



Universidad  
de La Laguna



Facultad de Ciencias  
Sección BIOLOGÍA

**Departamento de Botánica, Ecología y  
Fisiología Vegetal**

# Aproximation to environmental niche of insectivorous reptiles at Malpaís de Güímar

Aproximación al nicho ecológico de  
reptiles insectívoros en el Malpaís de  
Güímar

**Trabajo Fin de Grado**

**ADRIÁN MARTÍN HERNÁNDEZ**

Julio, 2015

<b>SOLICITUD DE DEFENSA Y EVALUACIÓN TRABAJO FIN DE GRADO Curso Académico: 2014/2015</b>	<b>ENTRADA</b>  Fecha: Núm:
--	--------------------------------------

**Datos Personales**

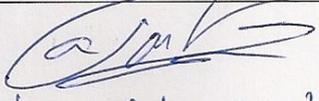
Nº DNI o pasaporte:	Nombre y Apellidos:
78642197-E	Adrián Martín Hernández
Teléfono:	Dirección de correo electrónico:
648741291	adri_renard_93@hotmail.com

**SOLICITA** la defensa y evaluación del Trabajo Fin de Grado

**TÍTULO**

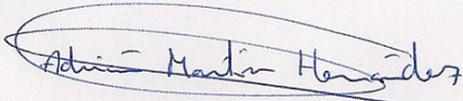
**"APROXIMACIÓN AL NICHOS ECOLÓGICO DE REPTILES INSECTÍVOROS EN EL MALPAÍS DE GÜIMAR"**

**Autorización para su depósito, defensa y evaluación**

<b>D. Antonio de los Santos Gómez</b>	
Profesor/a del Departamento de Ecología	
y <b>D. Roberto Dorta Guerra</b>	
Profesor/a del Departamento de Matemáticas, Estadística e Investigación Operativa	
autorizan al solicitante a presentar la Memoria del Trabajo Fin de Grado	
 Fdo.: Antonio de los Santos Gómez	 Fdo.:

La Laguna, a 3 de Julio de 2015

Firma del interesado/a



**SR/A. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE GRADO DE LA FACULTAD DE BIOLOGÍA**

## ÍNDICE

ABSTRACT Y RESUMEN.....	1
<i>Abstract</i> .....	1
<i>Resumen</i> .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. <i>Antecedentes</i> .....	2
1.2. <i>Justificación</i> .....	4
1.3. <i>Objetivos prácticos</i> .....	4
2. MATERIAL Y MÉTODOS .....	5
2.1. <i>Zona de estudio</i> .....	5
2.2. <i>Estudio y muestreo.</i> .....	6
2.2.1. <i>Muestreo de artrópodos</i> .....	7
2.2.2. <i>Muestreo de lagarto tizón (Gallotia galloti) y estudio de características morfológicas.</i> .....	7
2.2.3. <i>Cobertura vegetal y pedregosidad</i> .....	8
2.2.4. <i>Descripción de condiciones ambientales.</i> .....	9
2.3. <i>Análisis estadístico.</i> .....	9
2.3.1. <i>Método de captura-recaptura.</i> .....	9
2.3.2. <i>Estudio de la distribución densidad actividad para artrópodos y especies vegetales.</i> .....	10
2.3.3. <i>Estudio de la tendencia hacia un tipo de cebo (carne o fruta) en los individuos de G. galloti en función de la edad (juvenil o adulto) y del periodo de estudio.</i> .....	10
3. RESULTADOS.....	11
3.1. <i>Análisis Jolly-Seber (captura-recaptura)</i> .....	11
3.2. <i>Efecto de la temperatura sobre los tamaños poblacionales estimados (Pi) y capturas de lagartos</i> .....	12
3.3. <i>Estudio de la variación conjunta en el periodo de muestreo de la abundancia de lagartos (número de capturas) y la abundancia de artrópodos.</i> .....	12
3.4. <i>Coberturas vegetales</i> .....	15
3.5. <i>Estudio de la distribución de la actividad densidad para artrópodos y vegetación.</i> .....	15
3.5.1. <i>Estudio de la distribución de la actividad densidad para artrópodos.</i> .....	15
3.5.2. <i>Estudio de la distribución de la actividad densidad para vegetación.</i> .....	19
3.6. <i>Estudio de la tendencia a un tipo de cebo (carne o fruta) en los individuos de G. galloti.</i> .....	24
4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	24
5. CONCLUSIONS.....	27

6. AGRADECIMIENTOS. ....	28
7. BIBLIOGRAFÍA .....	28

## **ABSTRACT Y RESUMEN**

### ***Abstract***

Environmental niche of smut lizard was analyzed at “Malpaís de Güímar”. Three sampling plots were selected attending to differences among environmental conditions. Two types of pit-fall traps were used to capture arthropods and lizards for a four month period. Capture-mark-recapture technique was used to estimate population sizes of the smut lizard. The highest population size was estimated at clay substrate, where vegetal fleshy fruit species reach higher vegetal coverage and where a higher abundance of arthropods is determined. The number of lizards captures is positively related to temperature variation and according to lizard captures related to stages it seems there are no relation with the type of bait and seasonal period. Finally, the log-normal structure of arthropods and vegetation assemblage was showed at the clay substrate sampling plot where was registered a low diversity value and where the highest lizard population size was estimated.

Key words: capture-recapture, *Gallotia*, niche, pit-fall, population.

### ***Resumen***

El nicho ambiental del lagarto tizón fue analizado en el Malpaís de Güímar. Tres parcelas de muestreo fueron seleccionadas atendiendo a las diferencias relativas a las condiciones ambientales. Se utilizaron dos tipos de trampas de caída para capturar artrópodos y lagartos durante un período de cuatro meses. La técnica de captura-marcaje-recaptura se utilizó para estimar los tamaños poblacionales del lagarto tizón. El mayor tamaño de la población fue estimado en el sustrato arcilloso, donde las especies vegetales de frutos carnosos alcanzaron mayor cobertura vegetal y donde se determinó una mayor abundancia de artrópodos. El número de capturas de lagartos está relacionado positivamente con la variación de la temperatura y atendiendo a las capturas de lagarto relacionadas con los estadios de desarrollo parece que no hay ninguna relación con el tipo de cebo y periodo estacional. Finalmente, se mostró la estructura de log-normal para el ensamblaje de artrópodos y de la vegetación en la estación de sustrato arcilloso, donde también se registró un valor bajo de diversidad y donde se estimó el mayor tamaño de la población de lagarto.

Palabras clave: captura-recaptura, *Gallotia*, nicho, pit-fall, población.

# 1. INTRODUCCIÓN

## *1.1. Antecedentes*

En relación con los efectos de la insularidad sobre la evolución de las especies en islas, se puede hacer mención a sus efectos sobre los cambios en la dieta de especies de reptiles. Diversos estudios (Iverson, 1982; Mateo, 1997; Cooper, 2002) ponen énfasis en las preferencias generales insectívoras en el grupo de los lacértidos, mientras que otros autores (Valido & Nogales 1994; Machado, 1985; Nogales et al. 1998; Olesen y Valido 2003) determinan tendencias hacia el frugivorismo en islas. Incluso se destaca el efecto del aislamiento geográfico como inductor hacia el omnivorismo, y también en algunos casos hacia el vegetarianismo, convirtiéndolos en importantes vehículos para la dispersión de semillas de especies vegetales con flor, hecho que se corresponde con un fenómeno muy común en islas (Barquín y Wildpret 1975; Valido y Nogales 1994; Nogales et al. 1998; Olesen y Valido 2003).

Así pues, dentro del contexto ecológico podemos asumir cambios en el modelo de nicho propuesto por Hutchinson (Hutchinson, 1957), y más concretamente por Grinnel (1917), en su componente trófica en ecosistemas insulares con respecto a ecosistemas continentales. Atendiendo a esto, esos entornos marcados por la insularidad deben guardar una serie de características que favorezcan al desarrollo de nuevas adaptaciones tróficas por parte de los reptiles, como son: abundancia de vegetación productora de frutos carnosos y otras estructuras vegetales (hojas, polen y néctar), presencia de artrópodos (insectos y arañas fundamentalmente) que permitan suplir las necesidades alimenticias de los lagartos durante la época en que el componente vegetal no sea abundante y que de la misma manera existan periodos de escasez de dichos artrópodos, reducción de la competencia interespecífica e intraespecífica a nivel de sexo, edad y tamaño mediante la ingesta de diferentes tipos de alimento y por último, un riesgo predatorio bajo sobre los lagartos (Olesen y Valido, 2003).

Los estudios de Janzen (1973) llevados a cabo en Costa Rica y en algunas islas del Caribe establecen que el número de especies de escarabajos y hemípteros insulares, así como el número de individuos, es mucho menor al relativo al continente. Esta situación plantea que la comunidad de lagartos presente en dichas islas se sustente gracias a la adquisición de dietas omnívoras, contando una misma especie con juveniles insectívoros y adultos de mayor tamaño con tendencias herbívoras.

Sin embargo, puede tenerse en cuenta la variedad inter e intransular tanto en sus condiciones ambientales como tróficas. En el caso concreto del Malpaís de Güímar (Tenerife), se estimó el tamaño de la población del lagarto tizón (*Gallotia galloti* Oudart, 1839) y se desarrolló una aproximación al nicho ambiental en varios ciclos de muestreo (de los Santos y Nicolás, 2008). Se observó un incremento en el tamaño de la población sobre los cuadrantes de muestreo situados en la banda arenosa (3500 individuos por hectárea durante la primavera) respecto a los cuadrantes situados en las coladas de lava históricas. También se observaron variaciones estacionales en las estimaciones de la abundancia de la población que podrían relacionarse con la fenología de las poblaciones de artrópodos y los periodos de fructificación de las principales especies del matorral costero. Asimismo, se demostraron variaciones en las preferencias edáficas de los diferentes estadios de la población de lagarto tizón, observándose tendencias hacia un sustrato arenoso en los estadios juveniles mientras que los adultos prefieren los sustratos rocosos próximos a la banda de arena. Las grietas de las rocas y las acumulaciones de piedra serían utilizadas como refugio mientras que las zonas arenosas son hábitats propicios para el desarrollo de artrópodos sabulícolas, que podrían constituir potenciales presas para los lacértidos en general, y los juveniles en particular.

Los lagartos pertenecientes a esta especie son diurnos, aunque según Molina-Borja (1998) también pueden ser observados activos durante la noche de forma ocasional. Su periodo de reproducción comienza en Abril y se extiende durante los cuatro meses siguientes. La población permanece activa la mayor parte del año, estando sometida a patrones de actividad a nivel estacional y anual y que están sujetos a variables tanto ambientales como antrópicas (de los Santos y de Nicolás, 2008).

En cuanto a su ecología trófica, se estima que los frutos carnosos suponen el principal componente de su dieta durante un periodo de 7 meses al año, estando sujeto este consumo a variaciones estacionales y geográficas relativas a la disponibilidad vegetal (Valido y Nogales, 1994; Olesen y Valido, 2003). El consumo de vegetales y frutos está correlacionado con la cobertura asociada a cada especie de planta (Rodríguez et al., 2008).

## **1.2. Justificación**

El desarrollar la aproximación al nicho ecológico de reptiles insectívoros, y concretamente al nicho ecológico del lagarto tizón, en el Malpaís de Güímar permitirá determinar si:

1. El tamaño poblacional de *G.galloti* es mayor en zonas perturbadas y sometidas a influencia antrópica en relación a ambientes más estables.
2. Los mayores tamaños poblacionales se registran en las estaciones donde haya mayor porcentaje de cobertura vegetal para especies con frutos carnosos que puedan ser consumidos por los lagartos.
3. En zonas con mayor abundancia de artrópodos serán observados mayores tamaños poblacionales.
4. El tipo de sustrato (arenoso, arcilloso o arenoso-arcilloso) influye en los tamaños poblacionales de *G.galloti*.
5. La variación poblacional del lagarto tizón está sujeta a la variación de la temperatura.
6. Existen diferencias en cuanto a la ecología trófica de esta especie a nivel de juveniles y adultos, comprobando la tendencia hacia un tipo de alimentación carnívora, frugívora u omnívora.
7. Aproximación al grado de organización de ensamblajes animales y vegetales.

Además de todo esto, podrá estudiarse si las estimaciones de la población del lagarto tizón obtenidas anteriormente (Rodríguez et al, 1994; de los Santos y de Nicolás, 2008) se mantienen o si por el contrario han experimentado alguna fluctuación.

## **1.3. Objetivos prácticos**

A fin de cumplir con lo anterior fue necesario:

- Seleccionar tres estaciones para el muestreo con trampa de caída tanto de artrópodos como de lagartos, caracterizados por diferente tipo de sustratos.
- Seguir el método de muestreo en el tiempo mediante la captura, marcado, liberación y recaptura de la población de lagartos.
- Determinar las dimensiones corporales de los individuos de lagartos capturados, su sexo, estadio de edad y sus correspondientes pesos.

- La determinación y recuento de las capturas de artrópodos en trampas de caídas en periodos quincenales. La captura se devolvió al terreno, salvo una pequeña muestra que se llevo al laboratorio para su análisis.
- Se utilizaron dos tipos de cebos (carne y fruta) repartidos equitativamente en las trampas de los cuadrantes de muestreo
- Se tuvo en cuenta el registro de las temperaturas a partir de estaciones meteorológicas y fueron colocados pluviómetros para registrar las precipitaciones
- Determinar la cobertura vegetal de las especies productoras de frutos en cada estación.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

### ***2.1. Zona de estudio***

Fue escogida como zona de estudio la Reserva Natural Especial del Malpaís De Güímar, localizada en la parte inferior del Valle de Güímar, al sureste de la Isla de Tenerife (España). Dicha zona se corresponde con un emplazamiento volcánico en el que predominan coladas formadas por lavas de tipo “aa”, destacando además una cierta regularidad edáfica con la mayor parte de sus suelos recogida dentro del orden Entisol (suelos minerales con muy poco o nulo desarrollo, cuyo origen, en el caso del Malpaís de Güímar, es la actividad volcánica) según la clasificación de la Soil Taxonomy. Sin embargo, dos de las características que hacen propicio a este lugar para cumplir con los objetivos del estudio son, por un lado sus condiciones climatológicas caracterizadas por una elevada sequedad y temperaturas moderadamente cálidas (lo que favorece el desarrollo de los reptiles), y por otro, la modificación que han sufrido ciertos sectores del malpaís por la acción humana y que se refleja en el aporte de arcillas en suelos utilizados anteriormente como parcelas de cultivo. Este último factor nos permitirá conocer si la distribución de las especies estudiadas varía en función del grado de modificación del hábitat en cuestión.

En la variabilidad ambiental del Malpaís de Güímar juega un papel determinante la dinámica de las arenas a lo largo de los periodos anuales. La arena procedente de depósitos submarinos es arrastrada hacia el interior del Malpaís, dando lugar a la formación de una ancha franja arenosa que se establece como un ecosistema interesante desde el punto de vista de la fauna que alberga, presentando destacables valores de

abundancia y riqueza de insectos sabulícolas, fundamentalmente coleópteros tenebriónidos (de los Santos y de Nicolás, 2008).

La vegetación de la zona de estudio se corresponde con el conocido como Tabaibal dulce tinerfeño. Su fisionomía típica es la del Tabaibal, es decir, la relativa a matorral bajo dominado por la tabaiba dulce (*Euphorbia balsamifera* Aiton.) siendo también comunes el cardoncillo gris (*Ceropegia fusca* Bolle), la tabaiba amarga (*Euphorbia lamarckii* Sweet), el verode (*Kleinia neriifolia* Haw), la leña buena (*Neochamaelea pulverulenta* (Vent.) Erdtm.), el balo (*Plocama pendula* Ait.), el salado blanco (*Schizogyne sericea* (L.f.) DC) y el cardón (*Euphorbia canariensis* L.), entre otras (del Arco Aguilar et al., 2006). Ya en lo que respecta a la fauna, se alcanza hasta un 85% de endemidad. Debemos destacar la presencia de especies de invertebrados edáficos, ligadas a cardones y tabaibas, así como aquellas que habitan en cavidades de origen volcánico, siendo las especies de invertebrados artrópodos y moluscos quienes se muestran en mayor número en relación a diferentes especies de vertebrados reptiles o aves. En el caso concreto de los invertebrados, es necesario destacar al orden Coleoptera, grupo más importante en cuanto a diversidad se refiere (según “Plan director de la Reserva Natural Especial del Malpaís de Güímar”, Gobierno de Canarias).

## **2.2. Estudio y muestreo.**

El estudio abarcó un periodo de cuatro meses, desde Febrero a Mayo de 2015, realizándose dos muestreos al mes y considerando dos periodos de muestreo, el relativo a Invierno (Febrero y Marzo) y el periodo de Verano (Abril y Mayo).

Dentro del malpaís fueron seleccionadas cuatro estaciones de muestreo, entre las cuales existen diferencias a nivel ambiental. De esta forma:

- La estación 1, denominada “arcilloso-arenal” se corresponde con una zona que fue destinada en parte al cultivo, de ahí la presencia de arcillas, y que cuenta además con zonas de acumulación de arena.
- La estación 2, llamada “arenal-colada”, abarca la confluencia del arenal y tramos de coladas de lava.
- La estación 3, denominada “cultivo abandonado”, integra antiguas parcelas de cultivo, siendo la estación más próxima a la carretera y por lo tanto, aquella que se encuentra sujeta a una mayor perturbación asociada al impacto de las actividades humanas.

### **2.2.1. Muestreo de artrópodos**

En todas las estaciones fueron dispuestas series de 24 trampas de caída (pit-fall), distribuidas en 3 filas de 8 trampas cada una, existiendo una distancia aproximada de 10 metros entre cada trampa. Fueron utilizadas para capturar artrópodos y estimar la abundancia de las especies registradas, fin para el cual ha sido demostrada su eficacia (Greenslade, 1964 ; Luff, 1975). Los datos obtenidos permitieron estudiar el componente faunístico y relacionarlo con la abundancia de los reptiles insectívoros. La revisión se efectuó cada 15 días, consistiendo en el recuento de los animales caídos así como su identificación taxonómica hasta el nivel de especies en el caso de los miembros del orden Coleoptera y hasta el nivel de orden o familia en el resto de artrópodos.

### **2.2.2. Muestreo de lagarto tizón (*Gallotia galloti*) y estudio de características morfológicas.**

En las estaciones de muestreo fueron colocadas trampas de caída destinadas a la captura de reptiles (recipientes metálicos en forma de prisma rectangular con medidas 11x20x35). A fin de evitar los efectos de la insolación por una prolongada exposición al Sol, las trampas contaban con techos constituidos por “lajas” de piedra. Cada una de estas estaciones contó con 10 trampas distribuidas en dos filas de 5 trampas, con una separación de aproximadamente 10 metros entre latas. Para estas trampas fueron dispuestos dos tipos de cebo: trozos de carne (de cerdo o pavo) y fruta (tomate y plátano). En las latas se alternó el tipo de cebo (carne o fruta) sin llegar a combinarlos en el mismo recipiente, dado que se buscaba determinar la preferencia hacia dietas carnívora y frugívora, tanto a nivel de la propia especie como atendiendo a los estadíos de desarrollo y época del año (teniendo en cuenta las características ambientales asociadas a las mismas). Durante la realización de esta parte del experimento se cambiaron los patrones de distribución del cebo, todo ello a fin de descartar el factor asociado a la proximidad de las trampas a posibles enclaves que alberguen una mayor concentración de especímenes, incluyendo así cierto grado de aleatoriedad en la puesta del cebo y en el posterior tratamiento estadístico. Las trampas fueron revisadas el día siguiente a su puesta, a fin de evitar daños en los animales caídos.

Debemos destacar que el radio estimado de actividad a nivel individual de *G.galloti* es de aproximadamente unos 12,5 metros (De los Santos y De Nicolás, 2008; Molina-Borja 1985, 1987, 1991). Este factor será tenido en cuenta a la hora de calcular el área de muestreo relativa a cada una de las zonas de estudio.

Los ejemplares capturados de lagarto tizón fueron medidos (distancia de cabeza a cloaca y distancia de cloaca hasta el final de la cola) y pesados mediante el uso de un dinamómetro. Se determinó su edad (distinguir entre juvenil o adulto), se identificó el sexo del animal basándose en características tales como el ancho de la cabeza (Herrel et al. 1999), color de los ojos, la presencia de collar oscuro en machos y patrones de coloración del dorso y costados (manchas azules en los costados de los machos y líneas dorsolaterales en hembras, juveniles y machos no dominantes) (Salvador, 2009; Masó y Pijoan, 2011). Además se registraron aspectos como la trampa en la que cayó y el cebo que contenía, además de otros valores relativos a parámetros externos como la temperatura (máxima y mínima) y pluviometría. A fin de realizar un estudio de tipo captura-recaptura y tratar de determinar asimismo patrones de desplazamiento de los animales en ese periodo de 15 días, se procedió al marcaje de los lagartos mediante la técnica de la amputación de la última falange de los dedos (“toe clipping”). Dicha técnica de marcaje se desarrolló siguiendo un código que, por estación, permitió el seguimiento de un amplio número de ejemplares, siendo este método eficaz desde el punto de vista de la duración de nuestro estudio puesto que con el paso del tiempo los dedos amputados no suelen distinguirse de aquellos que han sido perdidos por otras causas (Silvy et al, 2005).

La combinación de los diferentes dedos terminará por completar los códigos para la totalidad de los ejemplares capturados. Si a un ejemplar le faltaban uno o varios dedos, no se procedió a la amputación de ningún otro, si no que se le otorgó el correspondiente código (marcaje natural).

### **2.2.3. Cobertura vegetal y pedregosidad.**

En relación a cada trampa de caída de lagarto se procedió a determinar el porcentaje de suelo ocupado por rocas, arena, suelo arcilloso y por las especies vegetales predominantes en cada una de las estaciones contempladas (el balo (*Plocama pendula*), el salado (*Schizogyne serícea*), *Lavandula canariensis* Mill., *Argyranthemum* sp., la aulaga (*Launaea arborescens* (Batt.) Murb.), la tabaiba dulce (*Euphorbia balsamifera*) y la tolda (*Euphorbia aphylla* brouss. ex. willd.)).

Se utilizó una cinta métrica para establecer transectos de 10 metros que cruzaban cada trampa y se determinó el número de metros ocupado por cada especie vegetal o

elemento del terreno. A continuación se calculó el porcentaje relativo a cada uno de estos a nivel de trampa y estación.

#### **2.2.4. Descripción de condiciones ambientales.**

Los datos relativos a la temperatura fueron tomados a partir de la página web de la Agencia Española de Meteorología (AEMET), así como los datos de precipitaciones, sin embargo estos últimos pudieron ser corroborados y medidos en el campo por medio de un pluviómetro fabricado a partir de un embudo y una botella plástica.

### **2.3. Análisis estadístico.**

#### **2.3.1. Método de captura-recaptura.**

Los tamaños poblacionales de *G. galloti* para las tres estaciones de muestreo fueron estimados usando el método de captura-marcaje-recaptura y considerando la categoría Y (Jolly, 1965; Seber, 1965). La modificación de Jolly permite relacionar la recaptura de individuos con su marca más reciente. Los datos de captura y recaptura para cada día de muestreo son registrados en el diagrama tipo II modificado y reorganizados en el diagrama tipo II para  $Z_i$ . Se utilizó la notación empleada por Seber (1982) y Jolly (1982), en la que:

- $n_i$ : número total de animales capturados en la muestra  $i$  ( $i=1, \dots, K$ ).
- $r_i$ : número de  $n_i$  que es liberado después del muestreo  $i$  ( $i=1, \dots, K-1$ ).
- $R_i$ : total de animales marcados recapturados en el día  $i$  y recapturado posteriormente ( $i=1, \dots, K-1$ ).
- $m_i$ : número de animales marcados en la muestra  $i$  ( $i=2, \dots, K$ ).
- $Z_i$ : número total de animales capturados en un día previo a  $i$ , no capturado el día  $i$  y capturado de nuevo más tarde ( $i=2, \dots, K-1$ ).
- $M_i$ : número de animales marcados en la población en el momento en que la muestra  $i$  es tomada ( $i=1, \dots, K$ ;  $M_1=0$ ).

$$M_i = \left( \frac{n_i Z_i}{R_i} + m_i \right)$$

- $P_i$ : número total de animales en la población en el momento en que la muestra  $i$  es tomada ( $i=1, \dots, K$ ).

$$P_i = \frac{n_i M_i}{m_i}$$

- $ESP_i$ : error estándar considerado como la raíz de la varianza para la población estimada para el día  $i$ .

$$VP_i = P_i(P_i - n_i) \left[ \frac{M_i - m_i + n_i}{M_i} \left( \frac{1}{R_i} - \frac{1}{n_i} \right) + \frac{n_i - m_i}{n_i \times m_i} \right]$$

$$ESP_i = \sqrt{VP_i}$$

### ***2.3.2. Estudio de la distribución densidad actividad para artrópodos y especies vegetales.***

A fin de determinar diversidad de especies y órdenes o familias de los artrópodos capturados y de las especies vegetales se siguió un análisis estadístico basado en los procedimientos de Cohen (1959, 1961), descritos más en profundidad por Magurran (2004). El objetivo es estudiar si los datos de densidad-actividad siguen una distribución log-normal truncada por la izquierda. Para el estudio de la normalidad se recurrió al test de Kolmogorov-Smirnov. Además fue calculado y expresado gráficamente el porcentaje acumulativo de las especies registrado para las tres estaciones de muestreo.

### ***2.3.3. Estudio de la tendencia hacia un tipo de cebo (carne o fruta) en los individuos de G. galloti en función de la edad (juvenil o adulto) y del periodo de estudio.***

El modelo de tipo log-lineal permite determinar si existe relación entre variables de tipo cualitativo en base a la variable respuesta, entendida como la frecuencia observada en la tabla de contingencias asociada.

En el caso de nuestro estudio, el número de capturas de lagarto fue utilizado como variable respuesta, mientras que las variables cualitativas que se consideran son el periodo de muestreo (invierno y primavera), el estadio o edad de los lagartos capturados (juvenil o adulto) y el tipo de cebo (carne o fruta). Con esto se desarrolló un modelo log lineal basado en un procedimiento de eliminación hacia atrás en el que se excluyen paso a paso los efectos que no son estadísticamente significativos. Para ello se parte del modelo saturado que abarca tanto el efecto de las diferentes interacciones entre las variables estudiadas como el efecto que tiene cada variable de forma independiente en el modelo. Todo esto se efectuará en función del logaritmo de la variable respuesta, donde:

- $X(i)$ =periodo de muestreo, donde  $i=1,2$  (invierno, verano).
- $Y(j)$ =edad de los lagartos capturados, donde  $j=1,2$  (juvenil, adulto).
- $Z(k)$ =Alimentación, donde  $k=1,2$  (carne y fruta).

La ecuación relativa al modelo saturado es:

$$\log_e(m_{ijk}) = \lambda + \lambda_{X(i)} + \lambda_{Y(j)} + \lambda_{Z(k)} + \lambda_{XY(ij)} + \lambda_{XZ(ik)} + \lambda_{YZ(jk)} + \lambda_{XYZ(ijk)}$$

donde:

- $m_{ijk}$  se corresponde con la frecuencia esperada en la casilla i,j,k.
- $\lambda = \sum_{ijk} \log_e(m_{ijk}) / (IJK)$ , efecto global con I=2, J=2 y K=2
- $\lambda_{X(i)} = \sum_{jk} \log_e(m_{ijk}) / (JK) - \lambda$ , efecto de la i-ésima categoría de X.
- $\lambda_{Y(j)} = \sum_{ik} \log_e(m_{ijk}) / (IK) - \lambda$ , efecto de la j-ésima categoría de Y.
- $\lambda_{Z(k)} = \sum_{ij} \log_e(m_{ijk}) / (IJ) - \lambda$ , efecto de la k-ésima categoría de Z.

La expresión de las interacciones pueden ser consultadas en Pardo y Ruíz (2012), donde:

- $\lambda_{XY(ij)}$  efecto de la interacción XY, o efecto de la combinación entre la i-esima categoría de X y la j-ésima categoría de Y.
- $\lambda_{XZ(ik)}$  efecto de la interacción XZ o efecto de la combinación entre la i-esima categoría de X y la k-ésima categoría de Z.
- $\lambda_{YZ(jk)}$  efecto de la interacción YZ o efecto de la combinación entre la j-ésima categoría de Y y la k-ésima categoría de Z.
- $\lambda_{XYZ(ijk)}$  es el efecto de la interacción entre XYZ o efecto de la combinación entre la i-ésima categoría de X, la j-ésima categoría de Y y la k-ésima categoría de Z.

El cálculo del modelo que mejor representa a los datos de la tabla de contingencias se ha llevado a cabo con el paquete estadístico IBM SPSS® Statistics 19. Para profundizar en el procedimiento seguido, puede consultarse Pardo y Ruíz (2012).

Se ha fijado un nivel de significación de 0,05 en todos los contrastes realizados.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis Jolly-Seber (captura-recaptura)

En la tabla 1 quedan recogidos los valores de los parámetros muestrales de la población de lagarto tizón estudiados en las tres estaciones de muestreo. Se observan diferencias entre los tamaños poblacionales estimados en las tres estaciones de estudio, existiendo a su vez variaciones entre los días de muestreo dentro cada zona. El mayor valor

poblacional estimado recae en la estación 3 relativa al sustrato arcilloso, registrándose el día 10/04/2015 un total de 497 lagartos (4970 lagartos/ha). La estación 3 es además aquella que globalmente ha registrado mayores valores poblacionales a lo largo del periodo de estudio. La variación, en lo que respecta al número de capturas en cada día de muestreo, se considera como una consecuencia de la diferencia en actividad y densidad de los individuos.

### ***3.2. Efecto de la temperatura sobre los tamaños poblacionales estimados ( $P_i$ ) y capturas de lagartos.***

En la figura 1 se muestra la relación existente entre los tamaños poblacionales ( $P_i$ ) y la variación de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), tanto máxima como mínima en función del tiempo de estudio. Atendiendo a las gráficas obtenidas puede determinarse que aparentemente la variación poblacional del lagarto tizón (individuos por superficie) no se encuentra sujeta a la variación de la temperatura, estableciendo que el número de muestreos ha sido insuficiente desde el punto de vista de la obtención de valores de temperatura que permitieran obtener una adecuada visualización de la relación existente entre ambas variables, a lo que se suma el hecho de que los datos obtenidos ofrecían muy poca variación. Sin embargo, como de los Santos y Cantarella (1994) determinaron, se observa que la temperatura, tanto máxima como mínima, sigue una cierta relación positiva con el número de ejemplares capturados (actividad individual) en las estaciones 1 y 2, pero no en la 4, donde esta tendencia no se observa completamente (figura 2)

### ***3.3. Estudio de la variación conjunta en el periodo de muestreo de la abundancia de lagartos (número de capturas) y la abundancia de artrópodos.***

Atendiendo a la figura 3, figura 4 y figura 5 puede afirmarse que entre la abundancia de artrópodos y la abundancia de lagarto tizón, considerada en ambos casos como número de capturas por día de muestreo, se establece una relación tipo predador-presa (Volterra, 1938), con la alternancia de máximos y mínimos en la densidad del predador (lagarto) y de la presa (artrópodos). Esta tendencia se prolonga en el tiempo, siendo más visible en el caso de la estación 3.

ZONA	FECHA	ni	Ri	mi	Zi	Mi	Pi	ESPi
ARENAL-ARCILLOSO (ESTACIÓN 1)	04/03/2015	35	10					
	19/03/2015	19	10	4	6	15,40	73,15	19,25
	10/04/2015	19	6	7	9	35,50	96,36	33,73
	24/04/2015	29	7	6	9	43,29	209,21	79,10
	13/05/2015	42	6	9	7	58,00	270,67	117,78
	27/05/2015	30		13				
ARENAL-COLADA (ESTACIÓN 2)	04/03/2015	10	1					
	19/03/2015	9	1	1	1	10	90,00	108,00
	10/04/2015	12	1	1	2	25	300,00	337,71
	24/04/2015	11	1	2	2	24	132,00	141,30
	13/05/2015	17	2	3	7	62,5	354,17	253,94
	27/05/2015	7		4				
CULTIVO ABANDONADO (ESTACIÓN 4)	04/03/2015	36	16					
	19/03/2015	27	7	6	10	44,57	200,57	73,62
	10/04/2015	47	9	6	11	63,44	496,98	181,86
	24/04/2015	36	6	8	12	80,00	360,00	147,89
	13/05/2015	36	2	10	7	136,00	489,60	353,44
	27/05/2015	33		10				

Tabla 1. Análisis captura-recaptura de parámetros muestrales de las poblaciones de *Gallotia galloti* en tres estaciones de muestreo durante tres meses en un área de 1000m<sup>2</sup> (0,1ha). Basado en el modelo estocástico de Jolly. Se ha considerado el radio de actividad individual de lagarto tizón en 5 metros.

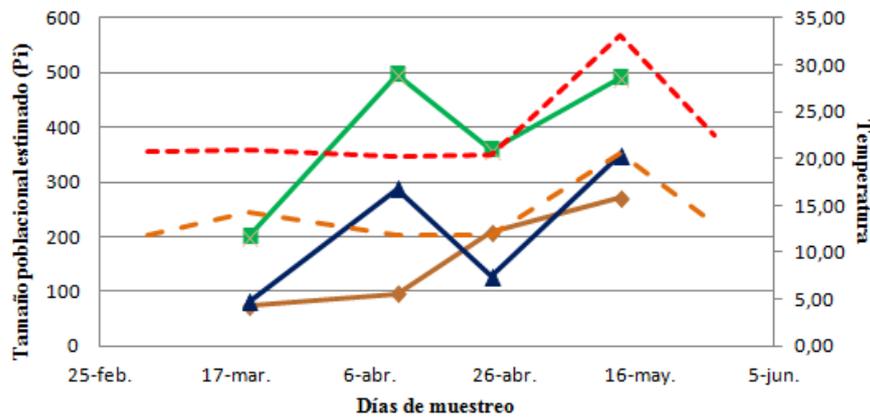


Figura 1. Variación del tamaño poblacional estimado ( $P_i$ ) de *Gallotia galloti* durante el periodo de Marzo-Mayo en relación con la variación de la temperatura máxima (línea roja discontinua) y la variación de la temperatura mínima (línea naranja discontinua) en las tres estaciones de muestreo (tamaño poblacional de la estación 1 en marrón, de la estación 2 en azul y de la estación 3 en verde).

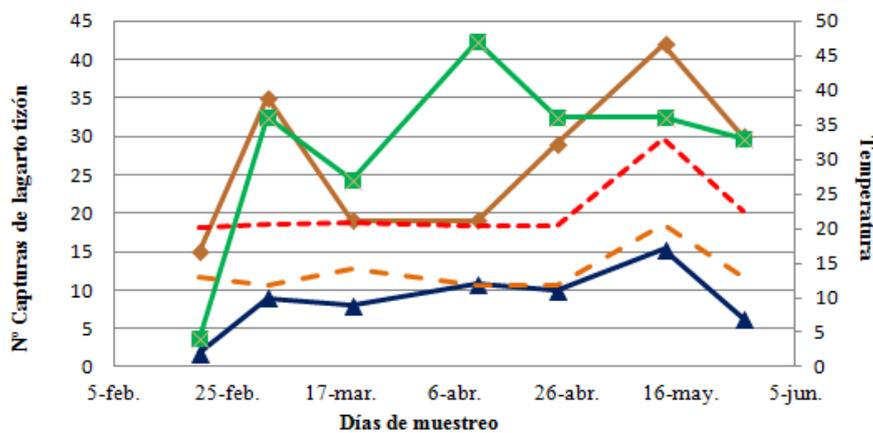


Figura 2. Número de capturas de *Gallotia galloti* durante el periodo de estudio en función de la variación de la temperatura máxima (línea roja discontinua) y de la temperatura mínima (línea discontinua naranja) en las tres estaciones de muestreo (capturas en la estación 1 en marrón, en la estación 2 en azul y en la estación 3 en verde).

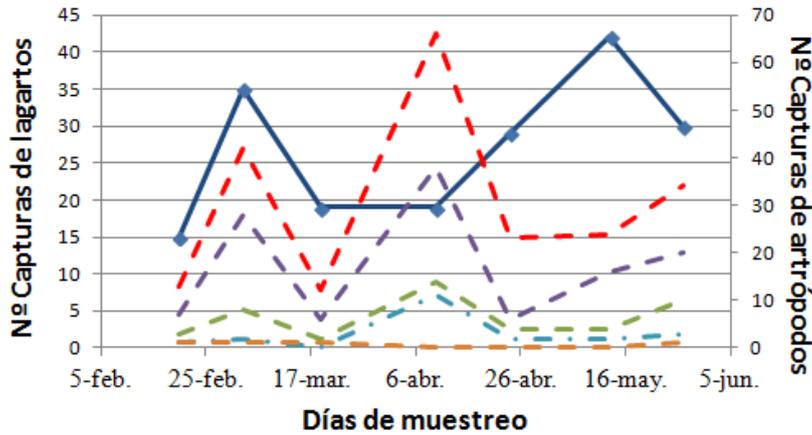


Figura 3. Relación entre las capturas de *Gallotia galloti* (en azul oscuro) y las capturas de artrópodos (capturas totales en línea roja discontinua, tenebriónidos en línea verde discontinua, hormigas en línea violeta discontinua, araneidos en línea azul clara discontinua e isópodos en línea marrón discontinua) para la estación 1.

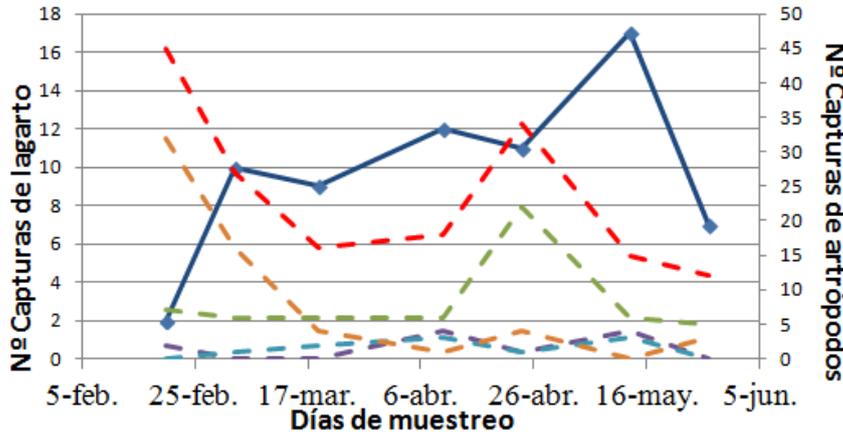


Figura 4. Relación entre las capturas de *Gallotia galloti* (en azul oscuro) y las capturas de artrópodos (capturas totales en línea roja discontinua, tenebriónidos en línea verde discontinua, hormigas en línea violeta discontinua, araneidos en línea azul clara discontinua e isópodos en línea marrón discontinua) para la estación 2

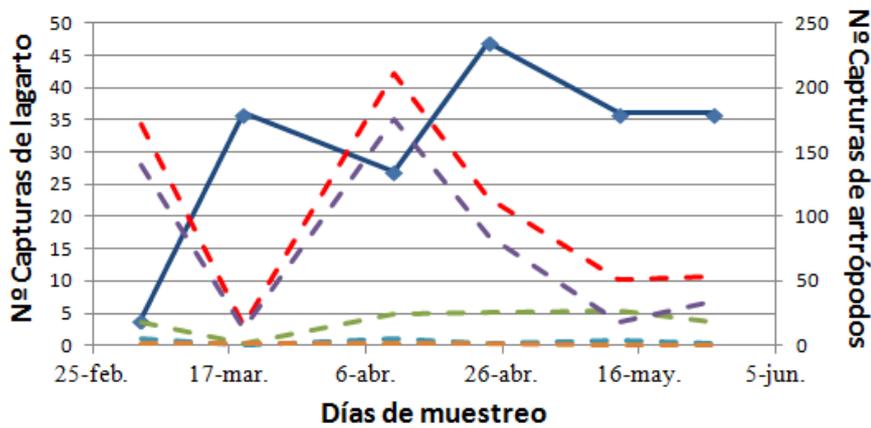


Figura 5. Relación entre las capturas de *Gallotia galloti* (en azul oscuro) y las capturas de artrópodos (capturas totales en línea roja discontinua, tenebriónidos en línea verde discontinua, hormigas en línea violeta discontinua, araneidos en línea azul clara discontinua e isópodos en línea marrón discontinua) para la estación 3.

### **3.4. Coberturas vegetales**

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para las coberturas, expresadas en porcentaje, de las siete especies vegetales consideradas en el estudio y de pedregosidad, arena y sustrato de tipo arcilloso. Se observa que la estación 3, relativa al cultivo abandonado, presenta los mayores valores de cobertura para el balo (*Plocama pendula*) con un 38,3%, para la Tabaiba dulce (*Euphorbia balsamifera*) con un 12,76%, para la pedregosidad con un 24,77% y para suelo arcilloso con un 13,61%. En la estación 2 se registran los mayores valores para el salado blanco (*Schizogyne sericea*) con un 21,45% y para la arena con un 39,39%. La estación 1 destaca por presentar las mayores coberturas de aulaga (*Laurea arborescens*) con un 13,1%, de *Lavandula canariensis* con un 11,14% y de *Argyranthemun sp.* con un 1,3%.

### **3.5. Estudio de la distribución de la actividad densidad para artrópodos y vegetación.**

#### **3.5.1. Estudio de la distribución de la actividad densidad para artrópodos.**

En la tabla 3 puede observarse que, atendiendo a los valores obtenidos para el test de Kolmogorov-Smirnov, todas las estaciones durante los dos periodos de tiempo considerados para el estudio siguen una distribución de tipo log normal truncada ( $p > 0,05$ ). En la figura 6 se corrobora este hecho, encontrando en todas las gráficas obtenidas una distribución de tipo log-normal, lo que plantea que el ensamblaje a nivel de especies de artrópodos se encuentra estructurado.

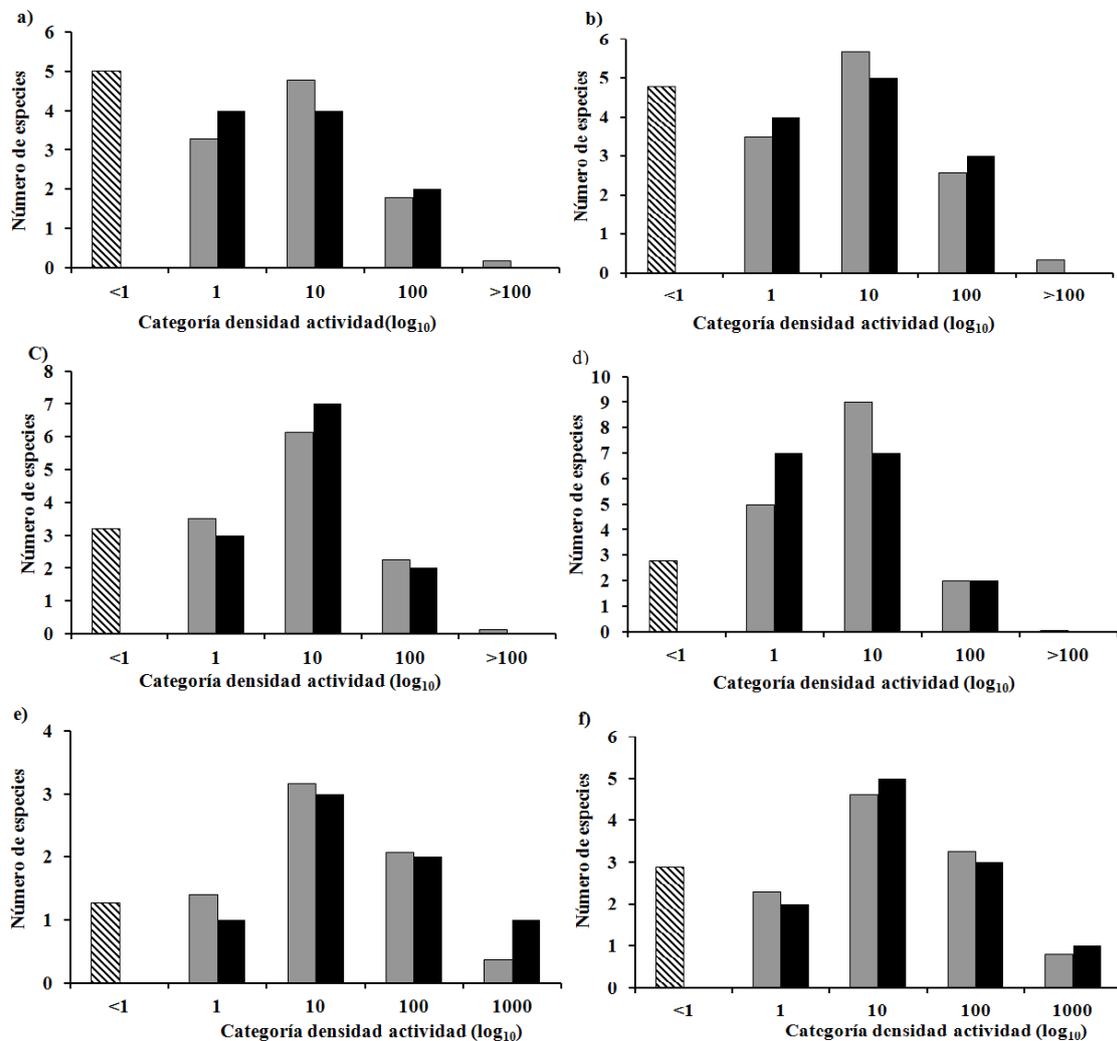
En la figura 7 se registra el porcentaje de dominancia acumulado para el número de especies capturadas en el estudio en función del periodo del año. A partir de ésta podemos determinar que en la estación 1 existen diferencias en cuanto a la presencia o predominancia de determinado número de especies en función del periodo de estudio, de tal manera que mientras en invierno el 80% del total de artrópodos lo acumulan dos especies, durante el verano esta situación cambia y una especie presenta el mayor porcentaje mientras que el resto de las especies se encuentran representadas en proporciones similares. En la estación 2 se da una situación similar al caso anterior, observando que durante el invierno dos especies de artrópodos son las que acumulan hasta el 80% del total y durante el verano todas las especies muestreadas cuentan con similares porcentajes. Finalmente, en lo que respecta a la estación 3, tanto durante el invierno como el verano una única especie es la que acumula el mayor porcentaje, encontrándose el resto de las especies en proporciones semejantes entre sí.

TOTALES ESPECIES	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 4
<i>Plocama pendula</i>	20,526	16,332	38,291
<i>Schizogyne sericea</i>	16,751	21,452	7,624
<i>Laurea arborescens</i>	13,098	6,545	0
<i>Lavandula canariensis</i>	11,137	2,2	0
<i>Euphorbia balsamifera</i>	0	0	12,759
<i>Argyranthemum sp.</i>	1,308	0,439	0
<i>Euphorbia aphylla</i>	0,179	0	2,951
Arena	23,536	39,338	0
Piedra	13,456	13,694	24,766
Suelo arcilloso	0	0	13,609

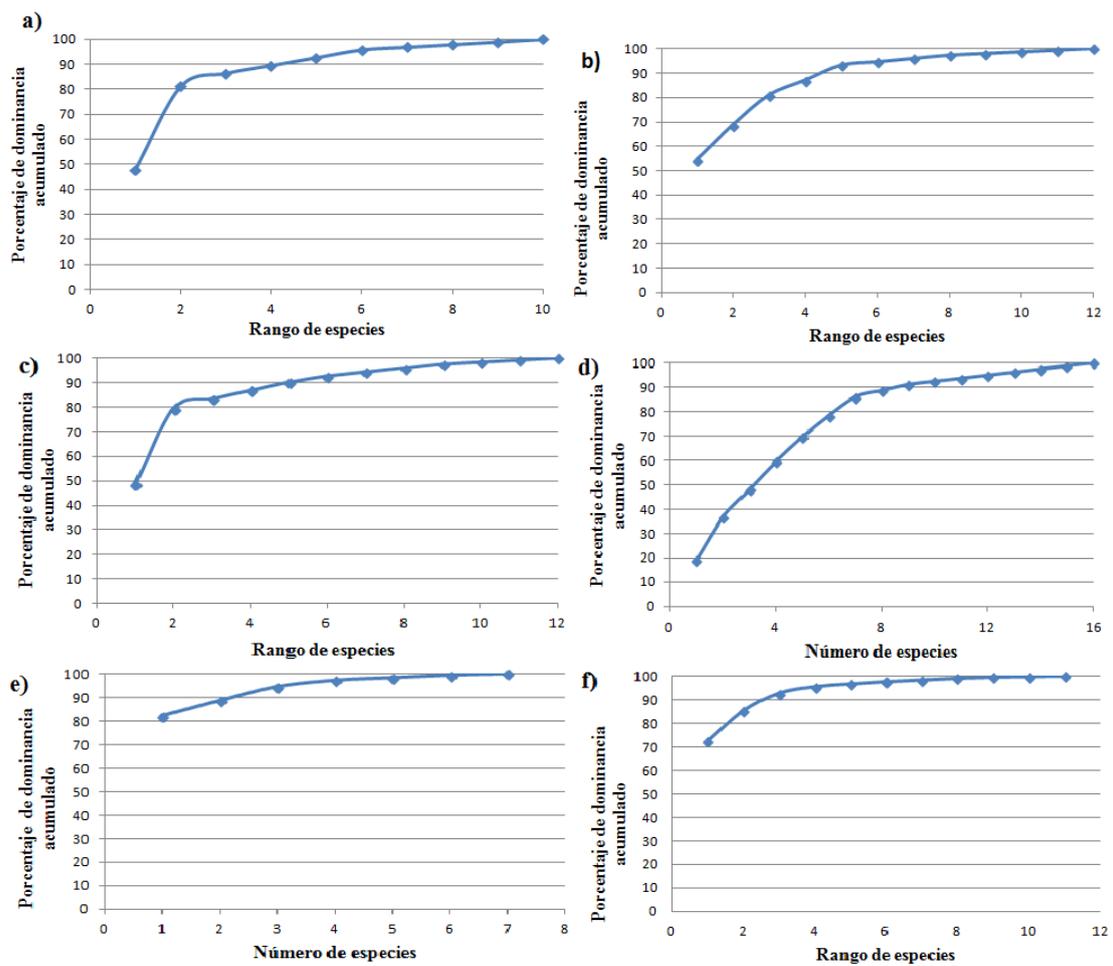
**Tabla 2. Porcentajes de cobertura calculados para cada una de las especies vegetales estudiadas y elementos edáficos o relativos al sustrato en cada estación de muestreo.**

	ESTACIÓN 1AA		ESTACIÓN 2AC		ESTACIÓN 3CU	
	INVIERNO	VERANO	INVIERNO	VERANO	INVIERNO	VERANO
Media observada (m)	0,53	0,61	0,55	0,46	0,80	0,85
Varianza observada	0,34	0,38	0,30	0,22	0,46	0,55
Punto de truncamiento (log10 0.5, cota superior de la categoría que contiene a las especies que se encuentran detrás de la línea de velo) ( $x_0$ )	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Coefficiente de asimetría	0,49	0,46	0,42	0,37	0,38	0,42
"Función de estimación auxiliar"(theta)	0,56	0,45	0,31	0,21	0,22	0,31
Máxima probabilidad estimada para la media (cuando la variable x se distribuye normalmente)	0,06	0,19	0,29	0,30	0,56	0,50
Estimas máximas de probabilidad de la varianza (cuando la variable x se distribuye normalmente)	0,73	0,76	0,53	0,34	0,72	0,96
Punto de truncamiento en términos de la distribución normal estándar ( $z_0$ )	-0,43	-0,57	-0,80	-1,04	-1,02	-0,81
Área bajo la curva normal estándar ( $p_0$ )	0,33	0,28	0,21	0,15	0,15	0,21
Número total de especies esperado para el ensamblaje ( $S^*$ )	15,01	16,78	15,21	18,80	8,27	13,89
Lambda	17,62	19,25	20,85	32,44	9,76	14,15
Estadístico para el test Kolmogorov-Smirnov (D)	0,10	0,09	0,12	0,13	0,23	0,12
D-valores críticos para $\alpha=0,05$	0,28	0,26	0,26	0,22	0,34	0,27

**Tabla 3. Parámetros estimados para el modelo de distribución tipo log-normal truncada usando los datos de densidad actividad (número de especímenes por especie) relativos a especies de artrópodos como unidad de medida para las tres estaciones de muestreo durante los dos periodos de tiempo considerados.**



**Figura 6.** Número de especies observadas (barras negras) en relación con el número esperado de especies (barras grises) calculadas por medio de distribución log-normal truncada para el parámetro actividad densidad de las especies y grupos de artrópodos en las tres estaciones de muestreo durante los periodos de: a) estación 1 en invierno, b) estación 1 en verano, c) estación 2 en invierno, d) estación 2 en verano, e) estación 3 en invierno y f) estación 3 en verano. Las barras rayadas se corresponden con la estimación del número de especies que faltó por muestrear.



**Figura 7. Relación entre el porcentaje de dominancia acumulado y rango de especies registradas en cada periodo de muestreo: a) estación 1 en invierno, b) estación 1 en verano, c) estación 2 en invierno, d) estación 2 en verano, e) estación 3 en invierno y f) estación 3 en verano.**

El valor de lambda (ver tabla 3), entendido como la diversidad de especies, nos permite observar que los máximos valores, respaldados por el test de Kolmogorov-Smirnov, se registran en la estación 2, llegando a alcanzar un valor de 32,44, lo que implica un mayor número de especies (ver figura 7, apartados c y d). Cabe destacar el caso de la estación 3 puesto que se observan bajos valores de diversidad tanto durante el invierno como durante el verano, a lo que se suma la dominancia ejercida por un solo grupo de artrópodos, las hormigas.

### ***3.5.2. Estudio de la distribución de la actividad densidad para vegetación.***

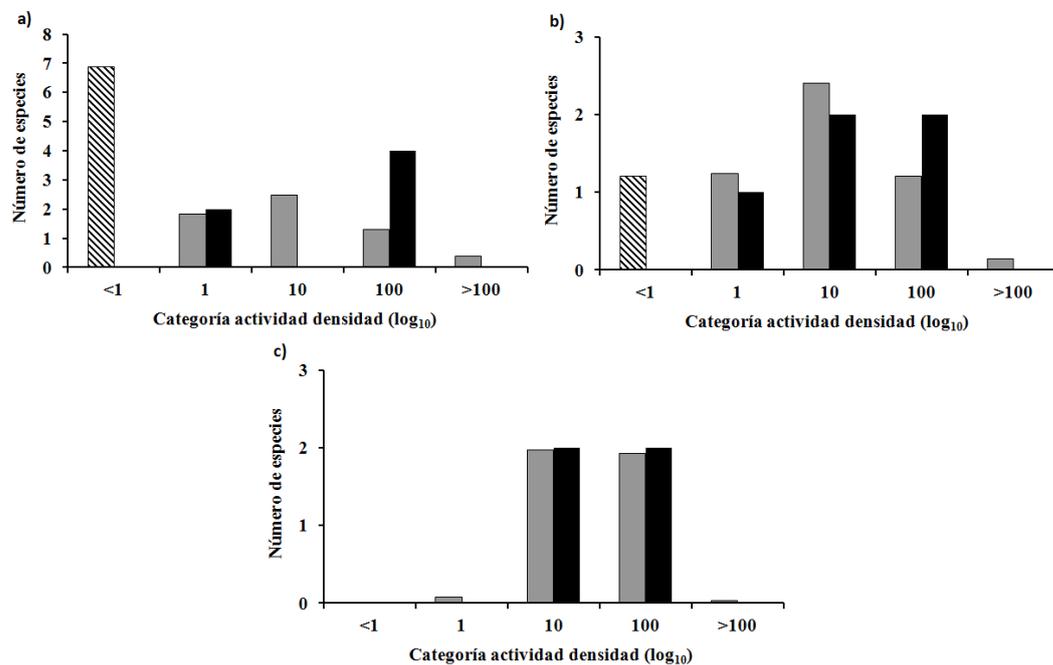
En la tabla 4 se observa que, atendiendo a los valores obtenidos para el test de Kolmogorov-Smirnov, las estaciones 2 y 3 siguen una distribución de tipo log normal truncada ( $p > 0,05$ ). En la figura 8 se corrobora esto, encontrando en todas las gráficas obtenidas una distribución de tipo log-normal. Esto plantea que el estado del ensamblaje a nivel de especies de artrópodos en las dos últimas estaciones se encuentra estructurado. Esto no ocurre con la estación 1, cuyo test de Kolmogorov-Smirnov establece que la distribución no sigue una log-normal ( $p < 0,05$ ) (ver tabla 4).

En la figura 9 se muestra el porcentaje de dominancia acumulado para el número de especies vegetales estudiadas. A partir de ésta podemos determinar que en la estación 1 las especies se encuentran en proporciones similares, mientras que en el caso de la estación 2 son dos especies las que acumulan hasta el 80% del total de vegetación, encontrándose las otras tres en proporciones semejantes. Finalmente, en el caso de la estación 3 también se observa que dos especies son las que acumulan hasta un 80% del total de cobertura vegetal.

En lo que respecta a la diversidad, el valor de lambda (ver tabla 4), nos permite observar que el máximo valor se registra en la estación 1, sin embargo, este no queda respaldado por el test de Kolmogorov-Smirnov, lo que implica que para obtener valores adecuados sea necesario incrementar el tamaño muestral. Atendiendo a esto, la estación 3 es la que albergaría una mayor diversidad.

	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3
Media observada (m)	0,67829651	0,6690608	1,01026636
Varianza observada	0,56259968	0,38337053	0,16139771
Punto de truncamiento (log10 0.5, cota superior del la categoría que contiene a las especies que se encuentran detrás de la línea de velo) (x_0)	-0,30103	-0,30103	-0,30103
Coefficiente de asimetría	0,58660325	0,40737461	0,09386327
"Función de estimación auxiliar"(theta)	1,113	0,2847	0,00059
Máxima probabilidad estimada para la media (cuando la variable x se distribuye normalmente)	-0,4116939	0,39287595	1,0094927
Estimas máximas de probabilidad de la varianza (cuando la variable x se distribuye normalmente)	1,63005618	0,65129492	0,16241222
Punto de truncamiento en términos de la distribución normal estándar (z0)	0,08667716	-0,85982836	-3,25188516
Área bajo la curva normal estándar (p0)	0,53453593	0,19494183	0,00057321
Número total de especies esperado para el ensamblaje (S*)	12,8903613	6,21073134	4,00229416
Lambda	10,0963362	7,69580223	9,93115268
Estadístico para el test Kolmogorov-Smirnov (D)	0,55217917	0,32906066	0,26875881
D-valores críticos para alfa=0,05	0,36414115	0,39889664	0,44598

**Tabla 4. Parámetros estimados para el modelo de distribución tipo log-normal truncada usando los datos de densidad actividad (número de especímenes por especie) relativa a especies vegetales como unidad de medida para las tres estaciones de muestreo.**



**Figura 8. Número de especies observadas (barras negras) en relación con el número esperado de especies (barras grises) calculadas por medio de distribución log-normal truncada para el parámetro actividad densidad de las especies vegetales en las tres estaciones: a) estación 1, b) estación 2 y c) estación 3. Las barras rayadas se corresponden con la estimación del número de especies que faltó por muestrear .**

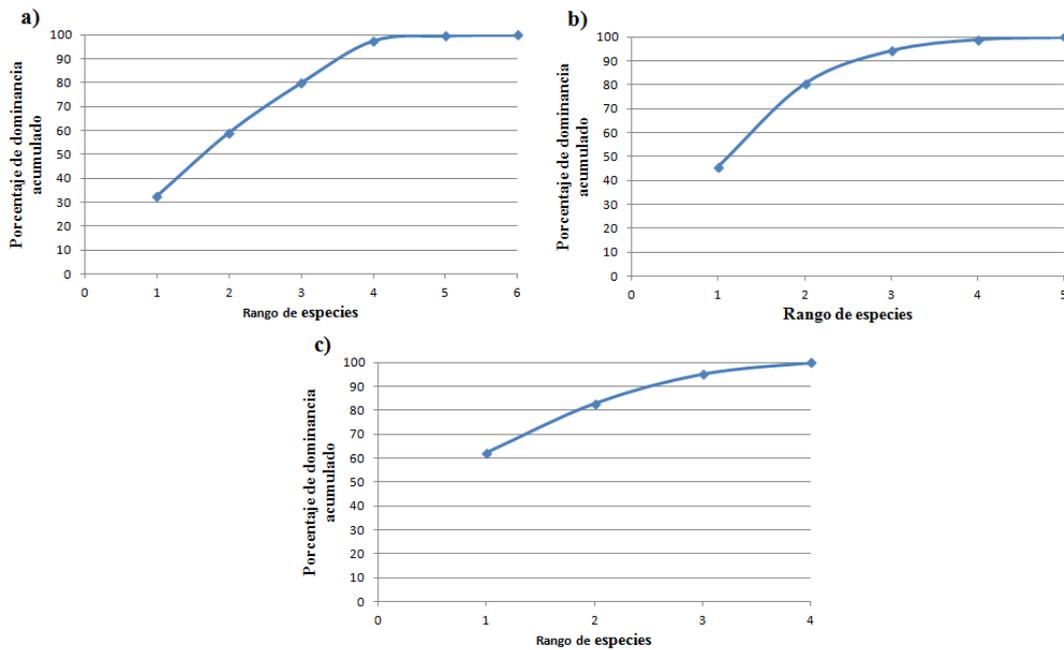


Figura 9. Relación entre el porcentaje de dominancia acumulado y rango de especies registradas en las tres estaciones. a) Estación 1, b) estación 2 y c) estación 3

	PERIODO	ESTACIÓN 1		ESTACIÓN 2		ESTACIÓN 3	
		F	C	F	C	F	C
ADULTOS	I	42	20	8	9	36	24
ADULTOS	V	70	33	23	14	72	61
JUVENILES	I	4	3	3	1	5	2
JUVENILES	V	12	5	10	0	14	5

Tabla 5. Tablas de contingencias (por estación de muestreo) de edad (adulto y juvenil) por periodo (I=invierno, V=verano) y por alimentación (tipo de cebo, C=carne y F=fruta)

Paso			Efectos	Sig.
0	Clase generadora		Edad*Alimento*Periodo	.
1	Efecto eliminado	1	Edad*Alimento*Periodo	.562
	Clase generadora		Edad*Alimento, Edad*Periodo, Alimento*Periodo	.562
2	Efecto eliminado	1	Edad*Alimento	.895
		2	Edad*Periodo	.416
	Clase generadora	3	Alimento*Periodo	.808
			Edad*Periodo, Alimento*Periodo	.838
3	Efecto eliminado	1	Edad*Periodo	.417
	Clase generadora	2	Alimento*Periodo	.814
4	Efecto eliminado	1	Edad*Periodo, Alimento	.938
		2	Edad*Periodo	.417
	Clase generadora		Alimento	.000
5	Efecto eliminado	1	Alimento, Edad, Periodo	.899
		2	Alimento	.000
	Clase generadora	3	Edad, Periodo	.000

Tabla 6. Pasos del proceso de eliminación hacia atrás del modelo saturado para la estación 1.

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Razón de verosimilitudes	1.068	4	.899
Pearson	.999	4	.910

**Tabla 7. Estadísticos de bondad de ajuste (modelo final) para la estación 1.**

Paso			Efectos	Sig.
0	Clase generadora		Edad*Alimento*Periodo	.
	Efecto eliminado	1	Edad*Alimento*Periodo	.181
1	Clase generadora		Edad*Alimento, Edad*Periodo, Alimento*Periodo	.181
	Efecto eliminado	1	Edad*Alimento	.006
		2	Edad*Periodo	.812
		3	Alimento*Periodo	.158
2	Clase generadora		Edad*Alimento, Alimento*Periodo	.397
	Efecto eliminado	1	Edad*Alimento	.006
		2	Alimento*Periodo	.159
3	Clase generadora		Edad*Alimento, Periodo	.280
	Efecto eliminado	1	Edad*Alimento	.006
		2	Periodo	.001
4	Clase generadora		Edad*Alimento, Periodo	.280

**Tabla 8. Pasos del proceso de eliminación hacia atrás del modelo saturado para la estación 2.**

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Razón de verosimilitudes	3.831	3	.280
Pearson	3.716	3	.294

**Tabla 9. Estadísticos de bondad de ajuste (modelo final) para la estación 2.**

Edad	Adul.	Recuento	Alimento		Total
			Fruta	Came	
			31	23	54
		Frecuencia esperada	34.9	19.1	54.0
		Residuos corregidos	-2.5	2.5	
	Juv.	Recuento	13	1	14
		Frecuencia esperada	9.1	4.9	14.0
		Residuos corregidos	2.5	-2.5	
Total		Recuento	44	24	68
		Frecuencia esperada	44.0	24.0	68.0

**Tabla 10. Tabla de contingencias para las variables edad y alimento en la estación 2.**

Paso			Efectos	Sig.
0	Clase generadora		Edad*Alimento*Periodo	.
	Efecto eliminado	1	Edad*Alimento*Periodo	.736
1	Clase generadora		Edad*Alimento, Edad*Periodo, Alimento*Periodo	.736
	Efecto eliminado	1	Edad*Alimento	.086
		2	Edad*Periodo	.609
		3	Alimento*Periodo	.489
2	Clase generadora		Edad*Alimento, Alimento*Periodo	.829
	Efecto eliminado	1	Edad*Alimento	.089
		2	Alimento*Periodo	.523
3	Clase generadora		Edad*Alimento, Periodo	.853
	Efecto eliminado	1	Edad*Alimento	.089
		2	Periodo	.000
4	Clase generadora		Periodo, Edad, Alimento	.453
	Efecto eliminado	1	Periodo	.000
		2	Edad	.000
		3	Alimento	.018
5	Clase generadora		Periodo, Edad, Alimento	.453

Tabla 11. Pasos del proceso de eliminación hacia atrás del modelo saturado para la estación 3.

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Razón de verosimilitudes	3.668	4	.453
Pearson	3.573	4	.467

Tabla 12. Estadísticos de bondad de ajuste (modelo final) para la estación 3.

### **3.6. Estudio de la tendencia a un tipo de cebo (carne o fruta) en los individuos de *G. galloti*.**

La tabla de contingencias utilizada para el desarrollo de este modelo paso a paso hacia atrás se corresponde con la tabla 5.

Atendiendo a los resultados obtenidos a partir del método paso a paso hacia atrás (ver tabla 6) para el modelo log-lineal, observamos que en el caso de la estación 1 el modelo que ha presentado un mejor ajuste (paso 5, tabla 6) es el que considera a las variables alimento, edad y periodo como independientes, por lo que podemos determinar que no hay relación entre ninguna de las tres variables contempladas al carecer el modelo de interacciones. A partir de los contrastes de bondad de ajuste (tabla 7) se observa que el modelo ofrece un buen ajuste de los datos ( $p > 0,05$ ).

En el caso de la estación 2, los resultados del análisis log-lineal establecen que el modelo que mejor se ajusta es aquel que contempla la interacción entre la variable edad y la variable alimento, así como el efecto de las tres variables de forma independiente (paso 4, tabla 8). Al observar la tabla de ajuste de bondad (tabla 9) se determina que dicho modelo ofrece un buen ajuste de los datos ( $p > 0,005$ ). En la tabla de contingencias (tabla 10) de la interacción edad-alimento, los errores tipificados indican que los

juveniles de lagarto tizón muestran mayor tendencia hacia la fruta y los adultos hacia la carne.

Atendiendo a los resultados obtenidos a partir de un método paso a paso hacia atrás (ver tabla 11) para el modelo log-lineal, observamos que en el caso de la estación 1 el modelo que ha presentado un mejor ajuste (paso 5, tabla 11) es el que considera únicamente a las variables periodo, edad y alimento como independientes, por lo que podemos determinar que no hay relación entre ninguna de las tres variables contempladas al carecer el modelo de interacciones. A partir de los contrastes de bondad de ajuste (tabla 12) se observa que el modelo ofrece un buen ajuste de los datos ( $p > 0,05$ ).

## **4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

Grinnell (1917, 1924) definió al nicho como la última unidad de distribución dentro de la cual, cada especie es sostenida por sus limitaciones estructurales e instintivas. Propuso una clasificación jerárquica del nicho ecológico, que podría considerarse como

una medida de control de la distribución, determinada por el alimento, sitios de cría y la presencia de refugios de los depredadores. Posteriormente concluye que el nicho ambiental es ocupado por una sola especie, por lo que si se desarrolla un nuevo nicho ecológico o si un nicho queda vacante, la naturaleza se apresura en proporcionar un ocupante. Esta última idea establece que dos especies que viven en el mismo territorio general, no pueden ocupar el mismo nicho ecológico de forma idéntica por mucho tiempo. Más adelante, Hutchinson (1957) propone una nueva definición de nicho, exponiéndolo como la suma de todos los factores ambientales que actúan sobre los organismos, siendo considerado como una región de un hiperespacio de  $n$  dimensiones, donde cada dimensión es una variable ambiental. Se plantea la existencia de dos tipos de nicho: el fundamental (abarca todos los aspectos del hipervolumen de  $n$  dimensiones en ausencia de otras especies) y el realizado (parte del nicho fundamental donde queda restringida la especie debido a interacciones interespecíficas (p.e. exclusión competitiva). Por consiguiente, la orientación de este estudio tiene en cuenta ambos enfoques, es grinnelliano en su realización de campo, de ahí a que se consideren todas aquellas variables que caractericen al ambiente estudiado y así tratar de determinar si una variable concreta influye o no a la distribución y tamaño de la población de una especie, aproximación a su dieta, sitios de cría, etc., y es hutchinsoniano en el modelo de pensamiento dado que el enfoque último trataría sobre el espacio físico-químico óptimo y sus límites de tolerancia conjuntamente con sus relaciones amistosas y hostiles con otras especies.

El mayor tamaño poblacional de lagarto tizón se observa en zonas sometidas a influencia antrópica, con un sustrato enriquecido por arcillas, contribuyendo a que plantas con frutos carnosos como el balo (*P. pendula*) o la tabaiba dulce (*E. balsamifera*), alcancen mayores coberturas vegetales. Valido (1999) determinó que el lagarto tizón tiende a consumir los frutos del balo (*P. pendula*), actuando como un importante agente dispersor de sus semillas. Consecuentemente se establece que la presencia del balo permitirá cubrir las demandas nutricionales del lagarto en combinación con los artrópodos, sobre todo cuando la abundancia de éstos no sea suficiente para este fin, de ahí a que se alcancen mayores tamaños poblacionales. Así, se ha observado que la estación con mayor tamaño poblacional estimado del lagarto registra el mayor número de capturas de artrópodos (fundamentalmente hormigas). Se establece una relación tipo predador-presa entre la población de lagartos y la población

de artrópodos, de tal manera que ambas fluctúan simultáneamente, haciendo que cuando una población se encuentra en su tamaño máximo, la otra se localiza en valores mínimos, y así sucesivamente en el tiempo.

Las acumulaciones de piedras juegan un papel fundamental en la ecología del lagarto tizón. Estos emplazamientos ofrecen refugio durante la noche y durante el día para evitar una prolongada insolación. Grupos de artrópodos como los coleópteros también buscan refugio bajo las piedras, lo que favorece a su captura por parte del lagarto. Es por esto, por lo que se determina que un entorno con una elevada pedregosidad registrará un mayor tamaño poblacional, hecho que se observa en la estación de sustrato arcilloso.

Autores como Janzen (1973) consideraron que los reptiles insulares cuentan con diferente nicho trófico en función de su estadio de desarrollo, contando con juveniles insectívoros y adultos frugívoros o incluso vegetarianos. Sin embargo, en el caso del lagarto tizón para un ambiente volcánico como el del Malpaís de Güímar se demuestra que la preferencia alimenticia (determinada por el tipo de cebo) no está relacionada con la edad del animal ni tampoco con el periodo del año. Así resulta lógico pensar que un ambiente insular estaría marcado por condiciones extremas y el lagarto tizón consumiría aquel recurso que se encontrase en mayor abundancia, y que permitiera mantener en su máximo tamaño a la población, ya sean artrópodos o frutos carnosos. En el caso concreto de la estación del arenal se identificó relación entre la alimentación y la edad, de tal manera que los juveniles tenderían hacia el frugivorismo y los adultos hacia el consumo de carne. Sin embargo, el corto periodo de muestreo pone en entredicho este resultado. Se propone aumentar la intensidad del muestreo que abarque un largo periodo de tiempo.

En las tres estaciones de muestreo se observó una distribución de tipo log-normal para el ensamblaje de artrópodos mientras que para el ensamblaje vegetal se observó distribución log-normal para la estación del arenal y la de suelo arcilloso. Se entiende que una distribución log-normal se corresponde con un sistema natural estructurado y a menudo se asocia con el equilibrio de los ecosistemas en las etapas finales de una sucesión (Magurran, 2004). El mayor tamaño poblacional del lagarto se registra en la estación de sustrato arcilloso, la cual cuenta con un valor bajo de diversidad, con un grupo dominante frente al resto de especies que forman parte de este ensamblaje de

artrópodos. Es por esto que podemos establecer que el lagarto tenderá a ocupar aquellos ambientes disturbados, donde predominen las hormigas, pudiendo suponer éstas una importante fuente de alimento. Sin embargo, esto último habrá de ser confirmado.

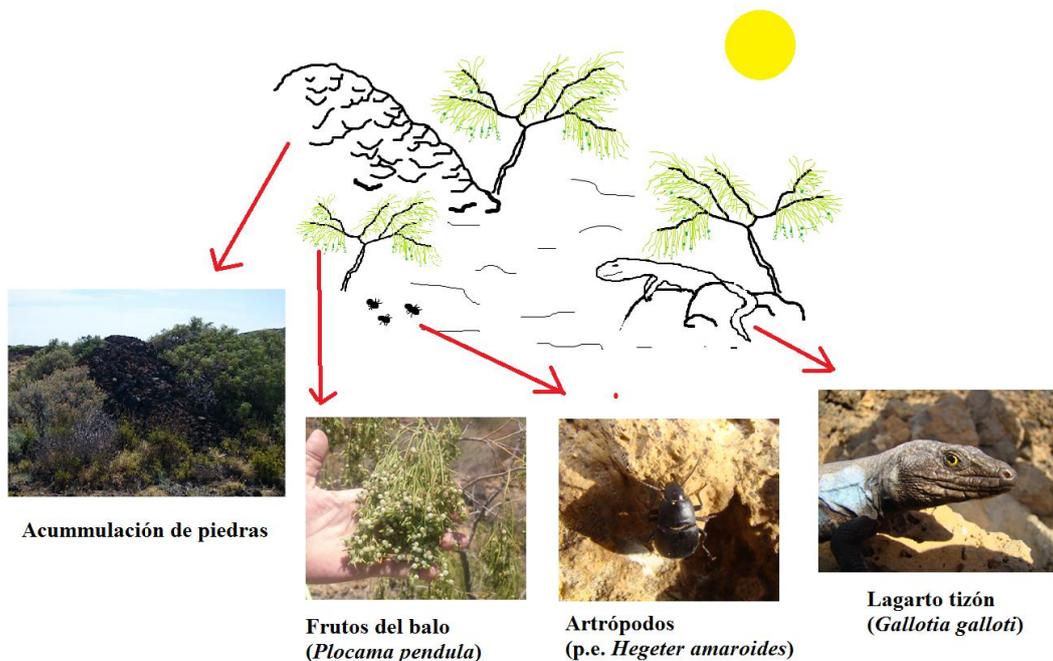
En relación con la variación de la temperatura, no puede afirmarse que exista una relación directa entre el tamaño poblacional (individuos por superficie), dada la insuficiente variación en los datos recopilados. Sin embargo, sí se aprecia una cierta relación positiva entre el número de las capturas de lagartos (actividad individual) y la temperatura.

Podemos concluir este apartado con un intento de aproximación a la descripción del nicho ambiental del lagarto tizón mediante una representación gráfica al modo grinnelliano (figura 10). La temperatura jugará un papel fundamental en el desarrollo del lagarto dado su carácter ectotermo (Cowles y Bogert, 1944), por lo que se espera que mayores temperaturas incrementen el número de lagartos activos. El lagarto tizón será capaz de alcanzar su mayor tamaño poblacional en entornos donde la pedregosidad sea elevada, lo que se debería a motivos tanto tróficos como relativos al refugio. Un sustrato de tipo arcilloso favorecerá a una mayor cobertura relativa a especies con frutos carnosos (destacando al balo), lo que permitirá suplir las necesidades alimenticias del lagarto durante aquellos periodos en los que, como expresa la relación tipo predador-presa, las densidades de artrópodos se encuentren en mínimos. La captura de lagartos mediante cebos ha permitido determinar el carácter omnívoro de esta especie insular en cualquier época y para cualquier edad.

## **5. CONCLUSIONS**

1. The estimated population size of the smut lizard is higher in human influenced zones, due to high clay concentration in the substrate.
2. The higher estimated population size of *G. galloti* is registered where vegetal fleshy fruit species reach higher vegetal coverage.
3. Zones with higher abundance of arthropods also have higher estimated population size for *Gallotia galloti*.
4. The number of lizards captures is positively related to temperature fluctuation.

5. According to lizard captures related to stages it seems there are no relation with the type of bait and seasonal period.
6. The log-normal structure of arthropods and vegetation assemblage was showed at the clay substrate sampling plot where the highest lizard population size was estimated.



Adrián M.Hdz

Figura 10. Representación del nicho ecológico del lagarto tizón (*Gallotia galloti*).

## 6. AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar, agradecer al área de Medio Ambiente y Paisaje del Cabildo Insular de Tenerife por permitir realizar el estudio en la Reserva Natural Especial del Malpaís de Güímar. Por otra parte, agradecer a los profesores Antonio de los Santos y Roberto Dorta en su papel como tutores de este trabajo de fin de grado y por sus consejos. Finalmente agradecer a Elisa Mora, Victoria Sánchez y a Daniel Basilio por su inestimable ayuda en los muestreos de campo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- del Arco-Aguilar, M. J. (2006). Mapa de vegetación de Canarias. Grafcan.
- Barquín E., Wildpret W. (1975) Diseminación de plantas canarias: Datos iniciales. Vieraea, 5, 38–60.
- Cohen, A.C., (1959). Simplified estimators for the normal distribution when samples are singly censored or truncated. Technometrics 1, 217-237.

- Cohen, A.C., (1961). Tables for maximum likelihood estimation: singly truncated and singly censored samples. *Technometrics* 3, 433–438.
- Cooper, W.E., Pèrez-Mellado, V.P. y Sillero, N. (2002). Responses to food chemicals by the insectivorous lacertid lizard *Podarcis muralis* – *Amphibia-Reptilia* 23:238-245.
- Cowles, R.B. & Bogert, C.M. (1944) A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 83, 261–296
- Gobierno de Canarias (2004), Plan Director de la Reserva Natural Especial del Malpaís de Güímar.
- Greenslade, P. J. M. (1964).-Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology*, 33, 301-310.
- Grinnell, J. (1917). The niche-relationship of the California Thrasher. *Auk* 34:427-433.
- Grinnell, J. (1924). Geography and evolution. *Ecology* 5:225-229.
- Herrel, A., Spithoven, L., van Damme, R., 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.
- Hutchinson, G.E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium Quantitative Biology*, 22, 415–427.
- Iverson, J.B. (1982). Adaptations to herbivory in iguanine lizards. In: *Iguanas of the world*, p. 60-76. Burghardt, G.M., Rand, A.S., Eds, Park Ridge, New Jersey, Noyes Publication
- Janzen, D.H. (1973) Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. *Ecology*, 54, 687–701
- Jolly G.M. (1965) Explicit estimates from capture–recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika*, 52, 225–247.
- Jolly G.M. (1982) Mark-recapture models with parameters constant in time. *Biometrika*, 38, 301–321.
- Luff, M. L. (1975). Some Features Influencing the Efficiency of Pitfall Traps. *Oecologia*, 19, 345-357.
- Machado, A. (1985) New data concerning the Hierro Giant lizard and the lizard of Salmor (Canary Islands). *Bonner Zoologische Beiträge*, 36, 429-470.
- Magurran, A.E., (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Masó, A. & Pijoan, M. (2011). *Anfibios y Reptiles de la Península Ibérica, Baleares y Canarias*. Omega, Barcelona.
- Molina-Borja M. (1985) Spatial and temporal behavior of *Gallotia galloti* in a natural population of Tenerife. *Bonner Zoologische Beiträge*, 36, 541–552.
- Molina-Borja M. (1987) Spatio-temporal distribution of aggressive and courting behaviors in a population of lizards (*Gallotia galloti*) from Tenerife, the Canary Islands. *Journal of Ethology*, 5, 11–16.
- Molina-Borja M. (1991) Notes on alimentary habits and spatial-temporal distribution of eating behavior patterns in a natural population of lizards (*Gallotia galloti galloti*). *Vieraea*, 20, 1–19.
- Molina-Borja, M. y Bischoff, W. (1998). *Gallotia galloti* (Oudart, 1839) – Kanareneidechse. Pp.287-339. En: Bischoff, W. (Ed.). *Die Reptilien der Kanarischen Inseln, der Selvagens-Inseln und des Madeira-Archipels*. En: Böhme, W. (Ed.). *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*. Band 6. Aula-Verlag, Wiesbaden.
- Nogales, M., Delgado, J.D., Medina, F.M. (1998) Shrikes, lizards and *Lycium intricatum* (Solanaceae) fruits: a case of indirect seed dispersal on an oceanic island (Alegranza, Canary Islands). *Journal of Ecology*, 86: 866–871.
- Silvy, N.J., López, R.R, y Peterson, M.J. (2005). Wildlife marking techniques.
- Olesen, J.M. y Valido, A. (2003). Lizards as pollinators and seed dispersal: an insular phenomenon. *Trends in Ecology and Evolution*, 18, 177–181.
- Pardo, A. y Ruíz, M.A. (2012). *Análisis de datos: en ciencias sociales y de la salud*. Síntesis.

- Rodríguez, M. A., de los Santos, A., Cantarella, F. (1993-1994). Estimación del tamaño de la población de *Gallotia galloti galloti* Oudart, 1839 (Sauria: Lacertidae) en el malpaís de Guimar (S.E. Tenerife). *Studia Oecologica*, 10-11: 401-407.
- Rodríguez, A., Nogales, M., Rumeu, B., y Rodríguez, B. (2008). Temporal and spatial variation in the diet of the endemic lizard *Gallotia galloti* in an insular Mediterranean scrubland. *Journal of Herpetology*, 42: 213-222.
- Salvador, A. (2009). Lagarto tizón – *Gallotia galloti*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles.
- de los Santos, A. y de Nicolas, J.P. (2008). Environmental niche of the smut lizard population on a sandy coastal ecosystem of Southeastern Tenerife (Canary Islands). *Marine Ecology* 29: 2–11.
- Seber G.A.F. (1965) A note on the multiple-recapture census. *Biometrika*, 52, 249–259.
- Seber G.A.F. (1982). *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*, 2nd edn. Edward Arnold, London: 654 pp.
- Valido, A., Nogales, M. (1994). Frugivory and seed dispersal by the lizard *Gallotia galloti* (Lacertidae) in a xeric habitat of the Canary Islands. *Oikos*, 70, 403–411.
- Valido, A. (1999). *Ecología de la dispersión de semillas por los lagartos endémicos Canarios (g. Gallotia, Lacertidae)*. PhD thesis, University of La Laguna, Tenerife, Canary Islands.
- Volterra, V. (1938). The general equations of biological strife in the case of historical actions. *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society* 6, 4–10.

#### PÁGINAS WEB:

- AEMET: <http://www.aemet.es> Consultada los días: 21/01/2015, 5/02/2015, 19/02/2015, 4/03/2015, 18/03/2015, 9/04/2015, 23/04/2015, 15/04/2015 y 26/05/2015.
- AgroCabildo: <http://www.agrocabildo.org> Consultada los días: 21/01/2015, 5/02/2015, 19/02/2015, 4/03/2015, 18/03/2015, 9/04/2015, 23/04/2015, 15/04/2015 y 26/05/2015.