgos de las capas ocultas son cercanas a 0, por lo que presentan una distribución simétrica, al igual que el sesgo de la capa de salida.

## **Conclusión**

Ante los análisis anteriormente descritos se puede concluir que la hipótesis original se ha probado, ya que no existe relación entre las distintas zonas (zona norte y sur) respecto a sus características termo regulares, esto se prueba en la sección final con los métodos de clasificación de árboles de decisión y redes neuronales, en donde podemos observar que cada latitud presenta distintas características incluso en ambos sexos. Sin embargo, existe una relación respecto a estructura de las especies en cada zona, lo que conlleva a que cada territorio posea sus propias cualidades.

## **Bibliografía**

Ashton KG (2004) Sensitivity of intraspecific latitudinal clines of body size for tetrapods to sampling, latitude and body size. *Integrative and Comparative Biology* 44: 403-412.

Atkinson D (1994) Temperature and organism size: A biological law for ctotherms?. *Advances in Ecological Research* 25: 1-58.

Bartholomew GA (1982) Physiological control of body temperature. En: Gans C & Pough FH (eds), *Biology of reptilia*, 12C: 167-211. Academic Press, London, UK.

Bartlett, P. & D. Gates. (1967). The energy budget of a lizard on a tree trunk. *Ecology* 48: 315-322.

Bennett AF (1980) The thermal dependence of lizard behaviour. *Animal Behaviour* 28: 752-762.

Bogert CM (1949) Thermoregulation in reptiles. A factor in evolution. *Evolution* 3: 195-211.

Dixon JR & JW Wright (1975) A review of the lizards of the iguanid genus *Tropidurus* in Peru. *Contribution Science Natural History Museum (Los Angeles)* 271: 1-39.

Dzialowski EM & MP O'Connor (2001) Physiological control of warming and cooling during simulated shuttling and basking in lizards. *Physiological & Biochemical Zoology* 74: 679-693.

Huey RB (1982) Temperature, physiology and ecology of reptiles. Gans C & FH Pough (eds). "Biology of reptilia". Vol 12: 25-91. Academic press, London.

Huey RB & MR Slatkin (1976) Cost and benefits of lizards thermoregulation. *Quarterly Review of Biology* SI: 363-384.

Huey RB & RD Stevenson (1979) Integrating thermal physiology and ecology of ectotherms: a discussion of approaches. *American Zoology* 19: 357-366.

James FC (1970) Geographic size variation in birds and its relationship to climate. *Ecology* 51: 365-390.

Labra A (1998) Selected body temperatures of seven species of Chilean *Liolaemus* lizards. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 349- 358.

Labra A. & M. Vidal (2003) Termorregulación en Reptiles: un pasado veloz y un futuro lento, pp. 207-224. En: *Fisiología ecológica y evolutiva*. F. Bozinovic (Ed.). Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Labra A & M Rosenmann (1994). Energy metabolism and water loss of *Pristidactylus* lizards comparative *Biochemical and Physiology* 109A: 369-376.

Maronna R; Yohai V & Douglas R (2006). *Robust statistics, theory and methods*, pp. 2-9 Editorial John Wiley & Sons Ltd, England.

Matloff N. (2001) *The art of R programing, a tour of statistical software design*. San Francisco.

Mella, J. (2007). Reptiles en el monumento natural “El Morado” (Región metropolitana, Chile): abundancia relativa, distribución altitudinal y preferencia por rocas de distinto tamaño. *Gayana* 71: 16-26.

Mercer J (2001) Glossary of terms for thermal physiology. *The Japanese journal of physiology* 51:245-280.

R Core Team (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.

Roughgarden, J; W. Porter & D. Heckel, (1981). Resource partitioning of space and its relationship to body temperature in *Anolis* lizard population. *Oecología* 50: 256-264.

Scheers, H. & R. Van Damme, (2001). Micro-scales differences in thermal quality and a possible case of evolutionary flexibility in the thermal physiology of lacertid lizards. *Oecología* 132: 323-331.

Seebacher F (2000) Heat transfer in a microvascular network: the effect of Heart rate on heating and cooling in Reptiles (*Pogona barbata* and *Varanus varius*). *Journal of Theoretical Biology* 203: 97-109.

Spotila, J.R., Standora, E., (1985). Energy budget of ectothermic vertebrate. *American Zoologist* 25, 362e386.

Squamata V (1993) Estudios autoecológicos en *Pristidactylus* cf. en Chile central. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 44: 115-130

Vidal M. A., J. C. Ortiz & A. Labra (2002) Sexual and age differences in ecological variables of the lizard *Microlophus atacamensis* (Tropiduridae) from northern Chile. *Revista chilena de Historia Natural* 75:283-292.

Wickham H. & Golemund G. (2017). *R for data science, import, tidy, transform, visualize and model data*. Published by O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, CA 95472.