



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS y PECUARIAS
ESCUELA DE POSTGRADO Y POSTÍTULO

MODELOS DE OCUPACIÓN DE SITIO DE TRIATOMINOS
SILVESTRES EN LOCALIDADES RURALES DE LA REGIÓN DE
COQUIMBO, CHILE

RODRIGO ALEJANDRO SALGADO MOYA

Tesis para optar al Grado de
Magíster en Ciencias Animales y Veterinarias

Santiago-Chile

2018



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS y PECUARIAS
ESCUELA DE POSTGRADO Y POSTÍTULO

MODELOS DE OCUPACIÓN DE SITIO DE TRIATOMINOS
SILVESTRES EN LOCALIDADES RURALES DE LA REGIÓN DE
COQUIMBO, CHILE

RODRIGO ALEJANDRO SALGADO MOYA

Tesis para optar al Grado de
Magíster en Ciencias Animales y Veterinarias

DIRECTOR DE TESIS: DR. PEDRO CATTAN A.

Santiago-Chile

2018



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS y PECUARIAS
ESCUELA DE POSTGRADO Y POSTÍTULO

INFORME DE APROBACIÓN DE TESIS DE MAGÍSTER

SE INFORMA A LA DIRECCIÓN DE POSTGRADO Y POSTÍTULO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS, QUE LA TESIS DE MAGÍSTER PRESENTADA POR EL CANDIDATO

RODRIGO ALEJANDRO SALGADO MOYA

HA SIDO APROBADA POR LA COMISIÓN EVALUADORA DE TESIS COMO REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS ANIMALES Y VETERINARIAS EN EXAMEN DE DEFENSA DE TESIS RENDIDO EL DÍA 30 DE AGOSTO DE 2018

DIRECTOR DE TESIS

DR. PEDRO CATTAN A.

COMISIÓN EVALUADORA E INFORMANTE DE TESIS

DR. CRISTÓBAL BRICEÑO U.

DRA. GALIA RAMÍREZ T.

Esta Tesis de Grado se realizó en el Laboratorio de Ecología del Departamento de Ciencias Biológicas Animales de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y contó con financiamiento

Proyecto FONDECYT 1140650, “*Epidemiological relevance of the parasite load in vectors and mammalian reservoirs of Chagas disease regarding diet and foci characteristics of triatomines*”

Proyecto FONDECYT 3140543, “*Ecoepidemiología de Leptospira: evaluación de la asociación entre prevalencia de infección en *Rattus norvegicus* y diversidad comunitaria en paisajes agrícolas de Chile central*”

BIOGRAFÍA

Rodrigo nació el 6 de junio de 1988 en Talca, Región del Maule, Chile. De pequeño tuvo contacto con el campo en la casa de sus abuelos maternos en San Clemente, desarrollando un aprecio por los animales y el mundo natural. Cursó la enseñanza básica en el ya inexistente colegio San Andrés de Talca y la enseñanza media en el Liceo Marta Donoso Espejo, ubicado en la misma ciudad. Se destacó por sus notas y por ser un buen compañero, aficionado al dibujo y apasionado por el conocimiento científico, en particular de la biología y todo lo relacionado al reino animal. Su primera mascota fue una perra adulta que tuvo a los 2 años y que se perdió al poco tiempo. Desde entonces tuvo diversos animales, como catitas, tortugas, hámsteres, tarántulas, un gato llamado Tom y una perra llamada Jade, por quien decidió finalmente estudiar medicina veterinaria, ingresando a la Universidad de Chile el año 2006. Durante sus años de carrera, consiguió en múltiples oportunidades la beca de excelencia académica otorgada por la facultad (FAVET) y siempre mostró interés en la fauna silvestre, asistiendo a cursos, congresos y salidas a terreno, además de participar algunos años en el grupo estudiantil Ecovet, con el cual lograron organizar un congreso de conservación de fauna silvestre el año 2008. Aunque tuvo dudas de seguir estudiando medicina veterinaria, congelando a su tercer año de carrera, decidió finalizarla, logrando egresar a mediados del año 2012. Realizó su tesis en el laboratorio de virología de su facultad, buscando evidencia serológica de pestivirus en los animales susceptibles del zoológico Buin Zoo, cuyos resultados fueron expuestos en el congreso de Medicina Veterinaria, el año 2014. Posteriormente, éstos y otros hallazgos obtenidos por estudios virológicos derivados de dicha investigación, fueron publicados a principios del año 2018 en una revista indexada. Antes de obtener su título de médico veterinario, ingresó al programa de magíster en ciencias animales y veterinarias de FAVET, el año 2014, con el objetivo de continuar la investigación de pestivirus en pudúes en el sur de Chile, pero que no logró tomar forma por diversos problemas de logística. Durante el programa de magíster, se dedicó a estudiar temas atinentes a la investigación en fauna silvestre y la medicina preventiva, viendo formas de integrar la salud animal y la conservación, incorporándose finalmente al laboratorio de ecología de FAVET el año 2016. Bajo la guía de Antonella Bacigalupo y el Dr. Pedro Cattán, ha apoyado a los proyectos Fondecyt 1140650 y 3140543 en la recolección de triatominos y muestras biológicas de micromamíferos, y realizado publicaciones en congresos, además de otros aportes de extensión. Actualmente se encuentra trabajando, atendiendo perros y gatos en una clínica móvil, pero buscando caminos para continuar en una línea académica.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Isidora Moya y Wilfredo Salgado, quienes siempre me han apoyado y nunca han dejado que algo me faltase.

A Antonella Bacigalupo, por guiarme en este estudio, siempre atenta a mis dudas, corrigiéndome y dándome consejos.

Al Pato Arroyo por hacer tan amenos los días de terreno y el laboratorio.

A los chicos que participaron de forma voluntaria en la recolección de datos en terreno en la Región de Coquimbo, en especial a los que logré conocer un poco más: Lali, Haleide, Isaac, Consu, Maca, Gaby Winkler, Moca, Gianina, Catalina, Isidora, Maggie, Pablo, Marcelo, Nico Carrasco, Tomy, Ricardo, Mitchel, Gaby Chávez.

A los chicos del laboratorio de ecología, Yefi, Victoria, Gemita, la Cata, a Hugo y al Dr. Cattán, por ser tan buena onda.

A mis amigos de la vida, Ariel, Edu y Flavio, con quienes he convivido durante estos años de estudio, acompañándome en las buenas y en las malas.

Y a mi polola, Camila Peldoza, a quien conocí durante la recolección de datos de esta tesis, y quien ha sido un apoyo y mi motor para estar siempre alegre pese a todas las nubes negras que suelen aparecer.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Departamento y Fuentes de Financiamiento.....	4
Biografía.....	5
Agradecimientos.....	6
Índice de Contenidos.....	7
Índice de Ayudas Ilustrativas.....	11
Resumen.....	22
Summary.....	24
1. Introducción.....	26
2. Revisión Bibliográfica.....	28
2.1. Los triatominos: características generales.....	28
2.2. Los Triatominos en Chile.....	31
2.3. Triatominos en Chaguales y Pircas.....	34
2.4. Modelos de ocupación de triatominos.....	36
3. Objetivos.....	39
4. Hipótesis.....	40
5. Materiales y Métodos.....	41
5.1. Descripción del área de estudio.....	41
5. 2. Trampas y puntos de muestreo.....	47

5. 3. Registro de datos.....	48
5. 4. Estimación de las probabilidades de detección y ocupación de triatominos para Chaguales y Pircas.....	52
5.5. Comparación de índices de infestación de triatominos en pircas y chaguales obtenidos por estimación simple y por modelación.....	54
5.6. Análisis de las variables de ubicación y dimensión asociadas a los puntos de muestreo en Chaguales y Pircas.....	55
5.7. Evaluación de la influencia de las variables asociadas a la dimensión y ubicación de chaguales y pircas en la probabilidad de captura y de ocupación de triatominos.....	57
6. Resultados.....	58
6.1. Captura de triatominos.....	58
6.2. Estimación de la probabilidad de detección y probabilidad de ocupación de triatominos en chaguales.....	67
6.3. Estimación de la probabilidad de detección y probabilidad de ocupación de triatominos en pircas.....	72

6.4. Comparación de índices de infestación de triatominos en pircas y chaguales obtenidos por estimación simple y por modelación.....	74
6.5. Descripción de variables de dimensión y ubicación de chaguales y pircas, asociadas a los puntos de muestreo	78
6.6. Análisis de las variables asociadas a los puntos de muestreo en chaguales.....	80
6.7. Influencia de variables asociadas a la dimensión y ubicación de chaguales en la probabilidad de captura y ocupación de triatominos.....	85
6.8. Análisis de las variables asociadas a los puntos de muestreo en chaguales, según localidad.....	86
6.9. Influencia de variables asociadas a la dimensión y ubicación de chaguales en la probabilidad de captura y ocupación de triatominos, por localidad.....	95
6.10. Análisis de las variables asociadas a los puntos de muestreo en pircas.....	100

6.11. Influencia de variables asociadas a la dimensión y ubicación de pircas en la probabilidad de captura y ocupación de triatomíneos.....	105
7. Discusión.....	108
8. Conclusiones.....	121
9. Bibliografía.....	122
10. Anexo.....	132

ÍNDICE DE AYUDAS ILUSTRATIVAS

Número	Título de Tabla	Paginación
1	Resumen de los resultados de captura de triatominos en las cuatro localidades de estudio.	59
2	Criterios de información de Akaike de modelos nulos de ocupación de triatominos en puntos asociados a chaguales en Tranquilla, la Rinconada y en conjunto.	68
3	Probabilidad de detección (p) y probabilidad de ocupación (ψ) de triatominos estimadas en chaguales de Tranquilla y la Rinconada bajo los dos tipos de modelos nulos evaluados (p único y p específico por día).	69
4	Probabilidad de detección (p) y probabilidad de ocupación (ψ) de triatominos estimadas en chaguales de ambas localidades en conjunto bajo los dos tipos de modelos nulos evaluados (p único y p específico por día).	70
5	Criterio de información de Akaike de modelos nulos de ocupación de triatominos en pircas.	72
6	Probabilidad de detección (p) y probabilidad de ocupación (ψ) de triatominos estimadas en pircas presentes en Tuluahuén, y en Tuluahuén y Cochiguaz en conjunto.	73

Número	Título de Tabla	Paginación
7	Promedio (\pm desviación estándar) de las variables cuantitativas medidas en los puntos de muestreo asociados a chaguales según localidad y en total.	78
8	Promedio (\pm desviación estándar) de las variables cuantitativas medidas en los puntos de muestreo asociados a pircas según localidad y en total.	79
9	Test de normalidad de Shapiro-Wilk para variables continuas asociadas a puntos en chaguales.	80
10	Índices de correlación de Spearman (ρ) entre las variables de tipo cuantitativa asociadas a chaguales; y biserial puntual (r_{bp}) entre RINC y el resto de variables asociadas a chaguales, junto con sus niveles de significación (p).	82
11	Coeficientes de regresión de cada variable del modelo de probabilidad de ocupación (ψ) y del de probabilidad de detección (p) para puntos asociados a chaguales, y sus cambios (%) frente al retiro de una de las variable (en rojo) en el modelo del parámetro respectivo.	83
12	Estructura de los modelos a evaluar para la probabilidad de ocupación y de detección de triatominos en chaguales.	84

Número	Título de Tabla	Paginación
13	Estructura y valores de AIC para modelos de ocupación de triatominos en base a variables obtenidas en puntos de muestreo asociadas a chaguales.	86
14	Coeficientes de regresión β (\pm desviación estándar) de las variables de sitio asociadas a chaguales, presentes en modelo de probabilidad de ocupación de triatominos, y sus respectivos <i>Odds</i> .	87
15	Test de normalidad de Shapiro-Wilk para variables continuas asociadas a puntos en chaguales de Tranquilla y de La Rinconada.	88
16	Índices de correlación de Spearman (ρ) y su nivel de significación (p) entre las variables asociadas a puntos en chaguales para Tranquilla (bajo diagonal) y La Rinconada (sobre diagonal).	90
17	Coeficientes de regresión de cada variable del modelo de probabilidad de ocupación (ψ) y del de probabilidad de detección (p) para puntos asociados a chaguales de Tranquilla, y sus cambios (%) frente al retiro de una de las variable (en rojo) en el modelo del parámetro respectivo.	91
18	Estructura de los modelos evaluados para la probabilidad de ocupación y de detección de triatominos en chaguales presentes en Tranquilla.	92

Número	Título de Tabla	Paginación
19	Coeficientes de regresión de cada variable del modelo de probabilidad de ocupación (ψ) y del de probabilidad de detección (p) para puntos asociados a chaguales de La Rinconada, y sus cambios (%) frente al retiro de una de las variable (en rojo) en el modelo del parámetro respectivo.	93
20	Estructura de los modelos a evaluar para la probabilidad de ocupación y de detección de triatomíneos en chaguales de La Rinconada.	94
21	Estructura y valores de AIC para modelos de ocupación de triatomíneos en base a variables obtenidas en puntos de muestreo asociadas a chaguales en Tranquilla.	96
22	Coeficientes de regresión β (\pm desviación estándar) de las variables de sitio asociadas a chaguales en Tranquilla, presentes en modelo de probabilidad de ocupación de triatomíneos, y sus respectivos Odds.	96
23	Estructura y valores de AIC para modelos de ocupación de triatomíneos en base a variables obtenidas en puntos de muestreo asociadas a chaguales en La Rinconada.	98
24	Coeficientes de regresión β (\pm desviación estándar) de las variables de sitio asociadas a chaguales en La Rinconada, presentes en modelo de probabilidad de ocupación de triatomíneos, y sus respectivos Odds.	99

Número	Título de Tabla	Paginación
25	Test de normalidad de Shapiro-Wilk para variables continuas asociadas a puntos en pircas.	100
26	Índices de correlación de Spearman (ρ) entre las variables de tipo cuantitativa asociadas a pircas; y biserial puntual (r_{bp}) entre TULH y el resto de variables asociadas a pircas, junto con sus niveles de significación (p).	102
27	Coeficientes de regresión de cada variable del modelo de probabilidad de ocupación (ψ) y del de probabilidad de detección (p) para puntos asociados a pircas, y sus cambios (%) frente al retiro de una de las variable (en rojo) en el modelo del parámetro respectivo.	103
28	Estructura de los modelos a evaluar para la probabilidad de ocupación y de detección de triatominos en pircas.	104
29	Estructura y valores de AIC para modelos de ocupación de triatominos en base a variables obtenidas en puntos de muestreo asociadas a Pircas.	106
30	Coeficientes de regresión β (\pm desviación estándar) de las variables de sitio asociadas a pircas, presentes en modelo de probabilidad de detección de triatominos, y sus respectivos Odds.	107

Número	Título de Tabla	Paginación
31	Índices de correlación de Spearman (ρ) y su nivel de significación (p) entre el número de triatominos capturados, la altura de la pirca y la distancia a la vivienda más cercana, para los puntos asociados a pircas que tuvieron detección (bajo diagonal) y para la totalidad de puntos (sobre diagonal).	112

Número	Título de Figura	Paginación
1	Ubicación de las localidades del estudio en sus respectivas provincias de la Región de Coquimbo.	42
2	Lugar de estudio de chaguales en la localidad de Tranquilla. A) Vista general de la localidad de Tranquilla y el área de estudio (en rojo); B) Vista representativa del área de estudio.	43
3	Lugar de estudio de chaguales en la localidad de La Rinconada. A) Vista general del área de estudio (en rojo); B) Vista representativa del área de estudio.	44
4	Lugar de estudio de pircas en la localidad de Tulahuén. A) Vista general del área de estudio (en rojo); B) y C) Representación de pircas evaluadas en la localidad.	45
5	Lugar de estudio de pircas en la localidad de Cochiguaz. A) Vista general del área de estudio (en rojo); B) y C) Representación de pircas evaluadas en la localidad.	46
6	Ubicación de puntos de muestreo de triatominos (celeste) y viviendas (amarillo) en A) Tranquilla. B) La Rinconada.	50

Número	Título de Figura	Paginación
7	Ubicación de puntos de muestreo de triatominos (celeste) y viviendas (amarillo) en A) Tulahuén. B) Cochiguaz.	51
8	Función de verosimilitud de la probabilidad de ocupación (ψ) y probabilidad de detección (p) condicionada a los historiales de captura (HC) observados.	53
9	Esquema de la función logit de la probabilidad de detección (p) o probabilidad de ocupación (ψ) en base a variables asociadas a los puntos de muestreo.	56
10	Recuento de ejemplares de <i>Mepraia spinolai</i> capturados, según estado de desarrollo y localidad.	58
11	Puntos de muestreo asociados a chaguales en A) Tranquilla; B) La Rinconada. Puntos con captura de triatominos (rojos); sin captura de triatominos (celestes); y puntos de ubicación de viviendas (amarillos).	60

Número	Título de Figura	Paginación
12	Puntos de muestreo asociados a pircas en A) Tulahuén; B) Cochiguaz. Puntos con captura de triatominos (rojos); sin captura de triatominos (celestes); y puntos de ubicación de viviendas (amarillos).	61
13	Número de puntos para cada uno de los 38 historiales de captura distintos observados en chaguales durante el período de muestreo de seis días.	63
14	Número de puntos para cada uno de los 8 historiales de captura distintos observados en pircas durante el período de muestreo de seis días.	64
15	Número de puntos con primera captura asociados a chaguales observados en cada día de muestreo y localidad.	65
16	Número de puntos con primera captura asociados a pircas observados en cada día de muestreo y localidad.	66
17	Probabilidad de detección específica por día para puntos asociados a chaguales en Tranquilla, La Rinconada y en conjunto.	71

Número	Título de Figura	Paginación
18	Índices de infestación de <i>M. spinolai</i> estimados de forma simple (II) y considerando probabilidad de detección (ψ) para Tranquilla, La Rinconada y Tulahuén.	75
19	Índices de infestación de <i>M. spinolai</i> estimados de forma simple (II) y considerando probabilidad de detección (ψ) para chaguales y pircas.	75
20	Índices de infestación de <i>M. spinolai</i> estimados a través de modelos de ocupación con probabilidad de detección única, según datos de captura de 2 a 6 días en puntos asociados a chaguales.	76
21	Índices de infestación de <i>M. spinolai</i> estimados a través de modelos de ocupación con probabilidad de detección única, según datos de captura de 2 a 6 días en puntos asociados a pircas.	77
22	Diagramas de correlación entre variables cuantitativas asociadas al sitio de muestreo en chaguales. A) DIST_VIV – PER; B) DIST_VIV – PER_CORR; C) PER – PER_CORR.	81
23	Diagramas de correlación entre variables cuantitativas asociadas al sitio de muestreo en chaguales, por localidad. A) DIST_VIV – PER; B) DIST_VIV – PER_CORR; C) PER – PER_CORR.	89

Número	Título de Figura	Paginación
24	Diagramas de correlación entre variables cuantitativas asociadas al sitio de muestreo en pircas. A) DIST_VIV – ALT_P; B) DIST_VIV – ANCH_P; C) ANCH_P – ALT_P.	101

RESUMEN

Se evaluó la ocupación de triatominos en “chaguales” (bromeliáceas del género *Puya*) y “pircas” (muros de piedras apiladas) presentes en cuatro localidades rurales de la Región de Coquimbo, considerando la sensibilidad del método de captura, la cual consistió en trampas de cebo de fermentación de azúcar por levaduras. En las localidades de Tranquilla y la Rinconada, se establecieron 100 y 98 puntos asociados a chaguales, mientras que en las localidades de Tulahuén y Cochiguaz, se establecieron 93 y 63 puntos asociados a pircas, respectivamente. Los puntos fueron evaluados durante seis días consecutivos y con sus resultados diarios se estimó la probabilidad de ocupación en conjunto con la probabilidad de detección de triatominos, reflejando esta última la sensibilidad del método de captura. Tales estimaciones se obtuvieron en base a una función de máxima verosimilitud. Se comparó la probabilidad de ocupación con dos estimaciones de índice de infestación que ignoraban la probabilidad de detección, que fueron obtenidas considerando los datos de sólo el primer día de muestreo y la totalidad del período. Se evaluaron además, características de ubicación y dimensión de los chaguales o pircas asociados, incorporándose a modelos de regresión logística de dicha función.

En las cuatro localidades se obtuvo captura de triatominos, todos correspondientes a la especie *Mepraia spinolai*, con diversos estados de desarrollo. No se observaron diferencias significativas entre las estimaciones de probabilidad de ocupación y los índices de infestación obtenidos con la totalidad de periodo, pero sí con los de un sólo día de captura, resaltando así la necesidad de la repetición de los muestreos en cada punto.

La probabilidad de detección de triatominos varió entre los días de muestreo para los puntos asociados a chaguales, no así para los asociados a pircas. La localidad fue una variable significativa para la probabilidad de ocupación del modelo en chaguales, habiendo más chances en el área evaluada de La Rinconada que en la de Tranquilla, y fue un factor que sesgó los efectos de la distancia a la vivienda más cercana (DIST_VIV) y el perímetro del chagal (PER), sugiriendo que otros factores no evaluados y específicos para cada localidad estarían realmente influyendo en la presencia de triatominos en chaguales y que se confundieron con los del estudio. Dentro de las diferencias entre ambas localidades, la disponibilidad de micromamíferos es sugerente y requiere ser mejor entendida para futuros análisis de infestación en los chaguales.

La localidad, DIST_VIV, ancho de la pirca (ANCH_P) y altura de la pirca (ALT_P), no mostraron tener un efecto en la probabilidad de ocupación de triatominos en los puntos asociados a este ecotopo, pero sí los tuvo DIST_VIV y ALT_P en la probabilidad de detección, habiendo mayor probabilidad de

detectar la presencia de triatominos en un punto asociado a pircas con mayor cercanía a viviendas y asociado a pircas más altas. Tal relación no obstante, pudo haber sido confundida por la abundancia de triatominos en cada punto.

Este es el primer análisis cuantitativo de infestación en este tipo de ambientes, el cual refuerza la idea de que chaguales y pircas pueden representar lugares de alto riesgo de contacto con triatominos. Nuevas variables deben considerarse para conocer mejor su magnitud y la necesidad de establecer más o mejores medidas de prevención.

Palabras clave: *Triatominos, modelos de ocupación, probabilidad de detección, chaguales, pircas.*

SUMMARY

The occupation of triatomines in “chaguales” (bromeliads of the genus *Puya*) and “pircas” (walls of stacked stones) present in four rural localities of the Coquimbo Region was evaluated, considering the sensitivity of the capture method, which consisted of bait traps of fermentation of sugar by yeast. In the localities of Tranquilla and La Rinconada, 100 and 98 points were established associated with chaguales, while in the localities of Tulahuén and Cochiguaz, 93 and 63 points were established, associated with pircas, respectively. The points were evaluated during six consecutive days and the probability of occupation was estimated together with the probability of detection of triatomines from the daily results, reflecting the latter the sensitivity of the capture method. Such estimates were obtained based on a maximum likelihood function. The probability of occupation was compared with two estimates of infestation index that ignored the probability of detection, which were obtained considering data from only the first day of sampling and the entire period. In addition, characteristics of location and dimension of the associated chaguales or pircas were evaluated, incorporating to logistic regression models of the function.

Triatomines were captured in all locations, all corresponding to the species *Mepraia spinolai*, with various stages of development. No significant differences were observed between the estimates of the probability of occupation and the infestation rates obtained with the whole period, but it were with those of a single day of capture, thus highlighting the need for the repetition of the samplings at each point.

The probability of detection of triatomines varied between the sampling days for the points associated with chaguales, but not for those associated with pircas. The locality was a significant variable for the probability of occupation of the model in chaguales, with more chances in the evaluated area of La Rinconada than in that of Tranquilla, and it was a factor that biased the effects of distance to the nearest dwelling (DIST_VIV) and the perimeter of the chagual (PER), suggesting that other factors not evaluated and specific for each locality would be really influencing the presence of triatomines in chaguales and that they were confused with those of the study. Within the differences between both localities, the availability of micromammals is suggestive and needs to be better understood for future analyzes of infestation in the chaguales.

The locality, DIST_VIV, width of the pirca (ANCH_P) and height of the pirca (ALT_P), did not show an effect over the probability of occupation of triatomines in the points associated with this ecotope, but DIST_VIV and ALT_P did have effect over the probability of detection, having a greater probability of detecting the presence of triatomines in a point associated with pircas with greater proximity to houses and associated with higher pircas. Such a relationship,

however, may have been confused by the abundance of triatomines at each point.

This is the first quantitative analysis of infestation in this type of environment, which reinforces the idea that chaguales and pircas can represent places of high risk of contact with triatomines. New variables must be considered to better understand their magnitude and the need to establish more or better prevention measures.

Key words: *Triatomines, occupation models, probability of detection, chaguales, pircas.*

1. Introducción

La enfermedad de Chagas (ECh) o tripanosomiasis americana es una enfermedad parasitaria de carácter crónico en el ser humano causada por el protozoo flagelado *Trypanosoma cruzi*. Se manifiesta generalmente con una cardiomiopatía potencialmente fatal, además de trastornos digestivos, neurológicos o mixtos. Se estima que entre 6 y 7 millones de personas la presentarían, principalmente en Latinoamérica, encontrándose en la lista de las principales enfermedades desatendidas del mundo (OMS, 2016).

El agente parasitario *T. cruzi* infecta a los mamíferos, reconociéndose más de 100 especies susceptibles, mientras que otros vertebrados, como aves y reptiles, han mostrados ser refractarios a la infección. La forma más importante de transmisión es a través de insectos hemípteros de la subfamilia *Triatominae* (triatominos), quienes actúan como vectores biológicos del agente. Otras formas de transmisión incluyen la vía congénita, las transfusiones de sangre y trasplantes de órganos, las cuales han adquirido mayor relevancia en zonas endémicas con alto control de vectores y en países fuera de la distribución de éstos, a los cuales migran personas infectadas (Rassi Jr *et al.*, 2012).

En las zonas endémicas, los esfuerzos de control de la ECh se han enfocado principalmente en eliminar a los vectores dentro de los hogares (OMS, 2016). Bajo diferentes iniciativas multinacionales, diversas áreas y países de Latinoamérica han sido certificados como libres de ECh debido a transmisión vectorial. No obstante, este tipo de transmisión aún continúa de forma activa en muchas regiones del continente (Coura, 2013). Actualmente, las dificultades en

el control de triatominos en los hogares están dadas principalmente por la infestación con vectores provenientes del medio silvestre, modificaciones en las dinámicas poblacionales de los triatominos y el desarrollo de resistencia a insecticidas (Liu y Zhou, 2015).

En Chile, los programas de control de estos insectos han logrado un gran éxito a nivel intradomiciliario, reconociéndose interrumpida la transmisión vectorial desde 1999. Sin embargo, aún se reportan ejemplares dentro y alrededor de las casas, por lo que la vigilancia y control vectorial no pueden ser descuidados (ISPCH, 2014). Entre las posibles fuentes de infestación de triatominos hacia las viviendas rurales en la zona centro-norte del país, se encuentran los cerros circundantes con predominio de chaguales (*Puya berteroniana*) y algunas estructuras artificiales como las pircas, las cuales corresponden a muros de piedras apiladas, muy comúnmente usadas para delimitar propiedades y corrales de animales (Bacigalupo *et al.*, 2006; 2010). Se han realizado numerosas capturas de triatominos durante los últimos años en estos ecotopos (Bacigalupo *et al.*, 2006; 2010; Estadella *et al.*, 2015); sin embargo, el grado de infestación de éstos no ha sido mayormente abordado y puede estar subestimado, debido a que no ha sido considerada la sensibilidad del método de captura.

El presente estudio pretende evaluar la infestación u ocupación de triatominos en este tipo de ecotopos, de forma tal de entender variables asociadas que expliquen la ocupación y el consiguiente riesgo de contacto con estos insectos.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Los triatominos: características generales.

La subfamilia *Triatominae* (Hemiptera: Reduviidae) es comúnmente dividida en 5 tribus con 12 géneros que, en conjunto, suman alrededor de 140 especies (Schofield y Galvao, 2009). Se caracterizan por presentar un cuerpo alargado y aplanado dorso-ventralmente en ayuno, con patrones distintivos en el conexivo que varían según la especie (Lent y Wygodzinsky, 1979). Su ciclo de vida está compuesto por huevo, cinco estadios ninfales y adulto, y en la mayoría de las especies es bastante extenso, promediando 300 días desde el huevo hasta el imago (Botto-Mahan *et al.*, 2015). Tanto ninfas como adultos son hematófagos, actuando como parásitos de múltiples especies de vertebrados. También realizan, pero con menor frecuencia, cleptohematofagia y coprofagia entre ellos, depredación de otros insectos y consumo de su hemolinfa (Garrouste, 2009; Alves *et al.*, 2011).

La distribución de los triatominos se restringe a las Américas, aproximadamente entre 42° N y 46° S, con la excepción de un pequeño número de especies fuera de este continente: *Triatoma rubrofasciata*, la cual es tropicopolita; 6 especies que se ubican sólo en India; y otras 7 distribuidas entre Asia y Oceanía (Schofield y Galvao, 2009). En los distintos países en los que se encuentran, estos insectos reciben múltiples nombres, tales como: chinches besucones, chinches picudos, chinchonas, chinchorros, chirimachas, chipos, sangrejuelas, *chupanças*, *barbeiros*, *kissing bugs*, entre otros. En Chile, Argentina, Uruguay y algunas zonas de Bolivia se les suelen llamar vinchucas, palabra derivada del quechua que significa “que se deja caer”, refiriéndose a la

forma en la que estos insectos llegan a sus hospederos (Schofield y Galvao, 2009).

Sus hábitats son variados según la especie y, por lo general, se ubican en gran cercanía a su fuente de alimento. Se han descrito triatominos en formaciones rocosas, cavidades de árboles, palmeras, bromeliáceas, cuevas o madrigueras de mamíferos y nidos de aves (Gaunt y Miles, 2000). Algunas especies se han adaptado a ambientes domésticos, como el interior de casas rústicas y corrales de animales (Schofield *et al.*, 1999).

Para evitar depredación por parte de sus hospederos, han adoptado conductas crípticas e inversas a los patrones de actividad de éstos, parasitándolos mientras duermen (Noireau *et al.*, 2009). Sus fuentes de alimento las encuentran por detección de ciertas sustancias odoríferas comunes de los vertebrados como ácido butírico, amonio y aldehídos alifáticos, entre otros. El calor irradiado por animales endotermos también juega un rol clave y, como en muchos otros artrópodos hematófagos, el CO₂ (Guerenstein y Lazzari, 2009). Diversos tipos de trampas se han basado en estos atrayentes para su captura, utilizando animales vivos o sustancias químicas como cebo (Lorenzo *et al.*, 1998; Noireau *et al.*, 2002; Guidobaldi y Guerenstein, 2016).

Los triatominos forman parte del ciclo biológico de *T. cruzi*, el cual adquieren al alimentarse de la sangre de mamíferos infectados; éste se replica al interior de su sistema digestivo y se aloja finalmente en el recto. Como adaptación a la hematofagia, los triatominos suelen defecar al poco tiempo de picar y alimentarse, excretando grandes cantidades de agua y sales, permitiéndoles así reducir rápidamente su peso y escapar. El protozoo es entonces liberado por las deyecciones, pudiendo ingresar al hospedero

mamífero por soluciones de continuidad en la piel, o directamente por las mucosas. Otra forma de ingreso es la vía oral mediante el consumo de mamíferos infectados o triatominos infectados y sus deyecciones (Noireau *et al.*, 2009).

Probablemente todas las especies de triatominos son capaces de transmitir a *T. cruzi*; sin embargo, tres géneros han sido los vectores más importantes para las personas, con 11 especies actualmente destacadas: *Triatoma infestans*, *Panstrongylus megistus*, *Rhodnius prolixus*, *Triatoma dimidiata*, *Triatoma brasiliensis*, *Triatoma pseudomaculata*, *Triatoma sordida*, *Triatoma maculata*, *Panstrongylus geniculatus*, *Rhodnius ecuadoriensis* y *Rhodnius pallescens* (Guhl *et al.*, 2009). El mayor rol vectorial de éstos se debe a su gran adaptación a ambientes domésticos, su amplia distribución, la alimentación de algunas basada principalmente en el ser humano y animales sinantrópicos, además de atributos conductuales y fisiológicos que favorecen la transmisión (Canals *et al.*, 1998; Coura, 2015). Sin embargo, en muchas otras especies de triatominos ha comenzado a observarse un proceso de domesticación o un mayor grado de contacto con el ser humano producto de la modificación de sus ecosistemas, trayendo consigo nuevos desafíos al control vectorial (Guhl *et al.*, 2009).

2.2. Los Triatominos en Chile

En nuestro país se han descrito 4 especies de triatominos: *Triatoma infestans*, *Mepraia spinolai*, *Mepraia gajardoi* y *Mepraia parapatrica*.

Triatoma infestans es una especie introducida que se ha caracterizado por desarrollar todo su ciclo biológico en cercana proximidad a las personas, habitando al interior de viviendas rústicas, en gallineros y corrales de cabras, entre otras estructuras peridomiciliarias; y basando su alimentación principalmente en sangre humana, además de gatos, perros, gallinas, cabras y algunos roedores (Schofield, 1979; Schenone *et al.*, 1985). Históricamente ha sido el vector más importante de la enfermedad de Chagas en Chile, por lo que las medidas de control vectorial se han abocado a su eliminación, logrando disminuir enormemente los reportes de infestación domiciliaria (ISPCH, 2014). Su distribución nacional cubría desde la actual Región de Arica y Parinacota por el extremo norte, hasta la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, por el sur. Sin embargo, los Servicios de Salud pertenecientes a estas dos regiones mencionadas no han vuelto a capturar ejemplares (ISPCH, 2014), por lo que la especie aparentemente habría reducido su distribución en el país.

Las otras tres especies de triatominos forman el género *Mepraia*, taxón endémico de Chile y altamente relacionado con el género *Triatoma* (Calleros *et al.*, 2010). Se han asociado principalmente con el medio silvestre y se caracterizan por exhibir hábitos diurnos, a diferencia de la mayoría de los triatominos, incluyendo a *T. infestans*. Otra característica distintiva es que las hembras son siempre micrópteras (Frías-Lasserre, 2010).

Mepraia gajardoi, descrita como especie hace menos de 20 años, y la aún más reciente, *M. parapatrica*, se distribuyen en la costa norte de nuestro

país. La primera se encuentra entre la Región de Arica y Parinacota y el norte de la región de Atacama ($18^{\circ} 30' - 26^{\circ} 30' S$), mientras que *M. parapatrica* tiene una distribución restringida en el desierto litoral, entre los $24^{\circ} 36'S$ y $26^{\circ} 51'S$, comprendiendo una pequeña parte del sur de la región de Antofagasta y del norte de la Región de Atacama, incluyendo la isla Pan de Azúcar. Ambas se han asociado generalmente a cuevas y nidos de aves marinas y reptiles. *Mepraia spinolai*, por su parte, se distribuye entre los $26^{\circ} 30'S$ y $34^{\circ} 20'S$, comprendidos entre la Región de Atacama y la Región Metropolitana (Campos *et al.*, 2013; Botto-Mahan *et al.*, 2015). El hábitat natural de esta especie corresponde a afloramientos rocosos asociados a nidos de aves o madrigueras de mamíferos (Botto-Mahan *et al.*, 2015). También se les suele encontrar en chaguales (*Puya berteroniana*) (Bacigalupo *et al.*, 2006; Estadella *et al.*, 2015).

De las tres especies de *Mepraia*, *M. spinolai* es de la que se tienen mayores antecedentes respecto a su rol vectorial de *T. cruzi* en la naturaleza y como posible riesgo al ser humano. Este triatomino suele ser encontrado en viviendas abandonadas, corrales de animales de crianza y pircas, existiendo cada vez más reportes de ejemplares al interior de casas habitadas (Canals *et al.*, 1994; Hernández *et al.*, 2013; ISPCH, 2014). Su alimentación se basa principalmente en sangre de pequeños mamíferos como el lauchón orejudo de Darwin (*Phyllotis darwini*) y el degú (*Octodon degus*), además del conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y la yaca (*Thylamys elegans*). Sin embargo, sangre de especies sinantrópicas como lauchas (*Mus musculus*), gallinas (*Gallus gallus*), perros (*Canis lupus familiaris*), gatos domésticos (*Felis silvestris catus*), cabras domésticas (*Capra aegagrus hircus*) e inclusive del ser humano, ha sido hallada en sus intestinos (Canals *et al.*, 2001; Chacón *et al.*, 2016). Colecciones capturadas en la zona semiárida mediterránea de Chile han registrado niveles de infección con *T. cruzi* de entre 46% y 76% (Botto-Mahan *et al.*, 2005b; Coronado *et al.*, 2009) mientras que en múltiples especies de mamíferos

silvestres y domésticos de esa zona el nivel de infección ha sido de hasta 61% (Rozas *et al.*, 2007). Se ha observado además una relación entre el estatus de infección en comunidades de mamíferos con la cercanía a colonias de *M. spinolai*, siendo particularmente alta en poblaciones de *O. degus* (Correa *et al.*, 2015). Todo esto apuntaría a que *M. spinolai* es el vector responsable de la transmisión del parásito en esta zona.

Durante el período 2005 – 2013, el Laboratorio de Entomología Médica de la Sección de Parasitología del ISP recibió un total de 5.361 triatominos encontrados en viviendas, donde el 73,5% correspondieron a *T. infestans*, 24,4% a *M. spinolai* y el resto a *M. gajardoi* (ISPCH, 2014). Ante la falta de evidencia de colonización en muchos de estos casos, se ha sugerido como alternativa una fuente extradomiciliaria o silvestre (Bacigalupo *et al.*, 2006).

2.3. Triatominos en Chaguales y Pircas

Los chaguales (*Puya sp.*) son plantas de la familia *Bromeliaceae*, las cuales habitan ambientes semixéricos a xéricos, tanto de sectores andinos como costeros, formando parte importante del paisaje en cerros de la zona centro-norte de Chile (CONAMA, 2010). Sus hojas son espinosas y presentan múltiples espacios axilares entre éstas y su base, con lo cual proporcionan refugio para los triatominos y sus hospederos, aspecto observado en bromeliáceas presentes en Argentina (Vezzani *et al.*, 2001). En las zonas semiáridas mediterráneas de Chile, diversas especies de roedores suelen estar asociadas a los chaguales, tales como: *O. degus*, *Rattus rattus*, *P. darwini*, *Abrothrix olivaceus*, *Abrocoma bennetti* y *Chichilla lanigera*, la cual construye madrigueras frecuentemente bajo estas plantas (Durán *et al.*, 1989; Galuppo *et al.*, 2009). Los chaguales pueden constituir un hábitat para *T. infestans*, así como también para *M. spinolai*, lo cual fue reportado por primera vez por Bacigalupo *et al.* (2006), quienes encontraron un foco de *T. infestans* en un cerro de Calera de Tango, Región Metropolitana, en cercanía a viviendas que presentaban hallazgos de ejemplares adultos. Adicionalmente, encontraron un foco de *M. spinolai* en chaguales y pedregales en Til-Til, ubicados en una zona de incursión habitual por la gente del lugar, ya sea por su trabajo (p.e: cuidado de animales), por recreación o asentamiento. Posteriormente, Estadella *et al.* (2015) reportan la captura de *M. spinolai* nuevamente en este sector de Til-Til, obteniendo una densidad de 0,34 triatominos/10m².

Las pircas corresponden a muros de piedras apiladas, usadas comúnmente en localidades rurales para delimitación de terrenos y corrales de animales. Este tipo de construcción puede ofrecer refugio a roedores silvestres y sinantrópicos y también a los triatominos, debido a la gran cantidad de

espacios vacíos que disponen, dificultando el alcance de los insecticidas a su interior y facilitando la posterior recuperación de sus poblaciones (Chartier y Crocco, 2007; Bacigalupo *et al.*, 2010). En la comuna de San Francisco del Monte de Oro, Argentina, Chartier y Crocco (2007) tras evaluar los peridomicilios, encontraron índices de infestación de *T. infestans* significativamente mayores en corrales de pircas que en corrales de empalizadas. Por su parte, Magallon-Gastelum *et al.* (2004), evaluando pircas alejadas entre 650 a 3.220 metros de viviendas en la localidad rural de San Martín de Hidalgo, México, reportaron infestación con triatominos silvestres del complejo *Phyllosoma*, con alta representación de estadios ninfales, sugiriendo la colonización de este ecotopo por las especies *Triatoma longipennis* y *Triatoma picturata*. En Chile, *M. spinolai* es comúnmente hallada en estas estructuras (Schofield *et al.*, 1998; Cattán *et al.*, 2002; Bacigalupo *et al.*, 2011). Esta especie también ha sido hallada en simpatria con *T. infestans* en pircas alejadas del peridomicilio, en la localidad de Sahondé, comuna de Putaendo (Bacigalupo *et al.*, 2010). La distancia mínima promedio de las viviendas a los puntos donde se capturaron los ejemplares de *T. infestans* fue de 600 m (rango 159-1053m). Estadella *et al.* (2015) reportaron captura de *M. spinolai* nuevamente en pircas de esta localidad y en El Maqui (Región de Coquimbo), obteniendo una densidad promedio de 0,3 individuos/10m². Según una encuesta realizada por Bacigalupo *et al.* (2011) en 3 regiones endémicas del país, este ecotopo, junto con piedras o rocas, fueron los más frecuentemente reportados con presencia de triatominos (53,38 %).

2.4. Modelos de ocupación de triatominos

La ocupación de sitio, de hábitat, o simplemente ocupación (ψ), es un parámetro ecológico que indica la probabilidad de que una especie esté presente en un lugar determinado. Se utiliza comúnmente como una alternativa más económica (en tiempo y recursos) a la abundancia y es un parámetro principal en estudios de distribución y rango de especies, pudiendo utilizarse para el estudio de invasiones animales y dinámica de enfermedades (Scott *et al.*, 2002; MacKenzie *et al.*, 2006;). Por ser equivalente al índice de infestación, el cual tiene el mismo cálculo e interpretación que la ocupación en especies parásitos o vectores, ha sido utilizada para evaluar la infestación de triatominos en diversas partes del Amazonas, a través de modelos de ocupación que incorporan la posibilidad de falsos negativos debidos al método de búsqueda. (Abad-Franch *et al.*, 2010; Rojas de Arias *et al.*, 2012; Valença-Barbosa *et al.*, 2014). Para la construcción de estos modelos, los distintos sitios a evaluar son revisados de forma repetida durante un periodo de tiempo lo suficientemente corto para que la presencia o ausencia de la especie en cuestión no cambie. De esta forma, es posible la estimación de forma simultánea de ψ y la probabilidad de detección (p), la cual se entiende como la probabilidad de detectar a la especie estando ésta presente en el sitio, a través de una función de verosimilitud con los historiales de detección observados de cada sitio. El método también permite evaluar qué variables asociadas al sitio influyen estos parámetros (MacKenzie *et al.*, 2006).

Abad-Franch *et al.* (2010) han obtenido índices de infestación de triatominos de entre 40% y 60% en palmas de diversas áreas del Amazonas brasileño y ecuatoriano utilizando modelos de ocupación, muy por sobre el índice de infestación obtenido por método simple (24%), reportando también que atributos individuales de las palmas, como presencia de materia orgánica y

plantas epífitas en copas de palmas y ramas, son más influyentes en la probabilidad de infestación que variables de mayor escala como el paisaje o región. Posteriormente, Abad-Franch *et al.* (2015), abarcando un mayor número de áreas del Amazonas, volvieron a encontrar una mayor influencia de las características de las palmas en la infestación de triatominos, siendo ésta más frecuente en las palmas con mayor complejidad estructural de copas como *Attalea speciosa* o *Acrocomia aculeata* que otras más pequeñas como *Euterpe oleracea*. Sus estimaciones fueron significativamente mayores a los índices de infestación observados sin considerar la probabilidad de detección. Esta última fue menor al 72% en los tres métodos de captura de triatominos utilizados: dos trampas con cebo (trampas Noireau y Angulo) y captura manual. Por su parte, Rojas de Arias *et al.* (2012), compararon el desempeño de captura de distintos cebos químicos en viviendas del Chaco argentino y paraguayo a través de modelos de ocupación, resultando ser todos los cebos eficaces para la captura de *T. infestans*, con probabilidades de detección mayores que los controles ($p_{\text{cebos}} = 0,40-0,50$; $p_{\text{controles}} = 0,15$) y obteniendo índices de infestación de 18% (I.C. 11% - 28%). Finalmente, Valença-Barbosa *et al.* (2014) encontraron que la infestación peridomiciliaria por *T. brasiliensis* era mayormente influenciada por la disponibilidad de hospederos (roedores y cabras) que por la estructura del ecotopo. Además, observaron que la obtención del índice de infestación, sin considerar la probabilidad de detección imperfecta, estaba siempre muy por debajo de la estimación, teniendo que ser corregida por un factor de 1,9. Ellos sugieren que debiesen realizarse estudios piloto de ocupación de sitio y así obtener factores de corrección para los índices de infestación obtenidos por la vigilancia vectorial de rutina en aquellas zonas del Amazonas.

En Chile, se han generado modelos predictivos de presencia de triatominos dentro de la zona de distribución conjunta de *Triatoma infestans* y *Mepraia spinolai*, aunque éstos no han considerado la sensibilidad del método

de detección o captura. A escala regional y en base a información de avistamientos por la población y variables ambientales, Hernández *et al.* (2013) reportan que la probabilidad de presencia de estos insectos aumenta desde el centro hacia el norte del área estudiada, correspondiendo la zona con mayor probabilidad de presencia a la Región de Coquimbo. Esta región es considerada hiperendémica para la enfermedad de Chagas, reportándose una prevalencia mayor (1,8%) que la obtenida en la Región de Valparaíso (0,9%) y Metropolitana (0,7%) (MINSAL, 2010). Un modelo predictivo a escala local realizado por Bacigalupo (2016), en base a muestreo sistemático por conglomerados y variables ambientales, indicó que *M. spinolai* se distribuye de forma agregada y que se encuentra preferentemente en sectores de exposición norte, con bajo índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés), con mayor pendiente y alejada de construcciones; este tipo de sectores son secos, con mayor proporción de piedras y rocas, con pocas hierbas y presencia de vegetación arbustiva de hoja caduca y de cactáceas. Sin embargo, chaguales y pircas fueron poco o nada representados por la muestra investigada en aquel estudio.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general:

Evaluar la ocupación de triatominos en chaguales y pircas presentes en localidades rurales de la Región de Coquimbo, considerando la sensibilidad del método de captura.

3.2. Objetivos específicos

1. Estimar la probabilidad de captura y probabilidad de ocupación de triatominos en pircas y chaguales presentes en localidades rurales de la Región de Coquimbo.
2. Comparar índices de infestación de triatominos en pircas y chaguales obtenidos por estimación simple y por modelos de ocupación.
3. Evaluar la influencia de las dimensiones del ecotopo y su ubicación en la probabilidad de captura y probabilidad de ocupación.

4. HIPÓTESIS

La infestación por triatominos en pircas y chaguales se ve influenciada por la dimensión y ubicación de estos ecotopos y es subestimada debido a la sensibilidad imperfecta del método de captura por trampas con cebo de azúcar y levadura en solución.

5. Materiales y métodos

5.1. Descripción del área de estudio.

Los sitios de estudio se ubicaron en cuatro localidades rurales de la Región de Coquimbo: Tranquilla, La Rinconada, Tulahuén y Cochiguaz. Estas localidades pertenecen a distintas comunas y se distribuyen entre las tres provincias de la Región ([Figura 1](#)).

La evaluación de la ocupación de triatominos en chaguales se realizó en Tranquilla y La Rinconada, mientras que la evaluación en pircas fue en Tulahuén y Cochiguaz.

En Tranquilla, se trabajó en una ladera de cerro a la salida poniente del pueblo y ocupada principalmente por chaguales (*Puya sp.*), cactáceas como *Echinopsis chilensis*, *Cumulopuntia sphaerica*, *Echinocactus grusonii*, y en menor medida, espinos (*Acacia caven*) y arbustos ([Figura 2](#)). En La Rinconada, se trabajó en una ladera de cerro cercana a un camino y a casas aisladas. La vegetación de esta zona consistió, además de chaguales, en quiscos (*E. chilensis*) y diversos tipos de arbustos ([Figura 3](#)).

En Tulahuén, las pircas evaluadas se encontraban dentro del pueblo, mayormente cercando propiedades con viviendas ([Figura 4](#)). En el caso de Cochiguaz, además de pircas cercando este tipo de terrenos, también se evaluó una pirca más alejada, ubicada a los pies de un cerro ([Figura 5](#)).

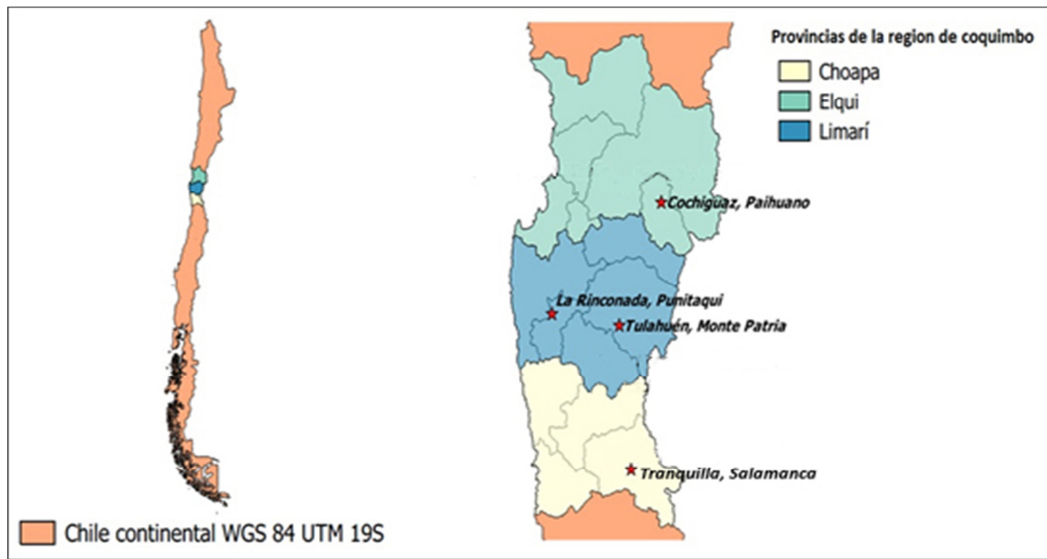


FIGURA 1. Ubicación de las localidades del estudio en sus respectivas provincias de la Región de Coquimbo.



FIGURA 2. Lugar de estudio de chaguales en la localidad de Tranquilla. A) Vista general de la localidad de Tranquilla y el área de estudio (en rojo); B) Vista representativa del área de estudio.

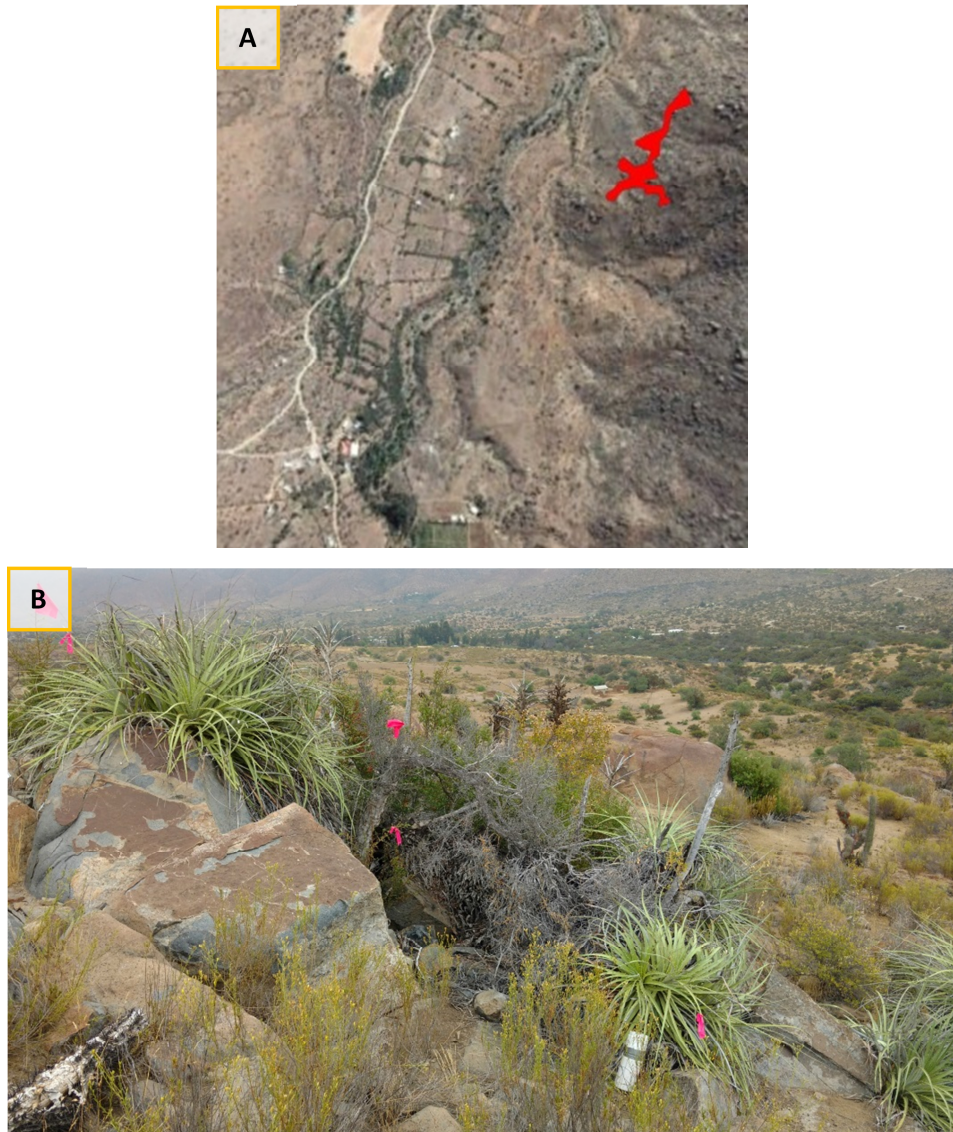


FIGURA 3. Lugar de estudio de chaguales en la localidad de La Rinconada. A) Vista general del área de estudio (en rojo); B) Vista representativa del área de estudio.

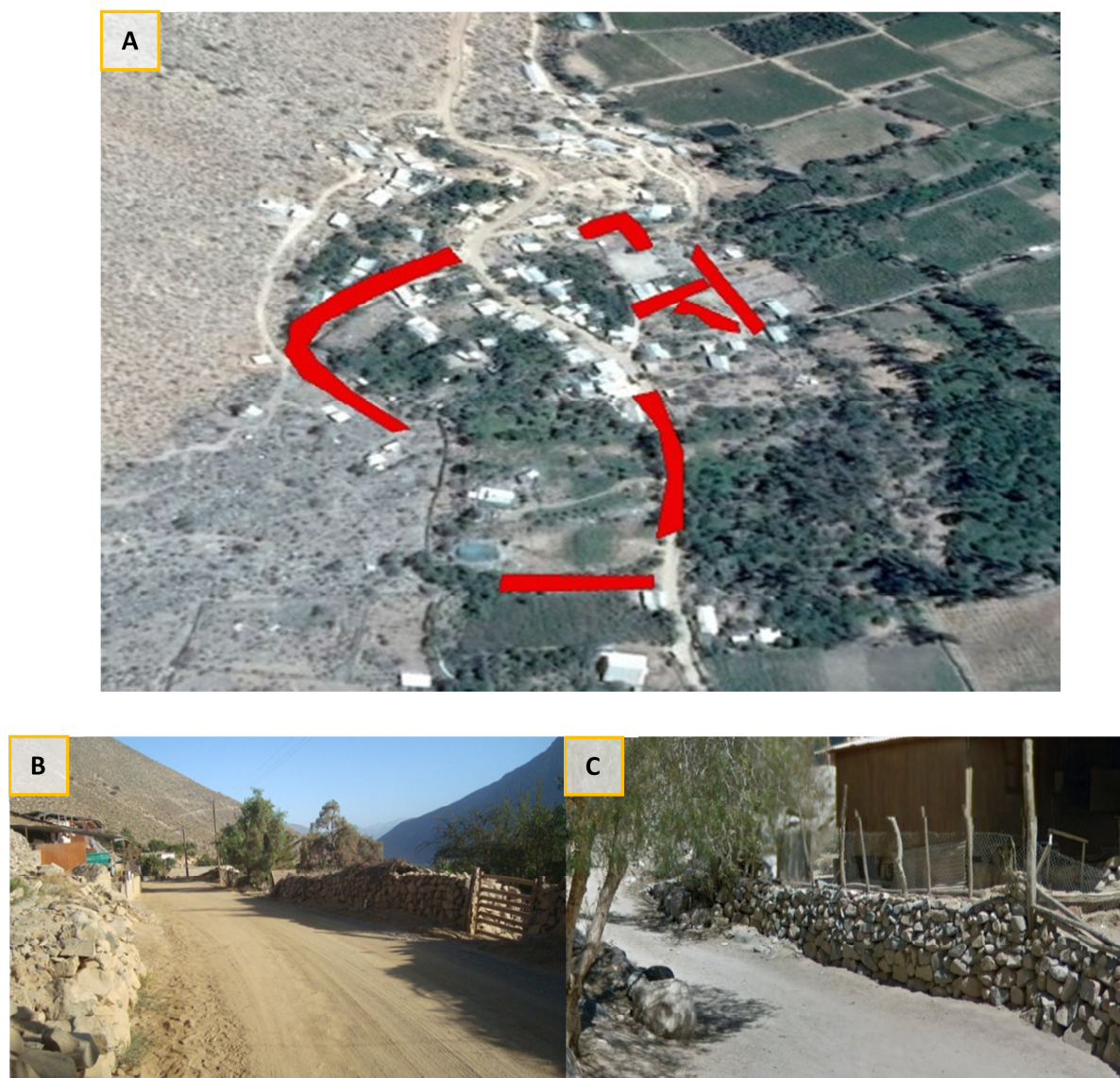


FIGURA 4. Lugar de estudio de pircas en la localidad de Tulahuén. A) Vista general del área de estudio (en rojo); B) y C) Representación de pircas evaluadas en la localidad.



FIGURA 5. Lugar de estudio de pircas en la localidad de Cochiguaz. A) Vista general del área de estudio (en rojo); B) y C) Representación de pircas evaluadas en la localidad.

5. 2. Trampas y puntos de muestreo.

En cada localidad se realizó la captura de triatominos utilizando trampas de cebo de emisión de CO₂ en base a fermentación de azúcar por levaduras. Estas trampas consistían en dos cámaras plásticas separadas por una rejilla, una inferior donde fue puesto el cebo, y una superior por la cual los triatominos objetivo, *M. spinolai* y *T. infestans*, pueden ingresar al dejarse caer, pero no pueden salir, debido a la incapacidad de estas especies de trepar por superficies lisas (Bacigalupo *et al.*, 2006; 2010; Estadella *et al.*, 2015). En cada trampa, además, fue colocada una cinta adhesiva en su perímetro basal como método de captura adicional para aquellos triatominos que llegaran caminando hacia la trampa. El cebo se preparó adaptando el método de Lorenzo *et al.* (1998), utilizando 4 gr de levadura seca comercial, 100 ml de agua y 10 gr de azúcar.

Cada trampa fue instalada en un punto de muestreo. En el caso de chaguales, los puntos de muestreo abarcaron la mayor cantidad de chaguales posibles en la ladera, a razón de una trampa por chagual, pero excepcionalmente, se instaló más de una en chaguales de gran tamaño, en los que fuera posible una separación de trampas de al menos 3 metros dentro del perímetro de la planta. Se evaluaron 100 puntos en Tranquilla, dentro de un área de aproximadamente 6.153 m²; 98 puntos en La Rinconada, dentro de un área de aproximadamente 9.540 m². En el caso de pircas, se realizaron transectos siguiendo la distribución de las pircas, con puntos de muestreo separados cada 10 metros, evaluándose 93 puntos en Tulahuén y 63 puntos en Cochiguaz.

La instalación de la trampa, en cada punto de muestreo, fue realizada antes del atardecer y su revisión se realizó a la mañana siguiente, durante 6 días consecutivos. El cebo de las trampas y el adhesivo doble contacto fueron reemplazados en cada nueva instalación.

5. 3. Registro de datos.

En cada revisión, las trampas con captura de triatominos fueron transportadas al laboratorio dispuesto en terreno para el retiro de los ejemplares mediante el uso de pinzas entomológicas y su posterior almacenamiento en frascos individuales. Se registró el número de triatominos capturados en cada punto, además de la especie y estado de desarrollo de cada uno de ellos, mediante visualización simple, reconociéndose en base a su tamaño, forma y coloración.

Se registró el perímetro de los chaguales que contenían los puntos a evaluar, midiendo la longitud que rodeaba a la planta en su mayor extensión. En las pircas evaluadas, se midió la altura y ancho a nivel del lugar de ubicación de la trampa.

Todos los puntos de muestreo fueron georreferenciados mediante un equipo de geoposicionamiento satelital (GPS), utilizando el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), en Datum WGS 84, 19 Sur. También se obtuvieron las coordenadas geográficas de viviendas cercanas a las áreas de estudio por imagen satelital, con las cuales se obtuvo la distancia

de cada punto de muestreo a la vivienda más cercana mediante el programa de libre acceso QGIS 2.18.

Los resultados de captura de cada punto de muestreo fueron registrados en un historial de captura (HC) de 6 dígitos en orden cronológico. El resultado de presencia de al menos un triatmino fue designado con el valor “1”, mientras que el resultado de ausencia de triatominos lo fue con el valor “0” (por ejemplo, si un punto sólo obtuvo capturas los días 4 y 5, el HC de este punto es “000110”).

La distribución de los puntos de muestreo y ubicación de viviendas cercanas en cada localidad se presentan en la [Figuras 6 y 7](#).

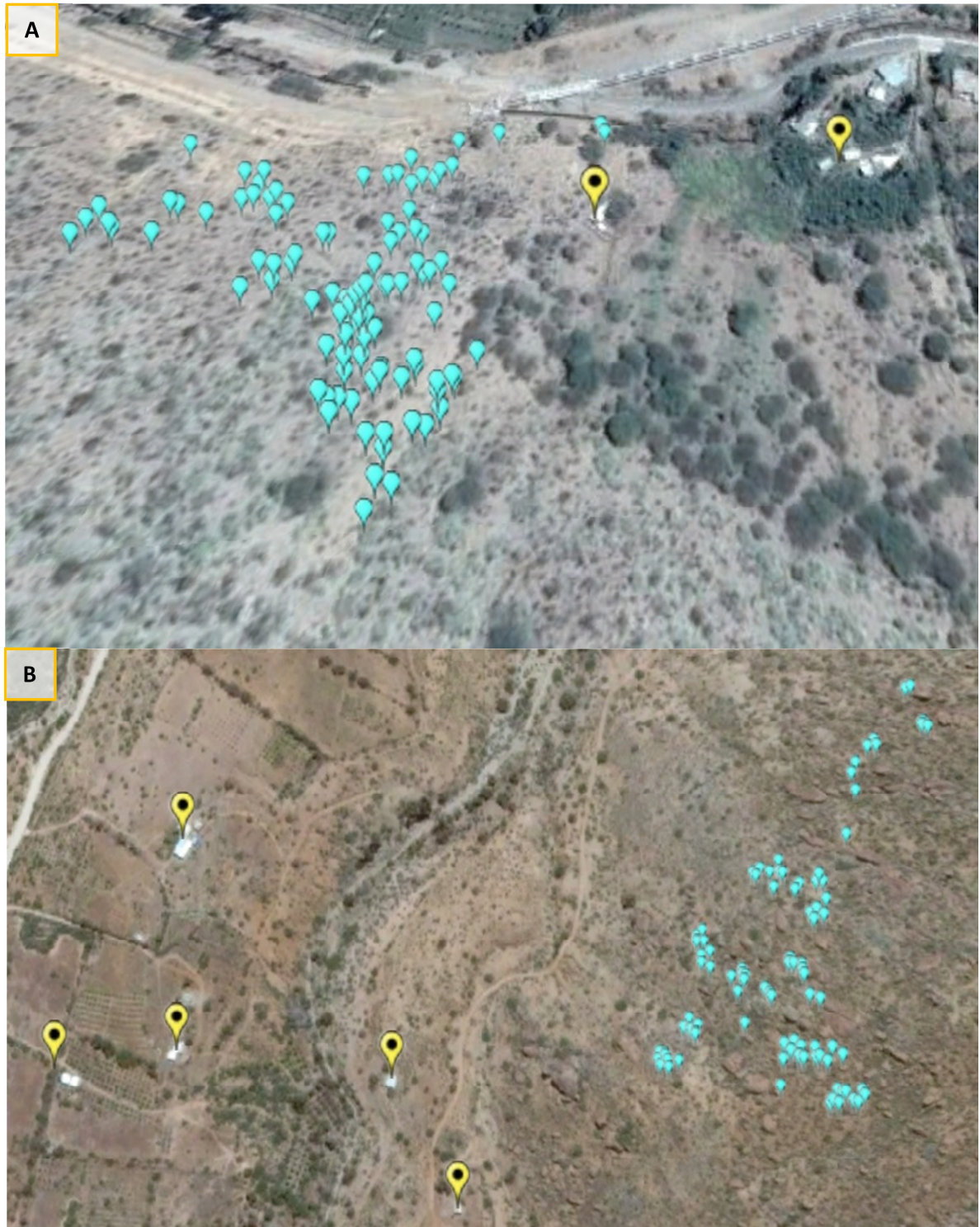


FIGURA 6. Ubicación de puntos de muestreo de triatominos (celeste) y viviendas (amarillo) en A) Tranquilla. B) La Rinconada.



FIGURA 7. Ubicación de puntos de muestreo de triatominos (celeste) y viviendas (amarillo) en A) Tulahuén. B) Cochiguaz.

5. 4. Estimación de las probabilidades de detección y ocupación de triatominos para Chaguales y Pircas.

Se estimó la probabilidad de detección (p) y la probabilidad de ocupación de triatominos (Ψ), y sus respectivas varianzas, de forma simultánea. Para ello, se utilizaron los HC de los puntos de muestreo con los cuales se realizaron modelos nulos (modelos en los que se asume que estos parámetros no difieren entre los puntos evaluados), para cada localidad y para cada tipo de ecotopo (chaguales o pircas). Se consideraron dos tipos de modelos nulos: Uno en el que p no difiere entre días, denotado como “ $(\Psi)(.),p(.)$ ”; y otro en el que p es distinto para cada día de muestreo, denotado como “ $(\Psi)(.),p(\text{día})$ ”. Para esto último, fue considerada la probabilidad de captura de cada día como un parámetro distinto. La estimación de ψ y p se obtuvo por máxima verosimilitud ([Figura 8](#)) y la selección del modelo con mejor ajuste se basó en el criterio de información de Akaike (AIC por sus siglas en inglés).

Las estimaciones de los parámetros y el cálculo del AIC fueron realizados mediante el programa de libre acceso PRESENCE 11.7, disponible en: <https://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html>

$$L(\psi, p | HC_1, HC_2, \dots, HC_S) = \left[\psi^{S_D} \prod_{j=1}^K p_j^{S_j} (1 - p_j)^{S_D - S_j} \right] \left[\psi \prod_{j=1}^K (1 - p_j) + (1 - \psi) \right]^{S - S_D}$$

FIGURA 8. Función de verosimilitud de la probabilidad de ocupación (ψ) y probabilidad de detección (p) condicionada a los historiales de captura (HC) observados. Donde S es el total de sitios evaluados; K es el número total de muestreos; p_j es la probabilidad de detección para el j-ésimo muestreo; S_D es el número de sitios donde la especie fue detectada al menos una vez y S_j el número de sitios donde la especie fue detectada durante el j-ésimo muestreo.

5.5. Comparación de índices de infestación de triatominos en pircas y chaguales obtenidos por estimación simple y por modelación.

Se obtuvieron índices de infestación simples para cada localidad y para cada tipo de ecotopo, considerando tanto los resultados del primer día como de la totalidad del período de muestreo (seis días), a través del cociente entre el total de puntos positivos a captura y el total de puntos evaluados, para los dos tipos de ecotopo. Se evaluó su diferencia estadística con las estimaciones obtenidas por los modelos de ocupación nulos comparándolo con los intervalos de confianza de 95% de estos últimos.

5.6. Análisis de las variables de ubicación y dimensión asociadas a los puntos de muestreo en Chaguales y Pircas.

Las variables asociadas a ubicación utilizadas fueron la *Localidad* y la *Distancia a la vivienda más cercana* (DIST_VIV). Para los puntos en chaguales, la variable localidad fue designada con el nombre “RINC” y se le asignó el valor 0 a los puntos pertenecientes a Tranquilla y 1 a los de La Rinconada; mientras que para los puntos en pircas, la variable localidad fue designada como “TULH”, y se le asignó el valor 0 a los puntos pertenecientes a Cochiguaz y 1 a los de Tulahuén.

Las variables asociadas a la dimensión para chaguales fueron el *Perímetro* (PER) y el *Perímetro corregido* (PER_CORR). Este último fue una corrección del anterior, al considerar el número de trampas presentes en un chagual y se obtuvo mediante la división del perímetro del chagual por el número de trampas presentes en éste. Para pircas, las variables de dimensión fueron el *Alto* (ALT_P) y *Ancho de la pirca* (ANCH_P).

Para una mejor interpretación de los modelos a realizar, se evaluó la correlación entre variables, para lo cual cada una de las variables continuas fue sometida previamente a un test de normalidad (Shapiro Wilk; error alfa de 0,05). Adicionalmente, se evaluó de forma visual la presencia de relación monótonica entre ellas, a través de un gráfico de dispersión.

La correlación entre la localidad y las variables cuantitativas se evaluó mediante el coeficiente de correlación biserial puntual (r_{bp}) y entre variables cuantitativas con el coeficiente de correlación de Spearman (ρ).

Finalmente, se evaluó si dentro de los modelos de regresión para la probabilidad de ocupación y/o probabilidad de detección, alguna de las variables actuó como un factor de confusión para las restantes. Para ello, en los dos tipos de ecotopo, se construyeron modelos incorporando todas las variables en el programa PRESENCE 11.7 y en base a éstos se fue retirando una a una. De esta manera, se observó el efecto de cada variable por sobre las restantes, considerando como significativo, un cambio en sus coeficientes de regresión por sobre el 10% (de Irala *et al.*, 2001). Las variables que mostraron relación fueron incorporadas juntas en los modelos respectivos.

Las estimaciones de los coeficientes fueron hechas por máxima verosimilitud, por medio de funciones logit (Figura 9).

$$\text{logit}(\theta_i) = \ln\left(\frac{\theta_i}{(1-\theta_i)}\right) = \beta_0 + \beta_1 \times x_{i1} + \beta_2 \times x_{i2} + \dots + \beta_C \times x_{iC},$$

FIGURA 9. Esquema de la función logit de la probabilidad de detección (p) o probabilidad de ocupación (ψ) en base a variables asociadas a los puntos de muestreo.

Donde θ_i es el parámetro de interés (en este caso Ψ o p) para el i -ésimo punto; β_0 es el intercepto de la ecuación de regresión y el resto de β s son los coeficientes de regresión para las 1 a C variables incorporadas.

5.7. Evaluación de la influencia de las variables asociadas a la dimensión y ubicación de chaguales y pircas en la probabilidad de captura y de ocupación de triatominos.

Se realizaron modelos de detección y ocupación para chaguales y pircas utilizando el programa PRESENCE 11.7., cuya estructura se basó en los resultados del análisis de variables mencionado anteriormente. Los coeficientes de regresión asociados a cada variable presente en el modelo y sus desviaciones estándar se obtuvieron con este programa, así como también, los valores de AIC.

La selección del modelo o de los modelos con mejor ajuste se basó en los menores valores de AIC, tomando en cuenta que los modelos con diferencias de AIC menor a 2 son igualmente plausibles (Burnham y Anderson, 2002).

6. RESULTADOS

6.1. Captura de triatominos

Se logró capturar un total de 507 ejemplares de triatominos, todos pertenecientes a la especie *Mepraia spinolai*. De éstos, el 94% correspondieron a estadios ninfales (Figura 10).

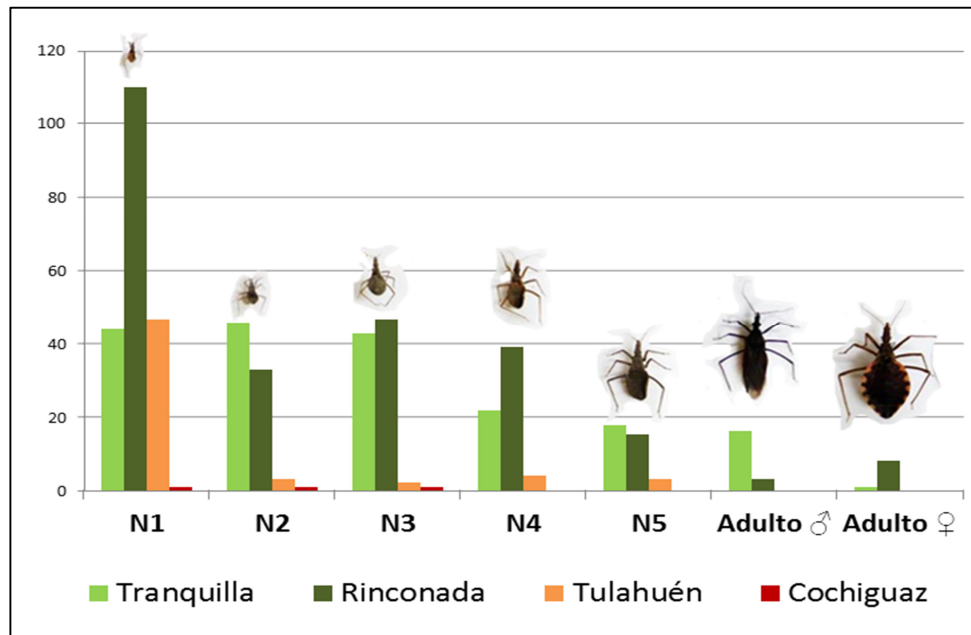


FIGURA 10. Recuento de ejemplares de *Mepraia spinolai* capturados, según estado de desarrollo y localidad.

El número de puntos positivos – es decir, donde se capturó triatominos - dentro del período de muestreo de seis días, fue de 112 en el caso de chaguales, 44 correspondientes a Tranquilla y 68 a La Rinconada (Tabla 1; [Figura 11](#)). En el caso de las pircas, sólo se observaron 14 puntos positivos a captura, 11 correspondientes a Tulahuén y 3 a Cochiguaz (Tabla 1; [Figura 12](#)).

TABLA 1. Resumen de los resultados de captura de triatominos en las cuatro localidades de estudio.

Registro		Chaguales		Pircas	
		Tranquilla	La Rinconada	Tulahuén	Cochiguaz
Nº de triatominos capturados	Localidad	190	255	59	3
	Total	445		62	
Nº de puntos evaluados	Localidad	100	98	93	63
	Total	198		156	
Nº de puntos con captura	Localidad	44	68	11	3
	Total	112		14	
Índice de infestación de todo el período	Localidad	0,44	0,69	0,12	0,04
	Total	0,56		0,089	
Índice de infestación del primer día	Localidad	0,23	0,15	0,04	0
	Total	0,19		0,025	

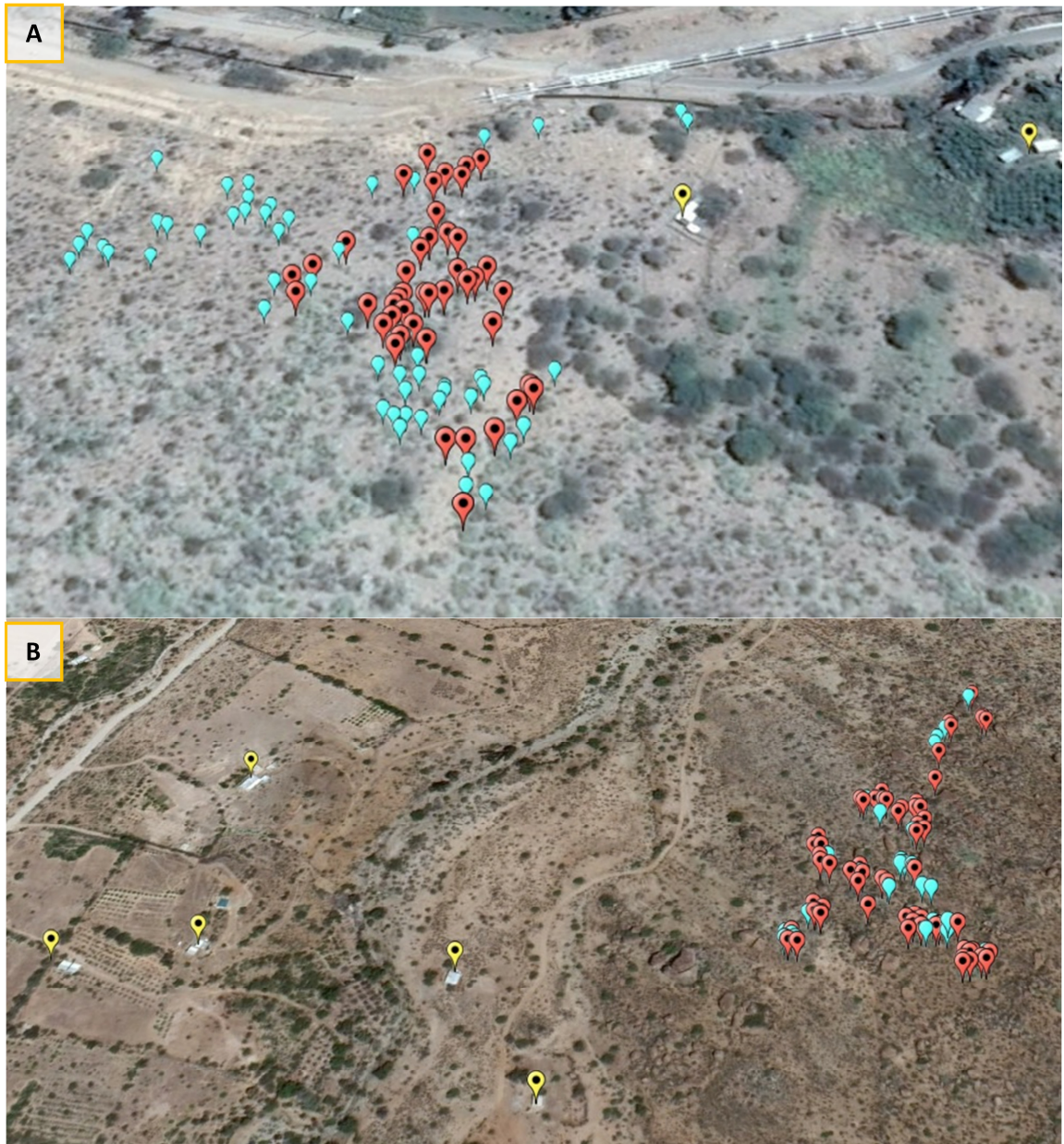


FIGURA 11. Puntos de muestreo asociados a chaguales en A) Tranquilla; B) La Rinconada. Puntos con captura de triatominos (rojos); sin captura de triatominos (celestes); y puntos de ubicación de viviendas (amarillos).

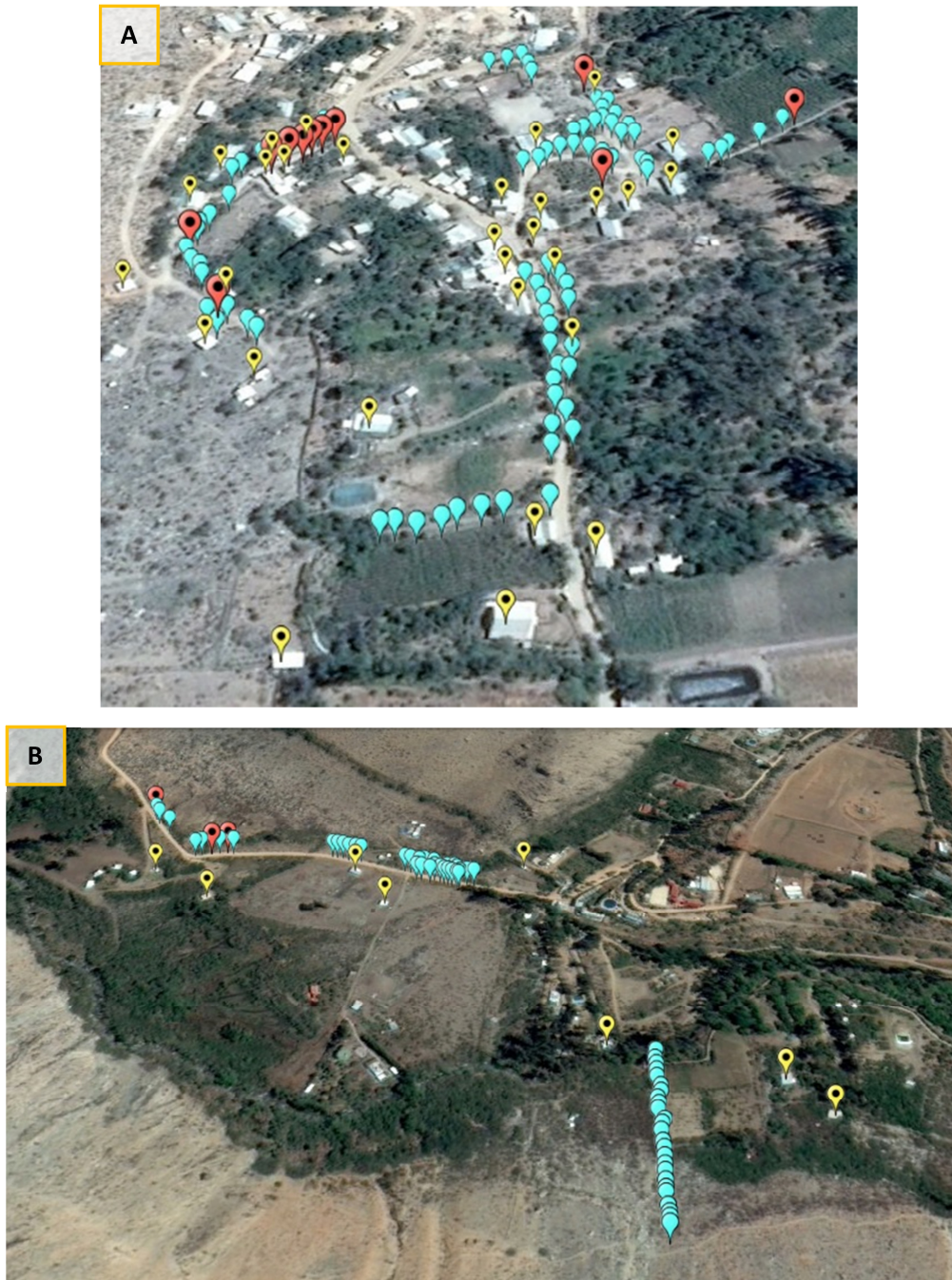


FIGURA 12. Puntos de muestreo asociados a pircas en A) Tulahuén; B) Cochiguaz. Puntos con captura de triatomíneos (rojos); sin captura de triatomíneos (celestes); y puntos de ubicación de viviendas (amarillos).

Del conjunto de 112 puntos con captura presentes en chaguales, se observaron 38 HC distintos, de los cuales los más frecuentes correspondieron a aquellos con captura únicamente el tercer día (HC: 001000) y el segundo día de muestreo (HC: 010000), representando el 14,3% y 11,6% de sus HC, respectivamente ([Figura 13](#)). Para pircas, sólo se observaron 8 HC distintos, de los cuales los más frecuentes fueron aquellos con captura únicamente el segundo, tercero y quinto día de muestreo (HC: 010000, 001000 y 000010, respectivamente), cada uno observado en 3 puntos ([Figura 14](#)).

Día	Día	Día	Día	Día	Día	Frecuencia
1	2	3	4	5	6	
0	0	1	0	0	0	16
0	1	0	0	0	0	13
1	0	0	0	0	0	8
0	0	0	0	1	1	6
0	0	0	0	0	1	5
0	0	0	1	0	0	4
0	0	1	0	0	1	4
0	0	1	0	1	1	4
0	1	1	0	0	0	4
1	0	1	0	0	1	4
0	1	0	0	0	1	3
0	1	1	0	1	1	3
1	0	1	0	0	0	3
1	1	1	1	1	1	3
0	0	0	0	1	0	2
0	0	1	0	1	0	2
0	1	0	1	0	0	2
0	1	1	0	1	0	2
1	0	0	0	0	1	2

Día	Día	Día	Día	Día	Día	Frecuencia
1	2	3	4	5	6	
1	1	0	0	0	0	2
1	1	0	0	0	1	2
1	1	1	0	1	1	2
0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	0	1	1
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	1	1

FIGURA 13. Número de puntos para cada uno de los 38 historiales de captura distintos observados en chaguales durante el período de muestreo de seis días.

Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Frecuencia
0	0	0	0	1	0	3
0	0	1	0	0	0	3
0	1	0	0	0	0	3
0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1

FIGURA 14. Número de puntos para cada uno de los 8 historiales de captura distintos observados en pircas durante el período de muestreo de seis días.

Se observó que en chaguales el 83,9% de los puntos positivos tuvo su primera captura dentro de los 3 primeros días, mientras que en pircas el 78,5% ocurrió dentro del mismo período. La frecuencia de puntos con primera captura para cada uno de los seis días en chaguales, es graficado en la Figura 15; y en pircas en la [Figura 16](#).

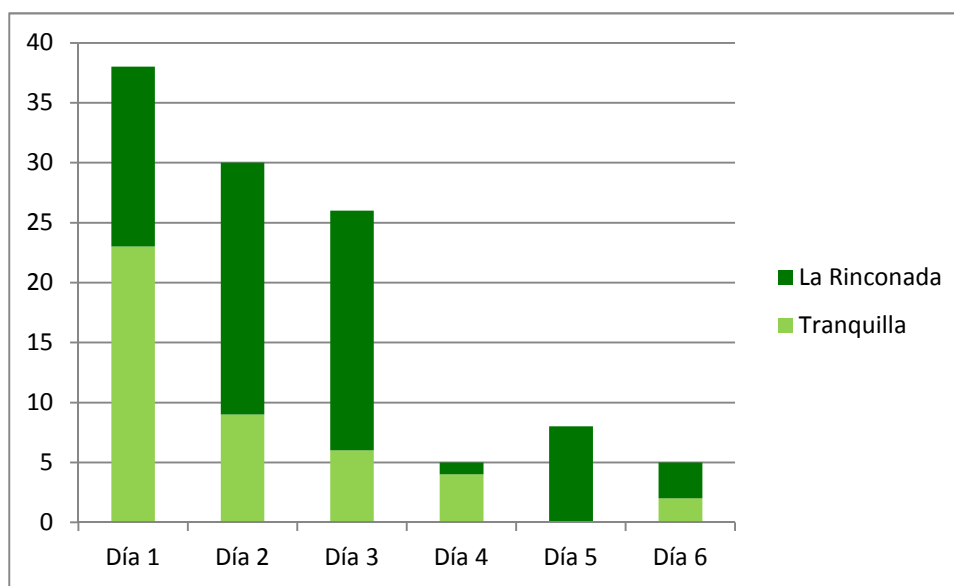


FIGURA 15. Número de puntos con primera captura asociados a chaguales observados en cada día de muestreo y localidad.

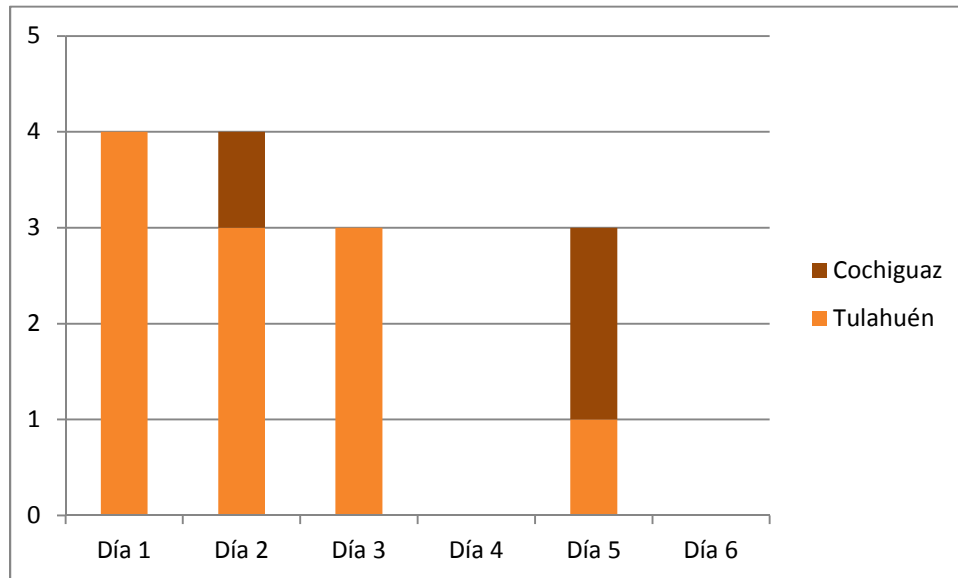


FIGURA 16. Número de puntos con primera captura asociados a pircas observados en cada día de muestreo y localidad.

6.2. Estimación de la probabilidad de detección y probabilidad de ocupación de triatomínicos en chaguales.

Tanto en Tranquilla como en La Rinconada y en conjunto, el modelo que consideraba una probabilidad de detección específica por día mostró un menor AIC que el de probabilidad de detección constante ([Tabla 2](#)).

Las probabilidades de detección y de ocupación de triatomínicos para la localidad de Tranquilla y la Rinconada, con ambos tipos de modelos nulos, $\Psi(\cdot), p(\cdot)$ y $\Psi(\cdot), p(\text{día})$, son entregados en la [Tabla 3](#). La [Tabla 4](#), por su parte, entrega las estimaciones para chaguales en conjunto.

Las probabilidades de detección específicas por día en ambas localidades y en chaguales en general son graficadas en la [Figura 17](#).

TABLA 2. Criterios de información de Akaike de modelos nulos de ocupación de triatominos en puntos asociados a chaguales en Tranquilla, la Rinconada y en conjunto.

Sector	Modelo	AIC	ΔAIC	Peso AIC	Verosimilitud	Nº de parámetros
Tranquilla	$\Psi(.),p(\text{día})$	463,87	0,00	0,8624	1,0000	7
	$\Psi(.),p(.)$	467,54	3,67	0,1376	0,1596	2
La Rinconada	$\Psi(.),p(\text{día})$	608,22	0,00	1,0000	1,0000	7
	$\Psi(.),p(.)$	645,35	37,13	0,0000	0,0000	2
En conjunto	$\Psi(.),p(\text{día})$	1103,00	0,00	0,9999	1,0000	7
	$\Psi(.),p(.)$	1122,65	19,65	0,0001	0,0001	2

TABLA 3. Probabilidad de detección (p) y probabilidad de ocupación (ψ) de triatomos estimadas en chaguales de Tranquilla y la Rinconada bajo los dos tipos de modelos nulos evaluados (p único y p específico por día).

Modelo	Parámetro	Tranquilla		La Rinconada	
		Estimación (\pm DE)	Intervalo de Confianza (95%)	Estimación (\pm DE)	Intervalo de Confianza (95%)
$\Psi(\cdot), p(\cdot)$	Ψ	0,50 ($\pm 0,06$)	0,38 - 0,61	0,76 ($\pm 0,05$)	0,64 - 0,85
	P	0,29 ($\pm 0,03$)	0,23 - 0,35	0,32 ($\pm 0,02$)	0,27 - 0,37
$\Psi(\cdot), p(\text{día})$	Ψ	0,497 ($\pm 0,059$)	0,38 - 0,61	0,75 ($\pm 0,05$)	0,63 - 0,84
	$p1$	0,46 ($\pm 0,07$)	0,31 - 0,61	0,20 ($\pm 0,04$)	0,12 - 0,31
	$p2$	0,30 ($\pm 0,06$)	0,18 - 0,44	0,40 ($\pm 0,05$)	0,29 - 0,52
	$p3$	0,36 ($\pm 0,07$)	0,23 - 0,51	0,50 ($\pm 0,06$)	0,38 - 0,61
	$p4$	0,26 ($\pm 0,06$)	0,15 - 0,40	0,08 ($\pm 0,03$)	0,03 - 0,17
	$p5$	0,16 ($\pm 0,05$)	0,08 - 0,29	0,33 ($\pm 0,05$)	0,23 - 0,45
	$p6$	0,22 ($\pm 0,06$)	0,12 - 0,36	0,44 ($\pm 0,06$)	0,33 - 0,56

TABLA 4. Probabilidad de detección (p) y probabilidad de ocupación (ψ) de triatomíneos estimadas en chaguales de ambas localidades en conjunto bajo los dos tipos de modelos nulos evaluados (p único y p específico por día).

Modelo	Parámetro	Estimación (\pmDE)	Intervalo de Confianza (95%)
$\Psi(\cdot), p(\cdot)$	ψ	0,633 (\pm 0,041)	0,548 - 0,710
	p	0,311 (\pm 0,020)	0,272 - 0,352
$\Psi(\cdot), p(\text{día})$	ψ	0,628 (\pm 0,041)	0,544 - 0,704
	$p1$	0,305 (\pm 0,042)	0,228 - 0,395
	$p2$	0,362 (\pm 0,045)	0,279 - 0,453
	$p3$	0,442 (\pm 0,047)	0,352 - 0,536
	$p4$	0,153 (\pm 0,032)	0,099 - 0,228
	$p5$	0,265 (\pm 0,040)	0,193 - 0,352
	$p6$	0,353 (\pm 0,044)	0,271 - 0,445

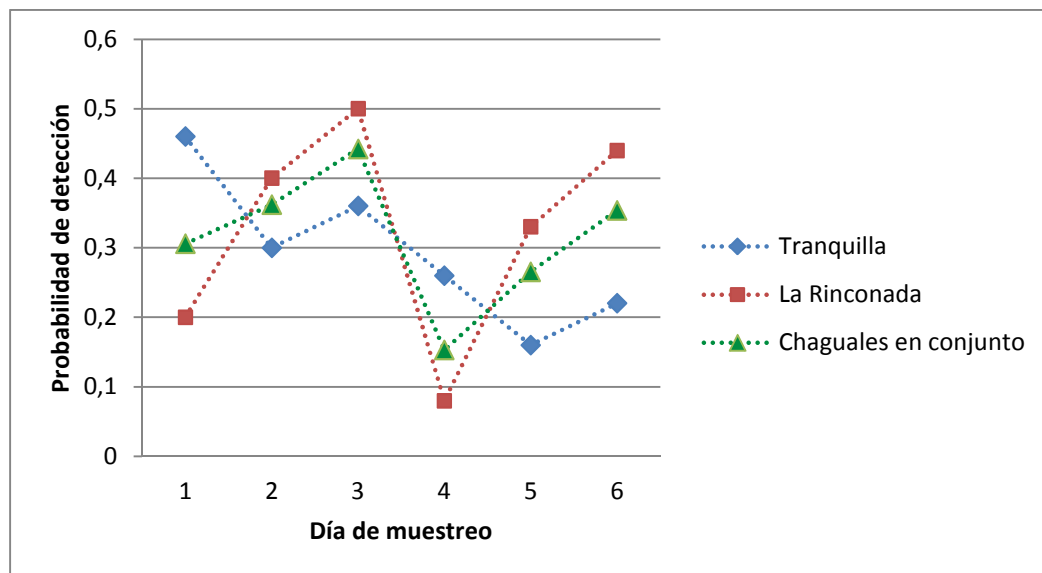


FIGURA 17. Probabilidad de detección específica por día para puntos asociados a chaguales en Tranquilla, La Rinconada y en conjunto.

6.3. Estimación de la probabilidad de detección y probabilidad de ocupación de triatomínicos en pircas.

No fue posible realizar una estimación en Cochiguaz a través del programa PRESENCE, al no poder alcanzar la convergencia numérica en la función de verosimilitud, debido al bajo número de puntos con presencia de la especie. Sus datos sin embargo, fueron incorporados junto a los de Tuluahuén para evaluar los puntos asociados a pircas en conjunto.

Tanto con los datos de Tuluahuén, como con los de ambas localidades en conjunto, no hubo diferencia de ajuste entre el modelo con probabilidad de detección constante o específica por día (Tabla 5).

TABLA 5. Criterio de información de Akaike de modelos nulos de ocupación de triatomínicos en pircas.

Sector	Modelo	AIC	Δ AIC	Peso AIC	Vero-similitud	Nº de parámetros
Tuluahuén	$\Psi(\cdot), p(\cdot)$	159,84	0,00	0,6491	1,0000	2
	$\Psi(\cdot), p(\text{día})$	161,07	1,23	0,3509	0,5406	7
Tuluahuén + Cochiguaz	$\Psi(\cdot), p(\text{día})$	204,63	0,00	0,5842	1,0000	7
	$\Psi(\cdot), p(\cdot)$	205,31	0,68	0,4158	0,7118	2

La Tabla 6 muestra la probabilidad de detección y probabilidad de ocupación de triatominos, en base a los HC obtenidos en los puntos presentes en pircas en Tuluahuén; y en Tuluahuén y Cochiguaz en conjunto, para el modelo de probabilidad de detección constante y para el de probabilidad específica por día.

TABLA 6. Probabilidad de detección (p) y probabilidad de ocupación (ψ) de triatominos estimadas en pircas presentes en Tuluahuén, y en Tuluahuén y Cochiguaz en conjunto.

Modelo	Parámetro	Tuluahuén		Tuluahuén y Cochiguaz	
		Estimación (\pm DE)	Intervalo de Confianza (95%)	Estimación (\pm DE)	Intervalo de Confianza (95%)
$\Psi(\cdot), p(\cdot)$	ψ	0,125 (\pm 0,036)	0,07 - 0,21	0,099 (\pm 0,026)	0,059 - 0,163
	p	0,387 (\pm 0,065)	0,26 - 0,52	0,322 (\pm 0,058)	0,220 - 0,445
$\Psi(\cdot), p(\text{día})$	ψ	0,123 (\pm 0,035)	0,07 - 0,21	0,097 (\pm 0,025)	0,058 - 0,159
	$p1$	0,34 (\pm 0,14)	0,13 - 0,64	0,26 (\pm 0,11)	0,100 - 0,534
	$p2$	0,61 (\pm 0,15)	0,31 - 0,84	0,52 (\pm 0,13)	0,276 - 0,765
	$p3$	0,52 (\pm 0,15)	0,25 - 0,78	0,40 (\pm 0,13)	0,183 - 0,655
	$p4$	0,34 (\pm 0,14)	0,13 - 0,64	0,26 (\pm 0,11)	0,100 - 0,534
	$p5$	0,43 (\pm 0,15)	0,19 - 0,71	0,46 (\pm 0,13)	0,228 - 0,711
	$p6$	0,08 (\pm 0,08)	0,01 - 0,42	0,06 (\pm 0,06)	0,009 - 0,350

6.4. Comparación de índices de infestación de triatominos en pircas y chaguales obtenidos por estimación simple y por modelación.

Ninguna de las tres localidades en las que se pudo hacer una estimación de la probabilidad de ocupación de triatominos de la especie *M. spinolai* considerando la probabilidad de detección, tuvieron una subestimación del índice de infestación simple utilizando la información de los 6 días de captura, al estar incluido en el intervalo de confianza de 95% obtenido para cada localidad. No obstante, el índice de infestación considerando sólo el primer día de muestreo sí fue significativamente menor ([Figura 18](#)). La misma situación se observó al considerar los puntos de chaguales en conjunto y los de pircas en conjunto ([Figura 19](#)).

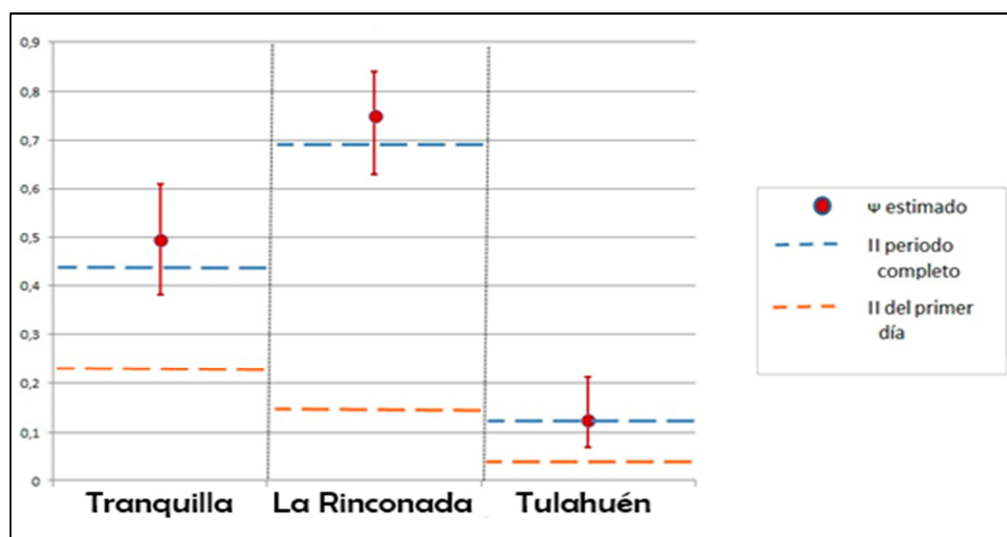


FIGURA 18. Índices de infestación de *M. spinolai* estimados de forma simple (II) y considerando probabilidad de detección (ψ) para Tranquilla, La Rinconada y Tulahuén. Las barras verticales establecen los intervalos de confianza de 95%

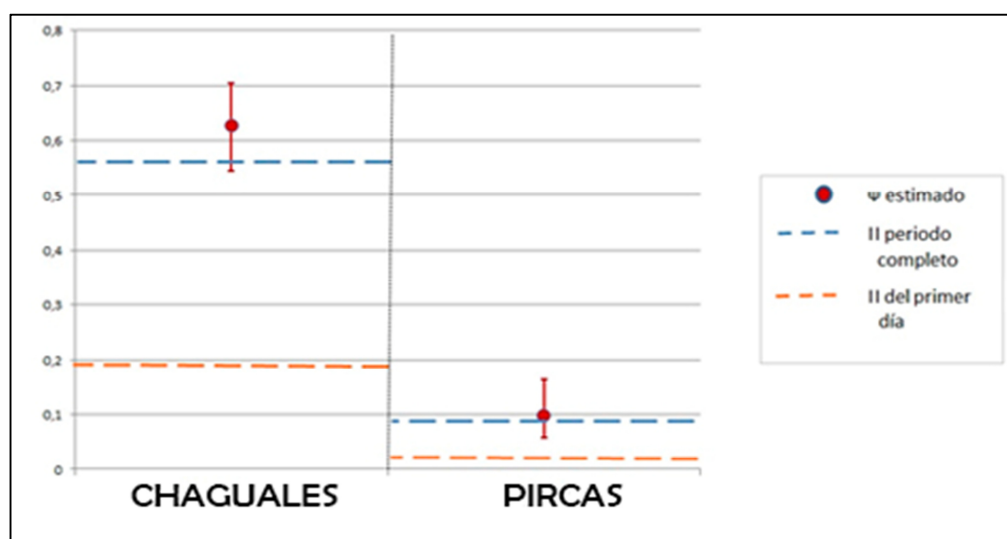


FIGURA 19. Índices de infestación de *M. spinolai* estimados de forma simple (II) y considerando probabilidad de detección (ψ) para chaguales y pircas. Las barras verticales establecen los intervalos de confianza de 95%.

Frente a estos resultados, se evaluó en qué día del muestreo el índice de infestación simple pudo haber sido subestimado de haberse realizado un muestreo repetido más corto, realizando estimaciones de la probabilidad de ocupación en base a los datos registrados con menos días de captura. En chaguales, resultó que los índices de infestación obtenidos mediante estimación simple hubiesen sido subestimados con 2, 3 y 4 días de muestreo (Figura 20); no así en pircas, donde todos los índices de estimación simple estuvieron contenidos dentro de los intervalos de confianza de 95% ([Figura 21](#)).

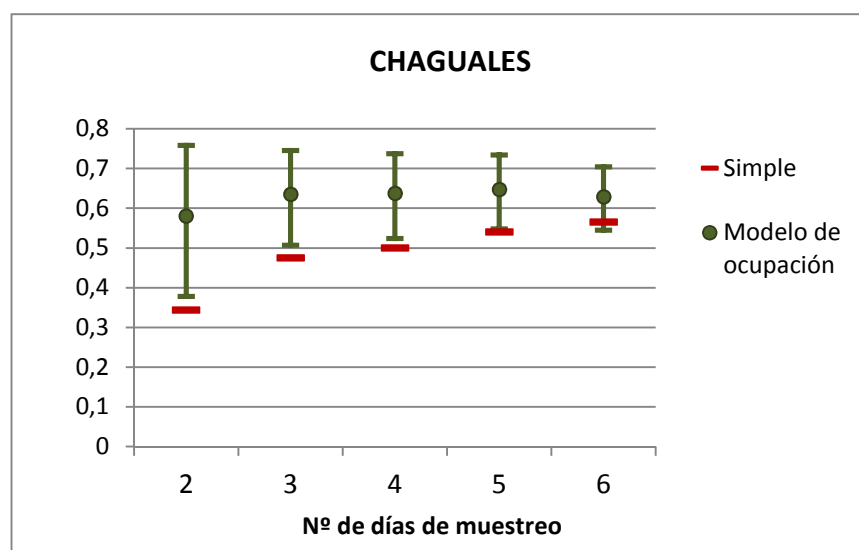


FIGURA 20. Índices de infestación de *M. spinolai* estimados a través de modelos de ocupación con probabilidad de detección única, según datos de captura de 2 a 6 días en puntos asociados a chaguales. En rojo se destaca el índice de infestación obtenido de forma simple

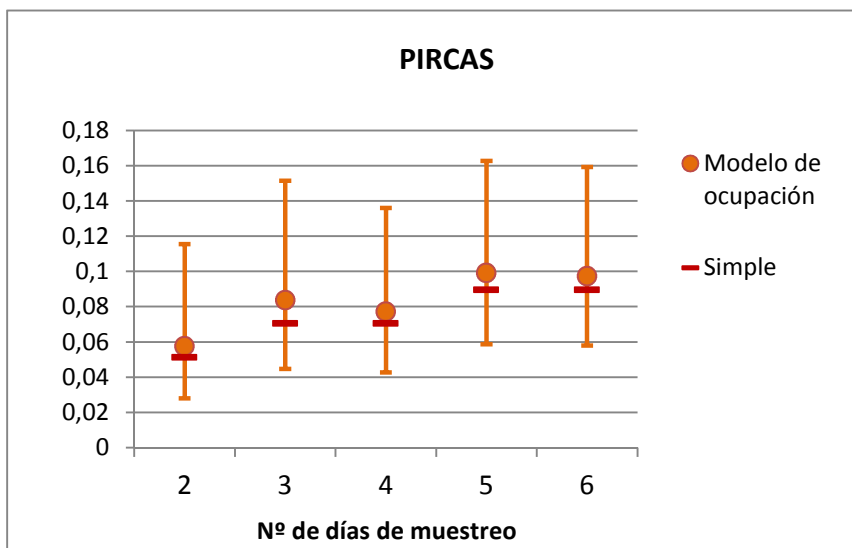


FIGURA 21. Índices de infestación de *M. spinolai* estimados a través de modelos de ocupación con probabilidad de detección única, según datos de captura de 2 a 6 días en puntos asociados a pircas. En rojo se destaca el índice de infestación obtenido de forma simple

6.5. Descripción de variables de dimensión y ubicación de chaguales y pircas, asociadas a los puntos de muestreo.

Por problemas técnicos, sólo se contó con datos de dimensión y ubicación para 153 puntos asociados a chaguales (77% del total de puntos evaluados en chaguales) y 155 puntos asociados a pircas (99%), los cuales se describen en las Tablas 7 y 8.

TABLA 7. Promedio (\pm desviación estándar) de las variables cuantitativas medidas en los puntos de muestreo asociados a chaguales según localidad y en total.

Variable (unidad)	Tranquilla (n = 98)	La Rinconada (n = 55)	Total (n = 153)
Distancia a vivienda (m)	97,27 (\pm 28,02)	312,44 (\pm 38,64)	174,62 (\pm 108,45)
Perímetro (m)	16,99 (\pm 7,8)	25,04 (\pm 9,2)	19,89 (\pm 9,16)
Perímetro corregido (m)	10,14 (\pm 4,7)	9,55 (\pm 4,65)	9,93 (\pm 4,67)

TABLA 8. Promedio (\pm desviación estándar) de las variables cuantitativas medidas en los puntos de muestreo asociados a pircas según localidad y en total.

Variable (unidad)	Tulahuén (n = 92)	Cochiguaz (n = 63)	Total (n = 155)
Distancia a vivienda (m)	24,53 (\pm 15,17)	81,905 (\pm 45,45)	47,85 (\pm 42,03)
Ancho pirca (m)	1,09 (\pm 0,44)	0,88 (\pm 0,26)	1,01 (\pm 0,39)
Alto pirca (m)	1,30 (\pm 0,35)	0,87 (\pm 0,29)	1,12 (\pm 0,38)

Para evitar problemas de indeterminación de las matrices de varianzas-covarianza en el programa PRESENCE, se corrigió la variable DIST_VIV multiplicándola por la constante 0,10.

6.6. Análisis de las variables asociadas a los puntos de muestreo en Chaguales.

6.6.1. Correlación entre variables.

Las variables de tipo continua asociadas a chaguales, no presentaron distribución normal (Tabla 9), por lo que la correlación fue evaluada a través del coeficiente de correlación de Spearman (ρ).

La localidad (RINC) mostró una fuerte correlación positiva con la distancia a vivienda y una correlación positiva media con el perímetro. Cabe mencionar que la distancia a la vivienda más cercana y el perímetro de chagual, de los puntos evaluados en La Rinconada, fueron significativamente mayores a los de Tranquilla (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,0001$; ver Tablas [A1](#) y [A2](#), Anexo). Las variables DIST_VIV y PER mostraron una leve correlación positiva entre sí, y PER tuvo una leve correlación positiva con PER_CORR. ([Tabla 10](#)). Aún frente a los resultados de ρ , no se observó de forma visual una relación lineal entre las variables cuantitativas ([Figura 22](#)).

TABLA 9. Test de normalidad de Shapiro-Wilk para variables continuas asociadas a puntos en chaguales.

Variable	Nº de Observaciones	W	V	z	Valor p
DIST_VIV	153	0,83304	19,760	6,771	<0,00001
PER	153	0,96042	4,684	3,504	0,00023
PER_CORR	153	0,86985	15,402	6,206	<0,00001

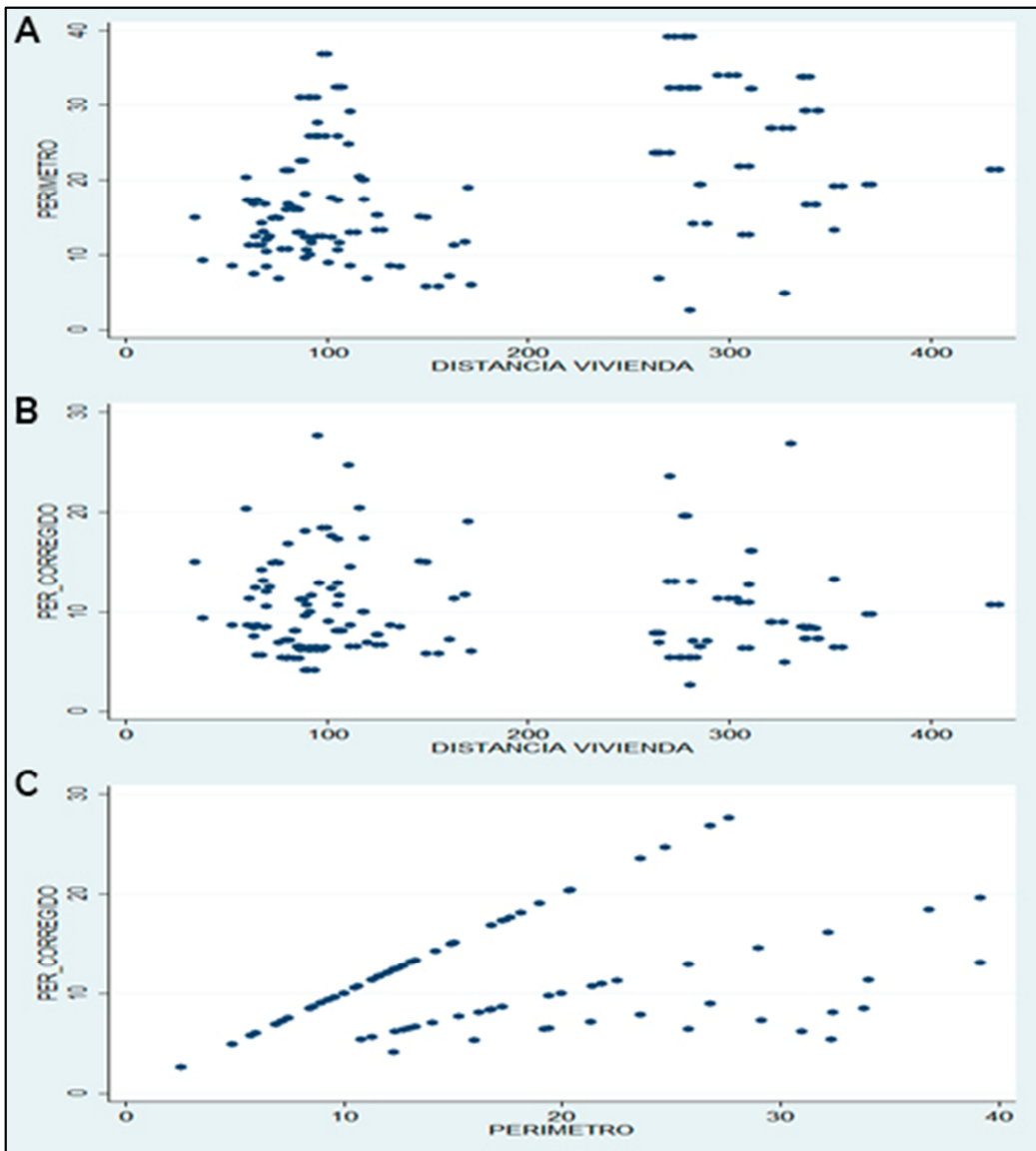


FIGURA 22. Diagramas de correlación entre variables cuantitativas asociadas al sitio de muestreo en chaguales. A) DIST_VIV – PER; B) DIST_VIV – PER_CORR; C) PER – PER_CORR.

TABLA 10. Índices de correlación de Spearman (ρ) entre las variables de tipo cuantitativa asociadas a chaguales; y biserial puntual (r_{bp}) entre RINC y el resto de variables asociadas a chaguales, junto con sus niveles de significación (p).

Variables	RINC	DIST_VIV	PER	PER_CORR
RINC	ρ : 1,000			
DIST_VIV	r_{bp} : 0,955* p : <0,0001	ρ : 1,000		
PER	r_{bp} : 0,425* p : <0,0001	ρ : 0,3691* p : <0,0001	ρ : 1,000	
PER_CORR	r_{bp} : -0,063 p : 0,437	ρ : -0,0259 p : 0,7504	ρ : 0,1832* p : 0,0234	ρ : 1,000

(*): Estadísticamente significativos, con α de 0,05

6.6.2. Confusión entre variables.

Todas las variables ejercieron cambios en alguna otra, tanto en el modelo de detección o de ocupación ([Tabla 11](#)). Por consiguiente, el modelo a construir para finalmente evaluar la influencia de las variables asociadas a los puntos en chaguales por sobre la probabilidad de ocupación y probabilidad de detección, debió incorporarlas todas para apreciar correctamente los efectos aditivos de cada una de ellas ([Tabla 12](#)). Adicionalmente, se construyeron modelos con variables asociadas al sitio tanto para la probabilidad de ocupación como para la probabilidad de detección, considerando a la contraparte como modelo nulo y considerando la relación observada entre las variables dentro del modelo para el parámetro respectivo ([Tabla 12](#)).

TABLA 11. Coeficientes de regresión de cada variable del modelo de probabilidad de ocupación (ψ) y del de probabilidad de detección (p) para puntos asociados a chaguales, y sus cambios (%) frente al retiro de una de las variables (en rojo) en el modelo del parámetro respectivo.

Modelo	ψ				P			
	RINC	DIST_VIV	PER	PER_CORR	RINC	DIST_VIV	PER	PER_CORR
ψ (A^a); $p(A)$	4,3241	-0,1788	0,0682	-0,0237	2,7255	-0,1109	-0,0073	-0,0226
ψ (A , - ^b RINC); $p(A)$	x	-0,0351 (80%)	0,1380 (-102%)	-0,0732 (-208%)	4,2287 (-55%)	-0,1644 (-48%)	-0,0197 (-168%)	-0,0107 (53%)
ψ (A , - DIST_VIV); $p(A)$	-0,5487 (113%)	x	0,1166 (-71%)	-0,0706 (-197%)	4,3551 (-60%)	-0,1712 (-54%)	-0,0165 (-125%)	-0,0080 (64%)
ψ (A , - PER); $p(A)$	59,055 (-1266%)	-1,0428 (-483%)	x	0,1188 (600%)	0,9877 (64%)	-0,0670 (40%)	0,0348 (574%)	-0,0544 (-141%)
ψ (A , - PER_CORR); $p(A)$	4,741 (-10%)	-0,1930 (-8%)	0,0702 (-3%)	x	2,5837 (5%)	-0,1060 (4%)	-0,0073 (1%)	-0,0314 (-39%)
ψ (A); $p(A$, - RINC)	39,4535 (-812%)	-1,0274 (-475%)	-0,0111 (116%)	0,0973 (510%)	x	-0,0278 (75%)	0,0382 (620%)	-0,0533 (-136%)
ψ (A); $p(A$, - DIST_VIV)	35,397 (-719%)	-1,0268 (-474%)	-0,0105 (115%)	0,0921 (488%)	-0,5612 (121%)	x	0,0361 (591%)	-0,0511 (-126%)
ψ (A); $p(A$, - PER)	4,6101 (-7%)	-0,1849 (-3%)	0,0556 (18%)	-0,0225 (5%)	2,5063 (8%)	-0,1057 (5%)	x	-0,0234 (-4%)
ψ (A); $p(A$, - PER_CORR)	3,7853 (12%)	-0,1606 (10%)	0,0663 (3%)	-0,0505 (-113%)	3,0106 (-10%)	-0,1206 (-9%)	-0,0082 (-12%)	x

^a: $A = RINC + DIST_VIV + PER + PER_CORR$;

^b: Retiro de la variable que le sucede;

Se destaca en amarillo a los coeficientes que tuvieron un cambio mayor al 10%

TABLA 12. Estructura de los modelos a evaluar para la probabilidad de ocupación y de detección de triatominos en chaguales.

Con variables incorporadas en ambos parámetros	Con modelo nulo en uno de los parámetros
$\psi(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR});$ $p(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR})$	$\psi(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR});$ $p(\cdot)$ o (día) $\psi(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER});$ $p(\cdot)$ o (día) $\psi(\cdot);$ $p(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR})$ $\psi(\cdot);$ $p(\text{RINC} + \text{DIST_VIV})$

6.7. Influencia de variables asociadas a la dimensión y ubicación de chaguales en la probabilidad de captura y ocupación de triatominos.

Se evaluó el ajuste de 9 modelos: 2 que no incorporaban variables asociadas a sitio (modelos nulos), 4 que consideraban variables asociadas al sitio sólo para ψ , 4 que las incorporaba sólo para p , y 1 que las incorporaba en ambos parámetros. Los modelos nulos evaluados para la probabilidad de detección fueron con probabilidad p constante “ $p(.)$ ” o específica por día “ $p(\text{día})$ ”. De los nueve modelos, sólo dos tuvieron un mejor ajuste, considerando un $\Delta\text{AIC} < 2,0$. Ambos resultaron tener un modelo nulo específico por día para la probabilidad de detección e incorporaron RINC, DIST_VIV y PER en el modelo de probabilidad de ocupación, diferenciándose en la incorporación de PER_CORR ([Tabla 13](#)).

TABLA 13. Estructura y valores de AIC para modelos de ocupación de triatomínos en base a variables obtenidas en puntos de muestreo asociadas a chaguales.

Modelo	AIC	Δ AIC	Peso AIC	Vero-similitud	Nº de Parámetros
$\Psi(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER});$ $p(\text{día})$	785,76	0	0,6775	1	10
$\Psi(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER} +$ $\text{PER_CORR});$ $p(\text{día})$	787,42	1,66	0,2954	0,436	11
$\Psi(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER});$ $p(.)$	794,03	8,27	0,0108	0,016	5
$\Psi(.);$ $p(\text{RINC} + \text{DIST_VIV})$	794,93	9,17	0,0069	0,0102	4
$\Psi(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER} +$ $\text{PER_CORR});$ $p(.)$	795,75	9,99	0,0046	0,0068	6
$\Psi(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER} +$ $\text{PER_CORR});$ $p(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER} +$ $\text{PER_CORR})$	796,29	10,53	0,0035	0,0052	10
$\Psi(.);$ $p(\text{RINC} + \text{DIST_VIV} + \text{PER} +$ $\text{PER_CORR})$	798,49	12,73	0,0012	0,0017	6
$\Psi(.),$ $p(\text{día})$	803,71	17,95	0,0001	0,0001	7
$\Psi(.),$ $p(.)$	812,1	26,34	0	0	2

En color se destacan los modelos con Δ AIC <2,0.

Sólo los coeficientes de regresión (β) de RINC y DIST_VIV fueron significativamente distintos de cero, según intervalo de confianza de 95%. Los valores de éstos y el del resto de variables, además de sus respectivos *Odds* son entregados en la Tabla 14.

TABLA 14. Coeficientes de regresión β (\pm desviación estándar) de las variables de sitio asociadas a chaguales, presentes en modelo de probabilidad de ocupación de triatominos, y sus respectivos *Odds*.

Variable	Coeficiente β	Exp β (<i>Odds</i>)
RINC	6,6* (\pm 1,85)	735,1
DIST_VIV	-0,25* (\pm 0,072)	0,78
PER	0,04 (\pm 0,028)	1,04
PER_CORR	-0,029 (\pm 0,048)	0,97

(*): Estadísticamente significativos, con α de 0,05

Ante la influencia observada de la localidad en la probabilidad de ocupación, se evaluaron los datos de Tranquilla y La Rinconada por separado, viendo en primera instancia, si hubo correlación entre las variables y efecto de alguna de ellas sobre sus coeficientes de regresión, para un mejor uso de estas en la construcción de los modelos y una mejor interpretación de estos.

6.8. Análisis de las variables asociadas a los puntos de muestreo en Chaguales, según localidad.

6.8.1 Correlación entre variables asociadas a chaguales, por localidad.

Sólo PER mostró tener distribución normal en los datos obtenidos en La Rinconada (Tabla 15). Se evaluó correlación mediante el coeficiente de correlación de Spearman (ρ), no encontrándose ninguna variable correlacionada con los datos de Tranquilla, y correlación sólo entre PER y PER_CORR en los datos de La Rinconada ([Tabla 16](#)).

Los gráficos de dispersión no reflejaron una relación lineal entre las variables cuantitativas ([Figura 23](#)).

TABLA 15. Test de normalidad de Shapiro-Wilk para variables continuas asociadas a puntos en chaguales de Tranquilla y de La Rinconada.

Localidad	Variable	Nº de Observaciones	W	V	z	Valor p
Tranquilla	DIST_VIV	100	0,9529	3,883	3,009	0,00131
	PER	98	0,9203	6,463	4,135	0,00002
	PER_CORR	98	0,8831	9,483	4,985	0,00000
La Rinconada	DIST_VIV	96	0,9394	4,830	3,486	0,00025
	PER	55	0,9665	1,699	1,136	0,12794
	PER_CORR	55	0,8352	8,355	4,553	0,00000

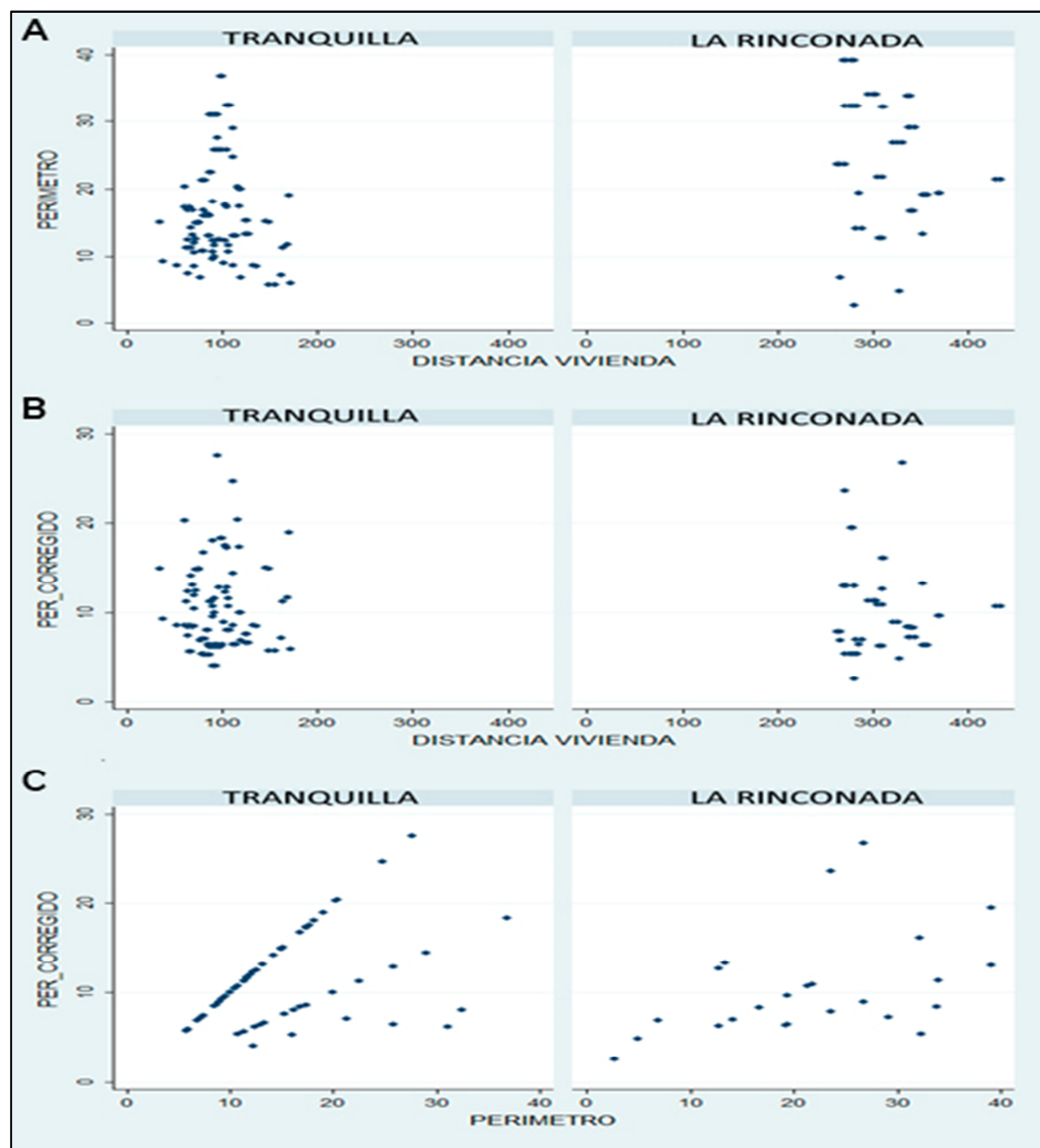


FIGURA 23. Diagramas de correlación entre variables cuantitativas asociadas al sitio de muestreo en chaguales, por localidad. A) DIST_VIV – PER; B) DIST_VIV – PER_CORR; C) PER – PER_CORR.

TABLA 16. Índices de correlación de Spearman (rho) y su nivel de significación (p) entre las variables asociadas a puntos en chaguales para Tranquilla (bajo diagonal) y La Rinconada (sobre diagonal).

Variables	Tranquilla \ La Rinconada		
	DIST_VIV	PER	PER_CORR
DIST_VIV	rho: 1,000	rho: -0,2628 p: 0,0526	rho: 0,0874 p: 0,5256
PER	rho: 0,0396 p: 0,6986	rho: 1,000	rho: 0,3695* p: 0,0055
PER_CORR	rho: 0,0379 p: 0,7107	rho: 0,1980 p: 0,0506	rho: 1,000

(*): Estadísticamente significativos, con α de 0,05

6.8.2. Confusión entre variables asociadas a chaguales, por localidad.

El análisis de comportamiento de los coeficientes de regresión de las variables asociadas a chaguales en Tranquilla mostró que todas las variables ejercían un efecto sobre alguna otra ([Tabla 17](#)), por lo que el modelo que se utilizó fue el que incorporó a las variables en conjunto. Al igual que en la evaluación general de puntos asociados a chaguales, se incorporaron además modelos considerando nulo al modelo del parámetro complementario, incorporando las variables según la relación observada entre ellas. La [Tabla 18](#) muestra la estructura de los modelos evaluados.

TABLA 17. Coeficientes de regresión de cada variable del modelo de probabilidad de ocupación (ψ) y del de probabilidad de detección (p) para puntos asociados a chaguales de Tranquilla, y sus cambios (%) frente al retiro de una de las variables (en rojo) en el modelo del parámetro respectivo.

TRANQUILLA	ψ			p		
Modelos	DIST_VIV	PER	PER_CORR	DIST_VIV	PER	PER_CORR
$\psi(A^a);$ $p(A)$	-1,1096	0,0366	0,1833	0,0388	-0,0118	-0,0575
$\psi(A, -^b \text{DIST_VIV});$ $p(A)$	x	0,4646 (-1170%)	-0,1682 (192%)	-0,4486 (1255%)	-0,0095 (19%)	-0,0086 (85%)
$\psi(A, - \text{PER});$ $p(A)$	-1,0296 (7%)	x	0,1241 (32%)	0,0363 (6%)	-0,0029 (75%)	-0,0478 (17%)
$\psi(A, - \text{PER_CORR});$ $p(A)$	-0,9117 (18%)	0,0173 (53%)	x	0,0432 (-11%)	-0,0029 (75%)	-0,0238 (59%)
$\psi(A);$ $p(A, - \text{DIST_VIV})$	-1,1214 (-1%)	0,0357 (2%)	0,1997 (-9%)	x	-0,0072 (39%)	-0,0584 (-2%)
$\psi(A);$ $p(A, - \text{PER})$	-1,0892 (2%)	0,0241 (34%)	0,1628 (11%)	0,0212 (45%)	x	-0,0565 (2%)
$\psi(A);$ $p(A, - \text{PER_CORR})$	-0,9535 (14%)	0,0107 (71%)	0,0380 (79%)	0,0392 (-1%)	-0,0028 (76%)	x

^aA = DIST_VIV + PER + PER_CORR;

^b(-): Retiro de la variable que le sucede.

Se destaca en amarillo a los coeficientes que tuvieron un cambio mayor al 10%.

TABLA 18. Estructura de los modelos evaluados para la probabilidad de ocupación y de detección de triatominos en chaguales presentes en Tranquilla.

Con variables incorporadas en ambos parámetros	Con modelo nulo en uno de los parámetros
$\Psi(\text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR});$ $\rho(\text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR})$	$\Psi(\text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR});$ $\rho(\cdot)$ o (día) $\Psi(\cdot);$ $\rho(\text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR})$ $\Psi(\cdot);$ $\rho(\text{PER_CORR})$

En el análisis del comportamiento de los coeficientes de regresión de las variables asociadas a chaguales en La Rinconada, resultó que para el modelo de probabilidad de ocupación, la variable DIST_VIV pudo ser descartada sin afectar a las demás ([Tabla 19](#)). Al igual que en las evaluaciones anteriores, se construyeron además modelos que consideraron nulo al modelo del parámetro complementario, incorporando las variables según la relación observada entre ellas. Los modelos en los que finalmente se evaluó su ajuste y estimación de coeficientes se describen en la [Tabla 20](#).

TABLA 19. Coeficientes de regresión de cada variable del modelo de probabilidad de ocupación (ψ) y del de probabilidad de detección (p) para puntos asociados a chaguales de La Rinconada, y sus cambios (%) frente al retiro de una de las variable (en rojo) en el modelo del parámetro respectivo.

LA RINCONADA	ψ			p		
Modelos	DIST_VIV	PER	PER_CORR	DIST_VIV	PER	PER_CORR
$\psi(A^a)$; $p(A)$	0,08145	0,11374	-0,13235	-0,09455	0,01093	-0,01766
$\psi(A, -^b \text{DIST_VIV})$; $p(A)$	x	0,10998 (3%)	-0,12585 (5%)	-0,08592 (9%)	0,01071 (2%)	-0,01918 (-9%)
$\psi(A, - \text{PER})$; $p(A)$	0,0467 (43%)	x	-0,11272 (15%)	-0,08115 (14%)	0,03970 (-263%)	-0,01844 (-4%)
$\psi(A, - \text{PER_CORR})$; $p(A)$	0,03643 (55%)	0,11734 (-3%)	x	-0,08404 (11%)	0,01166 (-7%)	-0,05 (-183%)
$\psi(A)$; $p(A, - \text{DIST_VIV})$	-0,00330 (104%)	0,10609 (7%)	-0,11665 (12%)	x	0,02235 (-104%)	-0,03197 (-81%)
$\psi(A)$; $p(A, - \text{PER})$	0,07905 (3%)	0,11949 (-5%)	-0,13204 (0%)	-0,09956 (-5%)	x	-0,01340 (24%)
$\psi(A)$; $p(A, - \text{PER_CORR})$	0,08263 (-1%)	0,11165 (2%)	-0,13779 (4%)	-0,09765 (-3%)	0,00886 (19%)	x

^aA = DIST_VIV + PER + PER_CORR;

^b(-): Retiro de la variable que le sucede.

Se destaca en amarillo a los coeficientes que tuvieron un cambio mayor al 10%

TABLA 20. Estructura de los modelos a evaluar para la probabilidad de ocupación y de detección de triatominos en chaguales de La Rinconada.

Con variables incorporadas en ambos parámetros	Con modelo nulo en uno de los parámetros
<p>$\Psi(\text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR});$ $\rho(\text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR})$</p> <p>$\Psi(\text{PER} + \text{PER_CORR});$ $\rho(\text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR})$</p> <p>$\Psi(\text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR});$ $\rho(\text{DIST_VIV})$</p> <p>$\Psi(\text{PER} + \text{PER_CORR});$ $\rho(\text{DIST_VIV})$</p>	<p>$\Psi(\text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR});$ $\rho(\cdot)$ o (día)</p> <p>$\Psi(\text{PER} + \text{PER_CORR});$ $\rho(\cdot)$ o (día)</p> <p>$\Psi(\text{PER});$ $\rho(\cdot)$ o (día)</p> <p>$\Psi(\cdot);$ $\rho(\text{DIST_VIV} + \text{PER} + \text{PER_CORR})$</p> <p>$\Psi(\cdot);$ $\rho(\text{DIST_VIV})$</p>

6.9. Influencia de variables asociadas a la dimensión y ubicación de chaguales en la probabilidad de captura y ocupación de triatominos, por localidad.

6.9.1. Modelos de ocupación de triatominos en chaguales de Tranquilla.

Los modelos evaluados en Tranquilla fueron 7 y sólo uno mostró tener el mejor ajuste ($\Delta AIC < 2$), el cual incorporaba un modelo de probabilidad de detección nulo con p específico por día ([Tabla 21](#)). De las variables incorporadas al modelo de probabilidad de ocupación, sólo DIST_VIV mostró un efecto significativo, con un coeficiente β de -0,92 y su respectivo Odds de 0,4 ([Tabla 22](#)).

TABLA 21. Estructura y valores de AIC para modelos de ocupación de triatominos en base a variables obtenidas en puntos de muestreo asociadas a chaguales en Tranquilla.

Modelo	AIC	Δ AIC	Peso AIC	Vero-similitud	Nº de Parámetros
Ψ (DIST_VIV + PER + PER_CORR); p (día)	431,17	0,00	0,7251	1,000	10
Ψ (DIST_VIV + PER + PER_CORR); p (.)	433,36	2,19	0,2426	0,3345	5
Ψ (DIST_VIV + PER + PER_CORR); p (DIST_VIV + PER + PER_CORR)	437,62	6,45	0,0288	0,0398	8
Ψ (.); p (DIST_VIV + PER + PER_CORR)	441,86	10,69	0,0035	0,0048	5
Ψ (.); p (día)	456,63	25,46	0,0000	0,0000	7
Ψ (.); p (.)	459,08	27,91	0,0000	0,0000	2
Ψ (.); p (PER_CORR)	460,65	29,48	0,0000	0,0000	3

En color se destacan los modelos con Δ AIC <2,0.

TABLA 22. Coeficientes de regresión β (\pm desviación estándar) de las variables de sitio asociadas a chaguales en Tranquilla, presentes en modelo de probabilidad de ocupación de triatominos, y sus respectivos Odds.

Variable	Coeficiente β	Exp β (Odds)
DIST_VIV	-0,92* (\pm 0,23)	0,4
PER	0,01 (\pm 0,38)	1,01
PER_CORR	0,035 (\pm 0,068)	1,04

(*): Estadísticamente significativos, con α de 0,05

6.9.2. Modelos de ocupación de triatominos en chaguales de La Rinconada.

Los modelos evaluados en La Rinconada fueron 11, de los cuales sólo uno resultó con el mejor ajuste, cuya estructura para la probabilidad de ocupación incorporó a las variables PER y PER_CORR, y para la probabilidad de detección, un modelo nulo de parámetros específicos por día ([Tabla 23](#)). Sólo PER tuvo un efecto significativo sobre la probabilidad de ocupación, cuyo coeficiente de regresión fue de 0,111 y su Odd respectivo fue de 1,12 ([Tabla 24](#)).

TABLA 23. Estructura y valores de AIC para modelos de ocupación de triatominos en base a variables obtenidas en puntos de muestreo asociadas a chaguales en La Rinconada.

Modelo	AIC	Δ AIC	Peso AIC	Vero-similitud	Nº de Parámetros
Ψ (PER + PER_CORR); p (día)	334,77	0,00	0,4682	1,0000	9
Ψ (PER); p (día)	335,39	0,62	0,3434	0,7334	8
Ψ (DIST_VIV + PER + PER_CORR); p (día)	336,77	2,00	0,1723	0,3679	10
Ψ (PER + PER_CORR); p (DIST_VIV)	342,85	8,08	0,0082	0,0176	5
Ψ (DIST_VIV + PER + PER_CORR); p (DIST_VIV)	344,41	9,64	0,0038	0,0081	6
Ψ (PER + PER_CORR); p (DIST_VIV + PER + PER_CORR)	346,46	11,69	0,0014	0,0029	7
Ψ (.); p (DIST_VIV)	346,59	11,82	0,0013	0,0027	3
Ψ (DIST_VIV + PER + PER_CORR); p (DIST_VIV + PER + PER_CORR)	348,04	13,27	0,0006	0,0013	8
Ψ (.); p (DIST_VIV + PER + PER_CORR)	348,11	13,34	0,0006	0,0013	5
Ψ (.); p (.)	350,09	15,32	0,0002	0,0005	2
Ψ (PER); p (.)	364,56	29,79	0,0000	0,0000	3
Ψ (PER + PER_CORR); p (.)	366,56	31,79	0,0000	0,0000	4
Ψ (DIST_VIV + PER + PER_CORR); p (.)	368,56	33,79	0,0000	0,0000	5

En color se destacan los modelos con Δ AIC <2,0.

TABLA 24. Coeficientes de regresión β (\pm desviación estándar) de las variables de sitio asociadas a chaguales en La Rinconada, presentes en modelo de probabilidad de ocupación de triatominos, y sus respectivos Odds.

Variable	Coeficiente β	Expβ (Odds)
PER	0,111* (\pm 0,046)	1,12
PER_CORR	-0,128 (\pm 0,081)	0,88

(*): Estadísticamente significativos, con α de 0,05

6.10. Análisis de las variables asociadas a los puntos de muestreo en Pircas.

6.10.1 Correlación entre variables asociadas a pircas.

De las variables cuantitativas asociadas a Pircas, sólo ALT_P tuvo distribución normal (Tabla 25), por lo que también se evaluó la correlación entre ellas a través del coeficiente de correlación de Spearman (ρ).

La Localidad (TULH) tuvo una fuerte correlación negativa con DIST_VIV y una correlación positiva media y leve con ALT_P y ANCH_P, respectivamente. Entre estas dos últimas variables también hubo correlación positiva leve, y entre ALT_P y DIST_VIV, una correlación negativa leve, mientras que no hubo correlación significativa entre ANCH_P y DIST_VIV ([Tabla 26](#)).

Aún frente a los resultados de ρ , no se observó de forma visual una relación lineal clara entre las variables cuantitativas ([Figura 24](#)).

TABLA 25. Test de normalidad de Shapiro-Wilk para variables continuas asociadas a puntos en pircas

Variable	Nº Observaciones	W	V	Z	Valor p
DIST_VIV	155	0,81479	22,164	7,036	<0,00001
ANCH_P	155	0,92819	8,594	4,885	<0,00001
ALT_P	155	0,98782	1,458	0,856	0,19596

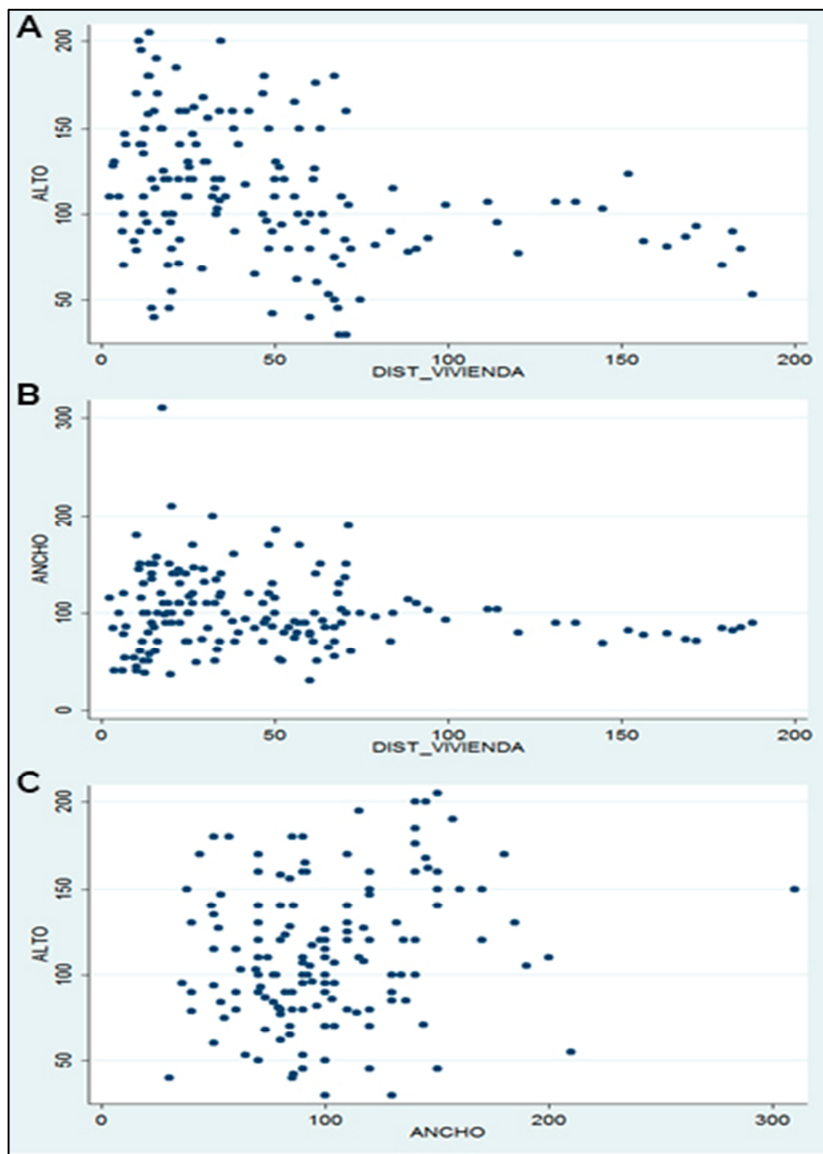


FIGURA 24. Diagramas de correlación entre variables cuantitativas asociadas al sitio de muestreo en pircas. A) DIST_VIV – ALT_P; B) DIST_VIV – ANCH_P; C) ANCH_P – ALT_P.

TABLA 26. Índices de correlación de Spearman (ρ) entre las variables de tipo cuantitativa asociadas a pircas; y biserial puntual (r_{bp}) entre TULH y el resto de variables asociadas a pircas, junto con sus niveles de significación (p).

Variables	TULH	DIST_VIV	ANCH_P	ALT_P
TULH	ρ : 1,000			
DIST_VIV	r_{bp} : -0,673* p : <0,0001	ρ : 1,000		
ANCH_P	r_{bp} : 0,269* p : 0,0002	ρ : -0,0565 p : 0,4850	ρ : 1,000	
ALT_P	r_{bp} : 0,537* p : <0,0001	ρ : -0,3610* p : <0,0001	ρ : 0,2268* p : 0,0045	ρ : 1,000

6.10.2. Confusión entre variables asociadas a Pircas

En el análisis de comportamiento de los coeficientes de regresión de cada variable asociada a los puntos en pircas, se observó que la variable TULH pudo ser retirada del modelo de ocupación sin causar efecto en las restantes ([Tabla 27](#)), permitiendo así dos estructuras de modelo, los que son entregados en la [Tabla 28](#). Al igual que con los datos en chaguales, se construyeron adicionalmente modelos con variables asociadas al sitio tanto para la probabilidad de ocupación como para la probabilidad de detección, considerando nulo al modelo del parámetro complementario, considerando la relación observada entre las variables dentro del modelo para el parámetro respectivo ([Tabla 28](#)).

TABLA 27. Coeficientes de regresión de cada variable del modelo de probabilidad de ocupación (ψ) o del de probabilidad de detección (p) para puntos asociados a pircas, y sus cambios (%) frente al retiro de una de las variable (en rojo) en el modelo del parámetro respectivo.

Modelos	ψ				p			
	TULH	DIST_VIV	ANCH_P	ALT_P	TULH	DIST_VIV	ANCH_P	ALT_P
ψ (A ^a); p (A)	0,0333	0,0115	-0,0037	0,0173	-1,7124	-0,0535	0,0165	0,0147
ψ (A, - ^b TULH); p (A)	X	0,0111 (4%)	-0,0036 (1%)	0,0173 (0%)	-1,6767 (2%)	-0,0531 (1%)	0,0164 (0%)	0,0147 (0%)
ψ (A, - DIST_VIV); p (A)	-0,4996 (1600%)	X	-0,0028 (25%)	0,0177 (-2%)	-1,1509 (33%)	-0,0449 (16%)	0,0161 (2%)	0,0144 (2%)
ψ (A, - ANCH_P); p (A)	-0,1593 (578%)	0,0087 (25%)	X	0,0168 (3%)	-1,5408 (10%)	-0,0515 (4%)	0,0146 (11%)	0,0152 (-3%)
ψ (A, - ALT_P); p (A)	0,7183 (-2056%)	0,0206 (-79%)	-0,0025 (33%)	X	-1,7669 (-3%)	-0,0585 (-9%)	0,0129 (22%)	0,0214 (-46%)
ψ (A); p (A, - TULH)	-1,0801 (3342%)	0,0015 (87%)	-0,0025 (31%)	0,0166 (4%)	X	-0,0365 (32%)	0,0134 (19%)	0,0155 (-5%)
ψ (A); p (A, - DIST_VIV)	-6,9447 (20948%)	-0,0437 (479%)	0,0022 (160%)	0,0159 (8%)	2,8860 (269%)	X	0,0059 (64%)	0,0182 (-24%)
ψ (A); p (A, - ANCH_P)	-32,0702 (96372%)	-0,0327 (384%)	0,0031 (184%)	0,0145 (16%)	1,9586 (214%)	-0,0242 (55%)	X	0,0224 (-52%)
ψ (A); p (A, - ALT_P)	-0,1150 (445%)	0,0054 (53%)	-0,0065 (-76%)	0,0236 (-36%)	-1,4163 (17%)	-0,0473 (12%)	0,0242 (-47%)	X

^aA = TULH + DIST_VIV + ANCH_P + ALT_P;

^b(-): Retiro de la variable que le sucede.

Se destaca en amarillo a los coeficientes que tuvieron un cambio mayor al 10%.

TABLA 28. Estructura de los modelos a evaluar para la probabilidad de ocupación y de detección de triatominos en pircas.

Con variables incorporadas en ambos parámetros	Con modelo nulo en uno de los parámetros
$\Psi(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P});$ $p(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P})$ $\Psi(\text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P});$ $p(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P})$	$\Psi(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P});$ $p(.)$ o (día) $\Psi(\text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P});$ $p(.)$ o (día) $\Psi(\text{ALT_P});$ $p(.)$ o (día) $\Psi(.);$ $p(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P})$

6.11. Influencia de variables asociadas a la dimensión y ubicación de pircas en la probabilidad de captura y ocupación de triatominos.

Se evaluaron 11 modelos, resultando sólo uno con mejor ajuste ($\Delta AIC < 2,0$), el cual incorporó un modelo nulo para la probabilidad de ocupación y todas las variables de sitio para la probabilidad de detección ([Tabla 29](#)).

Sólo DIST_VIV y ALT_P ejercieron un efecto significativo sobre la probabilidad de detección de triatominos en pircas, siendo negativo y positivo, respectivamente. Los valores de éstos y el de las demás variables, además de sus respectivos Odds, son detallados en la [Tabla 30](#). Para DIST_VIV, cuyo Odd fue menor a 1, se obtuvo una inversa para fines interpretativos, correspondiente a 1,56.

TABLA 29. Estructura y valores de AIC para modelos de ocupación de triatomos en base a variables obtenidas en puntos de muestreo asociadas a Pircas.

Modelo	AIC	Δ AIC	Peso AIC	Vero-similitud	N° de Parámetros
$\Psi(\cdot);$ $p(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P})$	185;97	0	0;7338	1	6
$\Psi(\text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P});$ $p(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P})$	188;69	2;72	0;1883	0;2567	9
$\Psi(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P});$ $p(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P})$	190;68	4;71	0;0696	0;0949	10
$\Psi(\text{ALT_P});$ $p(\text{día})$	196;58	10;61	0;0036	0;005	8
$\Psi(\text{ALT_P});$ $p(\cdot)$	197;27	11;3	0;0026	0;0035	3
$\Psi(\text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P});$ $p(\text{día})$	199;82	13;85	0;0007	0;001	10
$\Psi(\text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P});$ $p(\cdot)$	200;51	14;54	0;0005	0;0007	5
$\Psi(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P});$ $p(\text{día})$	201;28	15;31	0;0003	0;0005	11
$\Psi(\text{TULH} + \text{DIST_VIV} + \text{ANCH_P} + \text{ALT_P});$ $p(\cdot)$	201;98	16;01	0;0002	0;0003	6
$\Psi(\cdot);$ $p(\text{día})$	204;44	18;47	0;0001	0;0001	7
$\Psi(\cdot);$ $p(\cdot)$	205;12	19;15	0;0001	0;0001	2

En color se destacan los modelos con Δ AIC <2,0.

TABLA 30. Coeficientes de regresión β (\pm desviación estándar) de las variables de sitio asociadas a pircas, presentes en modelo de probabilidad de detección de triatomos, y sus respectivos Odds.

Variable	Coeficiente β	Expβ (Odds)
TULH	-0,96 (\pm 1,31)	0,38
DIST_VIV	-0,44* (\pm 0,2)	1,56**
ANCH_P	1,19 (\pm 0,89)	3,29
ALT_P	2,1* (\pm 0,77)	8,17

(*): Estadísticamente significativos, con α de 0,05.

(**): Odd inverso obtenido de 1/Odd

7. DISCUSIÓN

Nuevamente se reportaron capturas de *M. spinolai* en chaguales y pircas, presentes en localidades rurales de la zona centro-norte de Chile. Al igual que en capturas anteriores (Antonella *et al.*, 2006; 2010; Estadella *et al.*, 2015), hubo una mayor proporción de estadios ninfales, en especial del estadio I, respaldando a estos ecotopos como sitios asociados a la reproducción de la especie.

Este estudio es la primera evaluación de infestación de sitios asociados a chaguales y pircas considerando la sensibilidad del método de captura, consistente en trampas con cebo en base a fermentación de azúcar por levaduras. Las estimaciones fueron basadas en los modelos de ocupación estándar propuestos por Mackenzie *et al.* (2006), con los que se obtuvo una probabilidad de detección en torno a 0,3, tanto en chaguales como en pircas. Pese a ser un valor menor al observado para otras trampas de triatominos en palmas o en domicilios (Abad-Franch *et al.*, 2010; Rojas de Arias *et al.*, 2012), las probabilidades de ocupación obtenidas no fueron significativamente mayores a la hecha por estimación simple, ya sea por localidad o por tipo de ecotopo, como sí ocurrió en aquellos estudios, pese a que sus varianzas de ψ fueron mayores.

Con los resultados obtenidos se justificó el esfuerzo de muestreo, ya que según las simulaciones de Mackenzie y Royle (2005), para $\psi = 0,6$ en chaguales; $\psi = 0,1$ en pircas; y $p = 0,3$ en ambos ecotopos, el número de muestreos necesarios para minimizar la varianza sería de 6 repeticiones en chaguales y 5 repeticiones en pircas (Anexo, [Tabla A3](#)). Por otro lado, las estimaciones de ocupación sí fueron significativamente distintas al índice obtenido con los resultados de un sólo día y, además, en chaguales se pudo observar claramente que la exactitud y la precisión de ψ mejoraban conforme

se aumentaba el número de muestreos, pudiendo haberse subestimado el índice de infestación simple con menos de cinco días consecutivos de muestreo, recalcando así la necesidad de realizar varias repeticiones para un mejor diagnóstico de la infestación en una zona.

En chaguales, la probabilidad de detección mostró variación entre muestreos con tendencias diferentes entre ambas localidades, aunque no se pudo observar una diferencia significativa entre ellas. Factores de variación diaria que puedan afectar la detección de *M. spinolai* por parte de las trampas con cebo de levadura, como la velocidad y dirección del viento, son buenos candidatos a evaluar en futuros análisis de ocupación de esta especie en chaguales, al depender la detección, en parte, de la capacidad de atracción del cebo. La temperatura ambiental también puede ser un factor importante, tanto en la detección como en la ocupación de *M. spinolai*, ya que además de afectar la producción y dispersión del CO₂ en el punto, influye en la actividad de los triatomíneos. Estos insectos presentan termopreferencia de ritmo diario y expresan una clara termo e higropreferencia en la selección de sus refugios (Lorenzo y Lazzari, 1999; Lazzari *et al.*, 2013). *M. spinolai* tiene una temperatura preferencial promedio de 24,8°C y un ciclo de termopreferencia hacia temperaturas más altas entre las 16:00 y 20:00 hrs (Canals *et al.*, 1998).

Pese a que la correlación y confusión entre las variables de sitio evaluadas dificultaron ver su efecto de forma separada, quedó de manifiesto que la localidad tuvo un efecto en la probabilidad de ocupación de chaguales muy por sobre la distancia a la vivienda más cercana y el perímetro, con mayores odds de ocupación en La Rinconada que en Tranquilla. Por consiguiente, otras variables explicativas contenidas en la variable localidad deben ser consideradas en futuros modelos de ocupación, e idealmente la evaluación de más de dos localidades o más áreas dentro de una misma

localidad, de forma tal de poder hacer una mejor diferenciación de otros aspectos como el clima o la altura.

De forma paralela a este estudio, se realizó captura de micromamíferos silvestres en puntos cercanos a los de las trampas de triatominos, encontrándose mayor número de individuos y especies capturadas en La Rinconada que en Tranquilla (Bacigalupo *et al.*, 2016), por lo que una mayor disponibilidad de hospederos en La Rinconada pudo haber sido un factor influyente en el resultado, el cual ya ha mostrado ser significativo en modelos para otros sistemas de triatominos (Valença-Barbosa *et al.*, 2014). Incorporar este factor en futuros modelos requiere de una buena definición de las variables que lo expliquen. En base a la metodología con trampas de captura viva, se podrían usar variables de sitio como, por ejemplo, la presencia de captura de micromamíferos en puntos asociados a puntos de captura de triatominos establecidos en base al ámbito de hogar de las especies; o bien, la distancia entre los puntos para vinchucas y los puntos con captura de micromamíferos.

La Distancia a vivienda más cercana mostró un efecto negativo en la ocupación de *M. spinolai* en los puntos asociados a chaguales, lo que contradeciría las conclusiones de Bacigalupo (2016), en donde se observó una relación inversa. No obstante, más allá de la diferencia de escala de ambos estudios, la interpretación de la variable DIST_VIV para el modelo de ocupación general de los puntos asociados a chaguales queda en duda al haber un sesgo asociado a la localidad, ya que en Tranquilla tal efecto negativo fue más acentuado, mientras que en La Rinconada perdió significancia; y además, por la poca representación de viviendas, con las dos de Tranquilla ubicadas en una misma dirección. Es probable que DIST_VIV esté siendo confundida por otro factor, como por ejemplo, la presencia de un corral de cabras en Tranquilla, el cual se encontraba ubicado frente a la vivienda más cercana. Para una mejor evaluación de este tipo de variables sería favorable caracterizar las

construcciones humanas en base a la presencia de elementos que favorezcan colonización, tales como pircas, gallineros, corrales, material de la casa, presencia de animales domésticos, entre otros.

La variable PER_CORR, la cual fue un intento de separar del perímetro el posible efecto de haber varias trampas en un mismo chagual, no tuvo significancia, mientras que la variable de perímetro *per se* (PER) solamente fue significativa en los puntos asociados a chaguales en La Rinconada, aumentando en 1,12 veces las chances de ocupación con cada metro de perímetro del chagual. Aunque un mayor perímetro podría estar indicando una mayor capacidad para dar refugio a los triatomíneos, en vista a las diferencias entre localidades, el perímetro podría también estar comportándose como un indicador de refugio para micromamíferos (Bacigalupo *et al.*, 2016), lo cual queda como hipótesis para futuros estudios.

Por su parte, en los puntos asociados a pircas, la probabilidad de detección de triatomíneos se mostró afectada de forma negativa a DIST_VIV y positiva a ALT_P, cuyos valores de odd indicarían que por cada 10 metros de distancia entre un punto asociado a una pirca y la vivienda más cercana, la probabilidad de detectar a un triatomíneo presente en ese punto de la pirca disminuye 1,56 veces, mientras que por cada metro de altura de la pirca, esta probabilidad aumenta 8,17 veces. La explicación de ambas relaciones no está clara; en especial con la altura, que es contraria a lo que uno esperaría de un método de detección basado en la dispersión y atracción por parte de un cebo.

Entre las posibles fuentes de heterogeneidad entre sitios para la probabilidad de detección, la abundancia de cada uno de ellos es siempre una alternativa (Royle y Nichols, 2003; Mackenzie *et al.*, 2006), la cual pudo estar interfiriendo en la relación observada en pircas. Considerando el número de triatomíneos capturados como aproximación a la abundancia (Anexo, [Tabla A7](#)),

se observa que hubo un grado de correlación negativo con la altura de la pirca y positivo con la distancia a la vivienda asociada, además de correlación negativa entre estas dos últimas (Tabla 31), que si bien no fueron significativos al considerar sólo los puntos con detección (bajo tamaño muestral; $n=14$), sí lo fue al considerar la totalidad de puntos evaluados ($n= 156$), aunque con menor intensidad.

TABLA 31. Índices de correlación de Spearman (ρ) y su nivel de significación (p) entre el número de triatominos capturados, la altura de la pirca y la distancia a la vivienda más cercana, para los puntos asociados a pircas que tuvieron detección (bajo diagonal) y para la totalidad de puntos (sobre diagonal).

Variables	NÚMERO DE TRIATOMINOS	ALT_P	DIST_VIV
NÚMERO DE TRIATOMINOS	1	ρ : 0,22 p : 0,0053 n : 156	ρ : -0,16 p : 0,038 n : 156
ALT_P	ρ : 0,47 p : 0,0891 n : 14	1	ρ : -0,36 p : <0,001 n : 156
DIST_VIV	ρ : -0,45 p : 0,10 n : 14	ρ : -0,09 p : 0,73 n : 14	1

Cuando la probabilidad de detección depende de la abundancia de individuos en el sitio, su heterogeneidad puede llevar a sesgos en las estimaciones tanto de la probabilidad de detección como de ocupación, además de encontrar relaciones engañosas entre la ocupación y otras covariables (Welsh *et al.*, 2013). Como esta relación es un aspecto que no es evaluado en los modelos estándar de ocupación, algunos investigadores han cuestionado la validez de su marco estadístico, ya que el sesgo generado puede ser de magnitud similar al obtenido cuando se ignora la detección (Welsh *et al.*, 2013). No obstante, esto ocurre en situaciones de heterogeneidad extrema en donde las probabilidades de detección de los sitios ocupados se distribuyen entre valores muy cercanos a 0 y muy cercanos a 1 (Guillera-Arroita *et al.*, 2014). Por lo general, ignorar la detección imperfecta conlleva a que la probabilidad de ocupación y de detección se confundan, y que de esta manera, existan posibilidades de obtener estimadores de ocupación similares para parámetros reales de magnitudes muy diferentes, haciéndose desconocida la magnitud del error (Guillera-Arroita *et al.*, 2014). Ya que no es posible incorporar a la abundancia como fuente de heterogeneidad de p bajo los modelos estándar, es imprescindible un buen diseño de muestreo e identificación de otras covariables influyentes (Mackenzie *et al.*, 2006). En casos donde se piense que la abundancia es la principal fuente de heterogeneidad, es recomendable realizar otros modelos que se obtienen a partir de su variación (Mackenzie *et al.*, 2006). Más allá de los objetivos del presente estudio, aspectos metodológicos hacen imposible la consideración de este tipo de modelos, lo cual será discutido más adelante.

Finalmente, ninguna de las variables de sitio consideradas pudo dar cuenta de la variabilidad de la probabilidad de ocupación en este ecotopo. Se requiere entonces de una mejor caracterización de las pircas en cada punto. Como posible influyente en la infestación de *M. spinolai* a estas estructuras está

la presencia de ramas por encima de la pirca, las que son usadas como barrera adicional, en especial con ramas de espino, ya que algunas capturas coincidieron con esta característica, pero no fue registrada exhaustivamente en todos los puntos para haber sido incluida en el análisis, además que ha estado presente en capturas previas (Bacigalupo *et al.*, 2010) y posteriores a las del presente estudio¹. La presencia de materia orgánica ya ha mostrado ser un factor influyente en la ocupación de triatomíneos en palmas (Abad-Franch *et al.*, 2010).

Los resultados obtenidos acercan al entendimiento de la infestación de *M. spinolai*, e invitan a evaluar nuevos factores que puedan indicar un mayor o menor riesgo de infestación de chaguales y pircas por esta especie de triatómimo. Sin embargo, la interpretación de los parámetros, y posiblemente su forma de relación con las características de sitio evaluadas, deben realizarse con reparo o incluso con una mirada diferente a lo habitual de un estudio de ocupación. Esto porque el diseño de muestreo utilizado tiene algunas diferencias con los del modelo estándar para una especie en una temporada, lo que dificulta el cumplimiento de algunos de sus supuestos.

Bajo los modelos de Mackenzie *et al.* (2006), se asume que 1) el estado de ocupación en cada sitio no cambia durante el periodo de estudio; es decir, los sitios están "cerrados" a cambios en la ocupación; (2) la probabilidad de ocupación es constante en todos los sitios, o las diferencias en la probabilidad de ocupación se modelan utilizando covariables; (3) la probabilidad de detección es constante entre los sitios y entre muestreos o es función de covariables asociadas al sitio o al muestreo; no hay heterogeneidad no modelada en las probabilidades de detección; y (4) la detección de la especie y los historiales de detección en cada sitio son independientes.

¹ **BACIGALUPO, A.** 2017. [Comunicación Personal]. U. de Chile, Fac. de Cs. Veterinarias y Pecuarias. Laboratorio de Ecología.

En este estudio, el tamaño del sitio no está definido. Aunque es un aspecto importante, ya que determina el diseño del estudio, la definición del sitio, curiosamente, suele no estar explicitada entre los diversos estudios de ocupación publicados (Efford y Dawson, 2012; Bailey *et al.*, 2014). Una forma de ver los sitios de muestreo de este estudio es a través del área de influencia que tiene la trampa con cebo, y el estado de ocupación definido por los triatominos presentes en ella. Esta área de influencia no obstante es de magnitud desconocida, requiriéndose pruebas de campo que midan la distancia máxima a la cual una trampa de levadura en fermentación puede atraer triatominos, para establecer al menos un tamaño de sitio potencial. Estadella *et al.* (2015) de forma arbitraria consideraron una área de influencia de 78,5 m² (radio de 5 m), para cálculos de densidad en pircas y chaguales, incluyendo así al ámbito de hogar promedio de *M. spinolai* que ha sido estimado en 47,2 ± 17,2 m² (Botto-Mahan *et al.*, 2005a). En el presente estudio, la separación de las trampas en pircas cumple con este valor arbitrario, no obstante en chaguales, muchas de ellas se ubicaron a menores distancias, donde dos o más puntos podrían estar siendo ocupados por los mismos triatominos, posibilitando así el movimiento de individuos entre sitios. Favorablemente, la independencia entre sitios no se ve afectada a causa de la detección de un mismo ejemplar en dos trampas de forma simultánea ya que es imposible, debido a la extracción diaria de los ejemplares. Un posible tamaño de sitio más pequeño que el ámbito de hogar, no obstante, posibilita que durante el período de estudio, los triatominos entren y salgan dentro de ellos, cambiando así el estado de ocupación de éstos. Frente a la posibilidad de movimiento de individuos entre sitios se han propuesto distintas soluciones, desde modelos de ocupación multi-escala (espacial o temporal) (Nichols *et al.*, 2007; 2008; Mackenzie *et al.*, 2009) a incluso redefinir el concepto de ocupación. MacKenzie y Royle (2005), siempre y cuando el movimiento de entrada y salida del sitio fuera aleatorio, sugieren que el término ocupación debería ser reemplazado por “uso”, lo que lleva al

concepto de “proporción del área utilizada”, el cual frecuentemente será mayor que la proporción de área en donde la especie se encuentra físicamente. Si la ocupación es usada como sustituto de la abundancia, el grado de uso puede ser irrelevante e incluso engañoso para especies con un ámbito de hogar relativamente grande en comparación con la unidad de muestreo, ya que la proporción de área “usada” puede llegar a ser cercana al 100%, aunque el tamaño de la población sea muy pequeño (Mackenzie y Royle, 2005). Efford y Dawson (2012), cuando los sitios de muestreo no están impedidos de movimientos transfronterizos dentro del ámbito de hogar, llaman ocupación asintótica al área acumulada utilizada a lo largo del tiempo. Bajo este concepto, los autores evaluaron el efecto de distintas relaciones entre el tamaño del sitio, el tamaño y dispersión del ámbito de hogar y la densidad. Por lo general, el sesgo en la ocupación no es importante al usar sitios muy grandes con respecto al ámbito de hogar. Por el contrario, el uso de sitios comparativamente muy pequeños puede llevar a una sobrestimación de la ocupación (Hayes y Monfils, 2015). Conforme el tamaño del sitio tiende a cero, la ocupación viene a ser determinada por el producto de la densidad y el área del ámbito de hogar y por la dispersión de este último. En este tipo de situaciones, el sitio corresponde a un punto muestral y la ocupación asintótica es entonces la proporción de hábitat que se encuentra dentro de al menos un ámbito de hogar y el término “proporción de área ocupada” se restringe a esta medida cuando el hábitat es continuo (Efford y Dawson, 2012). Ante la indefinición del tamaño de sitio, resulta más conveniente que la estimación de ψ del presente estudio sea interpretada bajo esta mirada, considerando la ubicación de las trampas como puntos muestrales, sabiendo además que la proporción de hábitat incorpora a múltiples ámbitos de hogar.

Todos estos puntos de vista entregados por los distintos investigadores citados se basan en un diseño de muestreo en el que los individuos son solamente detectados y no retirados del sitio, lo que lo diferencia de la

metodología del presente estudio. El retiro de ejemplares de triatominos en cada día de captura genera incertidumbre en que, en primer lugar, puede haber aún más heterogeneidad en la probabilidad de detección asociada a la abundancia del sitio, por cambios de ésta durante el período de muestreo. El cambio diario de abundancia en los sitios podría ser incluso una explicación al cambio diario de p observado en chaguales. Royle y Nichols (2003), han desarrollado un modelo que toma en cuenta la heterogeneidad asociada a la abundancia del sitio, con el que inclusive es posible estimar la densidad, no obstante, requiere que el número de individuos se mantenga constante durante el período de muestreo, por lo que no es posible de hacer con los datos obtenidos.

En segundo lugar, la extracción de ejemplares abre la posibilidad de que el estado de ocupación del sitio cambie ante un retiro completo de los triatominos presentes y, por consiguiente, que haya una subestimación de la probabilidad de detección. Esto hace que nuevos supuestos deban incorporarse, como lo son: que el número de triatominos presentes en el sitio sea el suficiente para evitar su extinción en él; ó, que exista colonización inmediata una vez retirados todos los triatominos del sitio. Ambos parecen difíciles de ocurrir, aunque la densidad de *M. spinolai* ha mostrado que puede ser bastante alta, reportándose una densidad relativa promedio de 78,95 ind/m² en zonas pedregosas de Colina, Región Metropolitana, con máximas de hasta 200 individuos/m² (Pinochet, 1997). En chaguales y pircas, Estadella *et al.* (2015) reportaron valores de densidad relativa promedio en torno a 3 individuos/100 m². No obstante, en ambos casos los métodos de captura y el área de influencia fueron diferentes, éstas últimas establecidas de forma arbitraria en 1m² en el caso de Pinochet (1997) y 78,5 m² en el de Estadella *et al.* (2015). Utilizando el método de cálculo de los últimos, ya que fue hecho en los mismos ecotopos y con el mismo método de captura, la densidad relativa

para los sitios evaluados estuvo en torno a 5 individuos/100 m², tanto en chaguales como en pircas.

Una manera de resolver el posible problema causado por el retiro de ejemplares es la consideración de los historiales de captura bajo un modelo de remoción. Con este tipo de diseño muestral, en cada sitio se puede realizar un máximo de K muestreos, el cual se detiene una vez detectada la especie en él (Mackenzie *et al.*, 2006). Los muestreos que son realizados después de que la especie fue detectada en un sitio no se cuentan en el análisis, y pueden ser considerados como observaciones perdidas en el programa PRESENCE. Por ejemplo, si en el presente estudio un punto sólo obtuvo capturas los días 4 y 5, el historial del punto se expresa como "0001--". En este caso especial, las probabilidades específicas por muestreo no pueden ser estimadas, aunque la imposición de una única restricción (por ejemplo, $p_{K-1} = p_K$) hace que las probabilidades de detección restantes sean estimables, o pueden ser una función de covariables. Bajo este diseño, el modelo de verosimilitud donde las probabilidades de detección son constantes, se puede expresar como:

$$L(\psi, \rho | HC_{r1}, HC_{r2}, \dots, HC_{rS}) = \left[\psi^{S_D} \rho^{S_D} (1 - \rho)^{\sum_{i=1}^{S_D} (t_i - S_D)} \right] \left[\psi(1 - \rho)^K + (1 - \psi) \right]^{S - S_D}$$

Donde HC_r es el historial con diseño de remoción de cada sitio; S es el total de sitios evaluados; K es el número total de muestreos; S_D es el número de sitios donde la especie fue detectada al menos una vez; t_i es el número de muestreos requeridos hasta que la especie fue detectada en el sitio i, con la sumatoria aplicada solamente a los S_D sitios en donde la especie fue detectada.

El diseño de muestreo con remoción suele ser más eficiente que el diseño estándar, en términos de obtener varianzas menores para la probabilidad de ocupación, en especial si la probabilidad de detección es constante. Sin embargo, requiere de una estrategia de muestreo con mayor número de repeticiones por sitio que el estándar, frente a igual ψ y p esperados, y es menos flexible para modelar y explorar potenciales fuentes de variación en la probabilidad de detección (Mackenzie y Nichols, 2005). Tomando nuevamente los resultados obtenidos como parámetros esperados para un diseño de muestreo con remoción, es decir, $\psi = 0,6$ en chaguales; $\psi = 0,1$ en pircas y $p = 0,3$ en ambos, las simulaciones de Mackenzie y Nichols (2005) sugieren realizar 9 muestreos consecutivos en chaguales y 7 en pircas (Anexo, [Tabla A4](#)). No obstante, la estimación de ψ y su varianza a partir de los datos de captura registrados en el presente estudio, pero bajo este tipo de diseño, resultan similares a los presentados en los resultados, en ambos ecotopos, así como también los valores de p , pero con varianzas mayores y, nuevamente, el índice de infestación simple no fue significativamente distinto ($\alpha = 0,05$) (Anexo, Tablas [A5](#) y [A6](#)).

La resolución de no extraer ejemplares en cada muestreo, aunque pueda ser lo más conveniente para objetivos como los del presente estudio, lidia con la necesidad de evaluar la infección de estos vectores con el parásito *T. cruzi*, por lo que el manejo de datos bajo un diseño de remoción parece ser entonces una mejor alternativa para futuros análisis de infestación de *M. spinolai* que consideren la detección imperfecta, además de la incorporación de nuevas variables, de sitio o de muestreo, como las previamente mencionadas.

Este es el primer análisis cuantitativo de infestación en este tipo de ambientes, el cual refuerza la idea de que chaguales y pircas pueden representar lugares de alto riesgo de contacto con triatominos. Particularmente en chaguales, donde la proporción de hábitat ocupado por *M. spinolai* estuvo

entre 0,44 y 0,68. Las pircas evaluadas, aunque mostraron una baja proporción de hábitat ocupado por este triatomino, aun representan un alto riesgo por la cercanía a viviendas. En la localidad de Tuluahuén se observaron pircas con presencias a sólo 3 metros de distancia de la vivienda más cercana. Medidas preventivas debiesen ser tomadas por las personas que transitan o estén en cercanía de este tipo de ambientes en las zonas de distribución de *M. spinolai*, y promovidas por las autoridades de salud a fin de continuar evitando la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas. Aunque *Triatoma infestans* no mostró estar presente en las pircas y chaguales de las localidades evaluadas, los registros previos de esta especie en puntos aislados (Bacigalupo *et al.*, 2006; 2010) sugieren que hay que seguir buscando.

8. CONCLUSIONES

Una mejor evaluación de la infestación de triatominos en chaguales y pircas, particularmente de *M. spinolai*, requiere de un muestreo repetido al realizar captura con trampas de cebo de levadura y azúcar, ya que al menos con un sólo día de estudio no es suficiente.

La probabilidad de detectar ejemplares de *M. spinolai* con trampas de cebo de levadura y azúcar en chaguales y pircas muestra estar en torno a 0,3, aunque presenta variaciones diarias en los puntos asociados a chaguales.

La proporción de hábitat de chaguales ocupados por *M. spinolai* no obedece a la distancia a la vivienda más cercana ni al perímetro del chagual sino a otras variables particulares de cada localidad. Por su parte, la detección de *M. spinolai* con estas trampas en puntos asociados a pircas puede ser influida negativamente por la distancia a la vivienda más cercana y positivamente por la altura de la pirca, aunque la variación de la abundancia entre sitios requiere de atención para poder establecer una relación más clara.

9. BIBLIOGRAFÍA

ABAD-FRANCH, F.; FERRAZ, G.; CAMPOS, C.; PALOMEQUE, F. S.; GRIJALVA, M. J.; AGUILAR, H. M.; MILES, M. A. 2010. Modeling disease vector occurrence when detection is imperfect: infestation of Amazonian palm trees by triatomine bugs at three spatial scales. *PLoS neglected tropical diseases*. 4: e620.

ABAD-FRANCH, F.; LIMA, M. M.; SARQUIS, O.; GURGEL-GONÇALVES, R.; SÁNCHEZ-MARTÍN, M.; CALZADA, J.; SALDAÑA, A.; MONTEIRO, F.A.; PALOMEQUE, F.S.; SANTOS, W.S. 2015. On palms, bugs, and Chagas disease in the Americas. *Acta Trop*. 151: 126-141.

ABRAHAN, L.B.; GORLA, D. E.; CATALÁ, S. S. 2011. Dispersal of *Triatoma infestans* and other Triatominae species in the arid Chaco of Argentina: flying, walking or passive carriage? The importance of walking females. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 106: 232-239.

ALVES, C. L.; ARAUJO, R. N.; GONTIJO, N. F.; PEREIRA, M. H., 2011. Importance and physiological effects of hemolymphagy in triatomines (Hemiptera: Reduviidae). *J Med Entomol*. 48: 372-381.

BACIGALUPO, A. 2016. Modelo predictivo de la distribución de triatominos a escala local. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

BACIGALUPO, A.; SEGURA, J. A.; GARCÍA, A.; HIDALGO, J.; GALUPPO, S.; CATTAN, P. E. 2006. Primer hallazgo de vectores de la enfermedad de Chagas asociados a matorrales silvestres en la Región Metropolitana; Chile. *Rev Med Chile*. 134; 1230-1236.

BACIGALUPO, A.; TORRES-PÉREZ, F.; SEGOVIA, V.; GARCÍA, A.; CORREA, J. P.; MORENO, L.; ARROYO, P.; CATTAN, P. E. 2010. Sylvatic foci of the Chagas disease vector *Triatoma infestans* in Chile: description of a new focus and challenges for control programs. Mem Inst Oswaldo Cruz. 105: 633-641.

BACIGALUPO, A. NÚÑEZ, I.; LÁRTIGA, N.; PUEBLA, M.; CORTÉS, L.; SUROT, D.; ROJO, G.; BARRIENTOS, C.; ÁLVAREZ, M.; REICHER, C.; DE LA RIVERA, A.; SEPÚLVEDA, C.; GONZÁLEZ, M. F.; TOMAZ, A.; HERNÁNDEZ, J.; CATTAN, P. E. 2011. Epidemiología y vigilancia de enfermedades tropicales. Enfermedad de Chagas. Biomédica. 31: 276-287.

BACIGALUPO, A.; CORREA, J.P.; GARCÍA, A.; CATTÁN, P. E. 2015a. Focos silvestres de *Triatoma infestans* en Latinoamérica: análisis y perspectivas para Chile. Parasitología Latinoamericana. 64; 27 - 35.

BACIGALUPO, A.; ROJAS, A.; CORREA, J.; CATTAN, P. E. 2015b. Detección de focos de vectores de la enfermedad de Chagas en la región de Coquimbo. Parasitología Latinoamericana. 64; 45- 84.

BACIGALUPO, A.; SALGADO, R.; CUADRA-ORELLANA, G.; GÓMEZ-LEÓN, L.; RAMOS-RÍOS, R.; CORREA, J. P.; CATTAN, P. E. 2016. Variables morfométricas de roedores y relación con su ectoparasitismo en áreas rurales. In: VI Reunión Binacional de Ecología. Puerto Iguazú, Argentina. 18-22 septiembre 2016. Instituto de Biología Subtropical (IBS, CONICET – UNaM) - Administración de Parques Nacionales - UNaM Fac. Cs. Forestales - Centro de Investigaciones del Bosque Atlántico - INTA Montecarlo. pp. 131.

BAILEY, L. L.; MACKENZIE, D. I.; NICHOLS, J. D. 2014. Advances and applications of occupancy models. Methods Ecol Evol. 5(12): 1269-1279.

BERTOGLIA, M. 2014. Focos silvestres de *Triatoma infestans* en la región de Atacama. In: Reunión nacional de Vectores; Vigilancia de febriles y vectores emergentes (Arica. Chile).

BOTTO-MAHAN, C.; CATTAN, P. E.; CANALS, M.; ACUÑA, M. 2005a. Seasonal variation in the home range and host availability of the blood-sucking insect *Mepraia spinolai* in wild environment. *Acta Trop.* 95; 160-163.

BOTTO-MAHAN, C.; ORTIZ, S.; ROZAS, M.; CATTAN, P. E.; SOLARI, A. 2005b. DNA evidence of *Trypanosoma cruzi* in the Chilean wild vector *Mepraia spinolai* (Hemiptera: Reduviidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 100: 237-239.

BOTTO-MAHAN, C.; CATTAN, P. E.; MEDEL, R. 2006. Chagas disease parasite induces behavioural changes in the kissing bug *Mepraia spinolai*. *Acta Trop.* 98; 219-223.

BOTTO-MAHAN, C.; CORREA, J. P.; BACIGALUPO, A.; CAMPOS-SOTO, R.; CATTAN, P. E.; SOLARI, A. 2015. Ecología de los triatomos silvestres endémicos de Chile. *Parasitología Latinoamericana.* 64: 12-19.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. 2002. Model selection and multi-model inference. A Practical information-theoretic approach. 2da Edición. Springer-Verlag New York. USA. 488 p.

CALLEROS, L.; PANZERA, F.; BARGUES, M. D.; MONTEIRO, F. A.; KLISIEWICZ, D. R.; ZURIAGA, M. A.; MAS-COMA, S.; PEREZ, R. 2010. Systematics of *Mepraia* (Hemiptera-Reduviidae): cytogenetic and molecular variation. *Infect Genet Evol.* 10(2): 221-228.

CAMPOS, R.; TORRES-PÉREZ, F.; BOTTO-MAHAN, C.; CORONADO, X.; SOLARI, A. 2013. High phylogeographic structure in sylvatic vectors of Chagas disease of the genus *Mepraia* (Hemiptera: Reduviidae). *Infect Genet Evol.* 19:280-6.

CANALS, M.; CATTAN, P.; EHRENFELD, M. 1994. Sobrevivencia de *Triatoma spinolai* en ambiente habitacional. *Parasitol Dia.* 18: 82-87.

CANALS, M.; EHRENFELD, M.; SOLIS, R.; CRUZAT, L.; PINOCHET, A.; TAPIA, C.; CATTAN, P. E. 1998. Biología comparada de *Mepraia spinolai* en condiciones de laboratorio y terreno: cinco años de estudio. *Parasitol Dia.* 22(3-4): 72-78.

CANALS, M.; CRUZAT, L.; MOLINA, M. C.; FERREIRA, A.; CATTAN, P. E. 2001. Blood host sources of *Mepraia spinolai* (Heteroptera: Reduviidae), wild vector of chagas disease in Chile. *J Med Entomol.* 38: 303-307.

CATTAN, P. E.; PINOCHET, A.; BOTTO-MAHAN, C.; ACUNA, M. I.; CANALS, M. 2002. Abundance of *Mepraia spinolai* in a Periurban zone of Chile. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 97(3): 285-7.

CECERE, M. C.; VASQUEZ-PROKOPEC, G. M.; GURTLER, R. E.; KITRON, U. 2006. Reinfestation sources for Chagas disease vector; *Triatoma infestans*; Argentina. *Emerg Infect Dis.* 12: 1096-1102.

CHACÓN, F.; BACIGALUPO, A.; QUIROGA, J.; FERREIRA, A.; CATTAN, P.; RAMÍREZ-TOLOZA, G. 2016. Feeding profile of *Mepraia spinolai*, a sylvatic vector of Chagas disease in Chile. *Acta Trop.* 162: 171-173.

CHARTIER, D. I.; CROCCO, L. B. 2007. Relevamiento de vectores de la Enfermedad de Chagas en peridomicilios del área rural del Departamento Ayacucho, San Luis, Argentina. *Rev Soc Entomol Argent.* 66: 181-186.

CONAMA. 2010. *Puya chilensis* Molina. [en línea] <http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas7proceso/fichas_pac/Puya_chilensis_P07.pdf>

CORONADO, X.; ROZAS, M.; BOTTO-MAHAN, C.; ORTÍZ, S.; CATTAN, P. E.; SOLARI, A. 2009. Molecular epidemiology of Chagas disease in the wild transmission cycle: the evaluation in the sylvatic vector *Mepraia spinolai* from an endemic area of Chile. *Am J Trop Med Hyg.* 81(4): 656-659.

CORREA, J. P.; BACIGALUPO, A.; FONTURBEL, F. E.; ODA, E.; CATTAN, P. E.; SOLARI, A.; BOTTO-MAHAN, C. 2015. Spatial distribution of an infectious disease in a small mammal community. *Naturwissenschaften* 102: 51.

COURA, J. R. 2013. Chagas disease: control; elimination and eradication. Is it possible? *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 108: 962-967.

COURA, J. R. 2015. The main sceneries of Chagas disease transmission. The vectors, blood and oral transmissions - A comprehensive review. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 110; 277-282.

DE IRALA, J.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, M. A.; GUILLÉN-GRIMA, F. 2001. ¿Qué es una variable de confusión? *Med Clin.* 117: 377-385.

DURÁN, J. C.; VIDELA, M. I.; APT, W. 1989. Enfermedad de Chagas en una comunidad de pequeños mamíferos simpátricos de la Reserva Nacional de Las Chinchillas. *Parasitol Día.* 13: 15-20.

EFFORD, M. G.; DAWSON, D. K. 2012. Occupancy in continuous habitat. *Ecosphere.* 3(4): 1-15.

ESTADELLA, V. ; BACIGALUPO, A.; CATTAN, P. E. 2015. Densidad relativa de *Mepraia spinolai* (Triatominae) y su frecuencia de infección por *Trypanosoma cruzi* en Chile. *Parasitología Latinoamericana.* 64: 36 - 45.

FRÍAS-LASSERRE, D. 2010. A new species and karyotype variation in the bordering distribution of *Mepraia spinolai* (Porter) and *Mepraia gajardoi* Frías *et al* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in Chile and its parapatric model of speciation. *Neotrop Entomol.* 39(4): 572-583.

GALUPPO, S.; BACIGALUPO, A.; GARCIA, A.; ORTIZ, S.; CORONADO, X.; CATTAN, P. E.; SOLARI, A. 2009. Predominance of *Trypanosoma cruzi* genotypes in two reservoirs infected by sylvatic *Triatoma infestans* of an endemic area of Chile. *Acta Trop.* 111: 90-93.

GARROUSTE, R. 2009. First observation in natura of entomophagy of *Panstrongylus geniculatus* (Latreille 1811), vector of Chagas disease (Hemiptera: Reduviidae). In: *Annales de la Société Entomologique de France.* pp. 302-304.

GAUNT, M.; MILES, M. 2000. The ecotopes and evolution of triatomine bugs (triatominae) and their associated trypanosomes. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 95: 557-565.

GUERENSTEIN P. G.; LAZZARI, C. R. 2009. Host-seeking: how triatomines acquire and make use of information to find blood. *Acta Trop.* 110: 148-158.

GUHL, F.; PINTO, N.; AGUILERA, G. 2009. Sylvatic triatominae: a new challenge in vector control transmission. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 104: 71-75.

GUIDOBALDI, F.; GUERENSTEIN, P. 2016. A CO₂-Free Synthetic Host–Odor Mixture That Attracts and Captures Triatomines: Effect of Emitted Odorant Ratios. *J Med Entomol.* 53(4): 770-775.

GUILLERA-ARROITA, G.; LAHOZ-MONFORT, J. J.; MACKENZIE, D. I.; WINTLE, B. A.; MCCARTHY, M. A. 2014. Ignoring imperfect detection in biological surveys is dangerous: a response to ‘fitting and interpreting occupancy models’. *PLoS One.* 9(7): e99571.

HAYES, D. B.; MONFILS, M. J. 2015. Occupancy modeling of bird point counts: implications of mobile animals. *J Wildl Manage.* 79(8): 1361-1368.

HERNÁNDEZ, J.; NUÑEZ, I.; BACIGALUPO, A.; CATTAN, P. E. 2013. Modeling the spatial distribution of Chagas disease vectors using environmental variables and people's knowledge. *Int J Health Geogr.* 12: 29.

ISPCH. 2014. Vigilancia de Enfermedad de Chagas 2005 – 2013: Componente vectorial. In *Boletín Instituto de Salud Pública de Chile; Chile; I.d.S.P.d.; ed.* (Ministerio de Salud; Chile); pp. 1-16.

LAZZARI, C. R.; PEREIRA, M. H.; LORENZO, M. G. 2013. Behavioural biology of Chagas disease vectors. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 108: 34-47.

LENT, H.; WYGODZINSKY, P. 1979. Revision of the Triatominae (Hemiptera; Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas' disease. *Bull Am Mus Nat Hist.* 163: 123-520.

LIU, Q.; ZHOU, X. N. 2015. Preventing the transmission of American trypanosomiasis and its spread into non-endemic countries. *Infect Dis Poverty.* 4: 60.

LORENZO, M. G.; LAZZARI, C. R. 1999. Temperature and relative humidity affect the selection of shelters by *Triatoma infestans*, vector of Chagas disease. *Acta Trop.* 72(3): 241-249.

LORENZO, M.; REISENMAN, C.; LAZZARI, C. 1998. *Triatoma infestans* can be captured under natural climatic conditions using yeast-baited traps. *Acta Trop.* 70: 277-284.

MACKENZIE, D. I.; ROYLE, J. A. 2005. Designing occupancy studies: general advice and allocating survey effort. *J Appl Ecol.* 42(6): 1105-1114.

MACKENZIE, D. I.; NICHOLS, J. D.; ROYLE, J. A.; POLLOCK, K. H.; BAILEY, L. L.; HINES, J. E. 2006. Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Academic Press. Burlington, MA. USA. 344 p.

MAGALLON-GASTELUM, E.; LOZANO-KASTEN, F.; BOSSENO, M. F.; CARDENAS-CONTRERAS, R.; OUAISSI, A.; BRENIERE, S. F. 2004. Colonization of rock pile boundary walls in fields by sylvatic triatomines (Hemiptera: Reduviidae) in Jalisco State, Mexico. *J Med Entomol.* 41: 484-488.

MINSAL. 2010. Encuesta Nacional de Salud ENS Chile 2009-2010. [en línea] <<http://www.minsal.gob.cl/portal/url/item/bcb03d7bc28b64dfe040010165012d23.pdf>>. Ministerio de Salud, Chile. 1064 p.

NICHOLS, J. D.; HINES, J. E.; MACKENZIE, D. I.; SEAMANS, M. E.; GUITIERREZ, R. J. 2007. Occupancy estimation and modeling with multiple states and state uncertainty. *Ecology.* 88: 1395–1400.

NICHOLS, J. D.; BAILEY, L. L.; O'CONNELL, A. F.; TALANCY, N. W.; GRANT, E. H. C.; GILBERT, A. T.; ANNAND, E. M.; HUSBAND, T. P.; HINES, J. E. 2008. Multi-scale occupancy estimation and modeling using multiple detection methods. *J Appl Ecol.* 45: 1321–1329.

NOIREAU, F.; ABAD-FRANCH, F.; VALENTE, S. A.; DIAS-LIMA, A.; LOPES, C. M.; CUNHA, V.; VALENTE, V. C.; PALOMEQUE, F. S.; CARVALHO-PINTO, C. J.; SHERLOCK, I. 2002. Trapping Triatominae in silvatic habitats. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 97: 61-63.

NOIREAU, F.; DIOSQUE, P.; JANSEN, A. M. 2009. *Trypanosoma cruzi*: adaptation to its vectors and its hosts. *Vet Res.* 40: 1-23.

OMS. 2016. La enfermedad de Chagas (tripanosomiasis americana); p. 340.

PINOCHET, A. 1997. Preferencias de habitat y densidad de *T. spinolai* en Canteras de Colina. Memoria de título de Médico veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

RASSI JR, A.; RASSI, A.; MARCONDES DE REZENDE J. 2012. American trypanosomiasis (Chagas disease). *Infect Dis Clin.* 26(2), 275-291.

ROJAS DE ARIAS, A.; ABAD-FRANCH, F.; ACOSTA, N.; LÓPEZ, E.; GONZÁLEZ, N.; ZERBA, E.; TARELLI, G.; MASUH, H. 2012. Post-control surveillance of *Triatoma infestans* and *Triatoma sordida* with chemically-baited sticky traps. *PLoS neglected tropical diseases.* 6: e1822.

ROYLE, A.; NICHOLS, D. 2003. Estimating abundance from repeated presence-absence data or point counts. *Ecology.* 84(3): 777-790.

ROZAS, M.; BOTTO-MAHAN, C.; CORONADO, X.; ORTIZ, S.; CATTAN, P. E.; SOLARI, A. 2007. Coexistence of *Trypanosoma cruzi* genotypes in wild and peridomestic mammals in Chile. *Am J Trop Med Hyg.* 77: 647-653.

SCHENONE, H.; CHRISTENSEN, H. A.; DEVASQUEZ, A.; GONZÁLEZ, C.; MÉNDEZ, E.; ROJAS, A.; VILLARROEL, F. 1985. Fuentes de alimentación de triatomas domésticos y su implicancia epidemiológica en relación a enfermedad de Chagas en áreas rurales de siete regiones de Chile. *Boletín chileno de Parasitología.* 40: 34-38.

SCHOFIELD, C. 1979. The behaviour of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae): a review. *Bull Entomol Res.* 69: 363-379.

SCHOFIELD, C. J.; APT, W.; SAGUA, H.; PANZERA, F.; DUJARDIN, J. P. 1998. Alary polymorphism in *Triatoma spinolai* and its possible relationship with demographic strategy. *Med Vet Entomol.* 12(1):30-8.

SCHOFIELD, C.J.; DIOTAIUTI, L.; DUJARDIN, J. P. 1999. The process of domestication in Triatominae. Mem Inst Oswaldo Cruz. 94: 375-378.

SCHOFIELD, C. J.; GALVAO, C. 2009. Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. Acta Trop. 110: 88-100.

SCOTT, J.; HEGLUND, P.; MORRISON, M.; HAUFLER, J.; RAPHAEL, M.; WALL, W.; SAMSON, F. 2002. Predicting species occurrences. Island Press. Washington, D.C. USA.

VALENÇA-BARBOSA, C.; LIMA, M. M.; SARQUIS, O.; BEZERRA, C. M.; ABAD-FRANCH, F. 2014. Modeling disease vector occurrence when detection is imperfect II: Drivers of site-occupancy by synanthropic *Triatoma brasiliensis* in the Brazilian northeast. PLoS neglected tropical diseases. 8: e2861.

VEZZANI, D.; SCHWEIGMANN, N. J.; PIETROKOVSKY, S. M.; WISNIVESKY-COLLI, C. 2001. Characterization of *Triatoma guasayana* biotopes in a hardwood forest of Santiago del Estero, Argentina. Mem Inst Oswaldo Cruz. 96: 459-466.

WELSH, A. H.; LINDENMAYER, D. B.; DONNELLY, C. F. 2013. Fitting and interpreting occupancy models. PLoS ONE. 8: e52015.

10. ANEXO

TABLA A1. Prueba de Kruskal-Wallis para la Distancia a la Vivienda más cercana entre las localidades de Tranquilla y La Rinconada.

Localidad	Obs.	Suma de Rangos	H	Valor p
Tranquilla	98	4851	105	0,0001
La Rinconada	55	6930		

TABLA A2. Prueba de Kruskal-Wallis para el Perímetro del chagual entre las localidades de Tranquilla y La Rinconada

Localidad	Obs.	Suma de Rangos	H	Valor p
Tranquilla	98	6145	28,389	0,0001
La Rinconada	55	5636		

TABLA A5. Probabilidad de ocupación, probabilidad de detección y sus desviaciones estándar, estimadas en base a historiales de captura con diseño de remoción de sitio, para puntos asociados a chaguales de Tranquilla, La Rinconada y de ambas localidades en conjunto.

Parámetro	TRANQUILLA		LA RINCONADA	
	Estimación (±DE)	Intervalo de Confianza (95%)	Estimación (±DE)	Intervalo de Confianza (95%)
ψ	0,45 (±0,05)	0,35 - 0,55	0,81 (±0,08)	0,58 - 0,93
ρ	0,47 (± 0,06)	0,35 - 0,59	0,27 (±0,05)	0,17 - 0,39
CHAGUALES (localidades en conjunto)				
Parámetro	Estimación (±DE)		Intervalo de Confianza (95%)	
ψ	0,613 (±0,043)		0,526 - 0,693	
ρ	0,348 (± 0,042)		0,270 - 0,434	

TABLA A6. Probabilidad de ocupación, probabilidad de detección y sus desviaciones estándar, estimadas en base a historiales de captura con diseño de remoción de sitio, para puntos asociados a pircas de Tulahuén y para el conjunto de pircas de Tulahuén y Cochiguaz.

Parámetro	TULAHUÉN		PIRCAS (Tulahuén + Cochiguaz)	
	Estimación (±DE)	Intervalo de Confianza (95%)	Estimación (±DE)	Intervalo de Confianza (95%)
ψ	0,12 (±0,03)	0,06 - 0,21	0,103 (± 0,03)	0,056 - 0,18
ρ	0,40 (± 0,13)	0,19 - 0,66	0,288 (± 0,1232)	0,111 - 0,568

TABLA A7. Número de triatominos capturados, altura de la pirca y distancia a la vivienda más cercana de puntos asociados a pircas.

Código trampa	N° de triatominos capturados	ALT_P	DIST_VIV	Código trampa	N° de triatominos capturados	ALT_P	DIST_VIV
cv139	0	120	50	cv43	0	107	111,40
cv140	0	130	50,16	cv44	0	95	114,24
cv141	0	94	51,87	cv45	0	77	120,33
cv142	0	110	55,60	cv46	0	107	130,97
cv143	0	40	60,14	cv47	0	107	136,96
cv144	0	50	67,23	cv48	0	103	144,51
cv145	0	105	71,17	cv49	0	123	152,04
cv146	0	85	70,23	cv50	0	84	156,40
cv147	0	110	69,29	cv51	0	81	163,13
cv148	0	45	14,56	cv52	0	87	168,51
cv149	0	40	15,13	cv53	0	93	171,64
cv150	0	100	18,36	cv55	0	70	179,01
cv151	0	110	24,21	cv56	0	90	181,95
cv152	0	68	29	cv57	0	80	184,50
cv153	0	103	33,42	cv58	0	53	187,76
cv156	0	75	67,08	cv74	0	42	49,39
cv157	1	180	67,27	cv75	0	80	53,90
cv158	0	90	64,47	cv77	0	95	58,69
cv159	1	100	56,79	cv78	0	100	63,78
cv160	0	96	47,50	cv79	0	70	69,20
cv161	0	117	41,34	cv80	0	82	79,05
cv162	0	65	44,20	cv81	0	115	84,06
cv163	0	100	46,69	cv82	0	78	88,59
cv165	0	127	51,40	cv83	0	86	94,36
cv166	0	62	56,40	cv84	0	105	99,31
cv167	0	80	60,21	TV101	0	110	5
cv168	0	60	62,17	TV102	0	140	11,18
cv169	0	53	65,31	TV103	0	95	19,92
cv170	0	45	68,15	TV104	0	70	19,10
cv171	0	30	68,44	TV105	0	158	13,41
cv172	0	80	72,01	TV106	0	84	9,48
cv173	0	30	70,66	TV107	0	160	15
cv175	0	126	61,26	TV108	0	170	10,04
cv176	0	165	55,56	TV109	0	100	12
cv177	1	80	90,95	TV111	0	110	25,01
cv178	0	90	83,43	TV112	0	130	24,73
cv179	0	50	74,52	TV113	0	160	33,95
cv180	0	100	60,01	TV114	0	195	11,40

TABLA A7 (continuación). Número de triatominos capturados, altura de la pirca y distancia a la vivienda más cercana de puntos asociados a pircas.

Código trampa	N° de triatominos capturados	ALT_P	DIST_VIV	Código trampa	N° de triatominos capturados	ALT_P	DIST_VIV
TV115	0	160	42,58	TV159	0	90	11,05
TV116	0	110	50,04	TV160	0	45	19,42
TV117	0	90	49,37	TV161	0	55	20,10
TV118	0	80	48,38	TV162	0	110	12,17
TV119	0	90	38,47	TV163	0	90	16,12
TV120	0	140	11,66	TV164	0	85	22,47
TV121	0	120	14,32	TV165	0	156	30,48
TV122	0	160	22,36	TV166	1	160	37,66
TV123	0	110	32,06	TV167	0	200	34,48
TV124	0	150	38,05	TV168	0	110	2,24
TV125	0	150	48,26	TV169	3	160	70,58
TV126	0	150	57,14	TV170	0	176	61,68
TV127	0	150	62,97	TV171	0	170	46,39
TV128	0	120	34,23	TV172	0	168	29,27
TV129	0	100	20,40	TV173	0	162	26,57
TV130	0	180	13,42	TV174	0	185	21,63
TV131	0	135	12,04	TV175	7	120	14,32
TV132	0	120	26,25	TV176	12	205	13,89
TV133	0	120	32,70	TV177	12	190	15,81
TV134	0	130	30,46	TV178	8	200	10,82
TV135	0	140	22,36	TV179	11	130	3,61
TV136	0	125	17,69	TV180	1	128	3,16
TV137	0	150	17,09	TV182	0	71	22,14
TV138	0	120	22,09	TV183	0	120	26,08
TV139	0	160	24,17	TV184	0	130	29,73
TV140	0	100	20,02	TV185	0	150	17,49
TV141	0	120	25,32	TV187	1	120	19,10
TV142	0	115	32,57	TV188	0	108	34,18
TV143	0	140	27,29	TV189	0	100	32,89
TV144	0	170	9,85	TV190	0	127	25,08
TV145	0	79	9,90	TV191	0	147	26,31
TV146	0	95	13,00	TV192	0	80	20,25
TV147	0	140	7,07	TV193	0	120	18,03
TV148	0	100	6,32	TV195	2	70	6,32
TV149	0	147	6,71	TV196	0	110	35,69
TV150	0	150	12,37	TV197	0	140	39,56
TV151	0	180	13,60	TV198	0	180	47,01
TV156	1	170	16,03	TV199	0	120	52,55
TV157	0	115	15,26	TV200	0	120	61,13
TV158	0	90	5,83				