

# Análisis de datos aplicados a la biodiversidad terrestre y/o marina

## Analysis of data applied to terrestrial and/or marine biodiversity

Carina Martín Bonilla

*Tutorizado por María Mercedes Suárez  
Rancel y Miguel Molina Borja. Grado en  
Biología. 2017*

# ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	1
Introducción.....	2
Material y métodos.....	5
Análisis estadístico.....	8
Estadística descriptiva.....	9
Análisis multivariante.....	10
Componentes principales.....	10
Análisis clúster.....	11
Análisis de la varianza: ANOVA.....	13
Resultados.....	14
Estadística descriptiva.....	14
Componentes principales.....	19
Análisis clúster.....	22
Análisis de la varianza: ANOVA.....	23
Discusión.....	25
Conclusión.....	26
Conclusions.....	27
Agradecimientos.....	28
Bibliografía.....	28

## RESUMEN

Proponer un estudio sobre una población en concreto, requiere utilizar la estadística como herramienta para poder obtener la inferencia estadística, a partir de una muestra representativa, y así generar unas premisas que puedan ser aplicadas para la especie de interés. Se pretende comprobar cómo varían los rasgos morfológicos de las especies *Gallotia galloti* (lagarto de Tenerife), *Tarentola delalandi* (perenquén) y *Chalcides viridanus* (lisa). Al finalizar el análisis estadístico, se dedujo que estas especies presentan similitudes en función de las variables elegidas, como por ejemplo, con respecto a la variable longitud hocico cloaca (LHC), las especies *G. galloti* y *C. viridanus* se agrupan, ya que estas pueden exhibir longitudes más similares, en comparación a *T. delalandi*. Las subespecies de *G. galloti* no difieren demasiado en cuanto a su morfología, en base a las variables del estudio. Los valores que pueden tomar estas variables no sólo se diferencian en función a la especie, sino también por el sexo del individuo, fenómeno denominado dimorfismo sexual. Como se confirma en el presente estudio, los machos muestran una talla corporal superior a las hembras, exceptuando la especie *C. viridanus*, cuyas hembras exhiben una longitud de LHC mayor, aunque esta diferencia no resultó estadísticamente significativa.

**Palabras clave:** *Chalcides viridanus*, dimorfismo sexual, *Gallotia galloti*, inferencias estadísticas, rasgos morfológicos, *Tarentola delalandi*,

## ABSTRACT

When we want to investigate a particular population, it's necessary to apply statistical methods on representative samples taken from the species that we decided to investigate, to get inference about it. The main aim is to test if the morphological characteristics change in function of the species: *Gallotia galloti* (lizard of Tenerife), *Tarentola delalandi* (gecko) and *Chalcides viridanus* (skink). We concluded that the species have similarities based on the measurements made specifically for this study, for example, *G. galloti* and *C. viridanus* manifested more similar lengths than *T. delalandi*, considering snout-to-vent length (LHC). The two subspecies of *G. galloti* don't have any significant differences. The measures can also change according to the sex factor, which proves that these species shows sexual dimorphism. This study provides proof that males have a bigger body size than females, except *C. viridanus* females, because they have larger LHC than males, however this can't be proved by statistical analysis.

**Keywords:** *Chalcides viridanus*, sexual dimorphism, *Gallotia galloti*, statistical inference, morphological characteristics, *Tarentola delalandi*

## INTRODUCCIÓN

El archipiélago canario pertenece a la región Macaronésica, por lo que comparte una gran cantidad de especies endémicas con las islas Azores y Madeira. Sus características ambientales, así como el aislamiento geográfico entre las islas, actúan de manera determinante, lo que propicia la aparición de endemismos insulares

Dentro de los endemismos que presenta el archipiélago, cabe destacar el orden Squamata, que corresponde a los reptiles que han alcanzado el mayor éxito ecológico. Dentro de este, se encuentra el suborden Sauria (=Lacertilia) grupo parafilético donde se incluyen a aquellos escamosos que no son serpientes, predominando las familias Lacertidae, Scincidae y Gekkonidae. Entre las características de este grupo, destaca la presencia de una buena visión diurna y percepción de color (Loew et al., 2002), dentro de los gekkónidos, los perenquenes pueden tener además visión nocturna (Roll, 2000), en función a la estructura de su elipsoide. También característico de los Squamata es la presencia del órgano Jacobson, situado en el techo de la boca, donde, mediante la lengua depositan sustancias química captadas del ambiente o de otros ejemplares. En el caso de la familia Lacertidae, los machos presentan una coloración llamativa como librea sexual en la época reproductiva (Molina-Borja et al., 1997; Font et al., 2009).

En estas familias, destacamos algunas especies de interés, ampliamente distribuidas en Tenerife. En primer lugar en cuanto a la familia Lacertidae, destaca la especie ***Gallotia galloti*** (Oudart, 1839). Se encuentra exclusivamente en Tenerife y La Palma, aunque se han encontrado algunos ejemplares introducidos en el Hierro (Rodríguez-Dominguez & Ruiz Caballero, 1998). Se pueden encontrar poblaciones en prácticamente todos los hábitats de la isla, aunque en los bosques de Laurisilva quedan relegados a los márgenes de las pistas forestales (Delgado García et al., 2007). Abundan en las zonas de cultivo, encontrándose en muros de piedra construidos por el hombre. Se han descrito tres subespecies morfológicas: *G. galloti galloti* (Ggg,

centro y vertiente S-SW de Tenerife), *G. galloti eisentrauti* (Gge, vertiente N-N) de Tenerife) y *G. galloti insulanagae* (Roque de Fuera, Tenerife). Sin embargo, las diferencias entre estas subespecies se consideran dudosas (Baéz, 1987; González et al., 1996). Por otro lado, dentro de la familia Scincidae, encontramos la lisa dorada ***Chalcides viridanus*** (Gravenhorst, 1851). La zona de mayor densidad de este individuo en la isla de Tenerife corresponde con la franja termófila, hasta los 750 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, se han encontrado superando los 2.250 metros, cerca del puerto de Izaña (BÁEZ, 1998). Son endémicas de las islas de La Gomera y El Hierro, así como de Tenerife. Por último destacamos ***Tarentola delalandii*** (Duméril & Bibron, 1836) que pertenece a la familia Gekkonidae y se le conoce como perenquén común. Se distribuye únicamente en La Palma y Tenerife. Al igual que las especies de la familia Lacertidae, se encuentra en la mayoría de hábitats, siendo más abundante en zonas de cultivo, preferiblemente bajo piedras (de Fuentes-Fernández et al. 2016). Además, su distribución se ve limitada en los bosques de Laurisilva debido a sus condiciones frías y sombrías, encontrándose de manera escasa en los claros de dichos bosques. Cabe destacar su presencia en zonas urbanas, próximos a focos de luz para cazar insectos. La isla de Tenerife cuenta con dos subespecies con una divergencia apreciable entre las poblaciones del Norte de la isla con respecto al sur de la misma (Thorpe, 1991; Nogales et al., 1998).

Se observan diferencias morfológicas externas entre estas tres familias. La especie que alcanza mayor tamaño entre las tres es *Gallotia galloti*, cuya talla corporal (longitud hocico-cloaca, LHC) varía entre las poblaciones de las dos subespecies, alcanzando los machos valores máximos de 126 y 135 mm, respectivamente para *G.galloti galloti* y *G. galloti eisentrauti* (Molina-Borja & Rodríguez-Dominguez, 2004). Generalmente los machos presentan un color pardo negruzco con manchas azules laterales (ocelos) mientras que las hembras suelen tener bandas longitudinales dorsales. Los machos presentan la parte posterior a la cloaca más hinchada que en las hembras, ya que se alojan los hemipenes en esta parte. Destaca su iris de color amarillo intenso. Por otra parte, *Tarentola delalandii* es la especie de menor tamaño con una talla mínima entre los 60-70 mm (De Fuentes-Fernández et al., 2016). Se caracterizan por la

presencia de las almohadillas adhesivas en sus patas y su coloración grisácea, siendo la parte ventral blanca o amarillenta. Por último, *Chalcides viridanus* es la especie que más varía con respecto a las otras, cuyo cuerpo es alargado y serpentiforme, de sección cilíndrica. Presenta un color oscuro y brillante, con la parte ventral de color negro. Se han descrito tallas corporales máximas de alrededor de 90 mm (Sánchez-Hernández et al., 2013).

Las tres especies presentan dimorfismo sexual, caracterizado principalmente por una talla corporal superior en individuos macho en comparación a las hembras, excepto en el caso de *C. viridanus*, cuyas hembras son más grandes y robustas que los machos (Báez, 1998), aunque en otros estudios, se indica que esta diferencia no fue significativa (Sánchez-Hernández et al., 2013).

## OBJETIVOS

En trabajos previos se ha analizado cómo el dimorfismo sexual se manifiesta en diversos rasgos morfológicos, entre ellos la talla corporal, de especies tales como *Gallotia galloti* (Molina-Borja et al., 1997), *Gallotia sthelini* (Rivero Suárez et al., 2016) y *Tarentola delalandi* (De Fuentes et al., 2016) considerando como factor de interés las diferentes poblaciones de cada especie. Puesto que estos estudios han analizado las especies únicamente de manera individual, utilizando técnicas estadísticas insuficientes, se plantean los siguientes objetivos:

1. Llevar a cabo un análisis comparativo entre las tres especies en función a determinados rasgos morfológicos.
2. Establecer el grado de dimorfismo sexual en dichos rasgos dentro de cada especie.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *II. 1. Zonas de muestreo, método de captura de ejemplares y rasgos a analizar.*

---

Las zonas de muestreo a partir de las cuales se han obtenido los ejemplares para el estudio son las siguientes:

**Jardines de la Sección de Biología** (Astrofísico Francisco Sánchez, San Cristóbal de La Laguna, 28° 28' 21" N 16° 19' 35" O). Las especies vegetativas que se observan son las siguientes: *Echium virescens* (Boraginaceae), *Euphorbia canariensis* (Euphorbiaceae), *Lavandula canariensis* (Lamiaceae) *Ilex canariensis* (Aquifoliaceae), *Chamaecytisus proliferus* (Fabaceae).

**San Miguel de Geneto** (San Cristóbal de la Laguna, 28° 28' 02" N 16° 18' 50"). Entre las especies vegetales existentes, destacan *Galactites tomentosa* (Asteraceae), *Spartium junceum* (Fabaceae), *Opuntia máxima* (Cactaceae), *Ficus carica* (Moraceae) y *Rubus ulmifolius* (Rosaceae) entre otras.

**Tacoronte** (28° 29' 52" N 16° 25' 33" O). Este municipio tiene un marcado carácter agrícola. La zona de muestreo consistió en amplias extensiones de huertas, localizadas en las zonas de medianías, donde se encontraban principalmente viñedos y cultivos de papas.

Nuestras zonas de muestreo se localizan en la vertiente norte de Tenerife, por lo que presentan unas condiciones meteorológicas generalmente similares. Destaca la presencia de un mar de nubes que aporta una gran humedad al ambiente y unas precipitaciones entre los 800 – 1.000 mm de lluvia. Las temperaturas medias oscilan entre los 12°C y 16°C, aumentando considerablemente en verano, propiciado por la presencia ocasional de calima



**Fig 1.** Trampa usada para la captura de lagartos, situada en uno de los puntos de muestreo elegidos (San Miguel de Geneto)

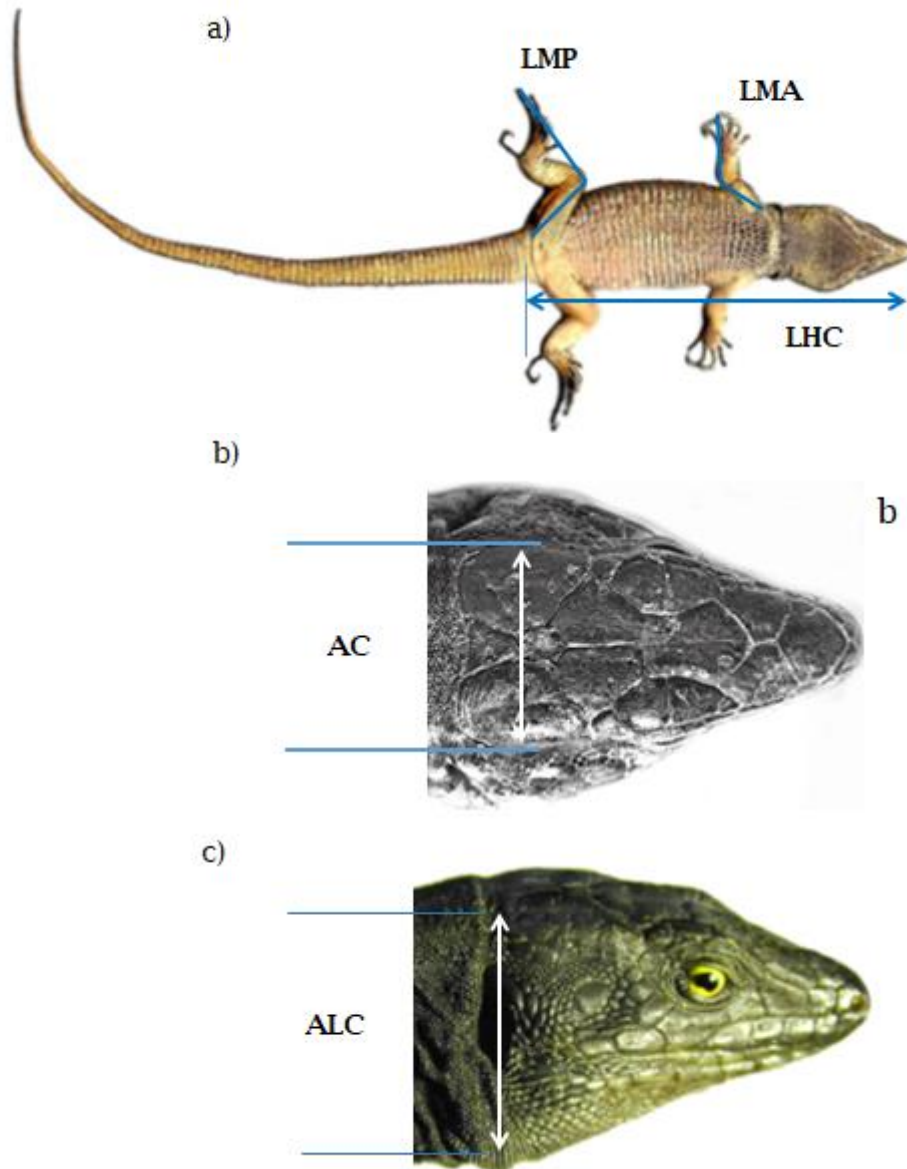
Para la obtención de las muestras de lagarto se utilizaron recipientes de plástico (altura de 50 cm y diámetro de 40 cm) en cuyo interior se colocaba plátano y tomate a modo de cebo (**Fig 1**). En caso de las lisas y los perenquenes se capturaron a mano levantando piedras debajo de las cuales suelen ubicarse.

Para cumplir los objetivos del trabajo, se pretende realizar comparaciones entre una o más variables, cuyas medidas varían en función de un factor, que en este caso se trata del sexo del individuo. Se manejaron las siguientes variables (**Fig. 2**): longitud hocico-cloaca (LHC), longitud de la cabeza (LC), ancho de la cabeza (AC), alto de la cabeza (ALC), longitud del miembro anterior (LMA), longitud del miembro posterior (LMP) y longitud del tronco. Las tres especies presentan dimorfismo sexual, fenómeno que afecta al tamaño, forma y coloración de los individuos en función a su sexo. Se comprobó y dejó constancia sobre el sexo del individuo, para posteriormente, tomar las medidas de las variables a analizar. Con respecto a los individuos juveniles, no se pudo especificar su sexo puesto que no habían alcanzado su punto máximo de desarrollo; por ello se estudiaron en conjunto sin tener en cuenta el factor sexo.

Las medidas de las variables se tomaron mediante una calibrador digital (marca Mitutoyo, 0.01 mm de precisión) y una regla de 25 centímetros. Los resultados se expresan en milímetros. Para obtener la masa corporal se utilizó una balanza de laboratorio (0.01 g de precisión). La captura de los nuevos ejemplares se realizó durante los meses de junio y julio, en días soleados con temperaturas cálidas, en un horario de 9.00 a 12.00 de la mañana. Posteriormente, estos individuos fueron trasladados al departamento de



Fisiología Animal (Sección de Biología) donde se midieron las variables de interés. Finalmente, fueron puestos en libertad en el mismo lugar de su captura.



**Fig. 2.** Esquema donde se indica las medidas a tomar: a) LHC, se mantiene al individuo lo más extendido posible y se toma la medida que abarca desde el hocico hasta la cloaca; LMP y LMA, estas dos medidas se toman generalmente de las extremidades de la parte derecha del cuerpo, desde donde se inserta hasta el dedo de mayor longitud, manteniendo la extremidad lo más extendida posible. b) AC, distancia entre el borde lateral posterior de ambas escalas parietales; ALC, entre el borde superior de la cabeza y el borde inferior de la región gular. Imagen tomada de Bohórquez-Alonso, M.L. (2011): Análisis experimental de

## II.2. Análisis estadístico

Se realizó la inferencia estadística, partiendo de una muestra con un tamaño total de 249 individuos de las tres especies, de los cuales 193 son machos, 195 hembras y 37 juveniles (**Tabla 1**). Se utilizaron dos grupos de datos, el primero se obtuvo previamente por el grupo de investigación coordinado por el profesor Miguel Molina y el segundo fue tomado específicamente para este TFG, ambos mediante el mismo procedimiento (ver diseño del muestreo en el apartado II.1). Puesto que se analiza el factor sexo, lo más apropiado para este estudio sería llevar a cabo un muestreo estratificado, con el objetivo de que la muestra tenga una composición análoga a la población. Sin embargo, debido a la complicación del mismo y al carecer de información previa sobre las zonas de muestreo, se opta por llevar a cabo un muestreo aleatorio. Por lo tanto, cualquier punto dentro de las distintas áreas donde se realiza el estudio, debe tener a priori la misma probabilidad de ser elegido y esta probabilidad ha de ser independiente de la probabilidad del resto de los puntos (Zar, 1984).

	<i>G. g. galloti</i>	<i>G.g. eisentrauti</i>	<i>T. delalandi</i>	<i>C. viridanus</i>
Macho	38	33	69	53
Hembra	17	31	84	63
Juveniles	--	4	33	--

**Tabla 1.** Número de individuos macho y hembra utilizados de cada especie.

El análisis de datos multivariante se realizó haciendo uso del paquete IBM SPSS versión 23. A continuación, se describen brevemente los fundamentos matemáticos y los objetivos generales de los modelos estadísticos que se han aplicado. Se especifica cuál es la aportación de cada uno de ellos para este trabajo.

### *II.2.1. Estadística descriptiva*

---

8

Se ha de determinar la naturaleza de las variables que se han utilizado para el estudio de la población. El factor sexo se define como una variable categórica dicotómica (macho/hembra). Sin embargo, en este estudio también se incluyen los individuos juveniles a la hora de analizar las variables en función al factor, puesto que no se especifica el sexo de estos, pasando a ser una variable con tres categorías. Las variables que corresponden a aspectos morfológicos presentan datos numéricos continuos, tratándose así de variables cuantitativas. Antes de llevar a cabo la inferencia estadística, es necesario desarrollar una primera fase exploratoria para poder detectar datos anómalos o comportamientos atípicos. Mediante la estadística descriptiva sintetizamos los datos o valores, revelando aquellos que pueden implicar valores anómalos.

La estadística descriptiva cuenta con medidas de resumen de la distribución de las variables del estudio. A partir de estas medidas, se obtienen las características más importantes de un conjunto de datos, tales como su tendencia central y su variabilidad o dispersión (López & Juárez, 2004), requisitos indispensables para interpretar una observación. Otro aspecto de importancia es la asimetría y la curtosis de la distribución, que nos permite verificar de forma muestral una primera aproximación a la distribución normal.

Posteriormente, representamos de manera gráfica las características más importantes del conjunto de datos, permitiendo una visualización más rápida y estructurada de los resultados (López. & Juárez., 2004). Para el factor sexo, al tratarse de una variable cualitativa, generamos un gráfico de barras, mientras que para el resto de variables se utiliza un histograma. Para poder representar los dos tipos de variables en un mismo gráfico, contamos con los diagramas de cajas, que permiten observar cómo afecta el factor sexo a las variables dependientes cuantitativas, además de representar los valores atípicos que se dan en cada una de las variables.

### II.2.2. A. Componentes principales

Puesto que se pretende llevar a cabo un estudio sobre la variación morfológica en función a un factor, es adecuado trabajar simultáneamente con más de dos variables, para que la realidad biológica quede bien representada. En función a esta premisa, surge el siguiente problema: estas variables generan un conjunto de datos complejos, cuya interpretación puede ser complicada, con el inconveniente de que además, dichas variables pueden contener información redundante (Fenández Palacios & De los Santos, 1996). Los análisis multivariantes nos permiten resolver esto, partiendo de una población descriptiva con un elevado número de variables, creando otras que mantengan la información contenida en las mismas.

Partiendo de un conjunto de variables, *“el objetivo de los componentes principales es tratar de encontrar, si es posible, otro conjunto con un número menor de variables, que sean independientes entre sí, y que contengan la mayor parte de información posible del conjunto original”* (Abraira Santos & De Vargas Luque, 1996). Estas nuevas variables que se generan, serán combinaciones lineales de las anteriores. Este método permite obtener una representación gráfica del número de clases que forman los datos al agruparse, información que puede ser útil para análisis posteriores, tales como un análisis clúster.

Abraira Santos & De Vargas Luque (1996), exponen como el procedimiento geométrico para generar los componentes se basa en encontrar un eje cuya varianza proyectada a partir de la varianza original sea máxima, y que éste represente adecuadamente la dispersión original de los datos. La proyección de los puntos de las variables iniciales sobre este nuevo eje, genera unas coordenadas que se corresponden con los valores de las nuevas variables o componentes principales. Dichos componentes principales, contienen la mayor

cantidad de varianza de las variables iniciales, manteniendo así, la información original que aportan las mismas.

Partiendo de una matriz de datos multidimensionales en la que se recoge un conjunto de variables correlacionadas se genera otro conjunto. Mediante la matriz de datos de esta nueva variable, se obtiene un vector con la misma dirección al vector de la matriz original, pero con un módulo o longitud mayor, denominado *autovector* de la matriz. El número que indica ese aumento se denomina *autovalor*, cuya suma de valores totales informa sobre cómo las variables están representadas por los componentes principales en función a la varianza explicada, según las definiciones dadas por Abaira & De Vargas (1996).

Con el fin de comprobar la validez de la técnica de los componentes principales, generamos el test de esfericidad de Barlett. Es necesario que las variables se encuentren correlacionadas, por lo que se debe conseguir un p-valor significativo para rechazar la hipótesis nula del test de esfericidad, que postula la ausencia de correlación. A la hora de determinar el número de componentes principales con los que trabajar, contamos con la proporción de varianza explicada por cada variable inicial, eligiendo aquellos componentes que contengan una mayor proporción. Con vistas a deducir la calidad de los componentes, se obtiene la medida KMO, aunque sus resultados no son del todo fiables. Mediante los gráficos de sedimentación, donde se representa la magnitud de los autovalores, podemos interpretar visualmente el número de componentes a extraer.

Finalmente, el gráfico de dispersión que se genera en función a los componentes principales, muestra cómo se distribuyen y agrupan los datos, proporcionando una perspectiva visual de cómo las especies del estudio se distinguen en función a sus medidas morfológicas

## **II. 2. 2. B. Análisis Clúster**

Los datos del estudio tienden a agruparse generando clases diferenciadas, puesto que se trabaja con valores tomados de tres especies distintas, cuyas características morfológicas difieren entre ellas. Para ello, se lleva a cabo un procedimiento estadístico multivariante, denominado análisis clúster, cuyo

objetivo trata de agrupar las observaciones en grupos lo más homogéneos posibles, como señalan Abraira & De Vargas (1996), de acuerdo a la distancia, entre observaciones y grupos, previamente definidas. Existen dos tipos de análisis clúster: jerárquico y no jerárquico.

Para un análisis jerárquico se parte de un número determinado de observaciones, a partir de las cuales se generan grupos o "clúster" de tal modo que cada observación difiera lo menos posible de las demás observaciones que pertenezcan al mismo grupo. Se establece previamente la distancia a aplicar, que varía en función al tipo de variable, y puesto que en este análisis se manejan variables numéricas, se aplica la distancia euclídea (distancia métrica). En función a nuestro tamaño muestral, se utiliza el Método de Ward para medir la distancia entre grupos, donde cada uno de ellos se caracteriza por *"la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada observación del centroide del mismo"*. *"La distancia entre dos grupos se define como el aumento que se produce en la suma de cuadrados si ambos grupos se agregan a uno solo"* (Abraira Santos & De Vargas Luque, 1996). Aplicando lo expuesto, se genera una matriz de distancias, a partir de los datos originales, y se lleva a cabo un proceso de reducción de la dimensionalidad de dicha matriz, que continúa hasta que todas las observaciones queden englobadas en un grupo final, generando una estructura denominada dendograma (Fenández Palacios & De los Santos, 1996).

La principal diferencia entre el análisis jerárquico con el no jerárquico, radica en que este último requiere que se especifique a priori el número de grupos que se pretende obtener. A este conjunto de grupos se les designa como *K grupos* y se generan mediante el criterio de la varianza, donde se reagrupan los valores mediante el método de K-medias, hasta conseguir una agrupación de datos cuyas sumas de varianzas sea mínima (Dorta Guerra & Abdul-Jalbar Betancor, Computación científica y análisis de datos)

## **II. 2. 2. C. Análisis de la varianza: ANOVA.**

12

Mediante un contraste de hipótesis, donde se llevan a cabo comparaciones de las medias, podemos verificar que los datos provienen de distintas poblaciones y por ende, presentan diferencias entre ellos. Posteriormente, una vez que esto se confirma, se llevan cabo comparaciones múltiples entre las variables para analizar cómo se ven afectadas por el factor sexo.

Es imprescindible la verificación de las hipótesis asociadas al modelo ANOVA. Mediante el test de Kolmogorov-Smirnov diagnosticaremos la hipótesis de normalidad asociada a las variables a deducir para cada especie de manera independiente, así como de la totalidad de la muestra. La verificación de la hipótesis de igualdad de varianzas se comprueba mediante el test de Levene, con el objetivo de detectar si los errores de las variables a predecir generan la misma varianza.

En este trabajo, tras confirmar que estas hipótesis no se cumplían, se optó por trabajar con pruebas no paramétricas, tales como Kruskal Wallis, que se basan fundamentalmente en contrastes de hipótesis sobre la mediana. Finalmente se llevan a cabo pruebas post hoc, tales como Bonferroni, Sidak y Hochberg, que nos permiten comparar como varía cada variable en función al sexo, dentro de la estadística no paramétrica.

## RESULTADOS

### *II. 2. 1 Estadística descriptiva*

---

En las tablas de frecuencia (**Tabla 2**) se detectó un alto porcentaje de valores perdidos en las variables “Longitud cabeza” y “Tronco”, puesto que son medidas que sólo se tomaron en individuos de *Gallotia galloti*. Por lo tanto, estas dos variables no fueron incluidas en el estudio. Posteriormente, se reemplazaron los datos perdidos que aparecen en otras variables, en menor medida, mediante estimaciones calculadas a partir del conjunto de datos.

Las medidas de centralización no son adecuadas en este estudio, ya que pueden aportar información errónea puesto que se comparan valores entre poblaciones heterogéneas. Si los valores de la media y la mediana difieren de forma notable, puede ser indicativo de la existencia de outliers en los datos. Así, las variables LHC y AC presentaron ausencia de datos anómalos en este primer análisis descriptivo. En función a los valores de la desviación típica, la variable que se aleja más de la media es LHC, debido a la presencia de datos procedentes de individuos machos de *Gallotia galloti*, puesto que son los que alcanzan mayores tamaños corporales.

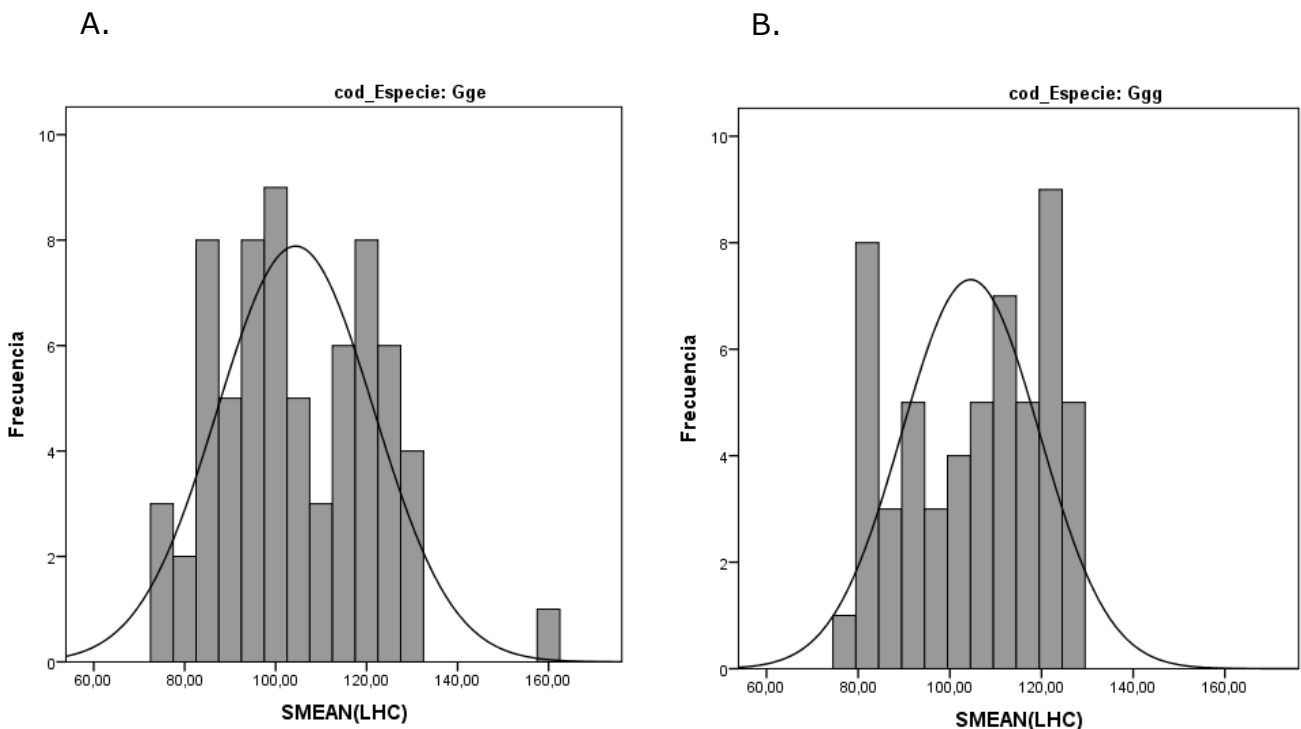
Si el coeficiente de asimetría es positivo, la cola de distribución se extiende para valores superiores a la media. Todas las variables, excepto LHC y AC, presentaron una asimetría positiva y mayor que el doble de su error, por lo que se puede afirmar que sus valores no presentan simetría. En cuanto a la curtosis, cuanto mayor sean sus valores, mayor apuntamiento presentará los datos, desviándose así de la distribución normal, indicando una vez más el uso de la estadística no paramétrica.



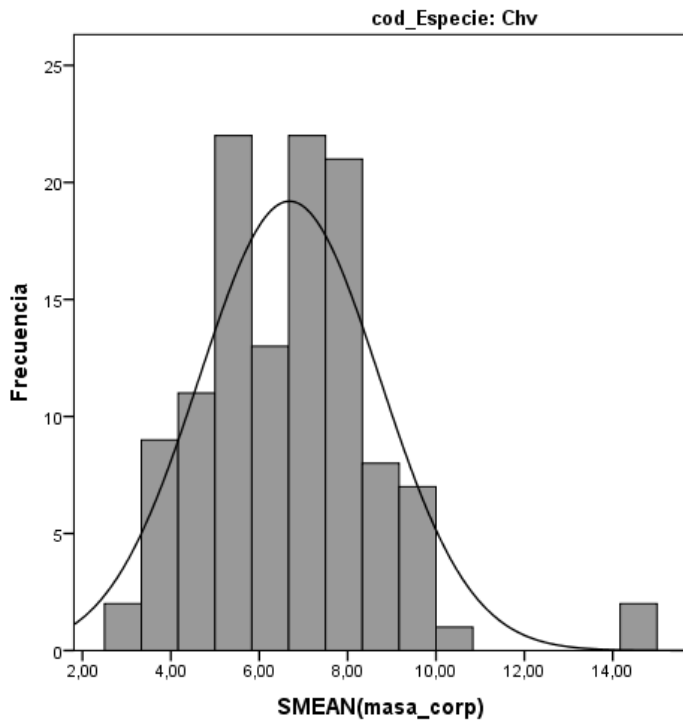
**Tabla 2.** A) Tabla de frecuencias con los valores válidos y perdidos para cada variable; B) Tabla de Estadística descriptiva, una vez se eliminan los valores perdidos.

<b>A)</b>	<b>MASA CORPORAL</b>	<b>LONGITUD HOCICO-CLOACA</b>	<b>LONGITUD CABEZA</b>	<b>ANCHO CABEZA</b>	<b>ALTO CABEZA</b>	<b>LONG. MIEMBRO ANTERIOR</b>	<b>LONG. MIEMBRO POSTERIOR</b>	<b>TRONCO</b>
<b>N VALIDO</b>	424	426	302	427	427	426	426	302
<b>N PERDIDOS</b>	5	3	127	2	2	3	3	127
<b>B)</b>	<b>MASA CORPORAL</b>	<b>LONGITUD HOCICO-CLOACA</b>	<b>ANCHO CABEZA</b>	<b>ALTO CABEZA</b>	<b>LONG. MIEMBRO ANTERIOR</b>	<b>LONG. MIEMBRO POSTERIOR</b>		
<b>N VÁLIDO</b>	429	429	429	429	429	429	429	
<b>N PERDIDOS</b>	0	0	0	0	0	0	0	
<b>MEDIA</b>	14,9139	74,6737	11,9047	9,0304	22,2447	32,3767		
<b>ERROR ESTÁNDAR</b>	0,80696	1,21865	0,22229	0,23470	0,47945	0,76682		
<b>MEDIANA</b>	7,2000	75,0000	11,4200	6,8700	19,2800	25,4200		
<b>MODA</b>	4,00	80,00	6,18	5,50	13,37	20,05		
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	16,71393	25,24106	4,60416	4,86124	9,93051	15,88257		
<b>VARIANZA</b>	279,355	637,111	21,198	23,632	98,615	252,256		
<b>ASIMETRÍA</b>	1,714	0,417	0,506	1,130	0,836	0,961		
<b>ERROR ESTÁNDAR</b>	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118	0,118		
<b>CURTOSIS</b>	1,806	-0,653	-0,651	-0,079	-0,438	-0,479		
<b>ERROR ESTÁNDAR</b>	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235		
<b>RANGO</b>	73,60	128,00	16,70	18,27	38,74	56,80		
<b>PERCENTILES</b>								
<b>25</b>	4,5000	51,0000	7,4400	5,4950	13,7450	20,1800		
<b>50</b>	7,2000	75,0000	11,4200	6,8700	19,2800	25,4200		
<b>75</b>	18,5000	90,0000	14,7100	12,3200	29,0650	46,2250		

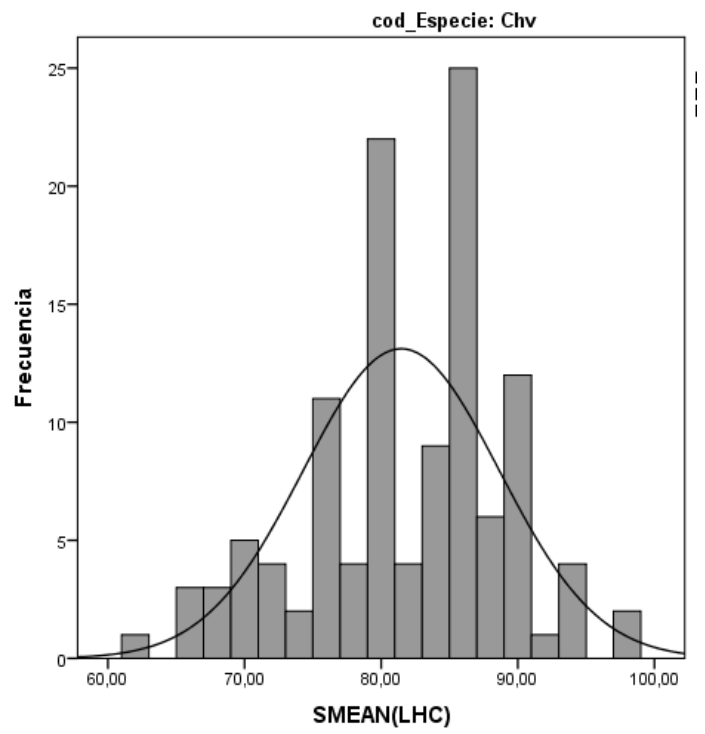
Mediante la selección de datos, se generaron histogramas con el fin de analizar las variables específicamente para las tres especies, así como diagramas de cajas en las que se determinó cómo afecta el factor sexo en cada especie, en función a las variables que se consideran para el estudio. La subespecie *G. g. eisentrauti* puede presentar mayor frecuencia para valores altos, destacando individuos de longitudes corporales superiores en comparación a los de *G. g. galloti* (**Fig 3**). En los diagramas de cajas, la variable masa corporal en la especie *C. viridanus* no presentó una diferencia significativa en cuanto al sexo del individuo, mientras que para la variable LHC, los individuos hembra de esta misma especie mostraron valores superiores en comparación a individuos machos. (**Fig.3**). En las especies restantes, el dimorfismo sexual se manifiesta generando longitudes corporales superiores en individuos machos en comparación a individuos hembras, como muestra las variables AC y ALC en la especie *T. delalandi*.



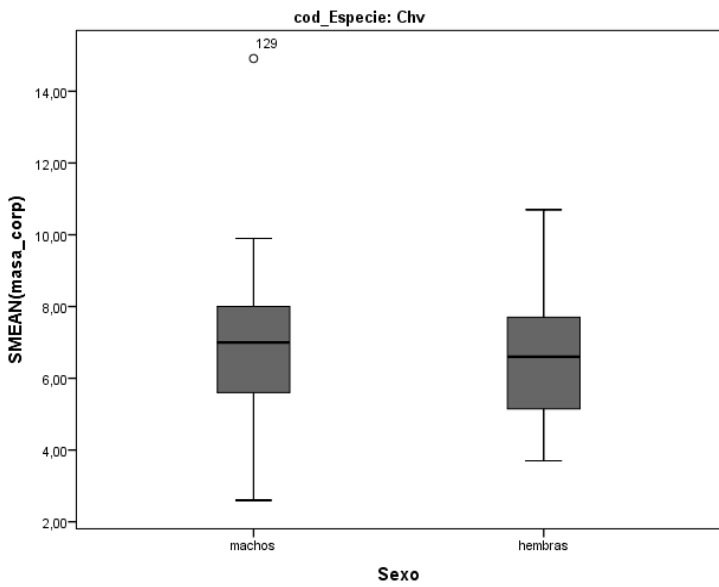
C.



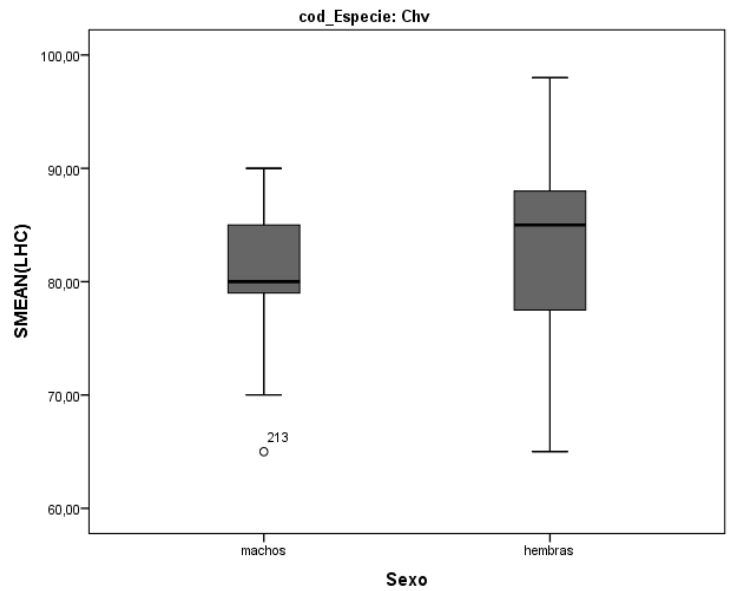
D.



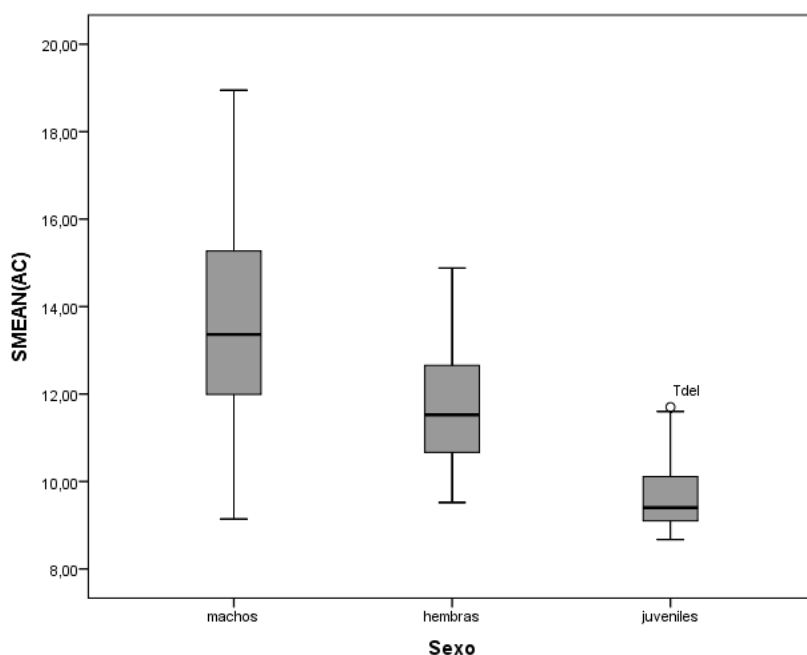
E.



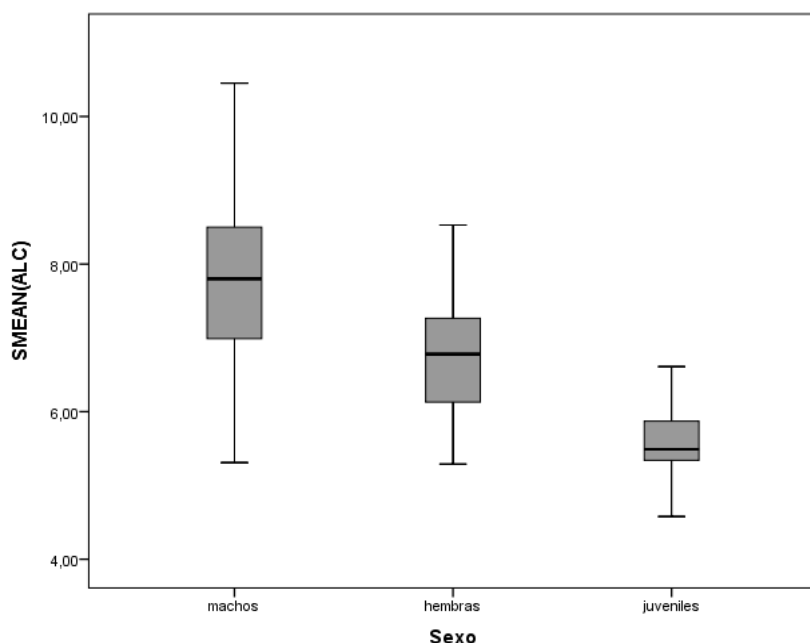
F.



G.



H.



**Fig. 3.** A y B) Histogramas de barras dónde se representa la distribución de frecuencias de la variable LHC para las dos subespecies de *G. galloti*: *G. g. eisentrauti* y *G.g. galloti*, respectivamente. C y D) Histogramas de barras donde se representa la distribución de las variables masa corporal y LHC para la especie *C. viridanus*, respectivamente. E y F) Diagramas de cajas para las variables masa corporal y LHC respectivamente, en la especie *C. viridanus*, en función al sexo del individuo. G y H) Diagramas de cajas para las variables AC y ALC, para la especie *T. delalandi*, en función al sexo del individuo.

## II. 2. 2. A. Componentes principales.

Dado que las variables reflejan la morfología de un individuo, se encuentran altamente correlacionas. Para verificar que estas correlaciones son significativas, se generó la hipótesis nula de que las variables no presentan relación, mediante el test de esfericidad de Bartlett. Con un resultado de un valor  $p < 0.001$ , se rechaza la hipótesis afirmando que existe correlación. Junto con el valor de la medida KMO (0,848) (**Tabla 3**), estos dos valores nos indican que se pueden aplicar los componentes principales para estos datos.

MEDIDA KMO DE ADECUACIÓN AL MUESTREO	<b>0,848</b>
<b>PRUEBA DE ESFERICIDAD DE BARLETT</b>	
APROX. CHI-CUADRADO	5308,446
GL.	15
SIG.	<b>0,000</b>

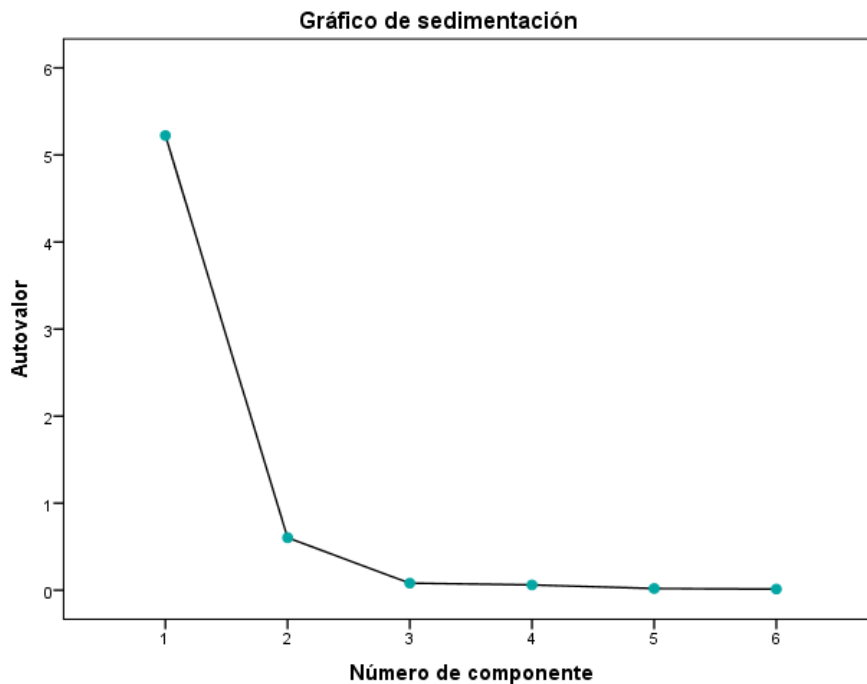
**Tabla 3.** Valores de las medidas KMO y test de esfericidad de Barlett para componentes principales

Mediante las herramientas ya expuestas en el apartado II.2.2.A, se llegó a la conclusión de que es adecuado extraer dos componentes principales, puesto que sus autovalores son superiores o próximos a 1 y su porcentaje de varianza acumulada es de 97,106 (**Tabla 4**).

COMPONENTE	TOTAL	% DE LA VARIANZA	% ACUMULADO
<b>1</b>	5,223	87,054	87,054
<b>2</b>	0,603	10,051	97,106

**Tabla 4.** Varianza total explicada una vez se extraen 2 componentes.

Como resultado del gráfico de sedimentación, el punto de inflexión refleja el número de componentes (**Fig. 4**).



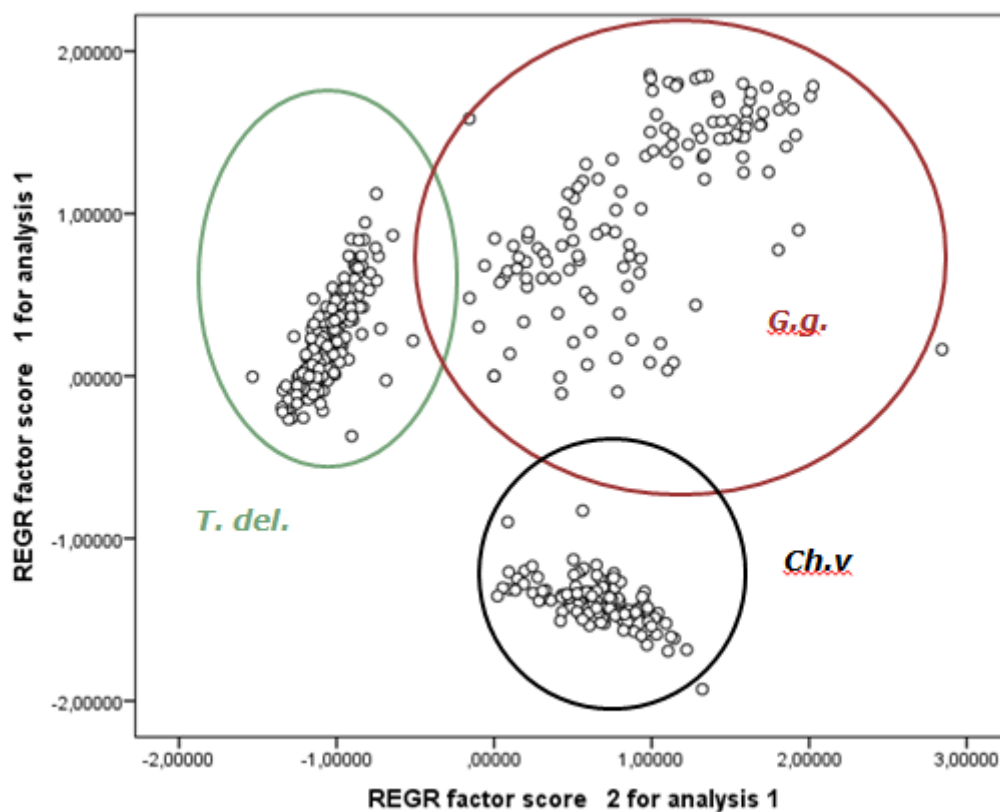
**Fig. 4.** Gráfico de sedimentación para determinar el número de componente a seleccionar.

Finalmente, se elaboró un gráfico de dispersión a partir del cual se dedujo que los datos tienden a agruparse en clases diferenciadas. Cada dato representa un individuo, el cual en función a sus medidas corporales, se clasificará dentro de uno de estos grupos. Las variables AC, ALC, LMA y LMP se encuentran relacionadas con el componente 1 y las variables masa corporal y LHC con el componente 2 (**Tabla 5**), interpretando el gráfico de sedimentación (**Fig 5.**) de la siguiente manera; en función a las variables del componente 1, las especies *T. delalandi* y *G. galloti* presentan semejanzas en cuanto a las medidas de sus extremidades anteriores y posteriores, así como de la cabeza; mientras que en función a las variables del componente 2, estas especies dejan de compartir similitudes, pasando a ser las especies *G. galloti* y *C. viridanus* las que presentan medidas comparables en cuanto a su masa y longitud hocico-cloaca.

Este planteamiento se analizó con mayor profundidad en el apartado de análisis clúster, cuyo algoritmo de clasificación, que permite determinar las distancias entre valores, genera unos resultados con mayor precisión.

	Componente 1	Componente 2
Masa corporal	-0,008	0,329
LHC	-0,473	0,921
AC	0,520	-0,435
ALC	0,196	0,052
LMA	0,319	-0,127
LMP	0,223	0,010

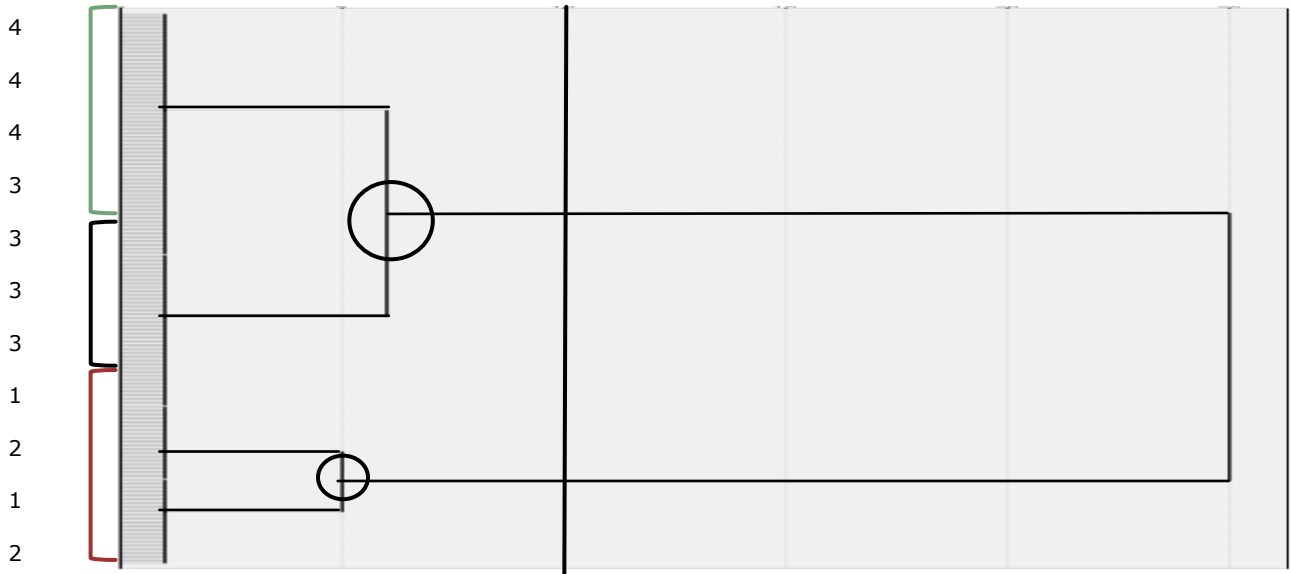
**Tabla 5.** Matriz de coeficiente de correlación de cada variable con los componentes



**Fig 5.** Gráfico de dispersión de las puntuaciones factoriales correspondientes a los componentes principales 1 (eje Y) y 2 (eje X). T. del. = *T. delalandi*; G. g = *G. galloti*; Ch.v = *C. viridanuds*

## II. 2. 2. B. Análisis clúster

El análisis jerárquico dio como resultado la división de los datos en dos clústers o grupos. Para interpretar el número de clases a partir del dendograma, se traza una línea donde mejor quede explicada la agrupación de los datos, generalmente tras la primera división.



**Fig.6.** Dendograma que utiliza un enlace de Ward. Combinación de clúster de distancias. Código de especie: 4 = *T. delalandi*, 3 = *C. viridanus*, 2 = *G. g. eisentrauti* y 1 = *G. galloti*.



El análisis no jerárquico requiere especificar el número de clases a priori y, teniendo en cuenta los resultados de análisis anteriores, se decidió extraer dos clústers. Se llevaron a cabo un número total de 6 iteraciones, con el fin de mejorar la distancia del centro de la clasificación, trasladando los valores de un clúster a otro, con una distancia entre centros de clústeres finales de 67,429. De tal modo, las especies quedan agrupadas en los distintos clústers de la siguiente manera: la especie *G. galloti* se encuentra en el clúster 1 mientras que las especies *T. delalandi* y *C. viridanus* quedan englobadas en el clúster 2. Este resultado implica que las longitudes de las variables para estas dos especies pueden presentar similitudes. Para la prueba F de la tabla ANOVA, se obtuvo p valores menores de 0,05 lo que implica diferencias significativas en los clúster que se crean. Sin embargo, dicho resultado no es fiable, dado que las variables del estudio no siguen una distribución normal (ver apartado II. 2. 3 de Resultados) y requiere de estudios posteriores más concretos.

### **II. 2. 2. C. Análisis de la varianza: ANOVA**

---

Previo a las inferencias estadísticas, se postulan las hipótesis de normalidad de los datos, que fue rechazada tanto para cada variable especificando la especie, como para los valores en conjunto, no obstante algunas de las variables generaron p valores significativos en las subespecies de *G. galloti*. Los datos no presentan homocedasticidad cuando se estudian en conjunto, sin embargo hay excepciones cuando el test de Levene se aplica a cada especie por separado. Generalmente las variables LHC, AC, LMA y LMP presentan homocedasticidad para todas las especies, salvo en *T. delalandi*, puesto que obtuvo p valores menores a 0.05 para todas las variables.

Tras comprobar que los supuestos de normalidad y homocedasticidad no se dan en todas las variables, se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, que postula la hipótesis de igualdad de medianas. En todas las especies se deduce que hay diferencias significativas, en cuanto las características morfológicas, en función al sexo del individuo ( $p < 0.001$ ), exceptuando para la especie *C. viridanus*, que muestra diferencias en cuanto al sexo, únicamente para las variables AC y ALC, con valor  $p \leq 0.05$ . Por ende, ambos sexos de la

especie *C. viridanus* presentan medidas similares en cuanto a la masa, la longitud hocico cloaca (LHC), y las extremidades anteriores y posteriores (LMA y LMP).

	Masa corporal	LHC	AC	ALC	LMA	LMP
<b><i>G.g. eisentrauti</i> (Sig.)</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b><i>G.g.galloti</i> (Sig.)</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b><i>C. viridanus</i> (Sig.)</b>	<b>0,326</b>	<b>0,08</b>	<b>0,001</b>	<b>0,05</b>	<b>0,31</b>	<b>0,628</b>
<b><i>T. delalandi</i> (Sig.)</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Tabla 6.** Valores del nivel de significación ( $p = 0.05$ ) de la prueba Kruskal Wallis. Variable de agrupación: sexo.

Las pruebas post hoc reflejan que hay diferencias significativas entre los individuos macho y hembra, confirmando el fenómeno de dimorfismo sexual. En el caso de los individuos juveniles, al no haber alcanzado aún la madurez en cuanto a su desarrollo, las longitudes que alcanza son similares a las que pueden presentar las hembras, por lo que no hay diferencias significativas (**Tabla 7**), exceptuando la variable LHC que sí presenta diferencias. En contraposición, como cabe esperar, no hay similitudes entre las medidas de un individuo juvenil y un individuo macho.

			Masa corporal	LHC	AC	ALC	LMA	LMP
			Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.
<b>Bonferroni</b>	Hembra	Juvenil	0,175	0,000	0,681	0,106	0,338	0,105
<b>Sidak</b>	Hembra	Juvenil	0,165	0,000	0,538	0,102	0,301	0,142
<b>Hochberg</b>	Hembra	Juvenil	0,165	0,000	0,537	0,102	0,301	0,142

**Tabla 7.** Pruebas post hoc, comparaciones múltiples en función al sexo, específicamente para individuos hembra y juveniles.

Con los resultados anteriores, no podemos comprobar estadísticamente si hay diferencias entre las especies del estudio, puesto que sólo se analizan las variables en función al factor sexo. Para complementar esta información, se llevaron a cabo las mismas pruebas empleando la especie como factor (**Tabla 8**). Mediante la tabla de subconjuntos homogéneos, dado por la prueba de Hochberg, se visualiza cómo se agrupan las especies en función a su media

armónica. Las dos subespecies de *G. galloti* no presentan diferencias significativas para las variables masa corporal y LHC, mientras que para las variables AC y ALC existe diferencia, aunque esta es mínima, por lo que aparecen en subconjuntos diferentes. La única similitud que muestran las especies *C. viridanus* y *T. delalandi* es su masa corporal, presentando diferencias en el resto de variables.

	Masa corporal	LHC	AC	ALC	LMA	LMP
	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.
<b>Ggg</b>						
<b>Gge</b>						
<b>Bonferroni</b>	0,188	1,000	0,000	0,000	0,119	0,6
<b>Sidak</b>	0,174	1,000	0,000	0,000	0,113	0,59
<b>Hochberg</b>	0,174	1,000	0,000	0,000	0,113	0,58
<b>Chv</b>						
<b>Tdel</b>						
<b>Bonferroni</b>	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Sidak</b>	0,870	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Hochberg</b>	0,869	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Tabla 8.** Pruebas post hoc, comparaciones múltiples en función a la especie, específicamente entre las dos subespecies de *G. galloti*: *G. galloti galloti* (Ggg), *G. galloti eisentrauti* (Gge); *C. viridanus* (Chv) y *T. delalandi* (Tdel).

## DISCUSIÓN

Desde el punto de vista molecular (González et al., 1996) y taxonómico (Báez, 1987), las subespecies *G. g. galloti* y *G. g. eisentrauti* no se encuentran bien diferenciadas. En el presente estudio, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la masa, la longitud hocico cloaca y las extremidades anteriores y posteriores. Únicamente, se obtuvo para las pruebas post hoc Bonferroni, Sidak y Hochberg, dentro de la estadística no paramétrica, un valor  $p < 0.001$  para la anchura de la cabeza (AC) y alto de la cabeza (ALC). Los individuos macho de ambas subespecies, presentan un tamaño de la cabeza superior a los individuos hembra, como resultado de un crecimiento desproporcionado con respecto a la talla corporal, tras alcanzar la madurez

sexual (Herrel et al., 1999). Este crecimiento de las medidas de la cabeza aumenta la fuerza de la mordida en machos, lo que puede ser útil de cara a los enfrentamientos entre ellos por defensa de un territorio o como forma de competir mejor durante la reproducción. (Herrel et al., 1999). Ocurre, del mismo modo, en la especie *T. delalandi*, donde se ven favorecidos los individuos cuyas longitudes sean superiores, dominando sobre aquellos que presentan una cabeza más reducida (Cameron et al 2013). Este fenómeno también se puede considerar como un patrón de crecimiento diferencial de machos y hembras tras la madurez sexual (Johnson et al. 2005).

No se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras en la especie *C. viridanus* para la variable LHC, entre otras, obteniendo un valor  $p = 0.08$  en los análisis de la varianza, resultado que coincide con estudios similares de otros artículos (valor  $p = 0.13$ ) (Sánchez Hernández et al., 2013). Sin embargo, aunque no presenten diferencias estadísticamente significativas, las hembras de otros escíncidos muestran longitudes corporales superiores, lo que se ha interpretado en base a la selección intersexual o bien por las ventajas (debidas a la selección natural) que generarían esta mayor talla corporal en la fecundidad (Thompson and Withers, 2005); un cuerpo más largo permitiría disponer de más espacio para los embriones que se desarrollan en el interior (Fitch, 1981, Vitt & Blackburn, 1991).

## CONCLUSIONES

A simple vista las diferencias morfológicas que presentan las tres especies son obvias, sin embargo, en base a las variables que se escogieron para este estudio pueden presentar semejanzas, las cuales se verificaron mediante el análisis estadístico. Del mismo modo, se comprobó qué rasgos morfológicos se ven afectados por el dimorfismo sexual entre los individuos de cada especie.

Según la variable que se estudie, las especies tenderán a agruparse en vista a sus similitudes; para las medidas morfológicas relacionadas con las extremidades anteriores y posteriores (LMA y LMP), así como para las dimensiones de la cabeza (AC, anchura; ALC, altura), el gráfico de dispersión

que se obtiene de componentes principales mostró que las subespecies de *G. galloti* tienden a estar más relacionadas con la especie *T. delalandi*, mientras que en función a la variable LHC, *G. galloti* pasa a estar más cercanas a *C. viridanus*; *T. delalandi* presenta medidas menores en cuanto a esta variable LHC. Sin embargo, el análisis de la varianza mostró que generalmente las especies *C. viridanus* y *T. delalandi* tienden a ser más semejantes.

El dimorfismo sexual resulta de la variación de diversos parámetros corporales en función al sexo, generalmente provocando que los individuos machos manifiesten, por ejemplo, una talla corporal superior, fenómeno evidente en las especies *G. galloti* y *T. delalandi*. En la especie *C. viridanus* variables como LHC puede alcanzar valores superiores en individuos hembras, aunque esta diferencia no resultó estadísticamente significativa, como muestran los análisis de la varianza.

## CONCLUSIONS

The three species shows obvious differences in their morphological characteristics, however they could share some likeness based on ours measures, so we verified this supposition by means of statistical analysis. In the same way, we investigated which physical features are affected by sexual dimorphism for each one of them.

According to the measures, species band together in function of their similarities; for example, for hindlimb length (LMA), forelimb length (LMP) and also head width (AC) and height (ALC) scatter plot showed that the subespecies of *G. galloti* are relatable to *T. delalandi*, while based on snout-to-vent length, they have more similarities with *C. viridanus*; *T. delalandi* is a little more shorter. Nevertheless, when we applied ANOVA, *C. viridanus* and *T. delalandi* tend to be more alike.

Sex determines the variation of body parameters (sexual dimorphism). Because of this, the results showed a bigger male body size than females, as we have noticed in the species *G. galloti* and *T. delalandi*. Snout-to-vent length has

higher measures in female individuals than males in *C. viridanus*, although this difference is not statistically significant (ANOVA).

## AGRADECIMIENTOS

A mis tutores académicos, Dra. M. Mercedes Suárez Rancel y Dr. Miguel Molina Borja, por su entera disposición y paciencia durante el desarrollo del presente estudio, siempre dispuestos a resolver las dudas que surgían, guiándome con palabras de ánimos.

A mi familia y amigos por el apoyo y la ayuda durante las primeras etapas del trabajo, enfocadas al muestreo.

## BIBLIOGRAFÍA

Abdul-Jalbar Betancor B., Dorta Guerra R., Computación científica y análisis de datos, Departamento de Estadística, Investigación Operativa y Computación.

Abraira Santos V., Pérez de Vargas Luque A., (1996), *Métodos multivariantes en Bioestadística*, Madrid-España, Centro de estudios Ramón Areces, S.A.

Bohórquez-Alonso, M.L. (2011): Análisis experimental de señales visuales y químicas en la selección inter- e intra- sexual de *Gallotia galloti*. Tesis Doctoral, Univ. La Laguna.

Fernández-Palacios J. M., de los Santos A., (1996), *Ecología de las Islas Canarias. Muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*, Santa Cruz de La Palma-España, Sociedad La Cosmológica.

Herrel, A., Spithoven., R., Van Damme, R. y De Vree, F.(1999) Sexual dimorphism of head size in *Gallotia galloti*: testing the niche divergence hypothesis by functional analyses. *Functional Ecology*, 13, 289-297.

Huyghe, K., Vanhooydonck, B., Cheers, H., Molina Borja, M. y Van Damme, R. (2005). Morphology, performance and fighting capacity in male lizards, *Gallotia galloti*. *Functional Ecology*, 19, 800-807.

López, E.K. y Juárez, F. (2004), *Apuntes de Estadística Descriptiva*. México, D F.: Instituto Nacional de Psiquiatría de la Fuente.

de Fuentes-Fernández, M., Mercedes Suárez-Rancel, M. & Molina-Borja, M. (2016) Variation in body size and morphometric traits of males and females of the wall gecko, *Tarentola delalandii* (Phyllodactylidae) from different environments on Tenerife, *African Journal of Herpetology*, 65:2, 83-98, DOI: 10.1080/21564574.2016.1234512

Peña D., (2001), *Fundamentos de estadística*, Madrid-España, Alianza Editorial.

Sánchez Hernández, P., Molina Borja, M. y Ramírez Pinilla, M.P. (2013). Annual Reproductive Cycle in the Scincid Lizard *Chalcides viridanus* from Tenerife. Canary Islands. *Current Herpetology*, 32(2), 170-180