

DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE ESPECIES DE  
HORMIGAS INTRODUCIDAS EN LA ISLA DE  
SANTA CRUZ (GALÁPAGOS) CON ÉNFASIS EN  
*Pheidole megacephala* DURANTE LA TEMPORADA  
FRÍA EN LA ZONA AGRÍCOLA

**Trabajo de Fin de Máster**

Dr. José María Fernández-Palacios  
**Profesor de Ecología**  
Universidad de La Laguna

Msc. Ronald Azuero Saritama  
**Responsable de la Unidad**  
**Fitosanitaria (ABG)**

Janneth Johanna Castañeda Vivar  
Universidad de La Laguna  
Marzo, 2018

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
4.1 Área de estudio .....	14
4.1.1 Santa Cruz .....	16
4.2 Tamaño de la muestra y elección de sitios de muestreo.....	18
4.3 Muestreo de hormigas.....	20
4.3.1 Transectos lineales .....	20
4.3.2 Cuadrante para colecta de hojarasca y suelo.....	21
4.3.3 Búsqueda activa.....	21
4.3.4 Datos climáticos y uso de suelo .....	22
4.3.5 Datos complementarios .....	22
4.3.6 Etiquetado de muestras.....	22
4.3.7 Análisis en el laboratorio.....	22
4.3.8 Procesamiento de datos .....	23
4.3.9 Análisis estadísticos .....	24
4.3.10 Georreferenciación .....	25
4.3.11 Estimación de inasibilidad .....	25
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
5.1 Inventario de especies de hormigas en los sitios de estudio .....	26
5.2 Número de especies de hormigas según los sitios de estudio.....	27
5.3 Especies de hormigas encontradas según los métodos de captura. ....	32
5.4 Efectividad del método de captura con respecto al número de especies de hormigas encontradas .....	35
5.5 Distribución de <i>Pheidole megacephala</i> .....	39
5.5 <i>Pheidole megacephala</i> con respecto a los métodos de captura .....	43
5.6 Distribución de <i>Pheidole megacephala</i> con respecto a las variables ambientales y geográfica .....	43
5.7 Especies acompañantes a <i>Pheidole megacephala</i> .....	44
...continuación Tabla 15.....	47
5.8 Ausencia/Presencia de <i>Pheidole megacephala</i> con respecto a la diversidad de especies de hormigas encontradas .....	49
5.9 Cultivos en los sitios de estudio .....	51
5.11 Control de hormiga en los sitios de estudio.....	53
5.10 Distribución de especies de hormigas con respecto a todas las variables ambientales, geográfica y tipo de cultivo .....	57
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	<b>61</b>
6.1 Especies presentes en los sitios de estudio .....	61
6.2 Especies de hormigas encontradas según los métodos de captura y diferencias en cuanto a su efectividad.....	65
6.3 Distribución de <i>Pheidole megacephala</i> .....	65
6.4 Relación de los métodos aplicados para el monitoreo de <i>Pheidole megacephala</i> . ....	67
6.5 Distribución de <i>Pheidole megacephala</i> con respecto a las condiciones ambientales y geográfica. ....	68
6.6 Especies acompañantes a <i>Pheidole megacephala</i> . ....	69
6.7 Ausencia/presencia de <i>Pheidole megacephala</i> con respecto a la diversidad de especies de hormigas encontradas .....	70
6.8 Distribución de especies de hormigas con respecto a todas las variables ambientales, geográfica y tipo de cultivo .....	70

6.9 Control de hormigas .....	70
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>9. REFERENCIAS.....</b>	<b>74</b>
<b>10. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS.....</b>	<b>82</b>
1: Sitios de estudio.....	82
2: Cebos utilizados en los transectos (embutido y mantequilla de maní) .....	85
3: Hormigas encontradas en muestras de búsqueda activa .....	85
4: Hormigas encontradas en las muestras provenientes de las aspiraciones en aeronaves .....	86

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Gráfico 1:</b> Fórmula según Cannon (2001) para obtener el tamaño de la muestra. ....	19
<b>Gráfico 2:</b> Número de especies encontradas en los sectores agrícolas, relleno sanitario de Santa Cruz y área de secado del café.....	30
<b>Gráfico 3:</b> Frecuencia de especies de hormigas encontradas en todos los sitios de estudio mediante cebos (mantequilla de maní y embutido). ....	31
<b>Gráfico 4:</b> Hormigas introducidas dominantes en los sitios de estudio.....	32
<b>Gráfico 5:</b> Prueba de Tukey para comparar todos los métodos de captura e identificar si existen diferencias significativas entre ellos. ....	38
<b>Gráfico 6:</b> Número de hormigas encontradas con respecto a los métodos de captura. .	39
<b>Gráfico 7:</b> Diversidad de hormigas con respecto a la ausencia o presencia de <i>Pheidole megacephala</i> . ....	51
<b>Gráfico 8:</b> Porcentaje de cultivos en los sitios monitoreados. ....	53
<b>Gráfico 9:</b> Control de hormiga en los sitios monitoreados. ....	55
<b>Gráfico 10:</b> Productos utilizados para el control de hormiga en los sectores agrícolas.	55
<b>Gráfico 11:</b> Distribución de hormigas con respecto a variables ambientales, temperatura y humedad, y geográfica, altitud.. ....	59
<b>Gráfico 12:</b> Asociación de las especies de hormigas introducidas con los diferentes tipos de cultivo. ....	60

## INDICE DE MAPAS

<b>Mapa 1:</b> Islas Galápagos. ....	14
<b>Mapa 2:</b> Sitios de estudio. ....	18
<b>Mapa 3:</b> Presencia de <i>Pheidole megacephala</i> en los sitios de estudio. ....	42
<b>Mapa 4:</b> Sitios donde se utiliza <i>Siegepro</i> para el control de hormigas. ....	56
<b>Mapa 5:</b> Sitios donde se utiliza <i>Cyperpac</i> para el control de hormigas. ....	57
<b>Mapa 6:</b> Distribución de <i>Pheidole megacephala</i> en 2013 (Herrera & Dekoninck, 2013); distribución de <i>P. megacephala</i> en 2017. ....	66

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Distribución de sitios por sector. ....	16
<b>Tabla 2:</b> Tamaño de la muestra .....	19
<b>Tabla 3:</b> Sitios escogidos para el muestreo.....	20
<b>Tabla 4:</b> Especies de hormigas encontradas en los sitios de muestreo. ....	27
<b>Tabla 5:</b> Frecuencia (proporción del número de muestras en que una especie está presente, tomando en cuenta las trampas efectivas) y porcentaje de abundancia de especies de hormigas encontradas en los sitios de estudio mediante todos los métodos de captura. ....	29
<b>Tabla 6:</b> Frecuencia y porcentaje de abundancia de especies de hormigas encontradas según los métodos de captura. ....	33
<b>Tabla 7:</b> Riqueza de especies encontradas en los sectores agrícolas, relleno sanitario de Santa Cruz, área de secado de café según los diferentes métodos de captura. ....	34
<b>Tabla 8:</b> Total de trampas colocados y trampas efectivas en los sitios de estudio. ....	36
<b>Tabla 9:</b> Análisis de ANOVA comparando el número de especies encontradas según los distintos métodos de captura.....	37
<b>Tabla 10:</b> Frecuencia y porcentaje de abundancia de <i>Pheidole megacephala</i> en los sectores agrícolas de la isla Santa Cruz, tomando en cuenta todos los métodos de captura. ....	41
<b>Tabla 11:</b> Frecuencia y porcentaje de abundancia de <i>Pheidole megacephala</i> en los cebos (mantequilla de maní y embutido) en todos los sitios de estudio. ....	41
<b>Tabla 12:</b> Métodos de captura con los que se colectó <i>Pheidole megacephala</i> en los distintos sitios y sectores. ....	43
<b>Tabla 13:</b> Porcentaje de presencia de <i>Pheidole megacephala</i> en los sitios: Juana Meneses, José Castillo, René Valle, relleno sanitario de Santa Cruz y área de secado del café. ....	43
<b>Tabla 14:</b> Distribución de <i>Pheidole megacephala</i> con respecto a las variables ambientales (temperatura y humedad) y geográfica (altitud) en las que fue capturada. ....	44
<b>Tabla 15:</b> Frecuencia y porcentaje de abundancia de hormigas en los sitios del sector agrícola (donde <i>Pheidole megacephala</i> estuvo presente), relleno sanitario de Santa Cruz y área de secado del café. ....	46
<b>Tabla 16:</b> Porcentaje de abundancia de especies de hormigas en relación a los sectores donde <i>Pheidole megacephala</i> estuvo presente. ....	48
<b>Tabla 17:</b> Número de especies acompañando a <i>Pheidole megacephala</i> encontradas mediante todos los métodos de captura. ....	49
<b>Tabla 18:</b> Análisis de ANOVA para comparar la ausencia y presencia de <i>Pheidole megacephala</i> con la diversidad de especies de hormigas.....	50
<b>Tabla 19:</b> Porcentaje de cultivos en cada sitio de estudio. ....	52
<b>Tabla 20:</b> Control de hormiga en los sitios pertenecientes al sector agrícola. ....	54
<b>Tabla 21:</b> Predicción de frecuencia de especies de hormigas correlacionada con variable ambientales y geográficas (humedad + temperatura + altitud). ....	58
<b>Tabla 22:</b> Tabla comparativa entre las especies registradas por Dekoninck et al. (2014), Wauters et al. (2016) y el presente estudio.....	62

## 1. INTRODUCCIÓN

Una especie invasora es aquella especie introducida o trasladada, introducida accidental o intencionalmente fuera de su distribución natural con capacidad de colonizar, invadir y persistir, y cuya introducción y dispersión amenazan a la diversidad biológica, causando daños al ambiente, a la economía y a la salud humana (Aguirre & Mendoza 2009).

Actualmente las especies introducidas son la segunda causa de pérdida de biodiversidad, precedida tan solo por la pérdida del hábitat (Lowe 2004). Esto se vuelve más crítico en los ecosistemas insulares debido a que su biota presenta una baja variabilidad genética y carece de mecanismos de defensa contra enfermedades, parásitos y especies muy competitivas como las hormigas (Elton 1958, Reimer 1994, O'Dowd *et al.* 1999; Wikelski *et al.* 2004), además del reducido tamaño de sus poblaciones y su evolución aislada (Traveset 2004). Por esta razón, las extinciones en ecosistemas insulares han sido entre 500 y 700% mayores que en el territorio continental (Baillie *et al.*, 2004) siendo las especies introducidas la primera causa de pérdida de biodiversidad en los ecosistemas insulares (Aguirre *et al.*, 2009).

En Galápagos las especies introducidas han sido identificadas como la principal amenaza para sus ecosistemas (Snell *et al.* 2002). Es así que, hasta 2016, se han identificado 545 especies de insectos y 77 especies de otros invertebrados terrestres como introducidas (Causton *et al.* 2017). De las 1579 especies introducidas, 82 especies (la mayoría insectos) fueron interceptadas durante los monitoreos en aeronaves y embarcaciones, y en inspecciones de bioseguridad en puertos y aeropuertos. Estas especies no se encuentran establecidas en Galápagos (Causton *et al.* 2017). Por esta razón, con el sistema de inspección y control en puertos y aeropuertos en origen y destino hacia Galápagos y fumigaciones antes del aterrizaje de las aeronaves se intenta disminuir al máximo el ingreso y dispersión de especies introducidas. Por otra parte, se realiza monitoreos en aeronaves y embarcaciones las cuales contribuyen a la identificación de posibles riesgos que se encuentran asociados a los medios de transporte, además de permitir la detección de especies vivas que podrían convertirse en plagas para las islas.

Las hormigas presentan una de las mayores amenazas para las islas debido a sus características de colonizadoras exitosas: son adaptables, tienen una alimentación

generalista, y son tolerantes a las variaciones de las condiciones ambientales (Sherley 2000). Actualmente, en Galápagos están presentes cinco subfamilias, 21 géneros y 50 especies de hormigas, de las cuales 34 son introducidas, 5 están catalogadas como probablemente endémicas y once tienen un origen desconocido. Dentro de las especies probablemente endémicas se encuentran: *Camponotus macilentus*, *Cyphomyrmex nesiotus*, *Dorymyrmex pyramicus albemarlensis*, *Hypoponera beebei*, *Nylanderia sp.*, *Pheidole sp. hh01*, *Pheidole williamsi* y *Solenopsis gnoma*. Existe solo una especie catalogada como endémica, *Camponotus planus* (Herrera *et al.* 2016).

Las especies de hormigas introducidas que causan mayor preocupación son la hormiga de fuego tropical *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804), la hormiga pequeña de fuego *Wasmania auropunctata* (Roger, 1863), la hormiga destructora *Trichomyrmex destructor* (Jerdon 1851) y la hormiga cabeza grande *Pheidole megacephala* (Fabricius, 1973). Las hormigas de fuego *Wasmania auropunctata* y *Solenopsis geminata*, que fueron reportadas por primera vez a inicios del siglo XX (Williams & Wheland 1991, 1992). Ambas causan impactos negativos a la flora nativa (Herrera *et al.* 2016) afectan a las crías de aves y reptiles, y disminuyen las poblaciones de invertebrados nativos y endémicos (Causton & Sevilla 2006; Herrera *et al.* 2016). Por otro lado, *Trichomyrmex destructor* ocasiona fuertes mordeduras al ser humano, destruye productos alimenticios y ocasiona daños eléctricos (Wetterer 2009). Por último, *P. megacephala* que aparte de ser una plaga agrícola (Reimer *et al.* 1990), afecta a la diversidad de invertebrados nativos y vertebrados en las zonas tropicales (Hoffmann *et al.* 1999; Wetterer 2007). Existen también otras hormigas que causan preocupación en Galápagos por ser altamente invasivas, como la hormiga argentina, *Linepitema humile* que ha sido detectada viva durante el monitoreo de invertebrados en las aeronaves que arriban en la isla de Baltra (ABG 2014) y la hormiga roja de fuego, *Solenopsis invicta*, ambas no están presentes en Galápagos.

Las especies de hormigas dominantes en Santa Cruz son *Solenopsis geminata* y *Wasmania auropunctata* (Causton & Sevilla 2006; Herrera *et al.* 2013 y Wauters *et al.* 2016). *Tetramorium simillimum*, "hormiga vagabunda", también se encuentra entre las especies comunes de la zona húmeda (Wauters *et al.* 2016) al igual que la especie probablemente endémica, *Solenopsis gnoma*, que es conocida como una especie de "hormiga ladrona" por haber sido encontrada por primera vez en un nido de



*Tetramorium bicarinatum* (Pacheco *et al.* 2007). Todas estas especies están ampliamente distribuidas en áreas perturbadas de la zona húmeda, pudiendo ser acompañantes de *P. megacephala*.

*P. megacephala* es nativa del sur de África, es una de varias especies de hormigas llamadas "hormigas vagabundas", debido a su facilidad de transporte y establecimiento generalizado (Passera 1994). Está considerada entre las "100 de las peores especies invasoras" (Lowe *et al.* 2004) por ser altamente destructiva (Sarnat *et al.* 2015). En la mayoría de las islas tropicales habitadas en el Pacífico, es conocida como plaga doméstica y agrícola. Es común en los cultivos de banano, café, caña de azúcar y coco (Wetterer 2007), donde mantiene una relación de mutualismo con varias especies de homópteros (cochinillas, escamas y áfidos) que le proveen de una sustancia azucarada, conocida como "miel de rocío" o "ligamaza" a cambio de protección contra sus depredadores (Bach, 1991; Simonetti 2012). Tal vez por esta razón, *P. megacephala* fue reportada por primera vez en las plantaciones de café de la isla San Cristóbal. Sin embargo, hasta el momento no se ha reportado su presencia en los cultivos de Santa Cruz a pesar de la alta producción de café y banano que resultarían en un hábitat ideal para el establecimiento de esta especie.

Aparte de encontrarse muy relacionada a áreas agrícolas, también tiende a prosperar en hábitats abiertos, perturbados con vegetación de maleza, no dominando áreas con vegetación natural intacta (Wetterer *et al.* 2007; Greenslade 1972). La rápida dispersión de *P. megacephala* en las islas tropicales puede deberse a sus hábitos de nidificación difusos pues es fácilmente transportable en aviones y barcos (CABI, 2017). En Galápagos, *P. megacephala* se estableció hace aproximadamente una década, posiblemente introducida primero en San Cristóbal y posteriormente a Santa Cruz e Isabela a través de medios de transporte marítimos (Herrera *et al.* 2013). Los últimos estudios mencionan que se encuentra distribuida en las ciudades de Puerto Ayora (Isla Santa Cruz), Puerto Villamil (Isla Isabela) y Puerto Baquerizo Moreno (Isla San Cristóbal), además de la parte alta de esta última isla (Herrera *et al.* 2013; Wauters 2016). De ahí la importancia de realizar controles exhaustivos que prevengan su introducción en otras islas como Floreana, así como, para poder determinar si esta especie sigue expandiendo su distribución.

En cuanto a su rango altitudinal, *P. megacephala* no parece estar restringida a las tierras bajas debido a que también se la ha encontrado a altitudes altas. Por ejemplo, en Hawái (Mauna Kea) se la ha encontrado hasta a una altura de 1,770 m (Wetterer *et al.* 1998), mientras que en Papúa Nueva Guinea se la ha encontrado hasta los 2.150 m (Fischer & Fischer 2013). Esta distribución tan amplia en altitud puede deberse a que su biología le permite adaptarse a las temperaturas más bajas de las zonas altas (Greenslade 1972). En el caso de Santa Cruz, *Pheidole megacephala* ha sido encontrada restringida solo a la zona árida (Herrera *et al.* 2013; Wauters *et al.* 2016), es decir a unos 100 metros de altitud. Considerando que en otras islas se encuentra presente a una altitud superior a la máxima elevación en Santa Cruz (860 m), es probable que esta especie no tendría problemas en invadir la zona alta de la isla. Más aún cuando casi la totalidad de la vegetación original de la parte alta de la isla, ha sido sustituida para actividades agrícolas y ganaderas.

Los factores climáticos como la temperatura y la humedad regulan las poblaciones de hormigas (Kaspari, 2003; Hölldobler & Wilson, 1990). De forma general, lugares más calientes albergan mayor diversidad de hormigas que los lugares fríos (Sanders *et al.* 2007). Carnegie (1960) encontró a trabajadores de *P. megacephala* activos fuera de su nido a una temperatura entre los 24 y 30° C. En cuanto a la humedad, Reimer y colaboradores (1990) mencionan que *P. megacephala* no se encuentra presente en áreas muy húmedas (> 250 cm de precipitación anual) o muy secas (<38-50 cm de lluvia anual). Esto podría explicar la razón por la cual se ha extendido prácticamente en todas las islas tropicales del Pacífico, estando ausente o teniendo una población muy baja en zonas templadas (Wetterer 2007).

## 2. JUSTIFICACIÓN

Galápagos es probablemente el último archipiélago oceánico que conserva el 95% de su biota original (Snell *et al.* 2002). Lamentablemente, al igual que otras islas, se encuentra amenazado por especies introducidas (Tye *et al.* 2002) que desplazan a las nativas y que podrían llevar a extinciones locales de fauna y flora (Bertelsmeier *et al.* 2012). En los últimos 10 a 15 años, el número de especies recientemente introducidas en Galápagos aumentó rápidamente (Herrera *et al.* 2014; Causton *et al.* 2017). Entre las 10 especies de hormigas recientemente detectadas y con gran poder invasor se encuentra *P. megacephala*, *Tapinoma melanocephalum* y *Camponotus conspiciuus zonatus*, las que actualmente han ampliado su rango de distribución (Herrera *et al.* 2013, 2014; Dekoninck *et al.* 2014). Sin embargo, no se conocen los posibles efectos que estarían ocasionando estas especies en los ecosistemas de Galápagos.

Una estrecha asociación con los seres humanos ha convertido a *P. megacephala* en una especie invasora de alto riesgo (Hoffmann *et al.* 1999; Sarnat *et al.* 2015). A pesar de no ser reconocida como una amenaza para el ser humano, puede causar graves daños ecológicos (Wetterer 2007). Entre ellos, facilitar la transmisión de patógenos de plantas (Loke *et al.* 2002) y provocar el declive de la biodiversidad de invertebrados nativos en los lugares donde ha sido introducida, pudiendo ser la responsable de muchas de sus extinciones (Dejean *et al.* 2008). Por esta razón, en 2012, la Fundación Charles Darwin (FCD) y la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) elaboraron el “*Plan Estratégico Manejo de Hormigas Introducidas en Galápagos*”, identificando como una prioridad, el delimitar la distribución de *P. megacephala* en el archipiélago.

Muestreos realizados por la Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG) sugieren que esta especie podría haber ampliado su distribución hacia la zona agrícola de Santa Cruz debido al constante flujo de alimentos, residuos domésticos para cerdos, y diferentes materiales provenientes desde los contenedores en el puerto. Por tanto, este estudio pretende determinar la distribución actual de *P. megacephala* en la zona agrícola de Santa Cruz.

### 3. OBJETIVOS

Teniendo en consideración que las hormigas invasivas afectan significativamente a los ecosistemas insulares debido a que ocasionan problemas económicos, ambientales y ecológicos, se hace necesario contar información técnica-científica que sirva de base para la implementar medidas de control y/o erradicación. Por lo antes mencionado, el presente Trabajo de Fin de Master permitió generar información actualizada de hormigas introducidas, dentro del marco de los siguientes objetivos:

#### Objetivo General

Determinar la distribución de hormigas introducidas, con énfasis en *P. megacephala*, en los sectores agrícolas de la isla Santa Cruz durante la temporada fría.

#### Objetivos específicos

- Determinar la presencia y/o ausencia de hormigas introducidas en la zona agrícola de Santa Cruz.
- Determinar las condiciones ambientales y de cultivos preferentes para la presencia de las principales hormigas invasoras, incluyendo a *P. megacephala* en la zona agrícola de la isla Santa Cruz durante la época fría.
- Elaborar un mapa de la distribución actual de *P. megacephala* con los datos obtenidos.

Para cumplir con los objetivos de la investigación se establecieron varias hipótesis:

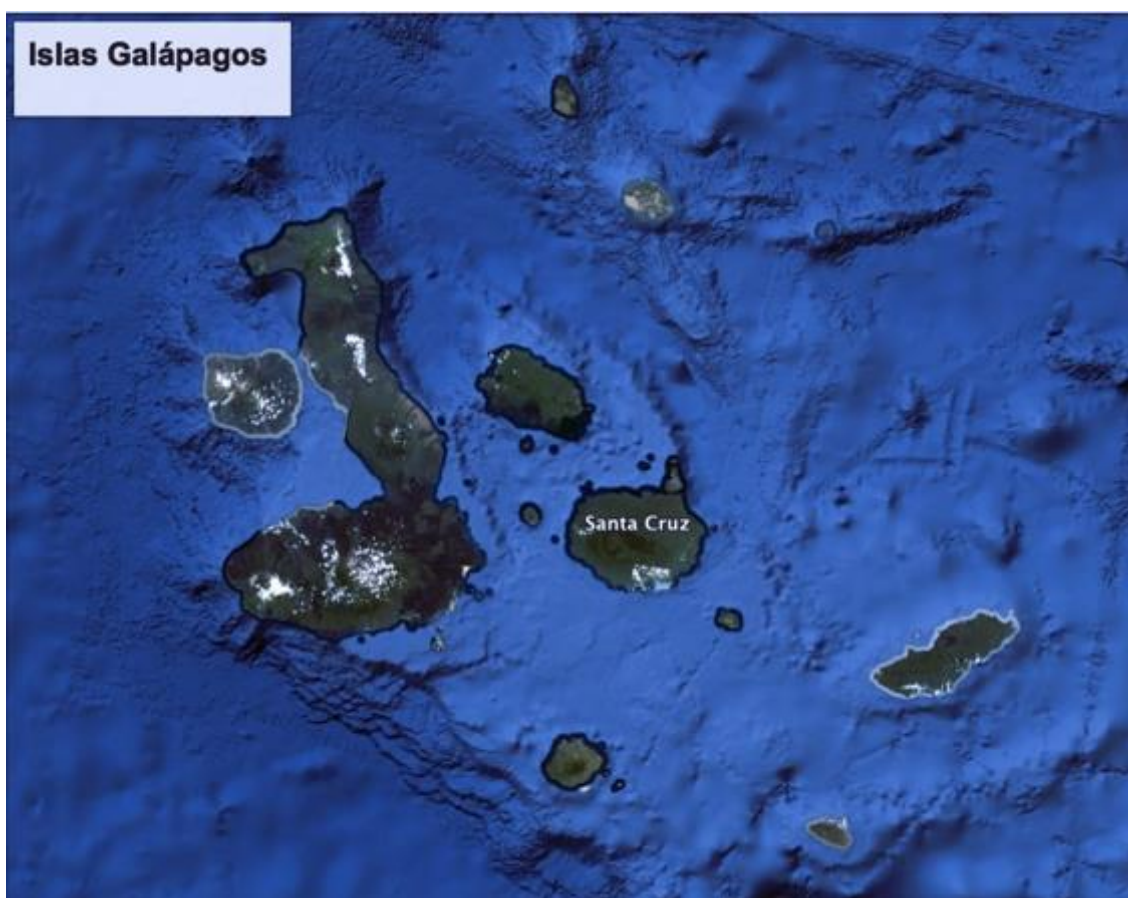
- La fauna mirmecológica en la zona agrícola de Santa Cruz está constituida casi exclusivamente por especies introducidas, entre ellas: *Solenopsis geminata*, *Paratrechina longicornis* y *Wasmania auropunctata*.
- *Pheidole megacephala* ha ampliado su distribución altitudinal en la isla Santa Cruz en los últimos cinco años.
- La presencia de *Pheidole megacephala* está asociada positivamente con los principales cultivos (café y banano) en Santa Cruz.
- La abundancia de *Pheidole megacephala* está asociada positivamente con la humedad y temperatura.

- Las especies acompañantes a *Pheidole megacephala*, incluyen a *Solenopsis geminata*, *Wasmania auropunctata*, *Tetramorium simillimum* y *Solenopsis gnoma*.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Área de estudio

Las islas Galápagos son de origen volcánico y en comparación de otros archipiélagos es muy joven (Mapa 1). Su punto más cercano a Ecuador continental está a 928 km en la isla de San Cristóbal. El archipiélago de Galápagos incluye 234 unidades terrestres emergidas (islas, islotes y rocas), pero solo cinco de ellas son habitadas (DPNG, 2014). La superficie total emergida del archipiélago es de 7.995,4 Km<sup>2</sup>, de estos, el 96,7% de la superficie terrestre es área protegida mientras que el 3,3% está destinado al uso y usufructo de los asentamientos humanos. (PNG & Amador 1996). De las 26.245 hectáreas destinadas al aprovechamiento humano, el 76% del área agrícola de la provincia, es decir, 19.010 hectáreas son terrenos que conforman Unidades de Producción Agropecuaria (UPA). El 47% (9.592 ha) de las UPA se encuentra en Santa Cruz, el 34% en San Cristóbal, el 17% en Isabela y el 2% en Floreana (CGREG, 2014).



**Mapa 1:** Islas Galápagos.

Galápagos presenta un clima atípico para un archipiélago oceánico tropical (Tye *et al* 2002) pues es inusualmente árido y subtropical, debido a las corrientes marinas frías (Humbolt y Cromwell) y cálida (corriente de Panamá) que circulan alrededor del Archipiélago. La interacción del viento, corrientes de rotación terrestre y condiciones de presión atmosférica generan dos temporadas, una cálida-húmeda y una fría o de ‘garúa’ (Zizka & Klemmer, 1995).

La temporada cálida se inicia en enero y se extiende hasta abril o mayo (Snell y Rea 1999). La temperatura del aire oscila entre 31 y 33 °C. Esta temporada es producida por los vientos alisios del noreste, que arrastran las corrientes cálidas de la cuenca de Panamá contra el norte de las islas (Black 1973). La corriente occidental influye, en las islas septentrionales de Galápagos llevándoles aguas del Pacífico occidental, con temperaturas de hasta 29 °C. El aire fresco sobre el mar se calienta, la capa de inversión se debilita y forman nubes altas de tipo cúmulo, que se descargan en lluvias breves e intensas típicos de los trópicos, alcanzando también a las partes más bajas. En periodos de 2 – 15 años se presentan lluvias pronunciadas denominadas fenómeno de “El Niño” (Zizka & Klemmer, 1995).

La temporada fría inicia desde julio hasta diciembre pudiendo ser abruptamente alterado por los eventos del Niño (Snell & Rea, 1999). El gran centro de presión atmosférica sobre el sudoeste del Pacífico, que predomina en estos meses, deja libre el paso a los vientos alisios del sur, con lo cual la corriente fría de Humboldt arrastra aguas profundas, provenientes de la Antártica desembocando en la corriente sudcuatorial que fluye frente a las islas hacia el oeste (Zizka & Klemmer, 1995). Las precipitaciones son bajas en esta temporada. El aire se enfría sobre el mar mientras que se mantiene caliente en las capas superiores lo que produce una superposición de masas de aire caliente sobre frías (inversión). Estas nubes son responsables de la “garúa”. A pesar de la presencia frecuente de “garúa” a esta se la denomina temporada seca, debido a las pocas lluvias verdaderas. Las temperaturas del aire oscilan entre 19 y 26 °C (Zizka y Klemmer, 1995). El presente estudio fue realizado en esta temporada, específicamente durante el mes de agosto y octubre de 2017.

#### 4.1.1 Santa Cruz

Con un área de 986 km<sup>2</sup> y una elevación máxima aproximada de 860 metros, es la segunda isla más grande y la cuarta en altitud. Presenta seis zonas principales de vegetación: 1. Zona natural descubierta, que comprende rocas de lava, playas y lagunas; 2. Zona litoral compuesta de arbustos, mangles y especies tolerantes a la sal; 3. Zona árida o seca con vegetación xerófila, matorrales y cactus arborescentes; 4. Zona de transición que contiene una mezcla de vegetación de la zona inferior y superior; 5. Zona húmeda, dominada por el género endémico *Scalesia*, y finalmente, 6. Zona muy húmeda, dominada por la especie endémica *Miconia robinsoniana*, juncias y helechos (Wiggins & Porter, 1971). Actualmente, el 88% de la zona húmeda y 76% de la muy húmeda se encuentran degradadas debido a las actividades agrícolas y a la presencia de especies invasoras (Watson *et al.* 2010; Mauchamp & Atkinson 2010).

Una parte de este estudio fue realizado en los ocho sectores agrícolas de Santa Cruz (Mapa 2), según la división política de Santa Cruz (PDTO 2012). La mayoría de los sitios que pertenecen a los sectores agrícolas se encuentran ubicados en la zona húmeda y muy pocos se encuentran en la zona de transición. Esta última modificada casi en su totalidad para las actividades agrícolas y ganaderas. La principal producción agrícola en Santa Cruz es el café (*Coffea spp.*), seguido del banano (*Musa spp.*) y cítricos como la naranja agria (*Citrus aurantium*), naranja (*Citrus sinensis*) y toronja (*Citrus paradisi*). Los sectores de estudio que conforman la zona agrícola en Santa Cruz son: El Occidente, Santa Rosa, Bellavista, El Cascajo, Salasaca, El Camote, El Carmen y Guayabillos. La ABG en 2017 censó la zona agrícola de Santa Cruz y determinó 65 sitios dedicados a la agricultura y ganadería distribuidos en estos ocho sectores, por lo que la elección de los sitios se realizó en base a este registro.

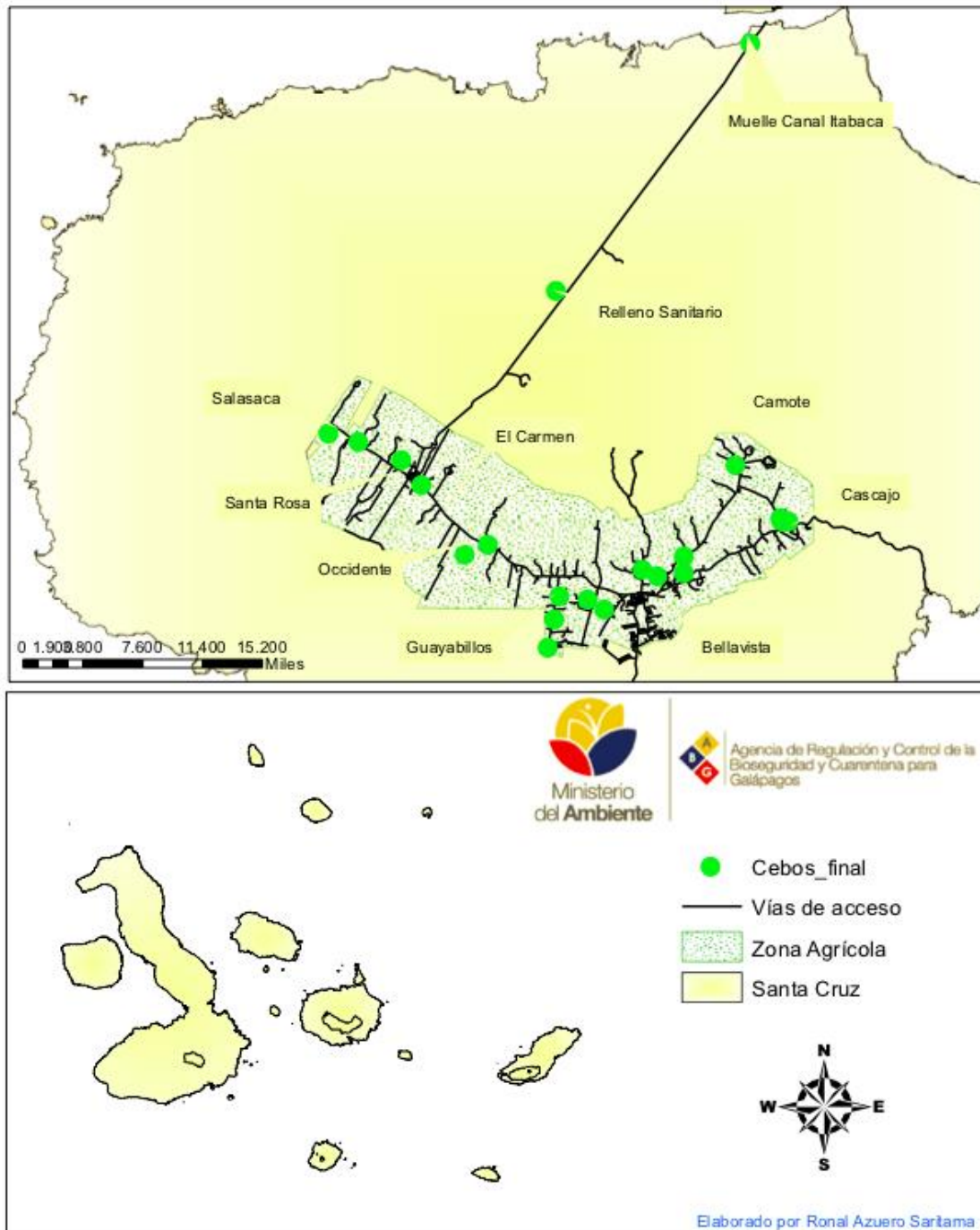
**Tabla 1:** Distribución de sitios por sector.

No.	Sector	Sitios
1	El Occidente	5
2	Santa Rosa	10
3	Bellavista	8
4	El Cascajo	14
5	Salasaca	3
6	El Camote	10
7	El Carmen	7
8	Guayabillos	8
	<b>Total</b>	<b>65</b>



La otra parte del estudio se realizó en el relleno sanitario de Santa Cruz y el área de secado del café cercano al muelle del Canal de Itabaca (Mapa 2), ambos ubicados en la zona árida (lado norte de la isla). Estos sitios fueron incluidos debido a las actividades antrópicas que en ellos se desarrollan, lo que podría contribuir a la presencia *P. megacephala*. El relleno sanitario presenta un área de 896 m<sup>2</sup> de los cuales, 345 m<sup>2</sup> son utilizados para la disposición final de desechos no reciclables y 43,5 m<sup>2</sup> para los residuos tóxicos de toda la isla (comunicación personal con el Ing. Steven Bayas, Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Santa Cruz. Por otro lado, a unos 870 metros del área de secado de café se realiza el secado del café (*Coffea* spp.) proveniente de la zona agrícola, lugar donde podría existir una movilización de especies.

## SITIOS DE ESTUDIO PARA EL MONITOREO DE HORMIGAS INTRODUCIDAS



Mapa 2: Sitios de estudio.

### 4.2 Tamaño de la muestra y elección de sitios de muestreo

Para obtener un tamaño de muestra representativo con el 95% de confianza, se utilizó la fórmula según Cannon (2001), obteniéndose 19 sitios del total de los registrados en la

zona agrícola (Graf. 1; Tabla 2). Para elegir los sitios de manera aleatoria, se utilizó el programa “*research randomizer*” (Social Psychology Network 2017). Los 19 sitios se eligieron de acuerdo con el orden de la lista proporcionada por la ABG y de acuerdo con el número obtenido por el programa antes mencionado (Tabla 3). No se realizó este procedimiento en el relleno sanitario y área de secado del café, los cuales fueron adicionales.

$$n \cong \frac{(1 - (1-\alpha)^{1/D})(N - 1/2 (SeD - 1))}{Se}$$

**Gráfico 1:** Fórmula según Cannon (2001) para obtener el tamaño de la muestra.

**Tabla 2:** Tamaño de la muestra

<b>TAMAÑO DE LA POBLACIÓN</b>	<b>65</b>
<b>NIVEL DE CONFIANZA</b>	95%
<b>SENSIBILIDAD</b>	50%
<b>PREVALENCIA ESPERADA</b>	28,00%
<b>TAMAÑO DE MUESTRA</b>	<b>19</b>

**Tabla 3:** Sitios escogidos para el muestreo.

Sector	Sitios (predios)	Altura msnm	°C	RH	Zona de vegetación
El Occidente	Mario Piú	173	*	*	Zona húmeda
	Gonzalo Bravo	214	26	82	Zona húmeda
	Humberto Solís	131	24.9	62	Zona húmeda
Santa Rosa	Mariana Torres	482	25.5	71	Zona húmeda
	Sergio Amay	431	*	*	Zona húmeda
Bellavista	Marina Carmiñagua	262	24.1	76	Zona húmeda
	Miguel Aguirre	249	21	79	Zona húmeda
	Juana Meneses	179	*	*	Zona de transición
	Rolf Ballesteros	261	22.7	70	Zona húmeda
El Cascajo	Darwin Castillo	301	*	*	Zona húmeda
	José Castillo	283	21.7	83	Zona húmeda
	José Gaona	290	25.8	59	Zona húmeda
Salasaca	Cesar Lombeida	382	26.7	59	Zona húmeda
	Diego Garcés	448	*	*	Zona húmeda
El Camote	Rene Valle	438	22.2	80	Zona húmeda
	Filomeno Amay	293	22.5	70	Zona húmeda
El Carmen	Mariana Celi	299	25.2	61	Zona húmeda
	Luis Carreño	344	24	53	Zona húmeda
Guayabillos	Aurelio Gaona	206	*	*	Zona húmeda
Relleno sanitario Santa Cruz		328	28	60%	Zona árida
Área de secado del café		24	28.6	53%	Zona árida

Elaborado por: Autor Nota: \* = no se cuenta con datos.

### 4.3 Muestreo de hormigas

#### 4.3.1 Transectos lineales

En cada sitio se establecieron dos transectos de 100 metros de largo cada uno. Para elegir el lugar donde se realizarían los transectos se tomó en cuenta el tamaño del área cultivada, es decir, tratando de que ambos transectos estén dentro de un solo tipo de cultivo. La distancia entre los dos transectos fue determinada según la vegetación existente, 5 m si la vegetación era densa y 10 m si era abierta. En ambos transectos se colocaron tubos *eppendorf* con cebos (Villarreal *et al.* 2004) separados cada 2 m. Los cebos utilizados fueron mantequilla de maní y embutido, los cuales se basan en la preferencia de *P. megacephala* por los alimentos ricos en proteínas (Lee 2002; Loke *et al.* 2002, Villarreal *et al.* 2004). De esta forma, un transecto contenía tubos *eppendorf* con mantequilla de maní, mientras que en el otro embutido. En ambos transectos los tubos *eppendorf* fueron

colocados en forma horizontal tratando de que estén cubiertos por la vegetación, protegiéndolos de la posible presencia de garúa (precipitaciones suaves). Para poder visualizar los tubos se utilizó palillos de madera de 30 cm de largo, pintados la mitad superior de rojo. Después de aproximadamente 60 minutos, se realizó la recolección de los tubos *eppendorf*, según lo recomendado por Bestelmeyer *et al.* (2000), los tubos fueron enumerados de acuerdo con el orden en el que fueron colocados. De esta manera, al realizar la identificación de las especies se registraba el número de trampa a la que pertenecía. La “abundancia relativa” de hormigas fue registrada antes de retirar los tubos según una escala discreta (“1” entre 1 y 5 individuos en el cebo, “2” entre 6 y 25, “3” entre 26 y 50, “4” hasta 100 individuos y “5” mucho más de 100 individuos), utilizada por Casellas (2004). Las muestras recolectadas en cebos de mantequilla de maní y embutido fueron colocadas en bolsas herméticas individuales etiquetadas con datos de fecha y lugar.

#### 4.3.2 Cuadrante para colecta de hojarasca y suelo

A una distancia de 50 m y paralelo a uno de los transectos se estableció un cuadrante de 20 x 1 m para la recolección de hojarasca y suelo, tratando de abarcar todo el cuadrante. El material recolectado se dispuso en bolsas herméticas individuales con un peso aproximadamente 100 g cada uno. En el área de secado del café, no se realizó la recolección de suelo y hojarasca debido a que no se encuentran estos materiales, por tal razón se escogió el otro lado de la vía a Baltra para este muestreo, lugar con buena vegetación. Además, para confirmar la movilización no intencional de *P. megacephala*. En el relleno sanitario la recolección de suelo no fue posible debido a que la superficie no tiene la presencia de hojarasca y suelo. En los sitios de la zona agrícola la recolección de hojarasca y suelo se realizó en áreas abiertas.

#### 4.3.3 Búsqueda activa

Con la ayuda de un aspirador de succión y con un tiempo de esfuerzo de 60 minutos, se realizó la búsqueda manual de individuos dentro de un rango de 100 metros alrededor de los transectos. Esta búsqueda manual se hizo debajo de piedras, troncos, ramas, así como en plantas (troncos, tallos, hojas y flores) a fin de poder capturar el mayor número de hormigas posibles. Posteriormente, las hormigas fueron colocadas en un frasco plástico con los datos de fecha y lugar.

#### 4.3.4 Datos climáticos y uso de suelo

Todos los sitios de muestreo fueron georreferenciados utilizando un dispositivo (GPS) manual de marca Garmin, modelo GPSMap 64 S. Las coordenadas fueron registradas en formato UTM. La temperatura y la humedad se midieron al comienzo del muestreo, para lo cual se colocó un termohigrómetro marca DigitalSeries, modelo KT-908, a nivel del suelo en cada uno de los sitios. Con la ayuda del GPS se registró la altitud. Para el registro de uso del suelo, se estableció dos categorías: agrícola y uso mixto (agrícola y pecuario), debido a que en algunos sitios se desarrollan ambas actividades. Así mismo, en cada sitio se registró el porcentaje de los productos cultivados.

#### 4.3.5 Datos complementarios

Durante el monitoreo se realizó una pequeña encuesta a los propietarios o trabajadores de los sitios pertenecientes al sector agrícola, con las siguientes preguntas:

- a) ¿Realiza usted control para hormiga?
- b) ¿Qué producto aplica para el control de hormiga?
- c) ¿Cuántas veces al año aplica ese producto para el control de hormiga?
- d) ¿Desarrolla usted actividad ganadera?

#### 4.3.6 Etiquetado de muestras

Después del muestreo en cada sitio, las bolsas individuales de muestras en cebos, búsqueda activa, suelo y hojarasca fueron colocadas en una única bolsa hermética etiquetada adecuadamente con la fecha y sitio de colecta. Estas bolsas fueron llevadas al laboratorio entomológico de la ABG y colocadas en un congelador a  $-4^{\circ}\text{C}$  para su posterior análisis.

#### 4.3.7 Análisis en el laboratorio

Posterior a la congelación de las muestras y previo a la identificación de las hormigas, se registró el número del tubo *eppendorf* (número de trampa), a fin de detallar las especies encontradas. Es así que, en el cuaderno de registro se detallaba el tipo de cebo, número de trampa y las especies encontradas. Las hormigas encontradas en los tubos fueron colocadas en cajas Petri para ser identificadas mediante dos estereoscopios, según la disponibilidad de los mismos: Thomas Scientific, modelo DMI 143 y Meiji Techno, modelo EMZ-8TR. Para la búsqueda de hormigas en muestras de suelo y hojarasca se utilizó una caja Petri donde se añadían pequeñas porciones de las muestras, así todo el

material colectado fue revisado. Las hormigas encontradas en estas muestras se colocaban una caja Petri aparte con etanol al 75% a fin de ser identificadas de mejor manera.

La identificación se realizó a través de la clave taxonómica de Bolton (1994), también se compararon ejemplares depositados en la colección de hormigas de la ABG, y la base de datos disponibles en la página electrónica *AntWeb*. Los ejemplares identificados fueron preservados en etanol al 75% con sus etiquetas correspondientes. En la primera etiqueta se detalla la localidad y fecha de colecta, método de colecta y nombre del colector, mientras que en la segunda etiqueta constan los datos taxonómicos de la especie.

#### 4.3.8 Procesamiento de datos

Los datos fueron agregados a una hoja de datos en Excel con la información de las especies, sitios, sectores, altitud, temperatura, humedad, tipo de cultivo, uso de suelo, control o no de hormiga, producto utilizado para el control y veces al año de aplicación del producto. Así mismo, para cada sitio se detallaron las especies que fueron encontradas en cada uno de los cebos de acuerdo a los transectos correspondientes, incluyendo la abundancia relativa de individuos. Estos datos fueron utilizados para conocer la frecuencia de cada especie dentro de los sitios, así como para conocer la efectividad de ambos cebos.

Para cada especie se calculó la frecuencia (proporción del número de muestras en que una especie está presente, tomando en cuenta solo las trampas efectivas para hormigas). Así mismo se obtuvo el porcentaje de abundancia de especies por sitio y sector. Para conocer el porcentaje de abundancia de *P. megacephala* con respecto a los cebos, se tomó en cuenta solo las trampas efectivas del transecto y el número de trampas donde *P. megacephala* se encontraba. Para conocer el porcentaje de abundancia de las especies que se encontraban en el mismo transecto que *P. megacephala* se aplicó el mismo principio.

Para analizar la información respecto a los cultivos y realizar los análisis estadísticos, se establecieron dos categorías de acuerdo con el porcentaje de plantas cultivadas:

- *Café dominante*: cuando el café estaba presente en mínimo un 70% en el sitio muestreado.
- *Maíz dominante*: cuando el maíz estaba presente en mínimo un 70% en el sitio muestreado.

- *Banano dominante*: cuando el banano estaba presente en mínimo un 70% en el sitio muestreado.
- *Mixto*: cuando el máximo porcentaje de una de las plantas era menor al 70%.

En el sitio “Mariana Celi”, el monitoreo no se realizó en un cultivo, sino que, se realizó en un área ampliamente extensa de guayaba, una de las especies más invasivas en Galápagos (Gardener *et al.* 2010). Sin embargo, se la categorizó como un tipo de cultivo.

#### 4.3.9 Análisis estadísticos

La distribución de hormigas introducidas, incluyendo a *P. megacephala* puede ser mejor explicada por su relación con gradientes ambientales, los cuales pueden ser representadas por ejes canónicos; en este sentido, métodos de ordenación canónica como el “Análisis Canónico de Correspondencias” (CCA) fueron utilizados en el modelaje para la predicción de la frecuencia de la hormiga *P. megacephala* y a su vez, explorar la relación entre las comunidades de hormigas y variables ambientales. El CCA es un análisis de gradiente directo, en donde los ejes canónicos se construyen a través de una combinación lineal (regresión múltiple) de las variables ambientales, de tal manera que reflejan la mayor dispersión de los censos y las especies de hormigas. Para el análisis CCA se requirieron dos sets de datos, una procedente de la abundancia relativa (presencia/ausencia) de distintas especies de hormigas por sitio y otro con datos de factores ambientales de estos sitios. El CCA fue instalado en el software R versión 3.4.3 (Kite-Eating Tree) al que se le instaló también el paquete “Vegan” (Oksanen 2015).

Para correlacionar las especies presentes en cada sitio con las variables ambientales se utilizó la función “envfit” en el entorno de R. Con esta función se ajustaron los vectores sobre la ordenación que maximizaron la correlación de las variables ambientales con los valores de los sitios. Por lo tanto, cada variable se ajustó por separado, obteniendo para cada una de ellas un p-valor (permutación) y una  $r^2$ , además de una dirección hacia la que el vector aumenta.

- *Efectividad de los métodos de captura con respecto al número de especies capturadas*

Para comprobar si alguno de los métodos es más efectivo (= mayor número de especies), se realizó un ANOVA en el programa R, utilizando como variable explicativa el número



de especies por sitio y, como variable dependiente el método de captura. Posterior al ANOVA se usó la prueba de Tukey para comparar e identificar en que métodos de captura existían diferencias significativas.

- *Relación entre las especies de hormigas introducidas con respecto a las condiciones ambientales de temperatura y humedad, uso de suelo, tipo de cultivo y altitud.*

Se estudió si existía relación entre la frecuencia de especies de hormigas introducidas respecto a las condiciones ambientales de temperatura y humedad, uso de suelo, tipo de cultivo y altitud a través del Análisis Canónico de Correspondencia.

- *Relación entre la presencia/ausencia de *Pheidole megacephala* y el número de especies de hormigas acompañantes.*

Para conocer si existía una relación entre la presencia/ausencia de *P. megacephala* y el número de especies acompañantes se realizó un análisis de regresión lineal en el programa R, utilizando como variable explicativa el número de especies y, como variable dependiente la presencia/ausencia de *P. megacephala*.

#### *4.3.10 Georreferenciación*

La distribución de *P. megacephala* y el uso del suelo fue representado espacialmente a través de mapas, utilizando el programa ARCGIS, versión 10.5.1.

#### *4.3.11 Estimación de inasibilidad*

Para proyectar la invasibilidad que tendría *P. megacephala*, en el sector agrícola, se realizó un análisis con proyección de distancias a través de ArcGis, versión 10.5.1 con la extensión 3D análisis.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Inventario de especies de hormigas en los sitios de estudio

En este estudio se identificaron 4 subfamilias, 15 géneros y 22 especies de hormigas, de las cuales 21 son introducidas y una está catalogada como probablemente endémica (*Solenopsis gnoma*) (Tabla 4). La subfamilia Formicinae presenta cuatro géneros representadas con una sola especie cada uno: *Brachymyrmex heeri*, *Camponotus conspicuus zonatus*, *Nylanderia fulva* y *Paratrechina longicornis*. La subfamilia Myrmicinae es la que presenta el mayor número de géneros (8) y el mayor número de especies (15): *Cardiocondyla emeryi*, *C. nuda*, *Cyphomyrmex sp. hh4*, *C. rimosus*, *Monomorium floricola*, *M. pharaonis*, *Pheidole flavens*, *P. megacephala*, *Solenopsis geminata*, *S. gnoma*, *Strumigenys eggersi*, *S. louisianae*, *Tetramorium bicarinatum*, *T. simillimum* y *Wasmania auropunctata*. La subfamilia Ponerinae con dos géneros representados por una especie cada uno, *Hipoponera opaciceps* y *Odontomachus baurii* respectivamente. Finalmente, la subfamilia Dolichoderinae con un único género representada con una especie (*Tapinoma melanocephalum*).

**Tabla 4:** Especies de hormigas encontradas en los 21 sitios de muestreo.

Subfamilia	Género	Especie	Rol funcional Trófico <sup>1</sup>	Origen <sup>2</sup>
FORMICINAE	<i>Brachymyrmex</i>	<i>B. heeri</i> (Forel, 1874)	Predador	Introducido
	<i>Nylanderia</i>	<i>N. fulva</i> (Mayr, 1862)	?	Introducido
	<i>Paratrechina</i>	<i>P. longicornis</i> (Latreille, 1802)	Omnívoro	Introducido
	<i>Camponotus</i>	<i>C. conspicuus zonatus</i> (Emery, 1894)	?	Introducido
MYRMICINAE	Cardiocondyla	<i>C. emeryi</i> (Forel, 1881)	Omnívoro	Introducido
		<i>C. nuda</i> (Mayr, 1866)	Predador	Introducido
	<i>Cyphomyrmex</i>	<i>C. sp. hh04</i>	?	Introducido
		<i>C. rimosus</i> (Spinola, 1851)	?	Introducido
	<i>Monomorium</i>	<i>M. floricola</i> (Jerdon, 1851)	Predador	Introducido
		<i>M. pharaonis</i> (Linnaeus, 1758)	Omnívoro	Introducido
	<i>Pheidole</i>	<i>P. flavens</i> (Roger, 1863)	?	Introducido
		<i>P. megacephala</i> (Fabricius, 1793)	Omnívoro	Introducido
	<i>Solenopsis</i>	<i>S. geminata</i> (Fabricius, 1804)	Omnívoro	Introducido
		<i>S. gnoma</i> (Pacheco, Herrera & Mackay, 2007)	?	Endémico probable
	<i>Strumigenys</i>	<i>S. eggersi</i> (Emery, 1890)	Predador	Introducido
		<i>S. louisianae</i> (Roger, 1863)	Predador	Introducido
	<i>Tetramorium</i>	<i>T. simillimum</i> (F. Smith, 1851)	Predador	Introducido
		<i>T. bicarinatum</i> (Nylander, 1846)	Omnívoro	Introducido
<i>Wasmania</i>	<i>W. auropuctata</i> (Roger, 1863)	Predador	Introducido	
PONERINAE	<i>Hipoponera</i>	<i>H. opaciceps</i> (Mayr, 1887)	?	Introducido
	<i>Odontomachus</i>	<i>O. baurii</i> (Emery, 1892)	Predador	Introducido probable
DOLICHODERINAE	<i>Tapinoma</i>	<i>T. melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	Omnívoro	Introducido

Elaborado por: Autor. Nota: 1= Rol funcional trófico según Causton *et al.* 2006; 2= Origen según Herrera, H. W. 2016).

## 5.2 Número de especies de hormigas según los sitios de estudio

Un total de 18 especies de hormigas introducidas y una probablemente endémica fueron encontradas en los sectores agrícolas (zona húmeda alterada) de Santa Cruz, mientras que siete hormigas introducidas fueron encontradas en el relleno sanitario de Santa Cruz y cinco en el área de secado del café (zona árida). El sector con mayor número de especies fue El Occidente (n=14) y en El Cascajo (n=14), mientras que el menor número de especies de hormigas se registró en Salasaca (n=3) (Graf. 2).

Se detectaron diferencias en cuanto al número de especies que se capturaron así como en cuanto a la diversidad entre los sitios de estudio. El sector con mayor frecuencia de

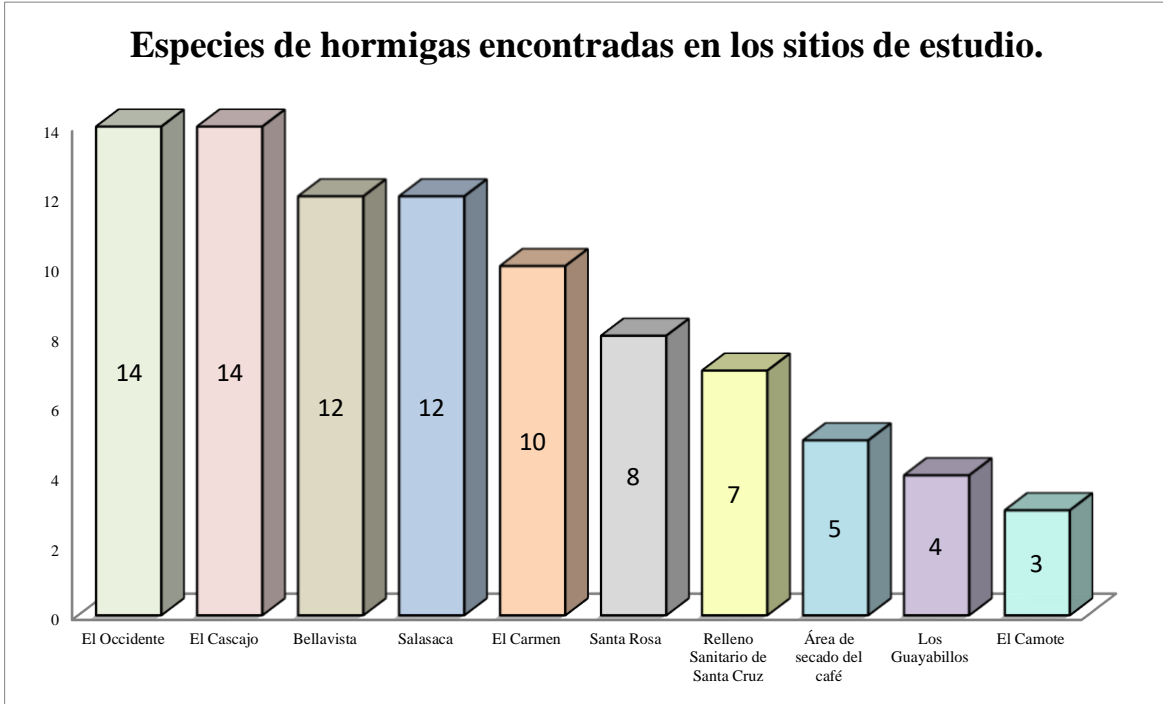
especies de hormigas en cebos fue Bellavista (n=367), mientras que el de menor frecuencia fue el relleno sanitario de Santa Cruz (n=5) (Graf. 3; Tabla 5).

La especie dominante en los sectores agrícolas monitoreados fue *S. geminata*, con un porcentaje de abundancia de 86,1%. La segunda especie más colectada fue *P. longicornis* con una abundancia de 4,8% y la tercera fue *W. auropunctata* con una abundancia de 4,2%; *P. megacephala*, ocupó el quinto lugar con una abundancia de 2,3% (Graf. 4), casi similar a *P. flavens* que tuvo una abundancia de 2,0%. Tomando en cuenta el relleno sanitario de Santa Cruz y el área de secado de café, la especie dominante fue *M. pharaonis* con un 90,8%, seguida de *T. melanocephalum* con un 10,5% y de *P. megacephala* con un 6,6%. De forma general, la especie más frecuente en todos los sitios de estudio fue *S. geminata* con un 82,4%, seguida de *P. longicornis* con un 4,8% y de *M. pharaonis* con un 4,1%. (Tabla 5).

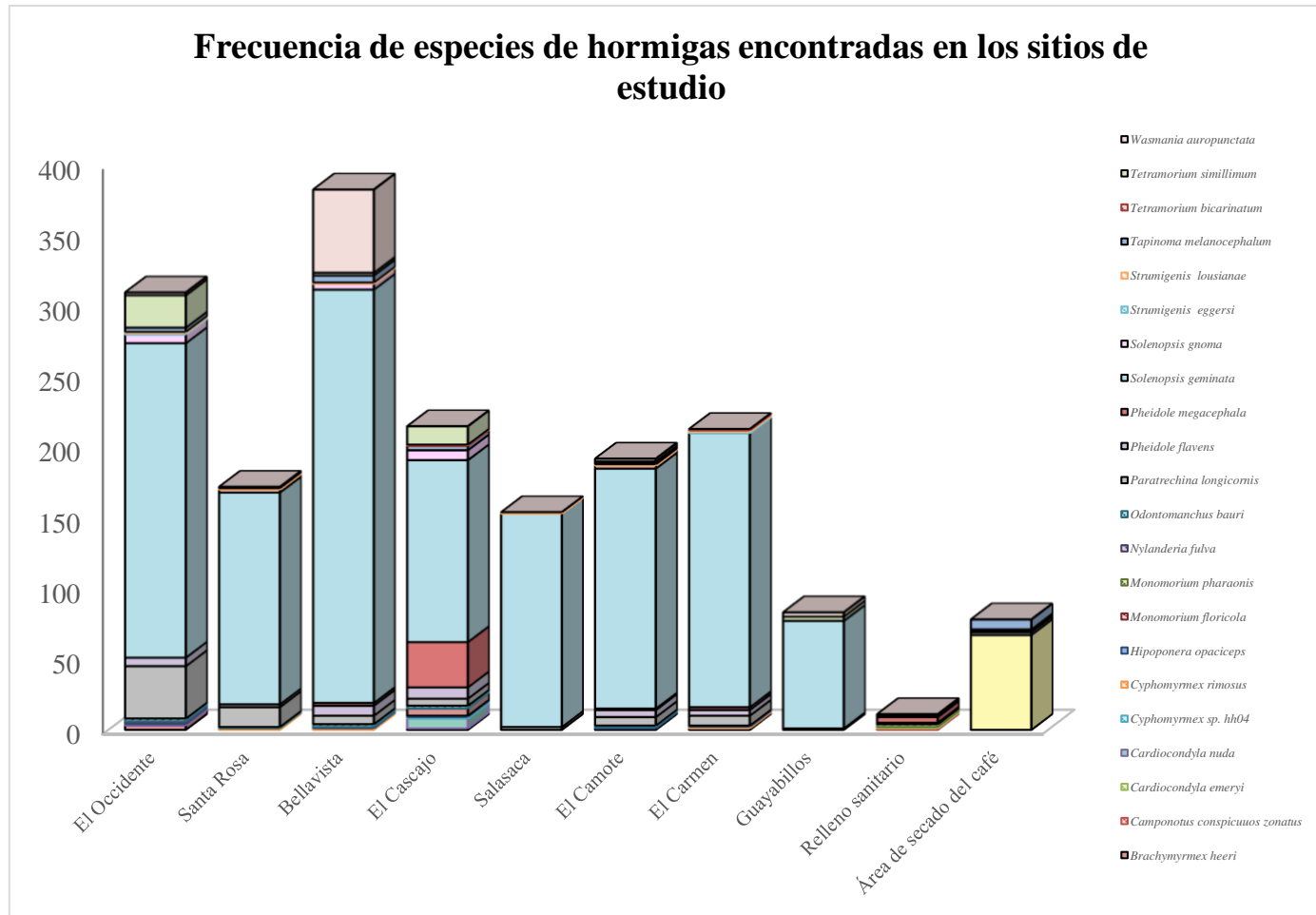
**Tabla 5:** Frecuencia (proporción del número de muestras en que una especie está presente, tomando en cuenta las trampas efectivas) y porcentaje de abundancia de especies de hormigas encontradas en los sitios de estudio mediante todos los métodos de captura.

Especies	El Occidente	Santa Rosa	Bellavista	El Cascajo	Salasaca	El Camote	El Carmen	Guayabillos	Frecuencia por especie	% Abundancia	Relleno sanitario	Área de secado del café	Frecuencia por especie	% Abundancia	Frecuencia general	% Abundancia general
<i>Brachymyrmex heeri</i>	3	0	0	1	0	1	1	0	6	0,4	0	0	0	0	6	0,4
<i>Camponotus conspicuos zonatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1,3	1	0,1
<i>Cardiocondyla emeryi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1,3	1	0,1
<i>Cardiocondyla nuda</i>	1	0	0	7	0	0	0	0	8	0,5	0	0	0	0	8	0,5
<i>Cyphomyrmex sp. hh4</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,1	0	0	0	0	1	0,1
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	0	1	1	0	0	0	1	0	3	0,2	0	0	0	0	1	0,1
<i>Hipoponera opaciceps</i>	1	0	1	1	0	1	1	0	5	0,3	0	0	0	0	5	0,3
<i>Monomorium floricola</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0,3	0	0	0	0	5	0,3
<i>Monomorium pharaonis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	67	69	90,8	69	4,1
<i>Nyländeria fulva</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1	0	0	0	0	1	0,1
<i>Odontomachus bauri</i>	2	1	2	2	0	1	0	0	8	0,5	0	0	0	0	8	0,5
<i>Paratrechina longicornis</i>	37	14	6	5	2	6	7	1	78	4,8	1	2	3	3,9	81	4,8
<i>Pheidole flavens</i>	6	2	7	8	0	5	4	0	32	2,0	0	0	0	0	32	1,9
<i>Pheidole megacephala</i>	0	0	2	32	0	1	2	0	37	2,3	4	1	5	6,6	42	2,5
<i>Solenopsis geminata</i>	223	150	293	129	151	170	194	76	1386	86,1	1	1	2	2,6	1388	82,4
<i>Solenopsis gnoma</i>	6	2	4	7	0	2	0	0	21	1,3	0	0	0	0	21	1,2
<i>Strumigenis eggerti</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0,1	0	0	0	0	2	0,1
<i>Strumigenis lousianae</i>	1	1	1	0	1	1	1	0	6	0,4	0	0	0	0	6	0,4
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	3	0	5	3	0	1	0	0	12	0,7	1	7	8	10,5	20	1,2
<i>Tetramorium bicarinatum</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0,1	0	0	0	0	2	0,1
<i>Tetramorium simillimum</i>	23	0	2	13	0	1	0	3	42	2,6	0	0	0	0	42	2,5
<i>Wasmania auropunctata</i>	2	1	59	0	0	2	0	3	67	4,2	0	0	0	0	67	4,0
<b>Total de frecuencias por sitio</b>	<b>310</b>	<b>172</b>	<b>383</b>	<b>215</b>	<b>154</b>	<b>192</b>	<b>213</b>	<b>83</b>	<b>1722</b>		<b>11</b>	<b>78</b>	<b>1811</b>			

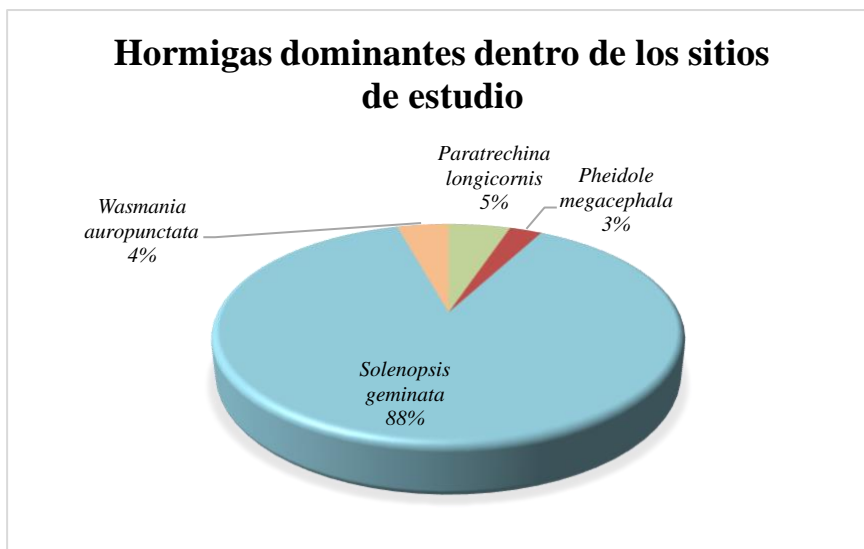
Elaborado por: Autor.



**Gráfico 2:** Número de especies encontradas en los sectores agrícolas, relleno sanitario de Santa Cruz y área de secado del café.



**Gráfico 3:** Frecuencia de especies de hormigas encontradas en todos los sitios de estudio mediante cebos (mantequilla de maní y embutido).



**Gráfico 4:** Hormigas introducidas dominantes en los sitios de estudio.

### 5.3 Especies de hormigas encontradas según los métodos de captura.

Con respecto a los métodos de captura, 21 especies fueron capturadas mediante búsqueda activa, 12 con mantequilla de maní, 12 con embutido, 11 en hojarasca y 9 en suelo (Tabla 6); mediante búsqueda activa, 18 especies de hormigas fueron encontradas en el sector agrícola, mientras que 6 fueron encontradas en el área de secado de café y 4 en el relleno sanitario de Santa Cruz (Tabla 6). Hubo solo dos especies de hormigas diferentes entre los dos tipos de cebos, *T. melanocephalum* capturada con embutido y *S. louisianae* capturada con mantequilla de maní (Tabla 6). De las especies capturadas mediante cebos, *M. pharaonis*, se encontró únicamente en el relleno sanitario de Santa Cruz y área de secado de café. Mientras que ninguna especie en estos dos últimos sitios fue encontrada en muestras de hojarasca y suelo (Tabla 7)



**Tabla 6:** Frecuencia y porcentaje de abundancia de especies de hormigas encontradas según los métodos de captura.

Especie	Búsqueda activa	Mantequilla de maní	Embutido	Hojarasca	Suelo	Frecuencia total	Abundancia %
<i>Brachymyrmex heeri</i>	6	0	0	0	0	6	0,35
<i>Camponotus conspicuus zonatus</i>	1	0	0	0	0	1	0,05
<i>Cardiocondyla emeryi</i>	1	0	0	0	0	1	0,05
<i>Cardiocondyla nuda</i>	1	6	1	0	0	8	0,47
<i>Cyphomyrmex sp. hh4</i>	1	0	0	0	0	1	0,05
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	2	0	0	0	1	3	0,17
<i>Hipoponera opaciceps</i>	2	0	0	3	0	5	0,29
<i>Monomorium florícola</i>	1	3	1	0	0	5	0,29
<i>Monomorium pharaonis</i>	2	39	28	0	0	69	4,08
<i>Nylanderia fulva</i>	1	0	0	0	0	1	0,05
<i>Odontomachus baurii</i>	5	1	1	1	0	8	0,47
<i>Paratrechina longicornis</i>	12	16	51	1	1	81	4,79
<i>Pheidole flavens</i>	2	17	12	1	0	32	1,89
<i>Pheidole megacephala</i>	2	25	13	1	1	42	2,48
<i>Solenopsis geminata</i>	20	707	641	12	8	1.388	82,13
<i>Solenopsis gnomia</i>	1	12	6	2	0	21	1,24
<i>Strumigenis eggersi</i>	1	0	0	0	1	2	0,11
<i>Strumigenis louisianae</i>	3	1	0	1	1	6	0,35
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	12	0	7	1	0	20	1,18
<i>Tetramorium bicarinatum</i>	0	0	0	1	1	2	0,11
<i>Tetramorium simillimum</i>	3	22	16	0	1	42	2,48
<i>Wasmania auropunctata</i>	2	42	21	1	1	67	3,96
<b>Total frecuencias por método de captura</b>	<b>81</b>	<b>892</b>	<b>798</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>1.812</b>	
<b>Total de especies (n=23)</b>	<b>21</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>9</b>		

Elaborado por: Autor. Nota: Métodos de captura (1643 cebos efectivos en transectos + 21muestras mediante búsqueda activa + 16 muestras de hojarasca + 10 muestras de suelo).

**Tabla 7:** Riqueza de especies encontradas en los sectores agrícolas, relleno sanitario de Santa Cruz, área de secado de café según los diferentes métodos de captura.

Zona de vegetación	Sector	Búsqueda activa	Mantequilla de maní	Embutido	Hojarasca	Suelo	Total especies
Húmeda	El Occidente	11	6	6	2	1	14
	Santa Rosa	5	4	4	2	1	8
	Bellavista	6	7	4	5	1	12
	El Cascajo	9	8	7	5	1	14
	Salasaca	1	2	2	1	1	3
	El Camote	7	4	6	2	1	12
	El Carmen	7	1	3	3	5	10
	Guayabillos	2	2	4	1	3	4
	<i>Subtotal especies</i>	18	11	11	11	9	21
Árida	Relleno Sanitario	6	1	1	0	0	7
	Área de secado de café	4	1	4	0	0	5
	<i>Subtotal especies</i>	5	2	4	0	0	2
	<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>23</b>

Elaborado por: Autor. Nota: Métodos de captura (1643 cebos efectivos en transectos + 21 muestras mediante búsqueda activa + 16 muestras de hojarasca + 10 muestras de suelo).

#### **5.4 Efectividad del método de captura con respecto al número de especies de hormigas encontradas**

Para el análisis se colocó un total de 2.080 trampas con cebos en todos los sitios de estudio, 1.880 en el sector agrícola y 200 entre el relleno sanitario de Santa Cruz y área de secado del café (Tabla 8). Un total de 34 trampas no fueron contabilizadas para los análisis, debido a que en algunos sitios las gallinas de corral se comieron el embutido, y en otros, las trampas no pudieron ser encontradas. Por lo que, de las 1.880 trampas colocadas en el sector agrícola, 1.564 fueron efectivas (para captura de hormiga). De las 1.564 fueron efectivas, 740 contenían embutido y 825 mantequilla de maní; en el relleno sanitario de Santa Cruz, únicamente cinco de las cien trampas colocadas fueron efectivas, una contenía embutido y cuatro contenían mantequilla de maní; y en el área de secado de café de las 96 trampas colocadas, 74 fueron efectivas, 35 contenían embutido y 39 mantequilla de maní. En total, doce especies fueron encontradas en 864 trampas con embutido y en 779 trampas con mantequilla de maní.

**Tabla 8:** Total de trampas colocados y trampas efectivas en los sitios de estudio.

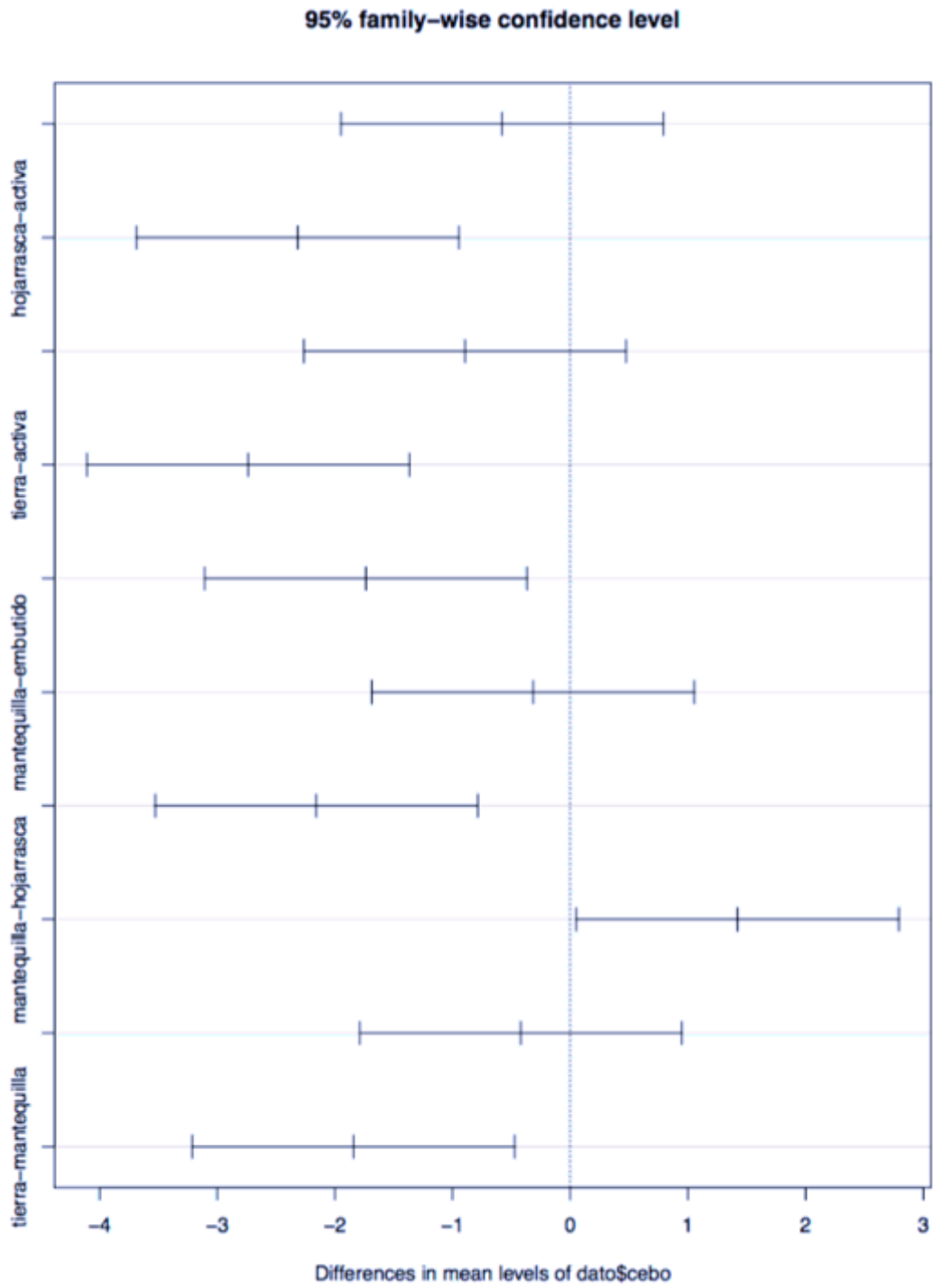
<b>Sitio/Propietario</b>	<b>Trampas colocadas</b>	<b>Trampas efectivas</b>	<b>Trampas efectivas con mantequilla de maní</b>	<b>Trampas efectivas con embutido</b>
Miguel Aguirre	100	96	46	50
Juana Meneses	98	85	42	43
Rolf Ballesteros	100	93	48	45
Mariana Carmiñagua	100	86	45	41
Humberto Solís	100	97	47	50
Gonzalo Bravo	100	87	47	40
Mario Piú	100	86	48	38
Mariana Torrez	100	71	42	29
Sergio Amay	100	88	41	47
José Castillo	100	89	46	43
José Gaona	100	64	37	27
Darwin Castillo	100	32	22	10
Diego Garcés	100	85	42	43
Cesar Lombeida	100	63	34	29
René Valle	100	99	49	50
Filomeno Amay	100	77	47	30
Luis Carreño	100	91	46	45
Mariana Celi	100	98	49	49
Aurelio Gaona	82	77	46	31
Relleno sanitario de Santa Cruz	100	5	4	1
Área de secado de café	100	74	39	35
<b>Total trampas</b>	<b>2.080</b>	<b>1.643</b>	<b>867</b>	<b>776</b>

Se detectaron diferencias entre los métodos de captura con respecto al número de especies, siendo la colecta mediante búsqueda activa el método más eficaz para la captura de un mayor número de especies de hormigas. El análisis de ANOVA determinó diferencias significativas entre los métodos de captura. Para identificar las diferencias entre cada método de captura se utilizó la prueba de Tukey (Graf. 5 y 6), detectando una diferencia muy significativa entre búsqueda "activa" con las muestras analizadas de

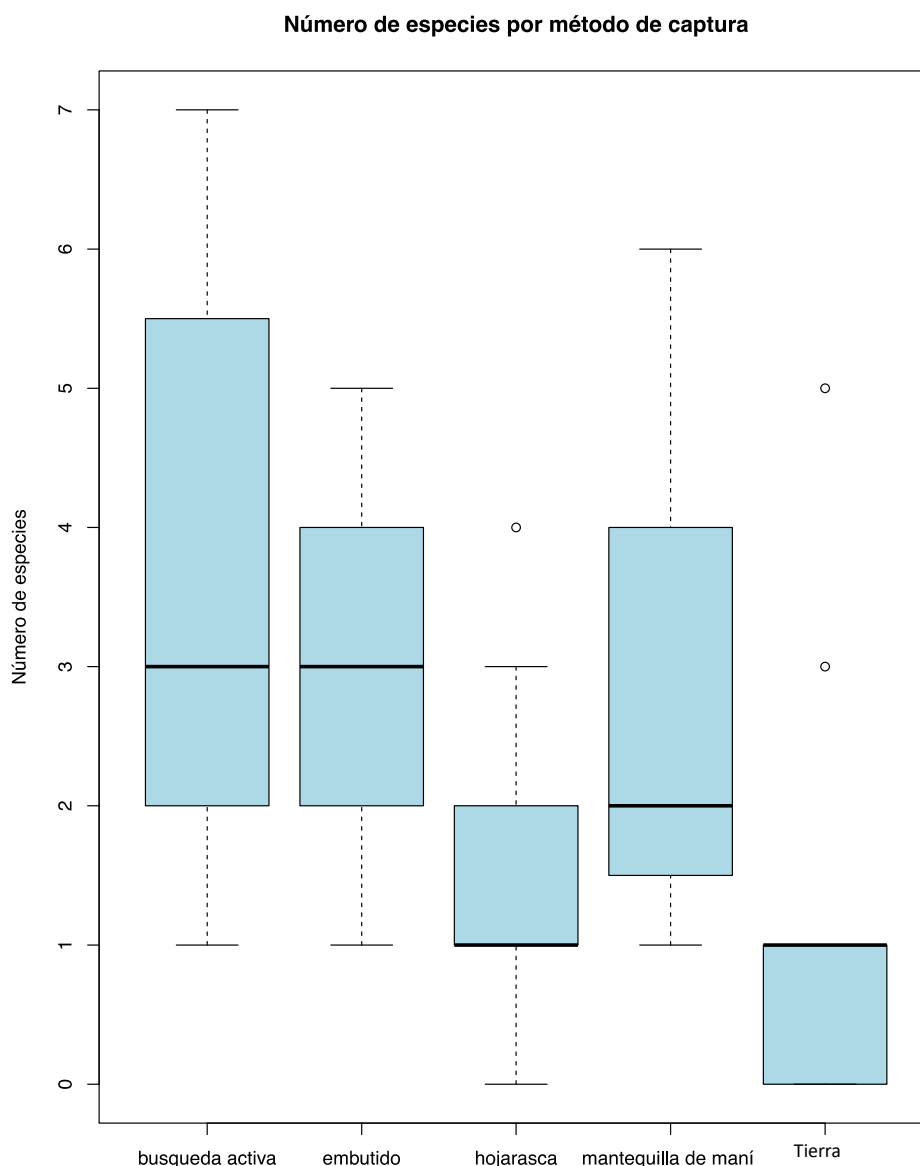
“hojarasca” y “suelo” (ANOVA,  $p < 0.01$ , Tabla 9, Graf. 6). Mientras que no se detectaron diferencias significativas entre la “búsqueda activa” con los cebos de “embutido” y “mantequilla de maní” (ANOVA,  $p < 0.05$ , Tabla 9, Graf. 6). Así mismo, no se detectaron diferencias significativas entre ambos cebos (ANOVA,  $p < 0.05$ , Tabla 9, Graf. 6).

**Tabla 9:** Análisis de ANOVA comparando el número de especies encontradas según los distintos métodos de captura. EM (embutido), BA (búsqueda activa), MM (mantequilla de maní), TI (suelo), Ho (Hojarasca).

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
dato\$cebo	4	103.9	25.984	11.3 1.79e-07 ***
Residuals	90	206.9	2.299	
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
\$`dato\$cebo`				
	diff	lwr	upr	p_adj
EM-BA	-0.5789474	-1.94854591	0.7906512	0.7645548
HO-BA	-2.3157895	-3.68538801	-0.9461909	0.0000873 ***
MM-BA	-0.8947368	-2.26433538	0.4748617	0.3693948
TI-BA	-2.7368421	-4.10644064	-1.3672436	0.0000027 ***
HO-EM	-1.7368421	-3.10644064	-0.3672436	0.0057842 *
MM-EM	-0.3157895	-1.68538801	1.0538091	0.9677224
TI-EM	-2.1578947	-3.52749327	-0.7882962	0.0002967 **
MM-HO	1.4210526	0.05145409	2.7906512	0.0380313 **
TI-HO	-0.4210526	-1.79065117	0.9485459	0.9120558
TI-MM	-1.8421053	-3.21170380	-0.4725067	0.0028782 **



**Gráfico 5:** Prueba de Tukey para comparar todos los métodos de captura e identificar si existen diferencias significativas entre ellos.



**Gráfico 6:** Número de hormigas encontradas con respecto a los métodos de captura.

### 5.5 Distribución de *Pheidole megacephala*

*P. megacephala* estuvo presente en los sectores de Bellavista, El Cascajo, El Camote y El Carmen, además del relleno sanitario de Santa Cruz y área de secado de café (Tabla 10; Mapa 3). Con respecto a los sectores agrícolas, la mayor abundancia de *P. megacephala* fue en El Cascajo con un 34,8%, mientras que la menor abundancia fue en el Camote con 1,0%. En el relleno sanitario de Santa Cruz la abundancia de *P. megacephala*, fue de 12,5%, mientras que en el área de secado del café su abundancia fue

de un 1,3% (Tabla 10). Tomando en cuenta únicamente los transectos, la mayor abundancia de *P. megacephala* fue en el relleno sanitario de Santa Cruz, con un 80%, seguido de El Cascajo con un 17% (Tabla 11).



**Tabla 10:** Frecuencia y porcentaje de abundancia de *Pheidole megacephala* en los sectores agrícolas de la isla Santa Cruz, tomando en cuenta todos los métodos de captura.

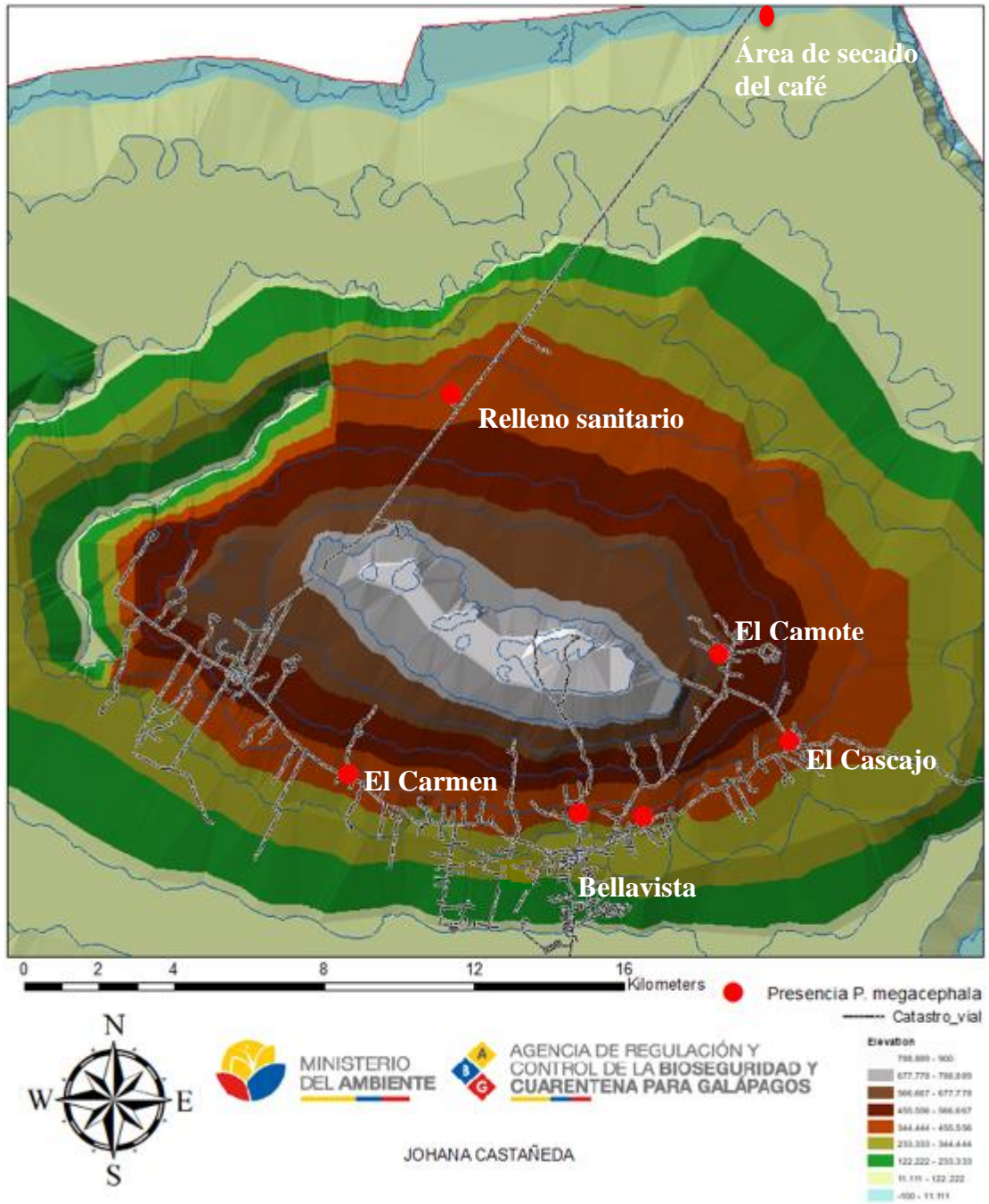
Sector	Sitio	En trampas con embutido	En trampas con mantequilla de maní	Búsqueda activa	Suelo	Hojarasca	Frecuencia total	%Abundancia
Bellavista	Miguel Aguirre	0	0	1	0	0	1	1,0
	Juana Meneses	0	1	0	0	0	1	1,1
El Cascajo	José Castillo	11	20	1	0	0	32	34,8
El Camote	Rene Valle	1	0	0	0	0	1	1,0
El Carmen	Luis Carreño	0	0	0	1	1	2	2,1
Relleno Sanitario		0	1	0	0	0	1	12,5
Área de secado de café		1	0	0	0	0	1	1,3

**Tabla 11:** Frecuencia y porcentaje de abundancia de *Pheidole megacephala* en los cebos (mantequilla de maní y embutido) en todos los sitios de estudio.

Sector/Sitio	Frecuencia de <i>P. megacephala</i>	Trampas efectivas	% Abundancia <i>P. megacephala</i>	Frecuencia total de especies
El Occidente	0	270	0	287
Santa Rosa	0	159	0	162
Bellavista	1	360	0	367
El Cascajo	31	185	17	194
Salasaca	0	148	0	149
El Camote	1	176	1	179
El Carmen	0	189	0	195
Guayabillos	0	77	0	77
Relleno sanitario	4	5	80	5
Área de secado de café	1	74	1	74

Elaborado por: Autor.

SITIOS DE ESTUDIO PARA EL MONITOREO DE HORMIGAS INTRODUCIDAS



Mapa 3: Presencia de *Pheidole megacephala* en los sitios de estudio.

### 5.5 *Pheidole megacephala* con respecto a los métodos de captura

*P. megacephala* fue encontrada mediante todos los métodos de captura utilizados durante el monitoreo (Tabla 12). En El Cascajo fue capturada mediante mantequilla de maní y embutido. En Bellavista fue capturada mediante embutido y búsqueda activa. En El Camote fue capturada mediante embutido y en El Carmen solo en muestras de suelo y hojarasca. En cuanto a la abundancia de *P. megacephala* en los transectos, esta fue mayor en los cebos con mantequilla de maní (13,8%) que en los cebos con embutido (7,5%; Tabla 13).

**Tabla 12:** Métodos de captura con los que se colectó *Pheidole megacephala* en los distintos sitios y sectores.

Sector	Propietario	Método de captura
Bellavista	Miguel Aguirre	Búsqueda activa
	Juana Meneses	Mantequilla de maní
El Cascajo	José Castillo	Embutido y mantequilla de maní
El Camote	Rene Valle	Embutido
El Carmen	Luis Carreño	Suelo y hojarasca
Relleno sanitario de Santa Cruz		Mantequilla de maní
Área de secado de café		Embutido

**Tabla 13:** Porcentaje de presencia de *Pheidole megacephala* en los sitios: Juana Meneses, José Castillo, René Valle, relleno sanitario de Santa Cruz y área de secado del café.

Cebos	Trampas efectivas	Trampas con <i>P. megacephala</i>	% Abundancia
Mantequilla de maní	180	25	13,8
Embutido	172	13	7,5

### 5.6 Distribución de *Pheidole megacephala* con respecto a las variables ambientales y geográfica

*P. megacephala* estuvo presente a una temperatura máxima de 28,6 °C y una mínima de 21 °C (Tabla 14). El porcentaje máximo de humedad a la que se la encontró fue de 80% y la mínima fue de 53% (Tabla 14). Tomando en cuenta todos los sitios donde estuvo presente, la temperatura promedio durante los días de monitoreo fue de 24,3 °C. La altura máxima a la que se encontró a *P. megacephala* dentro de los sectores agrícolas estudiados

fue en El Camote a 436 metros, mientras que la menor altura fue en el área de secado del café a 29 metros (Tabla 14).

**Tabla 14:** Distribución de *Pheidole megacephala* con respecto a las variables ambientales (temperatura y humedad) y geográfica (altitud) en las que fue capturada.

Sector	Sitios (predios)	Altura msnm	°C	RH	Captura de <i>P. megacephala</i>	Método de captura
	Mario Piú	173	*	*	No	
El Occidente	Gonzalo Bravo	214	26	82	No	
	Humberto Solís	131	24,9	62	No	
Santa Rosa	Mariana Torres	482	25,5	71	No	
	Sergio Amay	431	*	*	No	
	Mariana Carmiñagua	262	24,2	76	No	
	Miguel Aguirre	256	21	79	Sí	Búsqueda activa
Bellavista	Juana Meneses	181	*	*	Sí	Mantequilla de maní
	Rolf Ballesteros	261	22,7	70	No	
	Darwin Castillo	301	*	*	No	
El Cascajo	José Castillo	283	21,7	83	Sí	Embutido y mantequilla de maní
	José Gaona	290	25,8	59	No	
Salasaca	Cesar Lombeida	382	26,7	59	Sí	
	Diego Garcés	448	*	*	No	
El Camote	Rene Valle	436	22,2	80	Sí	Embutido
	Filomeno Amay	293	22,5	70	No	
El Carmen	Mariana Celi	299	25,2	61	No	
	Luis Carreño	351	24	53	Sí	Suelo
	Relleno sanitario de Santa Cruz	328	28	60	Sí	Mantequilla de maní
	Área de secado del café	24	28,6	53	Sí	Embutido

Elaborado por: Autor. Nota: (\* = No se registró la variable).

### 5.7 Especies acompañantes a *Pheidole megacephala*

Un total 15 especies fueron encontradas en los mismos sitios donde fue encontrada *P. megacephala* (Tabla 15). Tomando en cuenta todos estos sitios, *P. megacephala* estuvo en un 7,6% siendo la especie más abundante después de *S. geminata* que estuvo en un 76,4%. En El Cascajo, donde *P. megacephala* fue más abundante (34,8%), la abundancia de *S. geminata* disminuyó (57,6%; Tabla 16). Excluyendo a *S. geminata*, las especies acompañantes a *P. megacephala* estuvieron por debajo del 3%. En el caso de *S. gnoma*, esta fue encontrada acompañando a *P. megacephala* en el sector de Bellavista y El Camote, con una abundancia de 0,2%. En el relleno sanitario de Santa Cruz siete especies

de hormigas introducidas fueron encontradas acompañando a *P. megacephala*, que tuvo una abundancia en un 66,6%, seguida de *M. pharaonis* en un 33,3%, las demás especies acompañantes estuvieron por debajo del 17%. En el área de secado de café, cinco especies de hormigas acompañaron a *P. megacephala*, la cual estuvo en un 1,3%, a diferencia de *M. pharaonis* que estuvo en un 89,3%. Ninguna especie endémica o nativa fue encontrada acompañando a *P. megacephala* en estos sitios.

**Tabla 15:** Frecuencia y porcentaje de abundancia de hormigas en los sitios del sector agrícola (donde *P. megacephala* estuvo presente), relleno sanitario de Santa Cruz y Área de secado del café.

Especies	Juana Meneses			Miguel Aguirre			René Valle			Luis Carreño			José Castillo		
	Frecuencia especie	Trampas efectivas	% Abundancia	Frecuencia especie	Trampas efectivas	% Abundancia	Frecuencia especie	Trampas efectivas	% Abundancia	Frecuencia especie	Trampas efectivas	% Abundancia	Frecuencia especie	Trampas efectivas	% Abundancia
<i>Brachymyrmex heeri</i>	0	87	0	0	98	0	0	101	0	1	94	1,1	0	90	0
<i>Cyphomyrmex sp. hh4</i>	0	87	0	0	98	0	0	101	0	0	94	0	1	90	1,1
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	0	87	0	0	98	0	0	101	0	1	94	1,1	0	90	0
<i>Hipoponera opaciceps</i>	1	87	1,1	0	98	0	1	101	1	1	94	1,1	0	90	0
<i>Odontomachus baurii</i>	2	87	2,3	0	98	0	0	101	0	0	94	0	1	90	1,1
<i>Monomorium floricola</i>	0	87	0	0	98	0	0	101	0	0	94	0	1	90	1,1
<i>Paratrechina longicornis</i>	2	87	2,3	0	98	0	2	101	2	7	94	7,4	1	90	1,1
<i>Pheidole flavens</i>	0	87	0	1	98	1,0	0	101	0	4	94	4,3	6	90	6,5
<i>Pheidole megacephala</i>	1	87	1,1	1	98	1,0	1	101	1	2	94	2,1	32	90	34,8
<i>Solenopsis geminata</i>	81	87	93,1	93	98	94,9	98	101	96,1	93	94	98,9	53	90	57,6
<i>Solenopsis gnomia</i>	0	87	0	1	98	1,0	1	101	1	0	94	0	0	90	0
<i>Strumigenys lousianae</i>	0	87	0	0	98	0	0	101	0	1	94	1,1	0	90	0
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	3	87	3,4	0	98	0	0	101	0	0	94	0	1	90	1,1
<i>Tetramorium bicarinatum</i>	0	87	0	0	98	0	0	101	0	1	94	1,1	0	90	0
<i>Tetramorium simillimum</i>	0	87	0	1	98	1,0	0	101	0	0	94	0	2	90	2,2
<i>Wasmania auropunctata</i>	0	87	0	1	98	1,0	0	101	0	0	94	0	0	90	0
<b>Total</b>	90	87		98	98	100	103	101		111	94		98	90	

...continuación Tabla 15

Especies	Relleno sanitario de Santa Cruz			Área de secado del café			GENERAL	
	Frecuencia especie	Trampas efectivas	% Abundancia	Frecuencia especie	Trampas efectivas	% Abundancia	Total trampas efectivas	% Abundancia
<i>Brachymyrmex heeri</i>	0	6	0	0	75	0	550	0,2
<i>Camponotus conspicuus</i>	1	6	16,6	0	75	0	550	0,2
<i>Cardiocondyla emeryi</i>	1	6	16,6	0	75	0	550	0,2
<i>Cyphomyrmex sp. hh4</i>	0	6	0	0	75	0	550	0,2
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	0	6	0	0	75	0	550	0,2
<i>Hipoponera opaciceps</i>	0	6	0	0	75	0	550	0,5
<i>Odomomachus baurii</i>	0	6	0	0	75	0	550	0,5
<i>Monomorium floricola</i>	0	6	0	0	75	0	550	0,2
<i>Monomorium pharaonis</i>	2	6	33,3	67	75	89,3	550	12,5
<i>Paratrechina longicornis</i>	1	6	16,6	2	75	2,7	550	2,7
<i>Pheidole flavens</i>	0	6	0	0	75	0,0	550	2,0
<i>Pheidole megacephala</i>	4	6	66,6	1	75	1,3	550	7,6
<i>Solenopsis geminata</i>	1	6	16,6	1	75	1,3	550	76,4
<i>Solenopsis gnoma</i>	0	6	0	0	75	0,0	550	0,4
<i>Strumigenys louisianae</i>	0	6	0	0	75	0,0	550	0,2
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	1	6	16,6	7	75	9,3	550	2,2
<i>Tetramorium bicarinatum</i>	0	6	0	0	75	0	550	0,2
<i>Tetramorium simillimum</i>	0	6	0	0	75	0	550	0,5
<i>Wasmania auropunctata</i>	0	6	0	0	75	0	550	0,2
<b>Total</b>	11	95		0	75	0	640	79,8

Elaborado por: Autor

**Tabla 16:** Porcentaje de abundancia de especies de hormigas en relación a los sectores donde *Pheidole megacephala* estuvo presente.

Especie	Bellavista	El Camote	El Carmen	El Cascajo	Relleno sanitario de Santa Cruz	Área de secado de café	Abundancia total
<i>Brachymyrmex heeri</i>	0	0	1	0	0	0	0,2
<i>Camponotus conspicuus</i>	0	0	0	0	17	0	0,2
<i>Cardiocondyla emeryi</i>	0	0	0	0	17	0	0,2
<i>Cyphomyrmex sp. hh4</i>	0	0	0	1	0	0	0,2
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	0	0	1	0	0	0	0,2
<i>Hipoponera opaciceps</i>	0,5	1	1	0	0	0	0,5
<i>Odontomachus baurii</i>	1	0	0	1	0	0	0,5
<i>Monomorium floricola</i>	0	0	0	1	0	0	0,2
<i>Monomorium pharaonis</i>	0	0	0	0	33	89	12,5
<i>Paratrechina longicornis</i>	1	2	7	1	17	3	2,7
<i>Pheidole flavens</i>	0,5	0	4	7	0	0	2,0
<i>Pheidole megacephala</i>	1	1	2	35	67	1	7,6
<i>Solenopsis geminata</i>	93	96	99	58	17	1	76,4
<i>Solenopsis gnoma</i>	0,5	1	0	0	0	0	0,4
<i>Strumigenys louisianae</i>	0	0	1	0	0	0	0,2
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	2	0	0	1	17	9	2,2
<i>Tetramorium bicarinatum</i>	0	0	1	0	0	0	0,2
<i>Tetramorium simillimum</i>	1	0	0	2	0	0	0,5
<i>Wasmania auropunctata</i>	1	0	0	0	0	0	0,2

Elaborado por: Autor

Considerando la búsqueda activa y las muestras de hojarasca y suelo, otras especies de hormigas fueron encontradas en los mismos sitios donde *P. megacephala* estaba presente, como: *B. heeri*, *C. conspicuus zonatus*, *C. emeryi*, *C. rimosus*, *C. sp. hh04*, *H. opaciceps* y *W. auropunctata*. Así mismo, tomando en cuenta todos los métodos de captura, el sitio con mayor número de especies acompañando a *P. megacephala* fue en el sitio de José Castillo, en el sector de El Cascajo, y Luis Carreño en El Carmen, mientras que los sitios con menor número de especies acompañando a *P. megacephala* fue en el sitio de René Valle en el sector de El Camote y el área de secado de café (Tabla 17). En total, 15 especies diferentes de hormigas introducidas, y una dudosamente endémica se encontraron acompañando a *P. megacephala*.



**Tabla 17:** Número de especies acompañando a *Pheidole megacephala* encontradas mediante todos los métodos de captura.

Sector	Sitio	Frecuencia <i>Pheidole megacephala</i>	Especies de hormigas
Bellavista	Miguel Aguirre	1	5
	Juana Meneses	1	5
	Marina Carmiñagua	0	6
	Rolf Ballesteros	0	6
Occidente	Humberto Solís	0	9
	Gonzalo Bravo	0	7
	Mario Piu	0	10
Santa Rosa	Sergio Amay	0	3
	Mariana Torres	0	6
El Cascajo	José Castillo	32	8
	Darwin Castillo	0	4
	José Gaona	0	6
Salasaca	Diego Garcés	0	3
	Cesar Lombeida	0	2
El Camote	René Valle	1	4
	Filomeno Amay	0	10
El Carmen	Mariana Celi	0	2
	Luis Carreño	2	8
Guayabillos	Aurelio Gaona	0	4
Relleno sanitario de Santa Cruz		4	6
Área de secado del café		1	4

Elaborado por: Autor

### 5.8 Ausencia/Presencia de *Pheidole megacephala* con respecto a la diversidad de especies de hormigas encontradas

Mediante el análisis de ANOVA se determinó que no existen diferencias significativas entre la ausencia y presencia de *P. megacephala* y la diversidad de las especies de hormigas encontradas. (ANOVA,  $p < 0.05$ , Tabla 18, Graf.7).

**Tabla 18:** Análisis de ANOVA para comparar la ausencia y presencia de *Pheidole megacephala* con la diversidad de especies de hormigas.

```

Call:
lm(formula = (PH$No.especies) ~ (PH$P.megacephala))

Coefficients:
      (Intercept)  PH$P.megacephalaPresente
           5.8000                0.8667

> summary(model1)

Call:
lm(formula = (PH$No.especies) ~ (PH$P.megacephala))

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.800 -1.667  0.200  1.200  4.200

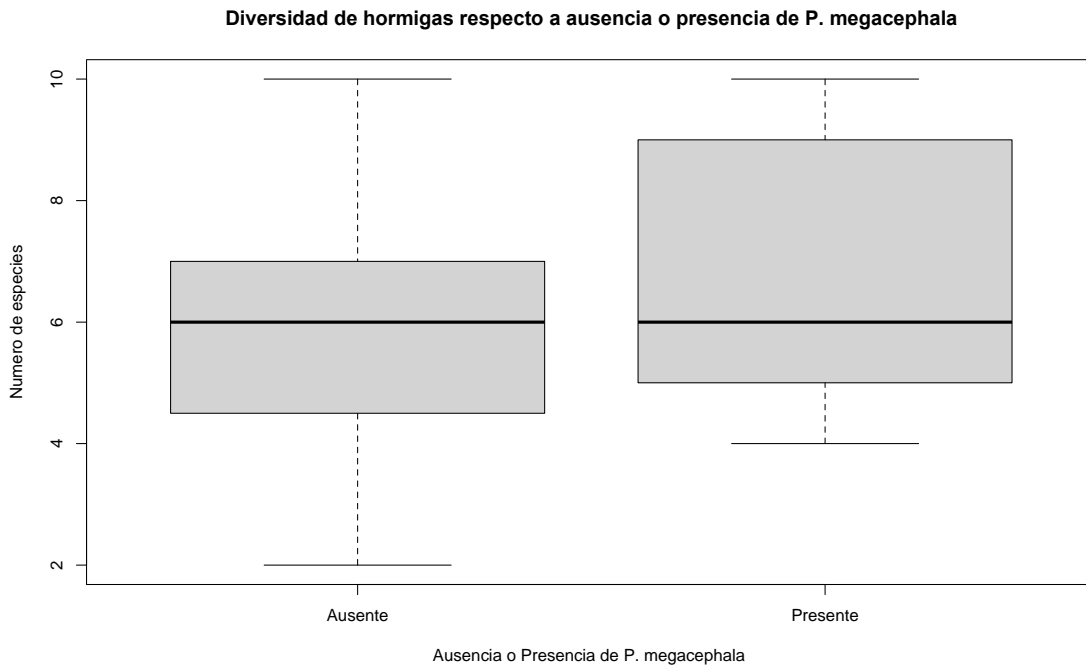
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      5.8000    0.6261   9.263 1.78e-08 ***
PH$P.megacephalaPresente  0.8667    1.1714   0.740  0.468
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.425 on 19 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.028,    Adjusted R-squared:  -0.02315
F-statistic: 0.5474 on 1 and 19 DF,  p-value: 0.4684

> anova(model1)
Analysis of Variance Table

Response: (PH$No.especies)
          Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
PH$P.megacephala  1    3.219   3.2190   0.5474 0.4684
Residuals       19  111.733   5.8807

```



**Gráfico 7:** Diversidad de hormigas con respecto a la ausencia o presencia de *Pheidole megacephala*.

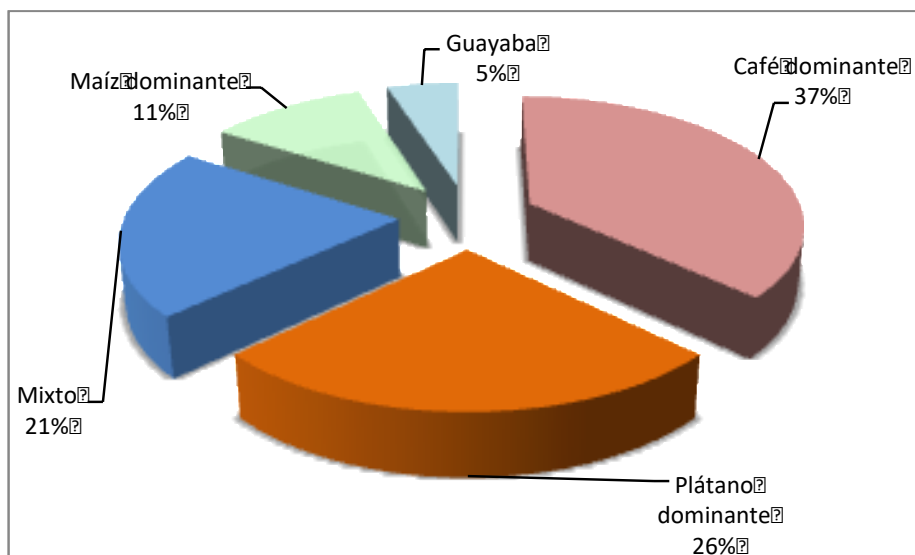
### 5.9 Cultivos en los sitios de estudio

En el 37% de los sitios se cultiva café (*C. spp.*), en el 26% se cultiva banano (*M. spp.*), en el 21% maíz (*Zea mays*) y en el 5% se cultivan varias plantas como: café, banano, tomate (*Lycopersicon esculentum*), pimiento (*Capsicum annuum*), yuca (*Manihot esculenta*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), piña (*Ananas comosus*), naranja agria (*C. spp.*), naranja (*C. sinensis*), y toronja (*C. paradise*) (Tabla 19; Graf. 8). A esta última categoría se la denominó como cultivo mixto.

**Tabla 19:** Porcentaje de cultivos en cada sitio de estudio.

Sector	Sitio	Cultivos	Categoría dominante
El Occidente	Humberto Solís	Banano: 20% Yuca: 35% Maíz: 20% Fréjol: 10% Piña: 10% Naranja agria, naranja: 5%	Mixto
	Gonzalo Bravo	Banano:90% Maíz:5% Naranja agria, Toronja: 5%	Banano dominante
	Mario Piú	Café 85% Banano: 15%	Café dominante
Santa Rosa	Sergio Amay	Yuca: 40% Arveja: 30% Banano: 20% Rábano: 10%	Mixto
	Mariana Torres	Banano: 100%	Banano dominante
Bellavista	Miguel Aguirre	Café: 100%	Café dominante
	Juana Meneses	Banano: 70% Calabaza: 20% Pimiento: 5% Yuca, maracuyá, Ortiga: 5%	Banano dominante
	Marina Carmiñagua	Banano: 80% Varios: 20%	Banano dominante
	Rolf Ballesteros	Café:75% Platano:20% Yuca: 5%	Café dominante
El Cascajo	José Castillo	Café 80 Banano: 20%	Café dominante
	Darwin Castillo	Café: 100%	Café dominante
	José Gaona	Maíz: 100%	Maíz dominante
Salasaca	Diego Garcés	Banano: 20% Piña: 20% Caña: 60%	Mixto
	Cesar Lombeida	Maíz: 80% Fréjol: 15% Banano: 5%	Maíz dominante
El Camote	René Valle	Café: 85% Banano: 10% Tomatillo: 5%	Café dominante
	Filomeno Amay	Café: 100%	Café dominante
El Carmen	Mariana Celi	Guayaba: 100%	Guayaba dominante
	Luis Carreño	Banano: 100%	Banano dominante
Guayabillos	Aurelio Gaona	Café: 40% Yuca: 10% Maíz: 25% Banano: 25%	Mixto

Elaborado por: Autor



**Gráfico 8:** Porcentaje de cultivos en los sitios monitoreados.

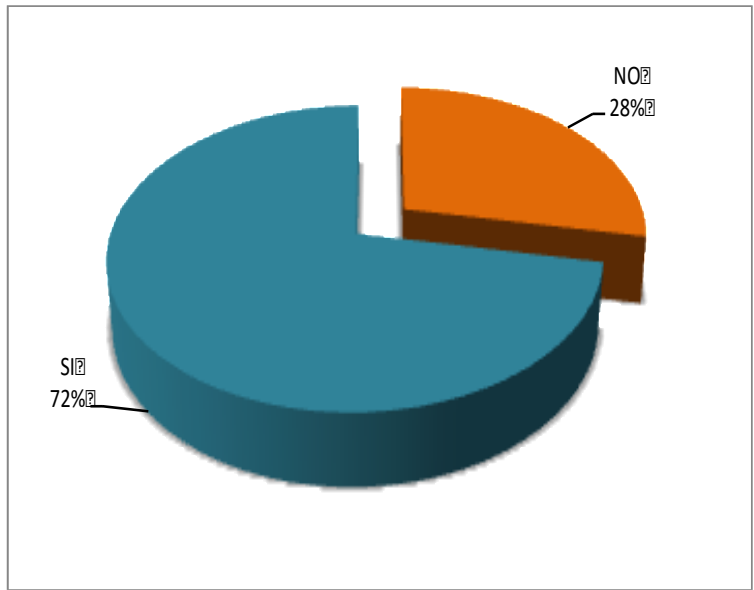
### 5.11 Control de hormiga en los sitios de estudio

El control de hormiga se realiza en 13 de los 19 sitios dedicados a la actividad agrícola, es decir en el 72% de los sitios (Tabla 21; Graf.9). El 30,8% de los propietarios utilizan un producto a base de hidrametilona, cuyo nombre comercial es *SiegePro* (Mapa 4), mientras que el 30,2% utilizan un producto a base de cipermetrina, cuyo nombre comercial es *Ciperpac* (Mapa 5; Fig. 10). En cuatro de los 13 sitios el control se lo hace una sola vez al año. En dos sitios el control se lo realiza una o dos veces al año. En seis sitios el control se lo hace de tres a cuatro veces al año. Y finalmente, solo en uno el control de hormiga se hace aproximadamente unas 24 veces al año.

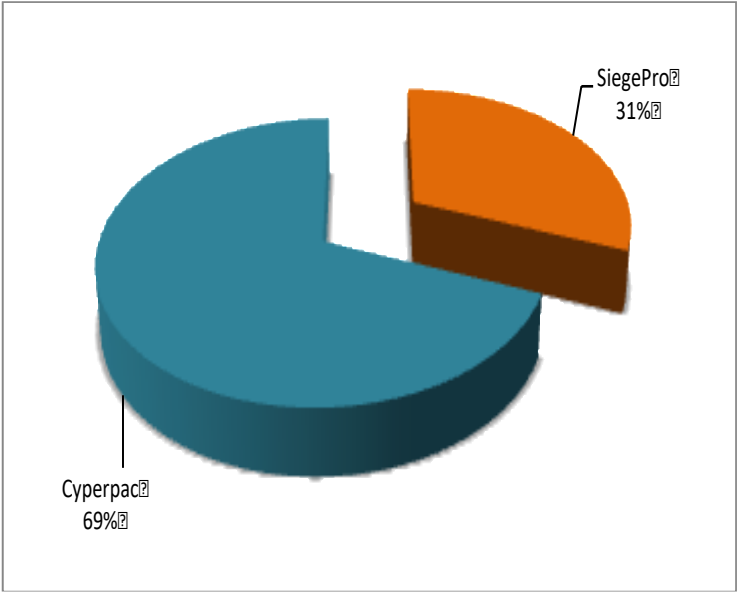
**Tabla 20:** Control de hormiga en los sitios pertenecientes al sector agrícola.

Sector	Sitio	Control de hormiga	Veces al año	Producto empleado
Bellavista	Miguel Aguirre	Sí	1	Cyperpac
	Juana Meneses	Sí	24	Cyperpac
	Marina Carmañagua	Sí	1 a 2	Cyperpac
	Rolf Ballesteros	Sí	1	Cyperpac
Occidente	Humberto Solís	Sí	4	Cyperpac
	Gonzalo Bravo	Sí	3 a 4	Cyperpac
	Mario Piu	Sí	1	SiegePro
Santa Rosa	Sergio Amay	Sí	4	Cyperpac
	Mariana Torres	Sí	3 a 4	Cyperpac
El Cascajo	José Castillo	No		
	Darwin Castillo	Sí	1	Cyperpac
	José Gaona	Sí	2	SiegePro
Salasaca	Diego Garcés	No		
	Cesar Lombeida	Sí	4	SiegePro
El Camote	René Valle	*	*	*
	Filomeno Amay	No		
El Carmen	Mariana Celi	No		
	Luis Carreño	Sí	4	SiegePro
Guayabillos	Aurelio Gaona	No		

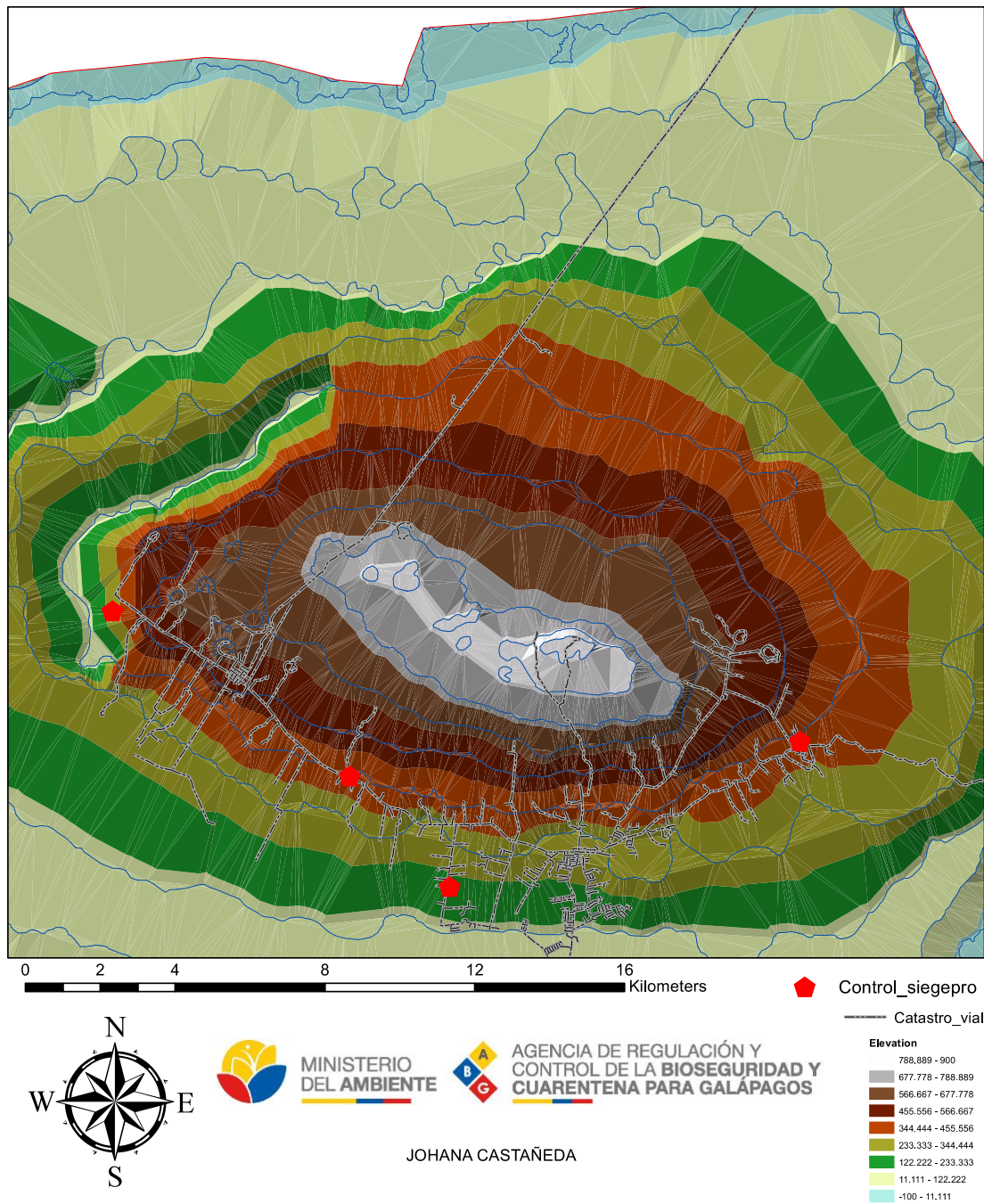
Nota: \* = No se cuenta con datos.



**Gráfico 9:** Control de hormiga en los sitios monitoreados.

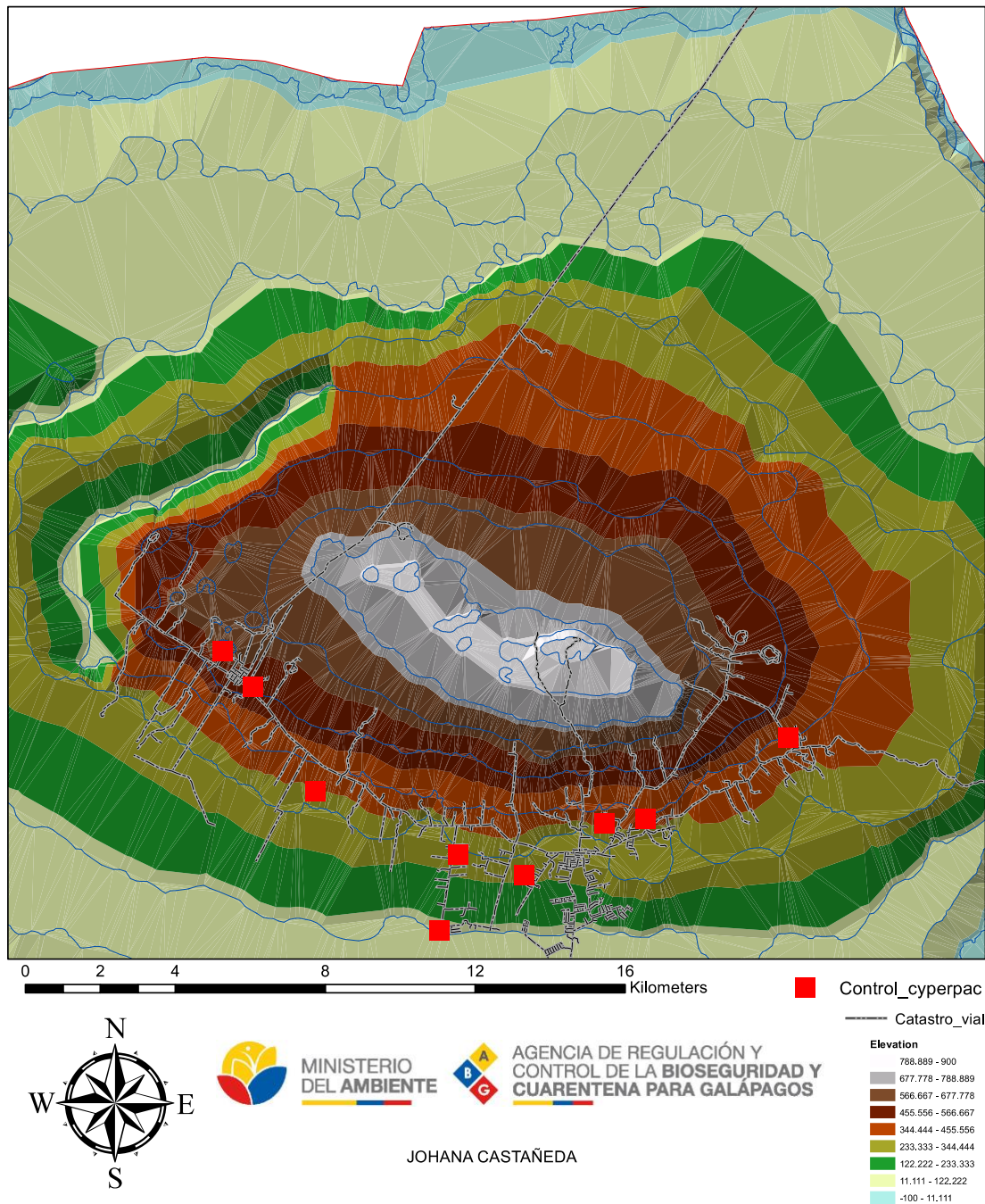


**Gráfico 10:** Productos utilizados para el control de hormiga en los sectores agrícolas.



**Mapa 4:** Sitios donde se utiliza *Siegepro* para el control de hormigas.





**Mapa 5:** Sitios donde se utiliza *Cyperpac* para el control de hormigas.

### 5.10 Distribución de especies de hormigas con respecto a todas las variables ambientales, geográfica y tipo de cultivo

En el Análisis Canónico de Correspondencia entre la distribución de ciertas especies con respecto a las variables ambientales: temperatura, humedad y geográfica: altitud, determinó que *P. megacephala* está más relacionada con la altitud que a las variables temperatura y humedad. La relación con la variable altitud es aún mayor en *P. longicornis*

y *S. geminata*. Por otro lado, *T. simillimum* y *W. auropunctata* no parecen estar relacionadas con ninguna variable (Tabla. 21; Graf. 11).

El diagrama de ordenación de densidad poblacional de hormigas nos permite apreciar que la variable más importante en la predicción de la presencia de las comunidades de hormigas es la altitud, mientras que las variables temperatura y humedad al parecer no ejercen ninguna influencia importante que contribuya a su presencia (Graf. 11).

**Tabla 21:** Predicción de frecuencia de especies de hormigas correlacionada con variable ambientales y geográficas (humedad + temperatura + altitud).

```

Call: cca(X = spe)

              Inertia Rank
Total          0.8466
Unconstrained 0.8466    5
Inertia is mean squared contingency coefficient

Eigenvalues for unconstrained axes:
  CA1  CA2  CA3  CA4  CA5
0.3215 0.2317 0.1809 0.0599 0.0526

***VECTORS

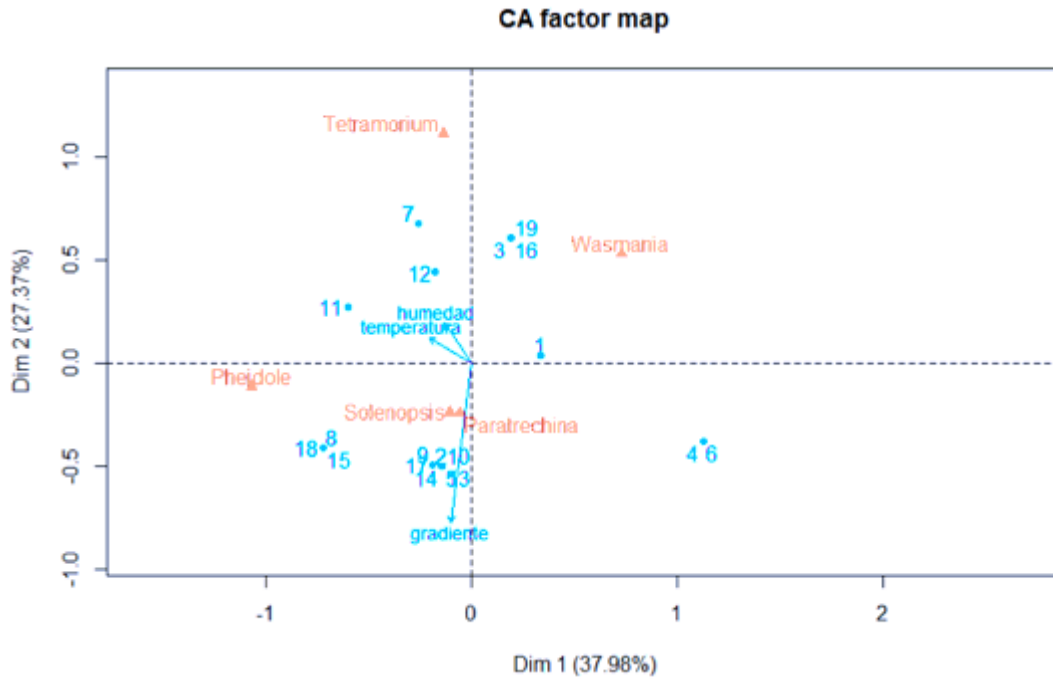
              CA1      CA2      r2 Pr(>r)
Altitud      -0.12745 -0.99185 0.2746 0.131
Temperatura  -0.85361  0.52091 0.0261 0.852
Humedad      -0.56140  0.82755 0.0264 0.845
Permutation: free
Number of permutations: 999

***FACTORS:

Centroids:
              CA1      CA2
cultivobanano      0.0189 -0.8531
cultivocafe        -0.0127  0.1807
cultivoguayaba     0.3294 -1.0173
cultivomaiz        0.2868  0.1421
cultivomixto      -0.1393  0.5022
sueloagricola     0.2127 -0.0485
sueloagrícolapecuario -0.2206  0.0502

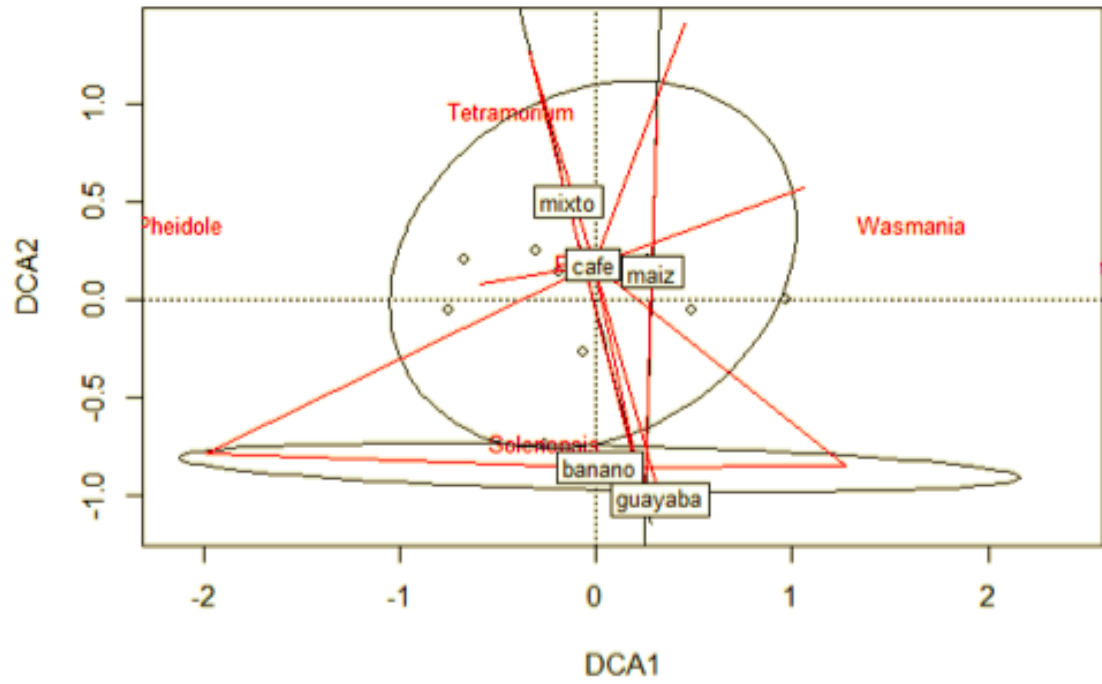
Goodness of fit:
              r2 Pr(>r)
cultivo 0.1316 0.911
suelo   0.0247 0.713
Permutation: free
Number of permutations: 999

```



**Gráfico 11:** Distribución de hormigas con respecto a variables ambientales, temperatura y humedad, y geográfica, altitud. (Los puntos azules y números son observaciones, los triángulos rojos las especies y las flechas son vectores (variables ambientales)).

Al analizar la distribución de hormigas con respecto a los tipos de cultivos, se aprecia que la especie *T. simillimum* está asociada a cultivos dominados por café y maíz, así como a cultivos mixtos. *S. geminata* está más asociada a cultivos dominados por Banano y guayaba. Por otro lado, *P. megacephala* y *W. auropunctata* no parecen estar asociados a un cultivo específico (Graf. 12).



**Gráfico 12:** Asociación de las especies de hormigas introducidas con los diferentes tipos de cultivo.

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1 Especies presentes en los sitios de estudio

Se encontró un total de 18 especies de hormigas en los 19 sitios del sector agrícola (zona húmeda), y cinco especies de hormigas en los dos sitios de la zona árida. De forma general, 22 especies de hormigas diferentes fueron encontradas en los 21 sitios de estudios. Dekoninck *et al.* (2014) encontró un total de 23 especies en 21 sitios muestreados en diferentes zonas húmedas y alteradas de Santa Cruz. Ambos muestreos fueron realizados en la temporada fría. A diferencia del presente estudio, Dekoninck *et al.* (2014) utilizó como método de captura la búsqueda manual y visual. Un estudio previo realizado por Wauters *et al.* (2016) durante 2010-2012 en la temporada cálida, obtuvo un total de 28 especies utilizando trampas de caída como método de captura. Es interesante mencionar que solo una especie endémica fue encontrada en estos estudios: *Camponotus planus* durante el monitoreo realizado por Dekoninck *et al.* (2014) y Wauters *et al.* (2016), mientras que en este estudio no se encontró a ninguna especie endémica. En los tres estudios antes mencionados, se ha encontrado una especie catalogada como probablemente endémica, *Solenopsis gnoma* (Tabla 23). Al comparar este estudio con el realizado por Wauters *et al.* (2016), se aprecia que existe una diferencia de 6 especies esto puede deberse a las temporadas donde se realizaron los muestreos, siendo la temporada cálida posiblemente más favorable para la presencia de hormigas.

**Tabla 22:** Tabla comparativa entre las especies registradas por Dekoninck *et al.* (2014), Wauters *et al.* (2016) y el presente estudio.

Especies	Dekoninck <i>et al.</i> (2014)	Wauters <i>et al.</i> (2016)	Estudio actual	Origen
<i>Brachymyrmex heeri</i>	+	+	+	I
<i>Camponotus conspicuus zonatus</i>	+	+	+	I
<i>Camponotus planus</i>	+	+		E
<i>Cardiocondyla emeryi</i>	+	+	+	I
<i>Cardiocondyla nuda</i>			+	I
<i>Cardiocondyla minutior</i>		+		I
<i>Cyphomyrmex sp. hh4</i>			+	I
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	+	+	+	I
<i>Hypoponera beebei</i>		+		PE
<i>Hypoconerops opaciceps</i>	+	+	+	I
<i>Hypoconerops opacior</i>	+			I
<i>Leptogenys cf gorgona</i>		+		I
<i>Monomorium floricola</i>	+	+	+	I
<i>Monomorium pharaonis</i>	+		+	I
<i>Monomorium sp. nr. pharaonis</i>		+		I
<i>Nylanderia sp.</i>	+	+		PE
<i>Nylanderia steinheili</i>	+	+		I
<i>Nylanderia fulva</i>			+	I
<i>Odontomachus baurii</i>	+	+	+	I
<i>Paratrechina longicornis</i>	+	+	+	I
<i>Pheidole flavens</i>			+	I
<i>Pheidole megacephala</i>		+	+	I
<i>Pheidole sp.</i>	+			I
<i>Pheidole sp. HH01</i>		+		PE
<i>Rogeria curvipubens</i>	+	+		I
<i>Solenopsis geminata</i>	+	+	+	I
<i>Solenopsis globularia</i>		+		OD
<i>Solenopsis gnoma</i>	+	+	+	PE
<i>Strumigenys eggersi</i>			+	I
<i>Strumigenys emmae</i>		+		I
<i>Strumigenys louisianae</i>	+	+	+	I
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	+	+	+	I
<i>Tetramorium caldarium</i>	+	+		I
<i>Tetramorium bicarinatum</i>	+	+	+	I
<i>Tetramorium simillimum</i>		+	+	I
<i>Wasmania auropunctata</i>	+	+	+	I
<b>Total especies</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	

Elaborado por: Autor. Nota: I = Introducido; PE = Probablemente endémico; E = Endémico; OD = Origen desconocido.

En Galápagos la diversidad nativa de hormigas es baja y la mayor parte de las especies son introducidas (Clark *et al.* 1982; Herrera *et al.* 2014). La única especie catalogada

como endémica (n=1) y las probablemente endémicas (n=5) que han sido encontradas en las zonas alteradas de Santa Cruz, en estudios previos (Dekoninck *et al.* 2014; Wauters *et al.* 2016) y en este estudio, podrían estar siendo afectadas por la competencia y el desplazamiento que provocan las hormigas introducidas (Causton *et al.* 2006; Herrera *et al.* 2014; Wauters *et al.* 2016). Estas, por el contrario, se encuentran ampliamente distribuidas y en mayor abundancia (Dekoninck *et al.* 2014; Wauters *et al.* 2016) probablemente siendo favorecidas por las actividades antrópicas como la fragmentación del hábitat, el comercio y la sustitución de la vegetación original para el desarrollo de la ganadería y agricultura.

En este estudio se observa la dominancia de *S. geminata* en los sitios alterados de la zona húmeda de Santa Cruz, donde se encuentran los sitios que desarrollan actividades agrícolas, al igual que lo obtenido por Dekoninck *et al.* (2014) y Wauters *et al.* (2016). La dominancia de *S. geminata* en Santa Cruz, podría deberse a que posiblemente fue una de las primeras especies introducidas en establecerse en Galápagos (Brandao & Paiva 1994; Causton *et al.* 2006), llegando a prácticamente todas las zonas de vegetación por medio de vuelos nupciales (Herrera *et al.* 2008). Otra posible causa puede ser la resistencia al ataque e invasión por parte de otras hormigas introducidas, por ejemplo, en un estudio realizado por Dejean *et al.* (2008), se observó la resistencia de *S. geminata* frente al ataque de otras especies a su colonia, incluyendo a *P. megacephala*. La dominancia de *S. geminata* en la zona agrícola, también puede estar relacionada a su estrecha relación con los cultivos de banano, el segundo más importante en Santa Cruz, y la guayaba (*Psidium guajaba*) que es una de las especies más invasivas en Galápagos (Gardener *et al.* 2010) (Graf.12). Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman la dominancia de *S. geminata* en la zona agrícola durante la temporada fría.

La segunda especie más frecuente en este estudio, fue *P. longicornis*, que a diferencia de lo encontrado por Dekoninck *et al.* (2014) y Wauters *et al.* (2016) no solo estuvo en la zona árida sino también distribuida ampliamente en la zona húmeda; estrechamente relacionada con los cultivos dominados por café y maíz (Graf. 12). La preferencia por este tipo de cultivos, especialmente café, puede estar relacionada con la presencia de cochinillas y escamas, los cuales le proveen de “mielada”, alimento preferido por esta especie según Wetterer *et al.* (1999). Otro de los factores que pudo haber contribuido a

su rápida distribución altitudinal, es su alta adaptabilidad a diversos ambientes (CABI 2017) permitiéndole vivir en hábitats secos y húmedos.

Una semejanza entre ambas especies, *S. geminata* y *P. longicornis*, es su relación con la altitud (Graf. 11). Sin embargo, esto no quiere decir que se encuentren restringidas a una determinada altitud, sino que los recursos alimenticios a ciertas altitudes les resultan más favorables para su establecimiento.

Una de las especies de hormigas introducidas que parecería no estar asociada con los cultivos que se dan en la zona húmeda de Santa Cruz, es *W. auropunctata*. Tal vez, porque las condiciones de humedad no son adecuadas para que se establezca y domine sobre otras especies (Davidson 1998) permitiendo así la dominancia de especies, como *S. geminata*. Wauter *et al.* (2016) menciona que *W. auropunctata* ha sido desplazada de las áreas alteradas por *S. geminata* a áreas más secas y prístinas. Probablemente el hecho de que el muestreo haya sido llevado a cabo durante la temporada fría, ocasionó que *W. auropunctata* no haya sido tan dominante como *S. geminata* o *P. longicornis*.

A pesar de no existir información sobre la ecología de *S. gnoma*, su presencia podría estar relacionada a la vegetación original existente en la zona húmeda de las islas más grandes. La ausencia de *Monomorium pharaonis* en los sectores agrícolas puede deberse a su preferencia por los lugares más cálidos (27 °C – 30 °C), siendo encontrada solo donde la temperatura fluctuaba entre los 28 °C, es decir área de secado de café y relleno sanitario de Santa Cruz.

Seis especies de hormigas introducidas encontradas en este estudio están catalogadas como las 10 principales especies interceptadas en los medios de transporte aéreo desde el Ecuador continental (ABG, 2017): *B. heeri*, *M. florícola*, *P. longicornis*, conocida como “hormiga loca”, *P. megacephala* como “hormiga cabeza grande” u “hormiga cabezona”, *S. geminata* como “hormiga de fuego” y *T. melanocephalum* como “hormiga fantasma”. Podría ser que existan nuevas reintroducciones de estas especies aportando un constante flujo genético fortaleciendo de esta manera las poblaciones establecidas. Sin embargo, es necesario realizar estudios moleculares a fin de conocer si existe este flujo genético desde el continente o entre las islas.



## **6.2 Especies de hormigas encontradas según los métodos de captura y diferencias en cuanto a su efectividad**

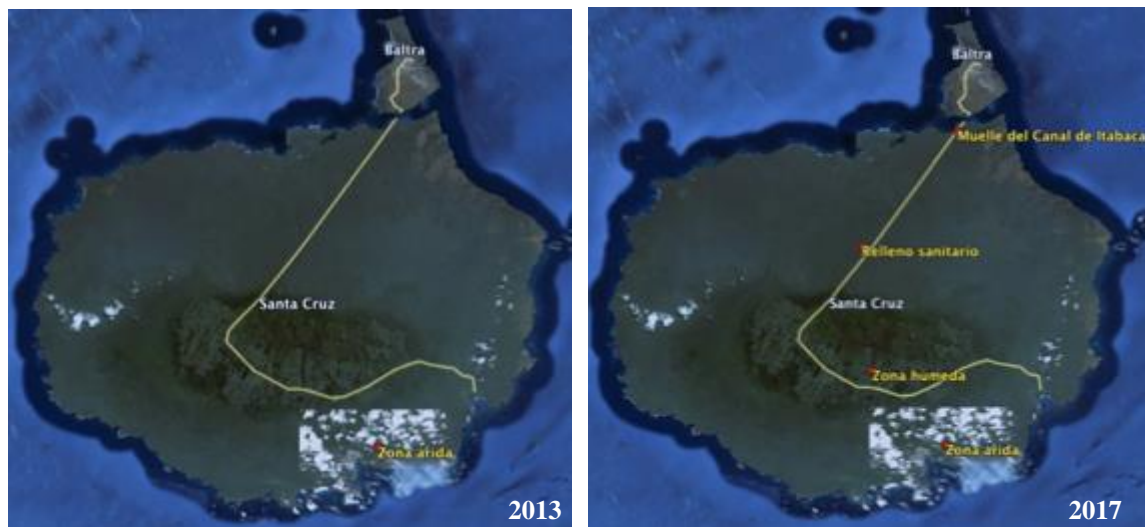
El que existan diferencias significativas entre la búsqueda activa, hojarasca y suelo, nos indica que, en cuanto al número de especies capturadas, la búsqueda activa es el método más efectivo. El utilizar cebos de mantequilla de maní y embutido son igual de efectivos que la búsqueda activa. Sin embargo, en cuanto al tipo de especies que se capturan son diferentes, pues la búsqueda activa permitió capturar especies que son raras o muy escasas, así como capturar especies de hormigas que tienen baja probabilidad de ser atraídas por los cebos, entre estas: *Brachymyrmex heeri*, *Cardiocondyla emeryi*, *Nylanderia fulva*, entre otras. Cabe mencionar que, a través de este método, Dekoninck *et al.* (2014) logro capturar la única especie de hormiga endémica, *Camponotus planus*. Por el contrario, el método menos eficiente fue la recolección de suelo. Esta ineficiencia podría deberse a que existía muy poca área descubierta y que, además, en la mayoría de sitios la vegetación formaba una bóveda casi cerrada, esto impide el ingreso de la luz, que favorece el establecimiento de hormigas. Sin embargo, en uno de los sitios de El Carmen este método fue el más eficiente ya que se pudo capturar cinco especies diferentes, incluyendo a *P. megacephala*. Esto podría deberse a que, a diferencia de los otros sitios, la recolección de suelo se realizó en un área donde las plantaciones de banano estaban muy separadas una de otras permitiendo el paso de la luz.

En cuanto al número de especies no hubo diferencias entre los cebos utilizados, pues en ambos se obtuvo el mismo número (n=12). El haber encontrado en una sola ocasión a *Strumigenys lousianae* en mantequilla de maní y en otra a *Tapinoma melanocephalum* en embutido no nos dice mucho en cuanto a la preferencia de las hormigas por uno de estos cebos.

## **6.3 Distribución de *Pheidole megacephala***

Desde el primer reporte de *P. megacephala* en la isla San Cristóbal y Santa Cruz en 2008, esta especie ha ampliado su rango de distribución en la isla Santa Cruz. Los investigadores del Real Instituto Belga de Ciencias Naturales, durante su inventario de invertebrados terrestres de 2001-2002, no encontraron a *Pheidole megacephala* en las zonas agrícolas de la isla Santa Cruz (Herrera & Dekoninck 2013). Wauters *et al.* (2014) durante los años 2010-2012, encontró a *P. megacephala* restringida a la zona árida,

mientras que Dekoninck *et al.* (2014) durante muestreos en 2012 no encontró *P. megacephala* en Santa Cruz. Sin embargo, en el presente estudio, esta especie estuvo presente en los sectores agrícolas de Bellavista, El Cascajo, El Camote y El Carmen (Mapa 6). Esta actual distribución, puede deberse a factores como el transporte interno de materiales y de alimentos, movimiento de turistas y visitantes, el incremento en el flujo aéreo, terrestre y marítimo, fragmentación del paisaje y/o la degradación de la zona húmeda.



**Mapa 6:** Distribución de *Pheidole megacephala* en 2013 (Herrera & Dekoninck, 2013); distribución de *P. megacephala* en 2017.

Además, *P. megacephala*, estuvo presente en el relleno sanitario y área de secado de café, ambos sitios pertenecientes a la zona árida, lado norte de la isla. El primer reporte de esta especie en Santa Cruz, fue en la zona árida a 10 m de altitud y en un estudio realizado por Wauters *et al.* (2016) se confirmó su restricción a esta zona. Esta distribución de *P. megacephala* en zonas áridas nos permite evidenciar su capacidad de adaptarse a condiciones menos propicias, lo que según Sarnat *et al.* (2015) se debe a su biología altamente adaptable.

La presencia de *P. megacephala* en el área de secado de café se dio en el lado de la vía donde se realiza el secado de café, por lo que su presencia puede deberse más al constante transporte de café desde la zona agrícola que a las condiciones ambientales que pueda encontrar en esta zona. Posiblemente factores como: la extrema aridez y la vegetación

dominada por especies xerófitas nativas y endémicas podrían disminuir su establecimiento en este sitio. En el relleno sanitario de Santa Cruz, la presencia de *P. megacephala*, puede estar relacionada a la cantidad de desechos que provienen no solo de toda la isla sino también, de Baltra y de la mayoría de las embarcaciones turísticas que operan en la Reserva Marina de Galápagos. Además, de que podría estar siendo favorecida por la transformación que ha sufrido la vegetación original para el desarrollo de las actividades en este sitio.

Tomando en cuenta todos los sitios monitoreado, el relleno sanitario de Santa Cruz fue el segundo en mayor frecuencia de *P. megacephala*, a pesar de obtenerse tan solo cinco trampas efectivas. Este bajo número de trampas efectivas pudo deberse a la gran cantidad de desechos orgánicos, que tal vez, resultaron ser más atractivas que los cebos utilizados. Otro factor importante que pudo haber incidido en el bajo número de trampas efectivas, es la excesiva radiación solar que hubo durante el monitoreo y la ausencia de vegetación arbórea, que hizo que los tubos *eppendorf* estuvieran demasiado calientes para que las hormigas pudieran entrar.

En general podemos afirmar que la presencia de *P. megacephala*, tanto en la zona árida como en los sectores agrícolas se debe a una fuerte perturbación humana. Lo cual ha sido concluido por Jourdan (1997), manifestando que a diferencia de otras especies, *P. megacephala* está ausente en zonas donde la vegetación original no ha sido perturbada. De allí la importancia de proteger los lugares que aún conservan gran parte de la flora original evitando el ingreso de plantas introducidas que favorecen a su vez el ingreso de plagas. A pesar de que *P. megacephala* no fue encontrada en cuatro de los ocho sectores (Occidente, Santa Rosa, Salasaca y Guayabillos) durante la temporada fría, no se debe descartar su presencia en estos sectores pues su ausencia pudo deberse a condiciones temporales desfavorables durante el monitoreo, como la llovizna y un descenso en la temperatura.

#### **6.4 Relación de los métodos aplicados para el monitoreo de *Pheidole megacephala*.**

*P. megacephala* mediante todos los métodos de captura demuestra la característica que comparte con la mayoría de las hormigas invasoras, esto es hábitos alimenticios extremadamente generalizados y la monopolización de los recursos alimenticios que

puede encontrar en el suelo, hojas o plantas (Silverman & Brightwell, 2008). De todos los métodos utilizados, la mayor frecuencia de *P. megacephala* fue en los cebos con mantequilla de maní, la preferencia por este cebo está documentada por Lee *et al.* (2002) y por Loke *et al.* (2002) quienes mencionan la que los alimentos ricos en proteínas son más efectivos que los alimentos azucarados. De manera que, un posible control para *P. megacephala* pueden ser utilizando como atrayentes sustancias con alto contenido de proteínas además del producto químico.

### **6.5 Distribución de *Pheidole megacephala* con respecto a las condiciones ambientales y geográfica.**

De forma general, todos los sitios muestreados de la zona húmeda presentan condiciones ambientales ideales para el establecimiento de *P. megacephala*. En los sitios donde estuvo presente, la temperatura osciló entre los 21 °C y 28,6 °C, rango de temperatura a la que Carnegie (1960) observó individuos activos fuera de su nido. Los sitios donde estuvo ausente también están dentro de este rango, por lo que no descarta la posibilidad de que realmente si están presentes.

La alta abundancia de *P. megacephala* en el sector de El Cascajo (34,8%) con respecto a los otros sectores, puede deberse a que, de todos los sectores muestreados, y de los que se obtuvo datos de temperatura y humedad, este sector tuvo el porcentaje de humedad más alto 86%. Coincidiendo con Hoffmann *et al.* (1999) en que esta especie prefiere sitios húmedos, así mismo, Berman *et al.* (2013) encontró que *P. megacephala* fue más abundante en los bosques lluviosos de Nueva Caledonia. A parte del alto porcentaje de humedad, esta alta frecuencia puede estar relacionada a que el suelo en este sitio estaba cubierto por grandes cantidades de desechos de hojas, ramas y semillas de café, lo que puede resultar muy atractivo para la nidificación de esta especie. En cuanto a la altitud, se presume que *P. megacephala* no tendría problemas en ampliar su rango de distribución, hasta ocupar la zona más alta de Santa Cruz (860 m) teniendo en cuenta que según datos de Wetterer *et al.* (1998) esta especie ha sido encontrada hasta los 1,770 m en las islas Hawaianas.

## 6.6 Especies acompañantes a *Pheidole megacephala*.

Más de la mitad de las especies de hormigas introducidas analizadas en este estudio se encontraron en los mismos sitios donde *P. megacephala* estuvo presente (n=15). Sin embargo, solo dos especies estuvieron por encima del porcentaje de presencia de *P. megacephala* (7,6%), estas son *S. geminata* (76,4%) en el sector agrícola y *M. pharaonis* en el relleno sanitario de Santa Cruz y área de secado del café (12,5%). Mientras que las demás especies se encontraron por debajo del 3%. La alta abundancia de *P. megacephala* a pesar del aparente poco tiempo de su presencia en los sectores agrícolas podría deberse a su característica invasiva y a su alto comportamiento agonístico, el cual fue observado por Kirschenbaum (2006) describiendo a *P. megacephala* como la especie con el mayor nivel de agresión dentro de su estudio. Por otro lado, Ward *et al.* (2007) al estudiar la coexistencia entre especies invasivas en la isla de Yasawa (Fiji), encontraron que los lugares donde *P. megacephala* estaba presente tenían menor diversidad de especies de hormigas introducidas y nativas. Hoffmann *et al.* (1999) en cambio no encontró a ninguna especie introducida, incluyendo a *S. geminata* coocurriendo con *P. megacephala* en el bosque húmedo de Australia. Sin embargo, en este estudio se observó lo contrario, el sitio con mayor abundancia de *P. megacephala*, El Cascajo, también presentaba uno de los mayores números de especies de hormigas introducidas (n=14). Una posible explicación para este suceso, sería la recién introducción de *P. megacephala*, a lo que se añadiría un bajo número de individuos en su población colonizadora.

La dominancia de *S. geminata* y *P. megacephala* en Galápagos probablemente está determinada por la abundancia de sus poblaciones, nuevo ingreso de individuos, resistencia a depredadores y a su capacidad adaptativa. En caso de que ambas coexistan, otras especies de hormigas introducidas tal vez se reduzca, no solo por el ataque sino también por la competencia interespecífica y la explotación de recursos.

En el área de secado del café y relleno sanitario de Santa Cruz, la principal especie acompañante de *P. megacephala* fue *M. pharaonis*. Un estudio realizado por Dekoninck *et al.* (2014) parece indicar que esta especie se encuentra más ampliamente distribuida en zonas áridas que en zonas húmedas, lo que se hace evidente en este estudio. El uso de mantequilla de maní como cebo también pudo influir en la alta abundancia de *M. pharaonis* pues se ha demostrado su preferencia por este alimento (Eow & Lee 2007). Al

igual que *P. megacephala* es una especie "vagabunda" que depende especialmente de la dispersión mediada por los seres humanos, tal vez por esta razón es tan frecuente en el área de secado de café.

### **6.7 Ausencia/presencia de *Pheidole megacephala* con respecto a la diversidad de especies de hormigas encontradas**

Tal vez, el que no haya diferencia significativa en cuanto a la ausencia y/o presencia de *P. megacephala* y la diversidad de hormigas en los sitios de estudio, puede deberse a la resistencia de estas hormigas, las cuales, casi en su totalidad son introducidas y algunas también invasivas como: *M. floricola*, *M. pharaonis*, *P. longicornis*, *T. melanocephalum*, *S. geminata* y *W. auropunctata* (Fernández 2013). Otro factor podría ser la reciente introducción de *P. megacephala* en el sector agrícola, y la alta disponibilidad de recursos alimenticios, permitiendo albergar no solo a *P. megacephala*, sino también a un número importante de hormigas introducidas.

### **6.8 Distribución de especies de hormigas con respecto a todas las variables ambientales, geográfica y tipo de cultivo**

Según el Análisis Canónico de Correspondencia, *P. megacephala* estaría más asociada a la altitud que a la temperatura y humedad. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el rango de temperatura en todos los sitios de estudio fue muy corto, 21 °C – 28,6 °C, lo que no permite apreciar una real asociación con la temperatura y humedad y las especies de hormigas encontradas. La altitud fue la variable que responde a la distribución de hormigas, tanto en los sectores agrícolas de la zona de transición y zona húmeda. En el compendio de especies invasoras (CABI, 2017) se describe a *S. geminata* como una especie asociada a cultivos, como el café, tal como lo encontrado en este estudio. El no encontrar una asociación entre *P. megacephala*, *W. auropunctata* y los cultivos en los sitios de estudio puede deberse a la alta característica generalista de estas especies.

### **6.9 Control de hormigas**

La mayoría de los sitios dedicados a la actividad agrícola utilizan *Ciperpac* (cipermetrina como ingrediente activo) para el control de hormigas, este producto es un insecticida de contacto, el cual es eficaz de manera momentánea. En un menor porcentaje, se aplica *SiegePro*; producto utilizado por la Dirección del Parque Nacional Galápagos en el año

2000 para la erradicación de *W. auropuctata* en la isla Marchena y de *S. geminata* en el islote Champion (Carrión *et al.* 2008), lo que permitió la estabilización de las comunidades de hormigas nativas (Causton *et al.* 2005). Sin embargo, este producto no es utilizado con regularidad por los propietarios debido a su costo y efectos a largo plazo que no son atractivos como un efecto inmediato. Esto podría explicar de cierta forma el alto número de especies de hormigas introducidas en la zona húmeda alterada, así como la alta abundancia de *S. geminata* y la presencia de *P. megacephala*.

## 7. CONCLUSIONES

- Se determinó la presencia en total de 21 especies introducidas y una especie catalogada como probablemente endémica, *Solenopsis gnoma*; de las cuales, 19 especies de hormigas introducidas fueron encontradas en los sectores agrícolas de Santa Cruz, siete en el relleno sanitario y cinco en el área de secado del café.
- La especie dominante en este muestreo fue *Solenopsis geminata*, seguida muy de lejos por *Paratrechina longicornis* y *Wasmania auropunctata*.
- *Pheidole megacephala* se encuentra presente en el sector de Bellavista, El Cascajo, El Camote y El Carmen. La ausencia de *P. megacephala* en Los Guayabillos, El Occidente, Santa Rosa y Salasaca pudo deberse a condiciones ambientales desfavorables durante el muestreo, por lo que no se puede descartar su posible presencia.
- A pesar de que *P. megacephala* no tuvo una alta frecuencia en los sitios monitoreados de la zona húmeda, su presencia, antes no registrada nos indica su rápida dispersión hacia estas zonas. La que está siendo probablemente favorecida por el transporte interno de materiales y alimentos; movimiento de turistas y visitantes; flujo aéreo y marítimo inter-islas y continental; fragmentación y degradación del paisaje.
- No se pudo determinar la relación entre la presencia de *P. megacephala* y los factores medioambientales como la temperatura y la humedad.
- La presencia de *Pheidole megacephala* está más relacionada a la altitud que a la temperatura y humedad.
- *P. megacephala* fue la segunda especie más abundante después de *S. geminata*, tomando en cuenta solo los sitios del sector agrícola donde estuvo presente.
- El método más eficiente para la captura de hormigas fue la búsqueda activa, mientras que el menos eficiente fue la recolección de muestras de suelo.
- No se detectaron diferencias significativas entre los dos métodos de captura por cebos: embutido y mantequilla de maní.
- No existe un control eficiente de hormiga en la zona agrícola de Santa Cruz, debido a sus costos y falta de regularidad de aplicación de los productos utilizados.



## **8. RECOMENDACIONES**

- Realizar monitoreos durante la temporada cálida, incluyendo monitoreos nocturnos debido a su tendencia de forrajear durante la noche.
- Reforzar el monitoreo de hormigas introducidas, especialmente en aquellas islas donde aún *Pheidole megacephala* no está presente.
- Realizar estudios moleculares a fin de conocer si existe este flujo genético desde el continente o entre las islas.
- Implementar un sistema de información sobre las especies de hormigas introducidas presentes en Galápagos, incluyendo aquellas especies de hormigas con potencial invasor

## 9. REFERENCIAS

- Annie, G. H., & Lee, C. Y. (2007). Comparative nutritional preferences of tropical pest ants, *Monomorium pharaonis*, *Monomorium floricola* and *Monomorium destructor* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 49(3), 165-186.
- Agencia de Regulación y Control para la Bioseguridad y Cuarentena de Galápagos (2014). Informe Técnico de Identificación de muestras No. 5 del 25 de agosto de 2014. Laboratorio de entomología – Calidad Técnica.
- Aguirre, A., Alfaro, M., Gutiérrez, E., & Morales, S. (2009). Especies introducidas invasoras impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio/Sarukhán, J. (Coord. gen.)* p. 277-318.
- Armbrrecht, I., & Ulloa-Chacón, P. (2003). The little fire ant *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) as a diversity indicator of ants in Tropical Dry Forest fragments of Colombia. *Environmental Entomology* 32 (3): 542-547.
- Bach, C. E. (1991). Direct and indirect interactions between ants (*Pheidole megacephala*), scales (*Coccus viridis*) and plants (*Pluchea indica*). *Oecologia*, 87(2), 233-239.
- Baillie, J., Hilton-Taylor, C., & Stuart, S.N. (Eds). (2004). 2004 IUCN Red list of threatened species: a global species assessment. International Union for Conservation of Nature. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.
- Berman, M., Andersen, A.N., Hély, C., & Gaucherel, C. (2013). Overview of the distribution, habitat association and impact of exotic ants on native ant communities in Nueva Caledonia. *PLoS One* 8(6): e67245.
- Bestelmeyer, B. T., Agosti, D., Alonso, L. E., Brandao, C. R. F., Brown Jr, W. L., Delabie, J. H. C., & Silvesre, R. (2000). Field techniques for the study of ground-dwelling ant: an overview, description, and evaluation.
- Bertelsmeier, C., Luque, G., & Courchamp, F. (2013). Global warming may freeze the invasion of big-headed ants. *Biological Invasion*, 15(7), 1561-1572.
- Black J. 1973. Galápagos: Archipiélago del Ecuador. Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos, Quito, Ecuador.

- Bolton, B. (1994) Identification guide to the ant genera of the world. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
- Brandão, C.R., & Paiva, R.V. (1994). The Galapagos ant fauna and the attributes of colonizing ant species. In Williams, D.F. (Eds.), *Exotic ants: biology, impact, and control of introduced species. Westview Studies in Insect Biology, Boulder*. pp. 1–10.
- Cannon, R. M. (2001). Sense and sensitivity—designing surveys based on an Centre for Agriculture and Biosciences International CABI (2017). Compendio de especies. Disponible en: <https://www.cabi.org/>. Última apertura en noviembre 2018.
- Carnegie, A. J. M. 1960. Effects of temperature variations on the activities of the brown house ant, *Pheidole megacephala* F. race *punctulata* Mayr (Hymenopt.: Formicidae). *The Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 23:304 – 311.
- Carrión, V., Sevilla, C., & Tapia, W. (2008). Management of introduced animals in Galapagos. *Galapagos Research*, 65: 46-48.
- Casellas, D. (2004). Tasa de expansión de la hormiga argentina, *Linepithema humile* (Mayr 1868), (Hymenoptera, Dolichoderine) en un área mediterránea. Área de Biología Animal. *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 28:207-216.
- Causton, C. E., Sevilla, C. R., & Porter, S. D. (2005). Eradication of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae), from Marchena Island, Galapagos: on the edge of success?. *Florida Entomologist*, 88(2), 159-168.
- Causton, C. E., Peck, S. B., Sinclair, B. J., Roque-Albelo, L., Hodgson, C. J., & Landry, B. (2006). Alien insects: threats and implications for conservation of Galápagos Islands. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(1), 121-143.
- Causton, C., & Sevilla, C. (2006). Los últimos registros de invertebrados introducidos en Galápagos y las medidas para controlarlos. *Informe de Galápagos 2007*, 2006:142-145.
- Causton C., Jäger, H., Toral, V., Cruz, M., Mejía, M., Guerrero, E., & Sevilla, C. (2017). Número total y estatus actual de las especies introducidas e interceptadas en Galápagos. Pp. 184-186. En: Informe Galápagos 2015-2016. DPNG, CGREG, FCD y GC. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- Centre for Agriculture and Biosciences International CABI (2017). Compendio de especies. Disponible en: <https://www.cabi.org/>. Última apertura en noviembre 2018.

- Clark, D. B., Guayasamin, C., Pazmiño, O., Donoso, C., & Páez de Villacís, YP. (1982). The tramp ant *Wasmannia auropunctata*: autoecology and effects on ant diversity and distribution on Santa Cruz Island, Galápagos. *Biotrópica* 14:196–207.
- Consejo de Gobierno del Régimen Especial para Galápagos (CGREG). (2014). Censo de unidades de producción Agropecuaria de Galápagos. Puerto Ayora, Galápagos, p. 11- 13.
- Davidson, D. W. (1998). Resource discovery versus resource domination in ants: a functional mechanism for breaking the tradeoff. *Ecological Entomology* 23 (4), 484-490.
- Dejean, A., Moreau, C. S., Kenne, M., & Leponce, M. (2008). The raiding success of *Pheidole megacephala* on other ants in both its native and introduced ranges. *Comptes Rendus Biologies*, 331(8), 631-635.
- Dekoninck, W., Fernandez, F., Herrera, H. W., Wauters, N., Brito, G., Jumbo, L., & Delsinne, T. (2014). Results of ant collections on Santa Cruz Island within the framework of the 2012 Global Taxonomy Initiative Ant Course at Galápagos (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin de la Société royale belge d'Entomologie*, 150, 250-255.
- Dirección del Parque Nacional Galápagos (2014). Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- Elton, C.S. (1958). *The ecology of invasions by animals and plants*. Methuen, Londres.
- Eow, A. G., & Lee, C. Y. (2007). Comparative nutritional preferences of tropical pest ants, *Monomorium pharaonis*, *Monomorium floricola* and *Monomorium destructor* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 49(3), 165-186.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Colombia), & Fernández, F. (2003). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical* (p. 398). Bogotá, Colombia: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt.
- Fischer, G., & Fisher, B. L. (2013). A revision of *Pheidole* Westwood (Hymenoptera: Formicidae) in the islands of the Southwest Indian Ocean and designation of a neotype for the invasive *Pheidole megacephala*. *Zootaxa*, 3683(4), 301-356.
- Gardener, M., Atkinson, R., Rueda, D., & Hobbs, R. (2010). Optimizando la restauración de la degradada parte alta de Galápagos: un marco conceptual. En:

Informe Galápagos 2009-2010. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.

- Greenslade, P.J. (1972). Comparative ecology of four tropical ant species. *Insectes Sociaux*, 19(3), 195-212.
- Hoffmann, B. D., Andersen, A. N., & Hill, G. J. (1999). Impact of an introduced ant on native rain forest invertebrates: *Pheidole megacephala* in monsoonal Australia. *Oecologia*, 120(4), 595-604.
- Herrera, H. W., & Causon, C. E. (2008). Distribution of fire ants *Solenopsis geminata* and *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) in the Galapagos Islands. *Galapagos Research*, 65:11-14.
- Herrera, H. W. (2013). CDF Checklist of Galapagos Ants - FCD Lista de especies de Hormigas Galápagos. In: Bungartz, F., Herrera, H., Jaramillo, P., Tirado, N., Jiménez-Uzcátegui, G., Ruiz, D., Guézou, A. & Ziemmeck, F. (Eds.). Charles Darwin Foundation Galapagos Species Checklist - Lista de Especies de Galápagos de la Fundación Charles Darwin.
- Herrera, H. W., Sevilla, C. R., & Dekoninck, W. (2013). *Pheidole megacephala* (Fabricius 1793) (Hymenoptera: Formicidae): a new invasive ant in the Galápagos Islands. *The Pan-Pacific Entomologist*, 89(4), 234-243.
- Herrera, H. W., Longino, J. T., & Dekoninck, W. (2014). New records of nine ant species (Hymenoptera: Formicidae) for the Galapagos Islands. *The Pan-Pacific Entomologist*, 90(2), 72-81.
- Herrera, H. W., Baert, L., Dekoninck, W., Causton, C., Sevilla, C., & Hendrickx, F. (2016). Distribution and habitat preference of the Galapagos ants (Hymenoptera; Formicidae). En: Faunistic, taxonomic and ecological research of ants from the Galápagos Islands with emphasis on invasive species. Ghent University. Capítulo 4, p. 67-161.
- Herrera, H. W., Dekoninck, W., Vanderheyden, A., Busschere, C., Hendrickx, F. (2016). Improving taxonomic and distributional insight in the ant fauna of the Galapagos by means of molecular variation in the COI gene. En: Faunistic, taxonomic and ecological research of ants from the Galápagos Islands with emphasis on invasive species. Ghent University. Capítulo 6, pp. 252-270.
- Hoffmann, B. D., Andersen, A. N., & Hill, G. J. (1999). Impact of an introduced ant on native rain forest invertebrates: *Pheidole megacephala* in monsoonal Australia. *Oecologia*, 120(4), 595-604.

- Hölldobler, B., & Wilson, E.O. (1990). *The Ants*. Harvard University Press.
- Jourdan, H. (1997). Are serpentine biota free from successful biological invasions? An example of an ant community from southern New Caledonia. *Documents scientifiques et techniques*, 3, 107-108.
- Fernández F. (ed.). 2003. Introducción a la ecología de las hormigas. En: Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. XXVI + 398 p.
- Kirschenbaum, R. (2006). Evaluación del agonismo entre especies de hormigas invasoras en Hawaii utilizando bioensayos individuales y grupales. En la *Reunión Anual de la ESA de 2006, del 10 al 13 de diciembre de 2006*.
- Koleff, P. (2011). Las especies invasoras: procesos, impactos y situación en México. Fundamentos para la prevención y manejo de especies introducidas invasoras en México, pp. 25.
- Lee, C. Y. (2002). Tropical household ants: pest status, species diversity, foraging behavior and baiting studies. In *Proceedings of Fourth International Conference on Urban Pests*. SC Jones, J. Zhai & WH Robinson., (Eds). *Pocahontas Press, Blacksburg, Virginia, USA*, pp. 3-18.
- Loke, P. Y., & Lee, C. Y. (2004). Foraging behavior of field populations of the big-headed ant, *Pheidole megacephala* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 43(2), 211-220.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., & De Poorter M. (2004). 100 de las peores especies invasoras del mundo. *Una selección del Global Invasive Species Database*. pp. 12:1-12.
- Lubin, Y.D. (1984). Changes in the native fauna of the Galápagos Islands following invasion by the little red fire ant, *Wasmannia auropunctata*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 21, 229–242.
- Mauchamp A., & Atkinson R. (2010). *Pérdida de hábitat rápida, reciente e irreversible: los bosques de Scalesia en las islas Galápagos*. En: Informe Galápagos 2009-2010. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador, pp. 191
- March, M. I. J., & Martínez, J. R. (2007). Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México. *The Nature Conservancy*.
- O’Dowd, D.J., Green, P.T., & Lake, P.S. (1999). *Status, impact and recommendations for research and management of exotic invasive ants in Christmas Island National*

*Park*. Monash University, Centre for Analysis and Management of Biological Invasions.

- Oksanen, J. (2015). *Vegan: an introduction to ordination*.
- Pacheco, J., Herrera, HW, y Mackay, W. (2007). Una nueva especie de hormiga ladrona del género *Solenopsis* de las Islas Galápagos (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiología*, 50 (3), 1075.
- Parque Nacional Galápagos, & Amador, E. (1996). *Plan de manejo del parque nacional Galápagos*. Servicio Parque Nacional Galápagos, Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre.
- Passera, L. (1994). Características de las especies vagabundas. En: Williams, DF, ed. *Hormigas introducidas: biología, impacto y control de especies introducidas*. Westview Press. pg. 23-43.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Santa Cruz (2012). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Cruz, Galápagos, Ecuador, pp. 442.
- Reimer, N. J., Beardsley, J. W., & Jahn, G. (1990). Pest ants in the Hawaiian Islands. *Applied myrmecology*. Westview, Boulder, Colorado, USA, pp. 40-50.
- Romero, H y K. Jaffe. 1989. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera, Formicidae) in savannas. *Biotropica* 21(4):348-352.
- Sánchez, J. (2004). Introducción a la estadística no paramétrica y al análisis multivariado. *Quito, Ecuador*, 84-276.
- Sanders, N. J., Lessard, J. P., Fitzpatrick, M. C., & Dunn, R. R. (2007). Temperature, but not productivity or geometry, predicts elevational diversity gradients in ants across spatial grains. *Global Ecology and Biogeography*, 16(5), 640-649.
- Sarnat, E. M., Fischer, G., Guénard, B., & Economo, E. P. (2015). Introduced *Pheidole* of the world: taxonomy, biology and distribution. *ZooKeys*, (543), 1.
- Sherley, G. (2000). *Invasive species in the Pacific*. Samoa: South Pacific Regional Environment Programme, 2000.
- Silverman, J., & Brightwell, R. J. (2008). The Argentine ant: challenges in managing an invasive unicolonial pest. *Annual Review of Entomology*, 53, 231-252.
- Simonetti, A. J., & Brito, Y. M. (2012). Las hormigas: ¿plagas o enemigos naturales de plagas. *LEISA revista de agroecología*. Lima, Perú, 28(1), 20-22.
- Snell, H., & Rea, S. (1999). The 1997-98 El Niño in Galápagos: can 34 years of data estimate 120 years of pattern?. *Noticias de Galápagos*, 60, 111-20.

- Snell, H. L., Tye, A., Causton, C. E., & Bensted-Smith, R. (2002). Estado y amenazas de la biodiversidad terrestre de Galápagos. En: *Visión para la biodiversidad de las Islas Galápagos*. Fundación Charles Darwin para las islas Galápagos y WWF, Puerto Ayora, Galápagos. Capítulo 5, pp. 43-60
- Snell, H. L., Tye, A., Causton, C.E., Powell, G., Dinerstein, E., Allnutt, T., & Bensted-Smith, R. (2002). Proyecciones para el futuro: Visión para la biodiversidad terrestre. En: *Visión para la biodiversidad de las Islas Galápagos*. Fundación Charles Darwin para las islas Galápagos y WWF, Puerto Ayora, Galápagos. Capítulo 1, pp. 6 -11.
- Social Psychology Network (2017). Investigador aleatorio. Disponible en: <https://www.socialpsychology.org>. Última apertura en Julio 2017.
- Traveset, A. & Santamaría, L. (2004). Alteración de mutualismos planta-animal debido a la introducción de especies introducidas en ecosistemas insulares. En: *Ecología Insular*. Fernández-Palacios, J.M., & Morici. C., (Eds.). Asociación Española de Ecología Terrestre, Cabildo Insular de La Palma, pp. 251-276.
- Tye, A., H.L. Snell, S.B. Peck y H. Adersen. 2002. Sobresalientes características terrestres del archipiélago de Galápagos. En: *Visión para la biodiversidad de las Islas Galápagos*. Fundación Charles Darwin para las islas Galápagos y WWF, Puerto Ayora, Galápagos. Capítulo 3, pp. 25-36.
- Villarreal, H.M., Álvarez, M., Córdova-Córdova, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mensoza, H., Ospina, M., & Umaña, A.M., (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander van Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Ward, D., y Beggs, J. (2007). Coexistencia, patrones de hábitat y el ensamblaje de comunidades de hormigas en las islas Yasawa, Fiji. *acta oecologica*, 32 (2), 215-223.
- Watson, J., Trueman, M., Tufet, M., Henderson, S., & Atkinson, R. (2010). Mapping terrestrial anthropogenic degradation on the inhabited islands of the Galapagos Archipelago. *Oryx*, 44(1), 79-82.
- Wauters, N., Dekoninck, W., Hendrickx, F., Herrera, H. W., & Fournier, D. (2016). Habitat association and coexistence of endemic and introduced ant species in the Galápagos Islands. *Ecological entomology*, 41(1), 40-50.



- Wetterer, J. K. (1998). Nonindigenous ants associated with geothermal and human disturbance in Hawai'i Volcanoes National Park. *Pacific Science* 52:40–50.
- Wetterer, J. K., Miller, S. E., Wheeler, D. E., Olson, C. A., Polhemus, D. A., Pitts, M., Ashton, I., Himler, A., Yospin, M., Helms, K., Harken, E., Gallaher, J., Dunning, C., Nelson, M., Litsinger, J., Southern, A., & Burgess, T. (1999). Ecological dominance by *Paratrechina longicornis* (Hymenoptera: Formicidae), an invasive tramp ant, in biosphere 2. *The Florida Entomologist*, 82(3), 381-388.
- Wetterer, J. K. (2007). Biology and impacts of Pacific Islands invasive species. 3. The African bigheaded ant, *Pheidole megacephala* (Hymenoptera: Formicidae). *Pacific Science*, 61(4), 437–456.
- Wetterer, J. K. (2009). Worldwide spread of the destroyer ant, *Monomorium destructor* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News* 12: 97-108.
- Wiggins, I. & Porter, D. (1971). Flora of the Galápagos Islands. Stanford University Press. USA.
- Wikelski, M., Foufopoulos, J., Vargas, H., & Snell, H. (2004). Galápagos birds and diseases: invasive pathogens as threats for island species. *Ecology and Society*, 9(1).
- Williams, D. F., & Whelan, P. (1991). Polygynous colonies of *Solenopsis geminata* (hymenoptera: formicidae) in the Galapagos Islands. *The Florida Entomologist*, 74(2), 368-371.
- Williams, D. F., & Whelan, P. M. (1992). Bait attraction of the introduced pest ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) in the Galapagos Islands. *Journal of Entomological Science*, 27(1), 29-34.
- Zizka, G. & Klemmer, K. (1995). *Flora y Fauna de las Islas Galápagos: origen, investigación, amenazas y protección*. Helvetia versicherungen.

## 10. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

### 1: Sitios de estudio





Santa Rosa



Salasaca



El Carmen



Guayabillos





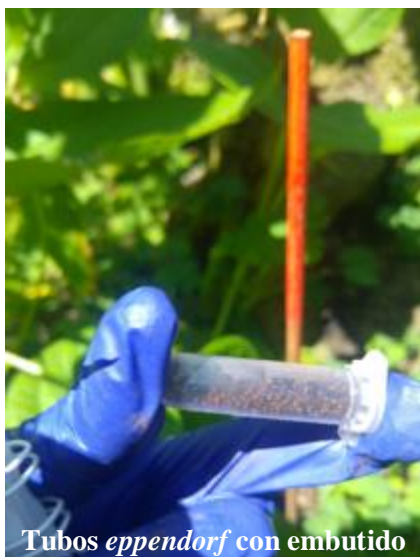


**Área de secado de café**



**Área de secado de café, aproximadamente a 1 km de distancia del área de secado de café**

**2: Cebos utilizados en los transectos (embutido y mantequilla de maní)**



**3: Hormigas encontradas en muestras de búsqueda activa**



**4: Hormigas encontradas en las muestras provenientes de las aspiraciones en aeronaves**

