

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**Comparación de la diversidad de hormigas en áreas con
diferente uso de suelo en San Cristóbal, Galápagos
Proyecto de Investigación**

Anaís Irene Córdova Páez

Ecología Aplicada

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de Licenciada en Ecología Aplicada

Quito, 14 de enero de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Comparación de la diversidad de hormigas en áreas con diferente uso de suelo
en San Cristóbal, Galápagos**

Anaís Córdova Páez

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Stella de la Torre, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 14 de enero de 2016

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Anaís Irene Córdova Páez

Código: 201510_00106567

Cédula de Identidad: 1719460188

Lugar y fecha: Quito, enero de 2016

DEDICATORIA

A todas las personas que creen que es posible construir otro mundo más equitativo. Al feminismo. A Manuela Sáenz, los hongos, la autonomía, los libros de Lemony Snicket, la poesía que cambia el mundo, mis abuelos y abuelas, madre, padre, compañeras, Mateo. A Mr. Jennings, a la construcción de familia con Antonio y Adela, mis hermanas primas. La Vaca.

A las hormigas que me dejaron introducirme en su vida por un ratito, y al cucuve del cuadrante 4 de la zona del Parque Nacional Galápagos, que fue mi compañero durante mi fase de campo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me han ayudado a realizar la tesis, desde la fase de campo, hasta la compañía en su escritura. Y por supuesto, agradezco la oportunidad de realizar este proyecto a Stella de la Torre, y toda su paciencia en medio de este proceso.

RESUMEN

Las hormigas son un grupo taxonómico comúnmente usado para entender cambios ambientales pues son sensibles a los impactos en el medioambiente, además de ser altamente abundantes y diversas (Underwood y Fisher, 2006). Se seleccionó este grupo de invertebrados para entender el impacto sobre su diversidad de los distintos usos de suelo en tres zonas en la parte alta de la isla San Cristóbal: en la zona del Parque Nacional Galápagos, en una zona de restauración, y en la zona agrícola de la Hacienda La Tranquila. Se realizaron 9 muestreos, en cada área de estudio desde el 24 de julio hasta el 17 de agosto del 2013. En cada zona se establecieron diez puntos de muestreo. En cada punto de muestreo se trazó una parcela de 1 m² en la que se colocó un cuadrante de plástico de 0.25 X 0.25 cm para registrar las hormigas. Cada muestreo se dividió en dos sub-muestreos correspondientes al sustrato superficial de hojas caídas y los primeros 5 cm del horizonte A del suelo. Se identificaron 11 especies distintas, de las cuales 3 de ellas son nativas, 2 invasivas, y 5 introducidas, una especie solo fue identificada hasta género. Los resultados sugieren que existe una diversidad parecida entre la zona del Parque Nacional Galápagos y la zona de restauración. Por otro lado, en la zona agrícola la gran cantidad de hormigas introducidas apunta a la necesidad de controlar y erradicar a estos organismos por su potencial impacto ecológico.

Palabras clave: *hormigas, especies invasivas, especies nativas, especies introducidas, Galápagos*

ABSTRACT

Ants are a taxonomic group commonly used to understand environmental changes since these insects are sensitive to environmental impact, and are also highly abundant and diverse (Underwood and Fisher, 2006). This group of invertebrates was selected to understand the impact of different land uses on their diversity in three zones of the highlands of the San Cristobal island: the Galapagos National Park zone, a restoration zone, and the agricultural zone of Hacienda La Tranquila. Nine samplings were done in each area from July 24 until August 17, 2013. In each zone ten sampling points were established. A 1 m² plot was traced on each point, and a 25x 25 cm plastic quadrant was placed to register the ants. Each sampling was divided into two sub-samplings, which corresponded to the superficial layer of fallen leaves and the first 5 cm of the horizon A of the ground. I recorded 11 species of ants, 3 species were native, 2 were invasive, and 5 were introduced, one species was identified only to the genus level. The results suggest there is a similar diversity in the Galapagos National Park zone and the restoration zone. In the agricultural zone the large number of introduced ants points to the need of controlling and erradicating these organisms with high ecological impact.

Key words: ants, invasive species, native species, introduced species, Galapagos

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
JUSTIFICACIÓN	14
ÁREA DE ESTUDIO	16
METODOLOGÍA	17
Identificación y Análisis	17
RESULTADOS	19
DISCUSIÓN	20
REFERENCIAS.....	24
TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS.....	30

TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS

TABLA 1. Lista De Especies Registradas En Cada Área (Png: Área Dentro Del Parque Nacional Galápagos, Guay: Área Agrícola De Pasto Con Guayaba, Tsc: Área De Restauración)(Anexo 1 Se Presentan Fotografías De Estas Especies).	30
TABLA 2. Riqueza, Abundancia (Sumas Totales De Individuos) Y Composición De Hormigas En Las Tres Áreas De Estudio (Png: Área Dentro Del Parque Nacional Galápagos, Guay: Área Agrícola De Pasto Con Guayaba, Rest: Área De Restauración)	31
FIG. 1. Abundancia Promedio (Número Total De Individuos Registrados Por Censo) De Las Especies De Hormigas En Las Tres Áreas De Estudio (Guayaba: Área De Pasto Con Guayaba, Png: Área Dentro Del Parque Nacional Galápagos, Restauración: Área De Restauración).....	31
FIG. 2. Comparación De La Abundancia Promedio De Hormigas Nativas Versus Introducidas En Tres Zonas De La Parte Alta De La Isla De San Cristóbal, Galápagos (Png: Área Dentro Del Parque Nacional Galápagos, Guayaba: Área Agrícola De Pasto Con Guayaba, Restauración: Área De Restauración).....	32
ANEXO 1: Especie Identificadas	33

INTRODUCCIÓN

Las especie invasoras están dentro de las amenazas más importantes para la biodiversidad en el mundo (Von Aesch, 2006; UICN, 2015) muy pocos hábitats en el mundo permanecen libres de especies introducidas dado que su acelerado proceso de dispersión está relacionado con la migración y constante intercambio humano (Von Aesch, 2006; Mack et al., 2000); sin embargo, son las especies invasoras las que afectan directamente el ecosistema. En los ecosistemas insulares las invasiones biológicas representan mayor peligro que en los sistemas continentales, dadas las características únicas de la biota, el menor tamaño de sus poblaciones y su evolución aislada (Traveset y Santamaría, 2004; Didham et al., 2007). En Galápagos podemos encontrar especies que fueron introducidas intencionalmente por la agricultura y la ganadería, sin embargo, el problema actual se da por el crecimiento demográfico en las islas y el alto ingreso turístico, lo cual acelera la entrada de especies vertebradas, invertebradas, vegetales y patógenas al archipiélago (Chamorro et al., 2012). Según datos del Parque Nacional Galápagos en el 2008, se registraron 1488 especies introducidas, entre las cuales 888 corresponden a plantas, 490 especies de artrópodos y 53 a otras especies de invertebrados (Carrión, 2009).

El Archipiélago de Galápagos, como varias de las islas del Pacífico, sufre de un alto nivel de introducción de especies animales y plantas que afectan tanto al equilibrio, como a la diversidad única de sus ecosistemas (Bockstaller y Girardin, 2003; Kirby, 2013). Hablamos de invasoras cuando una especie de origen remoto alcanza un nuevo territorio (Castro Diez et al., 2004; Colautti y Maclsaac, 2004). Las hormigas se encuentran entre las invasoras más

devastadoras dado que son altamente adaptables y pueden fácilmente dispersarse por los ecosistemas formando comunidades amplias, y afectando a especies nativas, endémicas o incluso a la economía humana (Richardson et al., 2000). San Cristóbal es una de las islas que tuvo explotación agrícola desde 1879 debido a la instauración de un ingenio azucarero y creación de la “Hacienda El Progreso” (Gobierno de San Cristóbal, 2011). Los cambios a gran escala, como limpiar grandes áreas para instaurar monocultivos, resultan en respuestas que van más allá de la reorganización de la vegetación e incluso abarcan la colonización de especies oportunistas (Smith, 1990; Peck et al., 1998). Modificar el uso de suelo y la fragmentación del paisaje para la agricultura, afectan a la distribución y abundancia de las especies y contribuye en el aumento de especies exóticas (Mooney y Hobbs, 2000; Schowalter, 2000).

En Galápagos se han registrado 21 géneros y 48 especies de hormigas (Herrera y Longino, 2008; Rueda y Sevilla, s/f), de las cuales 4 son endémicas: *Camponotus macilentus*, *Camponotus planus*, *Cyphomyrmex nesiotus*, y *Pheidole williamsi* (Antweb, 2015). Las especies introducidas de hormigas que mayor preocupación causan al archipiélago son *Solenopsis geminata*, hormiga de fuego tropical, *Monomorium destructor*, hormiga destructora, *Pheidoleme gacephala*, hormiga cabezona, y *Wasmannia auropuctata*, pequeña hormiga de fuego (Causton et al., 2005; Herrera y Longino, 2008; Rueda y Sevilla, s/f)..

Los macroinvertebrados edáficos son utilizados mundialmente como indicadores del estado del ecosistema, por lo que nos permiten de manera concreta evaluar tempranamente los efectos negativos de las actividades humanas sobre la biodiversidad (Cairns y Pratt, 1993; Oliver y Beattie, 1996 ;Cabrera et al., 2011; Aguirre, 2011). Las hormigas son el grupo

taxonómico más usado pues son sensibles a los cambios medioambientales, altamente abundantes y diversas (Andersen et al., 2002; Ottonetti et al., 2004; Niemi y McDonald, 2004; Underwood y Fisher, 2006; LaPolla et al., 2013). Al cuantificar la diversidad de especies de hormigas podemos conocer acerca del estado en que se encuentran los ecosistemas en la parte alta de la isla de San Cristóbal y evaluar el impacto de los cambios en el uso del suelo sobre la biodiversidad.

En esta investigación se presenta una comparación de la diversidad de hormigas en tres áreas de San Cristóbal que difieren en el uso del suelo, un área dentro del Parque Nacional Galápagos, un área de restauración en la que se han eliminado las especies de plantas invasoras y se han sembrado especies nativas, y un área agrícola dominada por pasto y guayaba. Se espera que la diversidad de especies de hormigas y la riqueza de especies nativas sea mayor para el área del Parque Nacional Galápagos, dado que este ecosistema estaría menos expuesto a perturbaciones antropogénicas.

JUSTIFICACIÓN

A pesar de que existen varios estudios sobre la diversidad de hormigas en el archipiélago, estos se han centrado en registrar las especies encontradas en las islas con énfasis en las invasoras: (Peck et al., 1998; Causton et al., 2005; Von Aesch, 2006; Herrera y Longino, 2008; Herrera y Causton, 2010; Herrera, 2015). No existen comparaciones de la diversidad de hormigas en los distintos ecosistemas de la parte alta de la isla de San Cristóbal. Este tipo de estudios, como el que presento a continuación, nos permiten entender mejor el efecto combinado de la presencia de especies introducidas y de los cambios en el uso del suelo sobre las comunidades insulares de estas áreas.

En este estudio se analiza la comunidad de hormigas en tres áreas de la parte alta de San Cristóbal (área dentro del Parque Nacional Galápagos, área agrícola de pasto con guayaba, y área de restauración). Al utilizar la diversidad de hormigas como un indicador del estado edáfico podremos entender mejor las relaciones y procesos que se están llevando a cabo en la zona agrícola y en los alrededores del Parque Nacional Galápagos en la parte alta de la isla.

Por otro lado, la conservación del archipiélago Galápagos, así como de los distintos ecosistemas que lo conforman y su dinámica de organización con los efectos de la vida humana deben contemplarse y entenderse de manera que la respuesta a los mismos tenga un dinamismo que permita la conservación integral (Mack et al., 2000; de la Torre, 2013). El presente trabajo incluye nuevos registros de especies introducidas de hormigas para la parte alta de San Cristóbal, lo cual aporta en la colección de datos para los planes de manejo del

Parque Nacional Galápagos y genera mayor información sobre especies que deben ser de atención prioritaria en los planes de erradicación por sus posibles efectos al ecosistema.

ÁREA DE ESTUDIO

Se realizaron muestreos de hormigas en las tres áreas de estudio durante julio y agosto 2013.

- Área de restauración en la que se realiza reforestación con *Scalesia* y otras especies nativas en la hacienda Tranquila (UTM 16S, WGS84 217344 E, 9901950 N, 410 msnm): es una antigua área agrícola que se repobló con plantas nativas, y algunas endémicas.
- Área agrícola de pasto con guayaba de la hacienda Tranquila (UTM 16S, WGS84 217215 E, 9901724 N, 380 msnm): área expuesta a constante explotación agrícola, con vegetación de árboles introducidos de guayaba (*Psidium guajava*) y naranja (*Citrus x sinensis*).
- Área dentro del Parque Nacional Galápagos de similar topografía y altitud que las otras áreas de estudio. Esta zona presentó parches pequeños dominados por vegetación nativa (manzanillo, *Hippomane mancinella* y guayabillo, *Psidium galapageium*) y parches de mayor extensión dominados por vegetación introducida (supirosa, *Lantana camara*, mora, *Rubus niveus*, entre otros).

METODOLOGÍA

En cada zona se establecieron diez puntos de muestreo separados entre sí, con un aproximado de 25 m entre puntos. En cada punto de muestreo se trazó una parcela de 1 m². En cada parcela se colocó un cuadrante de plástico de 0.25 X 0.25 m para registrar todos los invertebrados del suelo. Cada muestreo se dividió en dos sub-muestréos correspondientes al sustrato superficial de hojas caídas y los primeros 5 cm del horizonte A del suelo (Pellens y Garay 1999). Dado que en el área de PNG no se encontraron zonas continuas con vegetación nativa, los puntos de muestreo se ubicaron en parches con dominancia de especies nativas. Se realizaron 9 muestreos de invertebrados, con énfasis en hormigas, en cada área de estudio entre el 24 de julio y el 17 de agosto del 2013. Los muestreos se hicieron durante el día, entre las 09h00 am y las 17h00 pm, en condiciones meteorológicas similares. Para la identificación en el campo se utilizó la categoría de morfoespecie, los individuos de las distintas morfoespecies fueron fotografiados, para su posterior identificación (Parr y Chown, 2001).

Identificación y Análisis

La identificación de los individuos de las distintas morfoespecies se realizó de la siguiente manera:

- Se fotografió a individuos representativos de cada una de las morfoespecies registradas (lente macro OLYMPUS).
- La identificación de las fotografías se hizo con la clave taxonómica de Antweb; para el género *Wasmannia* se utilizó la clave en Wetterer y Porter (2003).
- Para la identificación del género *Nylanderia* se obtuvo ayuda del Ms. Giovanni Ramón, Biólogo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Se registró el número aproximado de hormigas de cada morfoespecie encontrada en cada muestreo. Estos conteos fueron realizados siempre por la misma investigadora y se basaron en una estimación rápida del número de hormigas observadas en un lapso de 2 minutos.

Se calculó el índice de diversidad de Shannon para cada muestreo. Estos índices fueron comparados entre áreas con un ANOVA (SPSSStatistics). Se comparó también el radio entre especies introducidas y especies nativas en cada área.

RESULTADOS

Registré un total de 11 especies de hormigas en las áreas de estudio (*Tabla 1*), las especies más abundantes fueron *Tetramorium caldarium* (introducida) y *Rogeria curvipubens* (introducida), pero la abundancia de estas especies no fue uniforme (*Fig. 1*). *T. caldarium* fue más abundante en el área de restauración y en el área de pasto con guayaba, mientras que *R. curvipubens* lo fue en el área del PNG.

No encontré diferencias significativas en la diversidad de hormigas entre áreas ($F_{2,29} = 0.482$, $p = 0.623$). La diversidad de hormigas fue ligeramente mayor en el área de pasto con guayaba ($H' = 1.57$; $SD = 0.10$), seguida por el área dentro del PNG ($H' = 1.45$; $SD = 0.07$). El área de restauración registró los valores de diversidad más bajos ($H' = 0.53$; $SD = 0.06$).

El radio de especies introducidas/especies nativas fue mayor en el área de pasto con guayaba en la que registramos 4 especies introducidas y una sola especie nativa. El radio fue menor (2.5 especies introducidas por cada especie nativa) en las otras dos áreas de estudio (*Tabla 2*).

En las tres áreas, el número total de hormigas introducidas registrado fue mayor que el número total de hormigas nativas (*Fig. 2*). Sin embargo, son notorias las diferencias entre áreas; en el área de restauración, la abundancia de hormigas introducidas es mucho mayor que la abundancia de hormigas nativas. Esta diferencia es menos fuerte en el área del PNG y todavía menos en el área de pasto y guayaba.

DISCUSIÓN

Este estudio contribuye con información sobre la diversidad de hormigas de tres áreas en la parte alta de la isla de San Cristóbal, al diferir estas áreas en el uso del suelo, los resultados permiten evaluar de forma preliminar, el efecto de los cambios en el suelo sobre este importante grupo de animales, lo cual significa un insumo importante para el diseño de estrategias de conservación.

Las 11 especies de hormigas registradas y el género *Nylanderia* han sido reportadas por la Lista de Especies de las Galápagos de la Fundación Charles Darwin (Herrera et al., 2015). Sin embargo, tres especies (*Paratrechina vaga*, *Tetramorium caldarium*, *Rogeria curvipubens*) no habían sido reportadas en su distribución para la isla de San Cristóbal. Entre las especies reportadas para San Cristóbal, no consta una descripción específica de su ubicación dentro de la isla, por lo que no existe un estudio que permita entender qué regiones específicas de la isla se encuentran colonizadas.

El registro de 8 especies introducidas de hormigas, evidencia la necesidad de conocer más sobre los efectos de estas especies y sobre las formas de controlarlos. Entre los efectos de las especies introducidas están: ocasionar el desplazamiento de especies nativas, hibridación y contaminación genética, alteraciones de las relaciones entre las especies de la comunidad y alteraciones de las condiciones del ecosistema nativo (Castro-Díez et al., 2004). Mis resultados sugieren que algunos de estos efectos pueden estar presentes en las áreas de estudio; el hecho de que en todas las áreas de estudio el número de especies introducidas haya sido mayor que el de especies nativas, sumado a que las especies introducidas fueron

más abundantes en todos los censos, apunta a un posible desplazamiento de las especies nativas por parte de las especies introducidas.

La cantidad de especies nativas obtenidas con respecto a introducidas en el PNG y en la zona de recuperación es una relación de 2.5 veces más especies introducidas que nativas. El hecho que encontremos la misma relación en la zona dentro del PNG y la zona de recuperación, podría estar relacionado con la dificultad para encontrar parches de vegetación nativa durante el muestreo en el área dentro del PNG. La gran abundancia de especies de plantas introducidas dentro del área protegida posiblemente también ha influido en el desplazamiento de las especies nativas. Estos cambios en el hábitat se suman al efecto de la competencia de especies introducidas invasoras, como la hormiga de fuego, *Wasmannia auropunctata*, registrada dentro del PNG en este estudio. *W. auropunctata* puede dispersarse fácilmente dado que tiene hábitos de vida que se lo permiten, tales como, nidos superficiales, poligamia (varias reinas), son generalistas, y se movilizan en grupos que pueden formar nuevas colonias rápidamente (Lowe et al., 2004). Por su alta adaptabilidad son competidoras exitosas que tienden a desplazar a las poblaciones de especies nativas (Clark et al. 1982; Wetterer y Porter, 2003).

El área donde se encontró el mayor número de especies introducidas, en relación con las especies nativas fue el área de pasto con guayaba, siendo 4 veces más la cantidad de especies introducidas que nativas. En esta área registré invasoras importantes como *W. auropunctata*, junto con las especies del género *Nylanderia*, que son altamente invasivas; éstas han producido graves pérdidas de especies nativas en otros lugares (Kumar et al., 2015). *Nylanderia* es un género con capacidad a adaptarse a rangos de temperatura

mayores a 10° C, por este motivo se considera una especie que se beneficia del cambio climático (LaPolla et al., 2010; Rombouts et al., 2013; Kumar et al., 2015), dado esto, es importante considerar mayor análisis de este género para el archipiélago.

La zona de recuperación, no tiene poblaciones de especies altamente invasoras, sin embargo posee una de las especies con mayor capacidad de dispersión: *Solenopsis globularia pacifica* (Peck et al., 1998). El registro de esta especie para la isla data de 1985 (Peck et al., 1998), por este motivo la ecología de esta especie para las islas podría ser un indicador de cambios ecosistémicos importantes para el manejo y erradicación de especies introducidas.

En mi estudio no registré especies de hormigas endémicas, esto puede deberse al horario en el que se realizaron los censos. El patrón de la actividad diaria es una de las características más distintivas entre las especies de hormigas, las divergencias interespecíficas en los patrones de actividad resulta de una morfología particular, características fisiológicas, o de patrones de comportamiento que definen la tolerancia ecológica de una especie y por tanto determinan su periodo de alimentación específica (Raimundo et al., 2009). No se realizaron censos en la tarde y noche, momentos en los cuales las especies endémicas podrían estar más activas. No podemos, sin embargo, excluir la posibilidad de que las especies endémicas tengan abundancias relativas todavía más bajas que las especies nativas, con lo cual su estado de conservación estaría seriamente comprometido.

En conclusión, los resultados de este estudio sugieren que los cambios en el uso del suelo tienen un efecto importante sobre la diversidad de hormigas. La dominancia de especies introducidas en todas las áreas de estudio, incluyendo el área protegida dentro del

PNG, evidencia la severidad del problema de las especies introducidas en las islas y la necesidad de diseñar acciones efectivas de control. Conocer la distribución dentro de las islas habitadas debería ser la prioridad para entender cómo controlar las poblaciones de hormigas introducidas (Wild, 2007), por lo menos de las especies conocidas como introducidas e invasivas (*W. auropunctata*). Dado que las mismas generan efectos negativos para el ecosistema es necesario entender la ecología de estas especies, lo cual permite crear planes de manejo más efectivos y en puntos localizados, lo cual es primordial para las hormigas. Generar información puntual en las islas pobladas previene el ingreso y dispersión de las hormigas en otras islas. Finalmente, un monitoreo continuo de este grupo de insectos puede ayudarnos a detectar cambios positivos o negativos en los ecosistemas como producto de las acciones de manejo.

REFERENCIAS

- Aguirre Andrade, J.F. (2011). Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca.
- Andersen, A., Hoffmann, B.D., Muller, W.J., Griffiths, A.D. (2002). Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. *Journal of Applied Ecology*, vol. 39, 8-17.
- Antweb. (2015). Galapagos Islands Ants. Disponible en: <https://www.antweb.org/taxonomicPage.do?rank=genus&project=galapagosislandsants&images=true>
- Bockstaller, C., Girardin, P.(2003). How to validate environmental indicators. *Agriculture Systematics*, vol.76, 639–653.
- Cabrera, G. Robaina, N. Ponce de León, D. (2011). Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, vol.34, no. 3, 313-330.
- Cairns J., Pratt, J.R. (1993). *A History of Biological Monitoring Using Benthic Macroinvertebrates*. Chapman and Hall. New York.
- Castro-Díez, P., Valladares, F., Alonso, A. (2004). La Creciente Amenaza de las Invasiones Biológicas. AEET. *Ecosistemas* vol. 13, no.3: 61-68.
- Cao, Y., Hawkins, C.P. 2005. Simulating biological impairment to evaluate the accuracy of ecological indicators. *Journal of Applied Ecology*, vol. 42, 954-965.

- Carrión, V. (2009). Especies Invasoras en Galápagos. Disponible en: http://galapagospark.org/nophpgrg.php?page=desarrollo_sustentable_especies_invasoras&et_lang=es
- Causton, C., Herrera, H. W., Lincango, M. P. (2014). CDF Checklist of Galapagos Introduced Invertebrates - FCD Lista de especies de Invertebrados introducidos de Galápagos. In: Bungartz, F., Herrera, H., Jaramillo, P., Tirado, N., Jiménez- Uzcátegui, G., Ruiz, D., Guézou, A. & Ziemmeck, F. (eds.). (2014). Charles Darwin Foundation Galapagos Species Checklist - Lista de Especies de Galápagos de la Fundación Charles Darwin. *Charles Darwin Foundation*. Disponible en: <http://www.darwinfoundation.org/datazone/checklists/introduced-species/introduced-invertebrates>.
- Causton, C.E., Sevilla, C.R., Porter, S.D. (2005). Eradication of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae), from Manchena island, Galapagos: On the edge of success?, *Florida Entomologist* vol.88, no.2.
- Chamorro, S., Heleno, R., Olesen, J.M., McMullen, C.K., Traveset, A. (2012). Pollination patterns and plant breeding systems in the Galápagos: a review. *Annals of Botany* 110, 1489-1501.
- Clark, D.B. Guayasamin, C., Pazmino, O., Donoso, C., Paez de Villacis, Y. (1982). The Tramp Ant *Wasmannia auropunctata*: Autecology and Effects on Ant Diversity and Distribution on Santa Cruz Island, Galapagos. *Biotropica*, vol.14, no. 3: 196-207.
- Colautti, R.I. Maclsaac, H.J. (2004). A neutral terminology to define 'invasive' species. *Diversity and Distributions* 10, 135-141.
- De la Torre, S. (2013). Efectos del uso del suelo en la estructura y funciones ecosistémicas de zonas agrícolas y urbanas en San Cristóbal, Galápagos. GAIAS Project Proposal.

Didham R.K., Tylianakis, J.M., Gemmell, N.J., Rand, T.A., Ewers, R.M. (2007). Interactive effects of habitat modification and species invasion on native species decline. *Trends in Ecology and Evolution*, vol.22, no.9.

Gobierno de San Cristóbal. (2011). San Cristóbal Capital Turística de Galápagos. Disponible en: http://www.sancristobalgalapagos.gob.ec/cristobal/index.php?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=2.

Herrera, H.W Longino, J.T. (2008). New records of introduced ants (Hymenoptera; Formicidae). *Galapagos research* vol.65.

Herrera, H.W. (2015), AntWeb: Galapagos Ants. Disponible en: <http://www.antweb.org/galapagos.jsp>.

Herrera, H.W., Causton, C.E. (2010). First Inventory of ants (Hymenoptera: Formicidae) on Baltra Island, Galapagos. *Galapagos research* vol.67.
<http://www.darwinfoundation.org/datazone/checklists/introduced-species/introduced-invertebrates>

Kirby, R.R. (2013). Evaluating marine ecosystem health: case studies of indicators using direct observations and modelling methods. *Ecological Indicators*, vol.24, 353-365.

Kumar, S. LeBrun, E.G., Stohlgren, T.G., Stabach, J.A., McDonald, D. L., Oi, D.H., LaPolla, J.S. (2015). Evidence of niche shift and global invasion potential of the Tawny Crazy ant, *Nylanderia fulva*. *Ecology and Evolution*, publicado por John Wiley and Sons.

LaPolla, J., Brady, S.G., Shattuck, S.O. (2010). Phylogeny and Taxonomy of the *Prenolepis* genus-group of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 35, 118-131.

- La Polla, J.S., Dlussky, G.M., Perrichot, V. (2013). Ants and the fossil record. *Annual Review of Entomology*, vol.58. 609-630.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2004). 100 of the World's Worst Invasive Alien Species. A selection from the Global Invasive Species Database.
- The Invasive Species Specialist Group (ISSG), a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp.
- Mack, N.R., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Evans, H., Clout, M., Bazzaz, F.A. (2000)
- Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences, and Control. *Ecological Society of America*, vol. 10, no. 3, 689-710.
- Mooney, H.A., Hobbs, R.J. (2000). Invasive species in a changing world. *Island Press*, Washington.
- Niemi, G.J., McDonald, M.E. (2004). Application of Ecological Indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, vol.35, 89-111.
- Oliver, I., Beattie, A.J. (1996). Designing a cost-effective invertebrate survey: a test of methods for rapid assessment of biodiversity. *Ecological Applications*. Vol. 6, no.2, 594-607.
- Ottonetti, L., Tucci, L., Santini, G.(2004). Ant communities as indicators of environmental health: successional analysis in a rehabilitation context. *REDIA*. LXXXVII, 199-202.
- Parr, C.L., Chown, S.L. (2001). Inventory and bioindicator sampling: Testing pitfall and Winkler methods with ants in a South African savanna. *Journal of Insect Conservation*, no. 5, 27-36.

- Peck, S.B., Heraty, J., Landry, B., Sinclair, B.J. (1998). Introduced Insect Fauna of an Oceanic Archipelago: The Galapagos Islands, Ecuador. *American Entomologist*, 218- 237.
- Pellens, R. Garay, I. (2000). Edaphic macroarthropod communities in fast-growing plantations of *Eucalyptus grandis* Hill ex maid (Myrtaceae) and *Acacia mangium* Wild (leguminosae) in Brazil. *Eur. J. Soil Biology*, vol.35, no.2, 77-89.
- Raimundo, R. L. G., Freitas, A. V. L., Oliveira, P. S. (2009). Seasonal Patterns in Activity Rhythm and Foraging Ecology in the Neotropical Forest-Dwelling Ant, *Odontomachus chelifer* (Formicidae: Ponerinae). *Entomological Society of America*, vol. 102, no.6, pp.:1151-1157.
- Richardson, D.M., Pysek, P., Rejmánek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., West C.J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6, 93-107
- Rombouts, I., Beaugrand, G., Artigas, L.F., Dauvin, J. Gevaert, F., Goberville, E., Kopp. D., Lefebvre, S., Luczak, C., Spilmont, N., Travers-Trolet, M., Villanueva, M.C., Rosas-Mejía, M., Vásquez-Bolaños, M., Gaona-García, G., Víctor Horta-Vega, J. (2013). Primeros registros de hormigas del género *Brachymyrmex* para Tamaulipas y nuevos registros del género *Nylanderia* (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae) para México. *Dugesiana* 20(2):69-70.
- Rueda, D., Sevilla, C., Monitoreo y control de hormiga introducida en Galápagos, Disponible en: http://www.galapagos.gob.ec/?page_id=2508 .
- Schowalter, T.D. (2000). *Insect Ecology: an ecosystem approach*. Academic Press, 382.
- Smith, R.L., (1990). *Ecology and Field Biology*. Cuarta edición. Harper Collins. New York. 657.

- Traveset, A., Santamaría, L. (2004). Alteración de Mutualismos Planta-Animal debido a la Introducción de Especies Exóticas en Ecosistemas Insulares. *Island Ecology. Asociación Española de Ecología Terrestre*: 251-276.
- UICN. (2015, Junio 9). Invasive Species. Disponible en: http://www.iucn.org/about/work/programmes/species/our_work/invasive_species/
- Underwood, E., Fisher, B.L., (2006). The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how. *Elsevier*, 166-182.
- Von Aesch, L. (2006). Introduced Ants in Galapagos (Florea Island): Importance of Competition, Coexistence and Aggressive Behaviors. *Université de Lausanne*.
- Wild, A.L. (2007). A catalogue of the ants of Paraguay (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*, 1622: 1-55.
- Wetterer, J., Porter, S. (2003). The Little Fire Ant, *Wasmannia auropunctata*: Distribution, Impact and Control. *Sociobiology* vol.41, no. 3.

TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS

Tabla 1. Lista de especies registradas en cada área (PNG: área dentro del Parque Nacional Galápagos, GUAY: área agrícola de pasto con guayaba, TSC: Área de restauración)(Anexo 1 se presentan fotografías de estas especies).

ESPECIES	SP. NATIVA	SP. INTRODUCIDA	PNG	RESTAURACIÓN	GUAYABA
<i>Odontomachus bauri</i>	X		X	X	X
<i>Tapinoma melanocephalum</i>		X	X	X	
<i>Rogeria curvipubens</i>		X	X	X	
<i>Solenopsis globularia p.</i>		X	X	X	
<i>Strumigenys louisianae</i>	X		X		
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>		X	X		X
<i>Wasmannia auropunctata</i>		X	X		X
<i>Hypoponera opaciceps</i>	X				X
<i>Tetramorium caldarium</i>		X		X	X
<i>Paratrechina vaga</i>		X		X	
<i>Nylanderia sp.</i>		X		X	

Tabla 2. Riqueza, abundancia (sumas totales de individuos) y composición de hormigas en las tres áreas de estudio (PNG: área dentro del Parque Nacional Galápagos, GUAY: área agrícola de pasto con guayaba, REST: Área de restauración)

	PNG	REST	GUAY
Abundancia	415	355	450
Riqueza de especies	7	7	5
Número de especies introducidas	5	6	3
Número de especies nativas	2	1	2

Fig. 1. Abundancia promedio (número total de individuos registrados por censo) de las especies de hormigas en las tres áreas de estudio (GUAYABA: área de pasto con guayaba, PNG: área dentro del Parque Nacional Galápagos, RESTAURACIÓN: área de restauración).

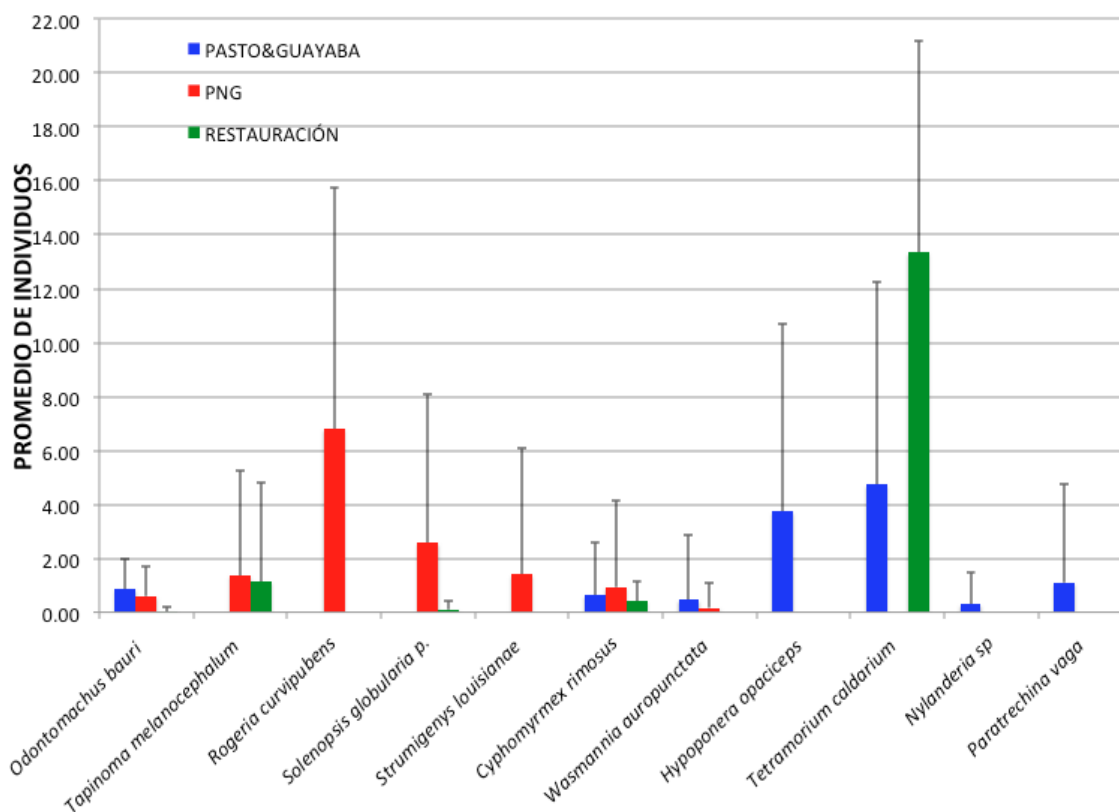
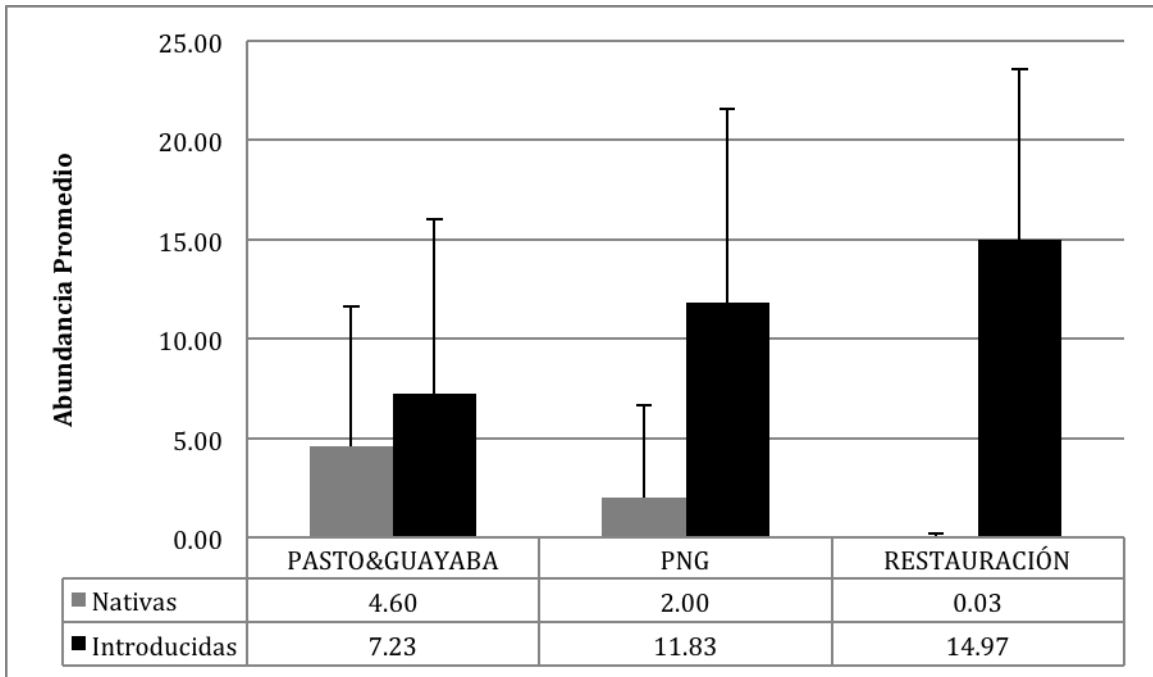
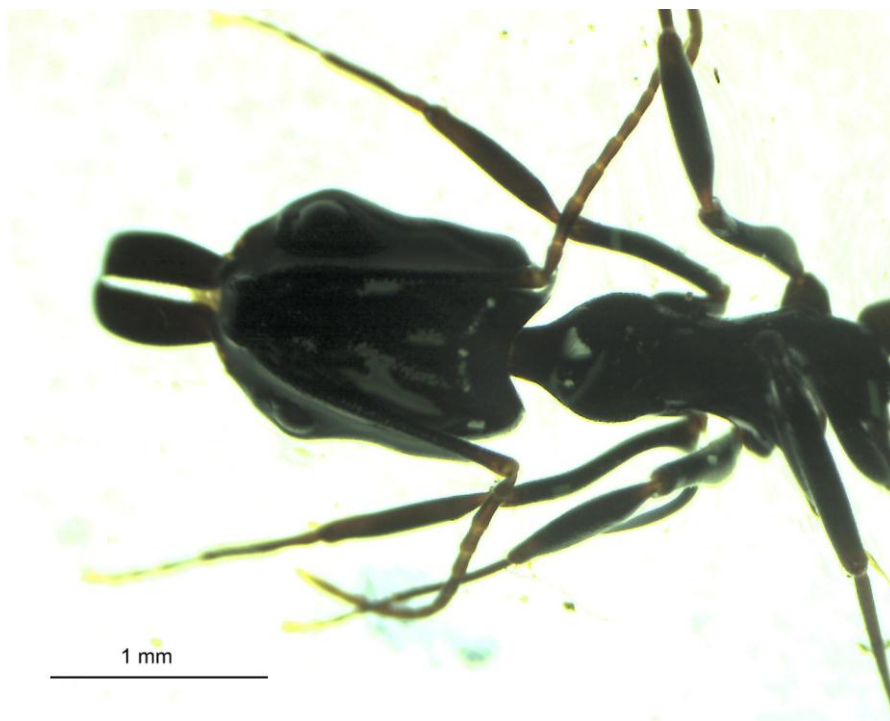
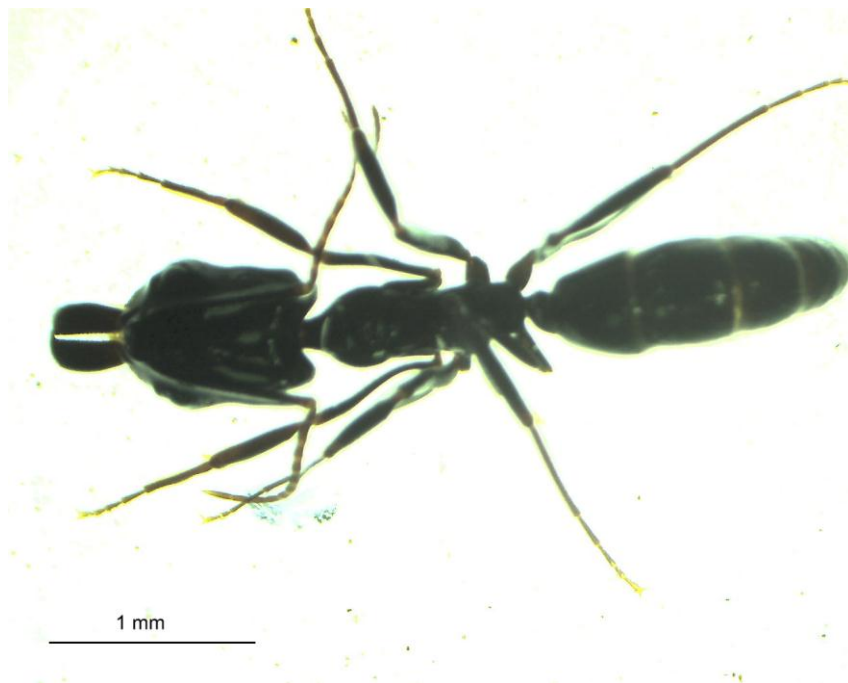


Fig. 2. Comparación de la abundancia promedio de hormigas nativas versus introducidas en tres zonas de la parte alta de la isla de San Cristóbal, Galápagos (PNG: área dentro del Parque Nacional Galápagos, GUAYABA: área agrícola de pasto con guayaba, RESTAURACIÓN: Área de restauración).



ANEXO 1: ESPECIE IDENTIFICADAS

Género *Odontomachus* especie *bauri* (Nativa)



Género *Strumigenys* especie *louisianae* (Nativa)



Género *Cyphomyrmex* especie *rimosus* (Introducida)



Género *Solenopsis* especie *globularia pacifica* (Introducida)



Género *Tapinoma* especie *melanocephalum* (Introducida)



Género *Tetramorium* especie *caldarium* (Introducida)



Género *Rogeria* especie *curvipubens* (Introducida)



Género *Hypoponera* especie *opaciceps* (Nativa)



Género *Wasmannia* especie *auropunctata* (Introducida)



Género *Paratrechina* especie *vaga* (Introducida)



Género *Nylanderia* (Introducida)



