

Preliminary study of land snails in San Cristobal Island, Galapagos Estudio preliminar de caracoles terrestres en la Isla San Cristóbal, Galápagos

Isabel Villarruel Oviedo^{1*}, Stella de la Torre¹

¹Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales. Calle Diego de Robles y Vía Interoceánica, Campus Cumbayá. Casilla Postal 17-1200-841, Quito, Ecuador.

*Autor principal/Corresponding author, e-mail: maria.villarruel@estud.usfq.edu.ec

Editado por/Edited by: Cesar Zambrano, Ph.D.

Recibido/Received: 16/09/2014. Aceptado/Accepted: 21/10/2014.

Publicado en línea/Published on Web: 19/12/2014. Impreso/Printed: 19/12/2014.

Abstract

About 120 endemic species of endemic terrestrial snails have been recorded in the Galapagos Islands. Snails have colonized all the large islands and can be found in most vegetated areas. However, their distribution ranges are diminishing and some species are disappearing due to human impacts. We carried out a preliminary, non-invasive, evaluation of the effects of land use change on the diversity of snails in San Cristóbal Island. We surveyed four habitats in the island: a coffee plantation, a guava and pasture plantation, an urban area and an area reforested with native plants. We analyzed the diversity of snails in each habitat identifying the species with photographs. We identified three native and two introduced species; additionally, three species (or groups of species) were identified to the genus level. The greatest diversity of snails was found in the reforested area. This result suggests that the presence of native plants is important for the conservation of snails. Future research should focus on understanding the impact of introduced snail species on the native snail populations as well as on the dynamics of the ecosystems. This study was carried out with the research permit of PC-30-11 of the Parque Nacional Galápagos to Stella de la Torre.

Keywords. Land use change, diversity, snails, introduced species, Galapagos Islands.

Resumen

En las Islas Galápagos se han registrado alrededor de 120 especies de caracoles endémicos terrestres. Los caracoles han colonizado todas las islas grandes y se los puede encontrar en la mayoría de las zonas de vegetación. Sin embargo, se ha visto que su distribución es cada vez menor y muchas especies ya han desaparecido debido a la colonización humana. En este estudio hicimos una evaluación preliminar del impacto del cambio en el uso del suelo sobre la diversidad de los caracoles de la isla San Cristóbal. Para ello, realizamos censos no-invasivos en cuatro hábitats diferentemente afectados por actividades humanas en los cuales identificamos los caracoles registrados, con base en fotografías, para estimar y comparar su diversidad en cada uno de los hábitats: sembrío de café, sembrío de guayaba y pasto, área urbana y área de reforestación con especies nativas. Se identificaron tres especies nativas y dos especies introducidas de caracoles; adicionalmente tres especies (o grupos de especies) se identificaron a nivel de género. La mayor diversidad de especies de caracoles se encontró en el hábitat de reforestación. Esto sugiere que la presencia de plantas nativas es importante para la conservación de los caracoles en las islas. Futuros estudios deben enfocarse en entender el impacto de las especies introducidas de caracoles sobre las especies nativas y las funciones de los ecosistemas. Este estudio se realizó con el permiso de investigación PC-30-11 del Parque Nacional Galápagos para Stella de la Torre.

Palabras Clave. Cambios en el uso de suelo, diversidad, caracoles, especies introducidas, Islas Galápagos.

Introducción

En las islas Galápagos se han registrado 135 taxa de caracoles terrestres endémicos (alrededor de 120 especies pues en algunas especies se registran subespecies) [1]. Los caracoles han colonizado todas las islas grandes y

se los puede encontrar en la mayoría de las zonas de vegetación. Sin embargo, se ha visto que su distribución es cada vez menor y que incluso, muchas especies ya han desaparecido debido a la colonización humana [2]. En la actualidad 57 de estas especies se encuentran en alguna categoría de amenaza según la UICN (Unión Interna-

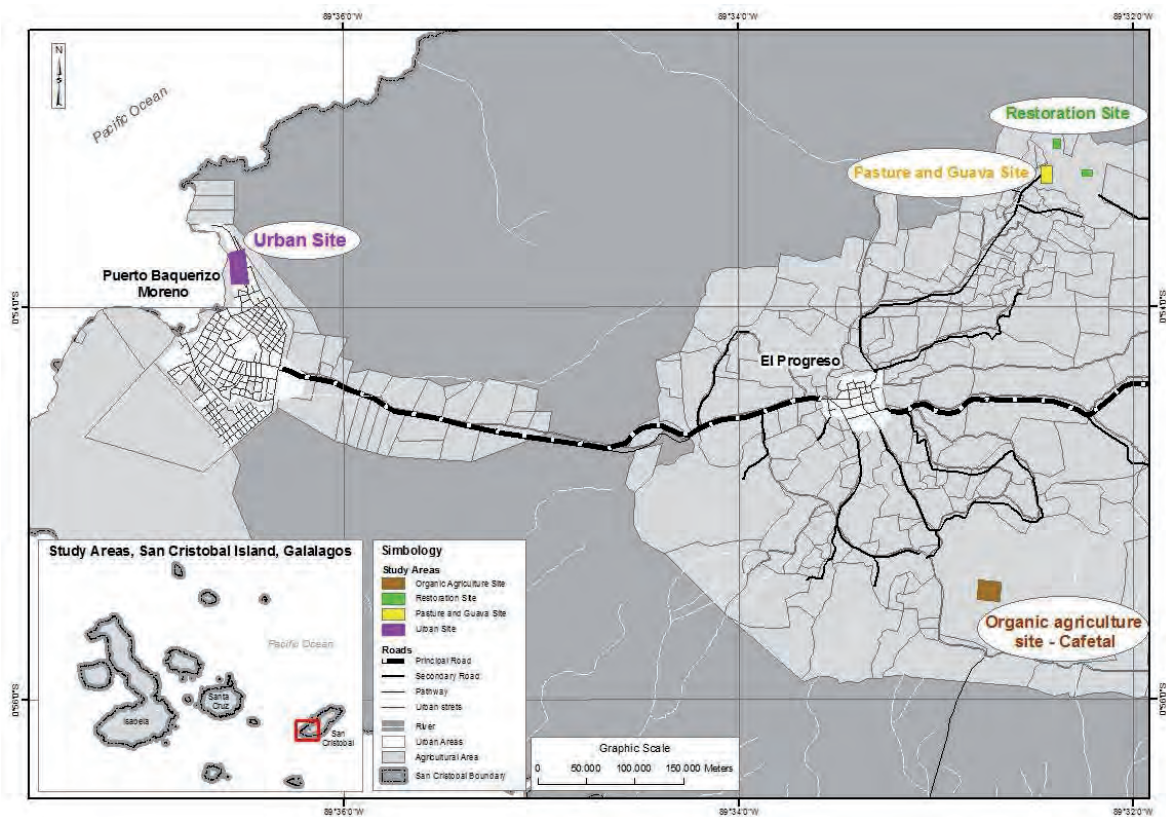


Figura 1: Ubicación de las áreas de estudio (tomado de la Torre 2013).

cional para la Conservación de la Naturaleza) ya que su rango de distribución es muy limitado y las poblaciones están perdiendo su hábitat debido a la destrucción y a la introducción de nuevas especies, tales como las hormigas rojas (*Wasmannia auropunctata*) y las ratas (*Rattus rattus*) que han agravado su estado de amenaza [3, 4].

Los caracoles cumplen una función muy importante en el suelo, ya que se encargan de desmenuzar y disminuir el tamaño de la hojarasca, fragmentándola y promoviendo su descomposición [5]. En el estudio de Parent y Crespi [5], sobre los caracoles de Galápagos, se pudo ver que éstos habitan en casi todas las zonas bioclimáticas de San Cristóbal. Se los encontró en vegetación y en el suelo y si bien no son específicos para ningún tipo de planta, hay poblaciones que responden a ciertos tipos de suelo, especie de planta y nivel altitudinal. El aumento de diversidad de plantas, a mayor altitud y humedad, permite que se creen microhábitats que son espacios ecológicos que los caracoles pueden colonizar [6]; de allí la importancia de conservar la vegetación en las islas.

En los últimos 16 años, la población humana en las Islas Galápagos ha aumentado en un 123 % [7]. El incremento poblacional es una amenaza permanente que crea presión sobre los recursos naturales [8]. Según el Consejo de Gobierno de Galápagos, el 71 % de la cobertura vegetal de la zona agrícola ha cambiado desde el año 1987. Además se presenta un alto grado de semi-abandono o

das (como la mora y la guayaba) y porque el mercado del turismo es una actividad más segura económicamente [10].

En este contexto, como parte de una investigación que busca evaluar el impacto del uso del suelo sobre la estructura de las comunidades biológicas y las funciones de los ecosistemas de San Cristóbal [11], en este estudio hicimos una evaluación preliminar del impacto del cambio en el uso del suelo sobre la diversidad de los caracoles de esta isla. Para ello, realizamos censos no invasivos (sin coleccionar especímenes) en cuatro hábitats diferentemente afectados por actividades humanas en los cuales identificamos los caracoles registrados en fotografías para estimar y comparar su diversidad en cada uno de los hábitats.

Metodología

Área de estudio

La isla San Cristóbal tiene una superficie de 788 200 ha. El área rural, que se encuentra en la zona húmeda, es donde se intensifica la actividad agrícola [12]. Para el estudio se escogieron cuatro áreas que varían en el uso que se está dando al suelo (Fig. 1). La primera zona fue la hacienda El Cafetal ubicada en el área del Progreso, recinto El Socavón, a una altitud aproximada de 260 msnm. Cuenta con una extensión de 500 hec-

Especie	Cafetal	Reforestación	Guayaba	Urbana
<i>Helicina nesiotica</i>	X	X		
<i>Tornatellides chathamensis</i>		X		X
<i>Euconulus galapaganus</i>	X			
<i>Subulina octona</i>	X	X	X	X
<i>Zonitoides arboreus</i>	X	X		
<i>Succinea</i> sp.		X		X
<i>Retinella</i> sp.	X			X
<i>Bulimulus (Naesiotus) spp.</i>	X	X	X	X

Tabla 1: Registros (presencia = X) de caracoles en las áreas de estudio.

truducidas incluyendo *Cedrela odorata* (cedro español), *Solanum quitoense* (naranja) y *Rubus niveus* (mora).

En la Hacienda Tranquila, en el recinto La Soledad, se ubicaron las áreas de estudio 2 y 3, a una altitud aproximada de 370 msnm. El área de estudio 2 correspondió a un cultivo de *Psidium guajava* (guayaba) y Poaceae (pasta), en este terreno también se encontró ganado vacuno y equino. El área de estudio 3 fue una zona dedicada a la reforestación con especies nativas como *Zanthoxylum fagara* (uña de gato), *Tournefortia rufifolia*, *Lecocarpus darwinii*, *Asclepias curassavica*, *Scaevola taccada* y *Croton scouleri*. El crecimiento de mora y de guayaba en esta área se controla con corte directo para llegar a su exterminación total.

La cuarta área de estudio fue en el sector urbano. Este es el lugar más seco, de menor altitud (15 msnm) y donde habita la mayor cantidad de personas. En esta área se puede ver vegetación introducida y nativa. Las plantas que son nativas están adaptadas a climas secos y con alto grado de salinidad, entre ellas se destacan: *Piscidia carthagenensis* (matazarno), *Bursera graveolens* (palo santo), *Parkinsonia aculeata* (palo verde), *Acacia insularis* (acacia), *Gossypium darwinii* (algodoncillo), *Maytenus octogona* (arrayancillo) y *Cryptocarpus pyritormis* (monte salado).

Métodos

La metodología de censos fue aplicada en todas las áreas de estudio y consistió en el establecimiento de un sistema de transectos y cuadrantes y en el muestreo no invasivo (sin colecciones) e identificación de especies / géneros de caracoles dentro de los cuadrantes. Los transectos fueron marcados con una piola de 50 metros, cada 10 metros se marcó un punto de monitoreo potencial. En cada transecto, dos de estos puntos fueron escogidos aleatoriamente como unidades de muestreo y se marcaron con cinta. Se tuvo un total de 14 unidades de muestreo en cada uno de los hábitats. La distancia mínima entre unidades de muestreo fue de 15 metros, con excepción del hábitat urbano en el que la distancia mínima fue de 10 metros.

En cada unidad de muestreo se ubicó un cuadrante de 1m x 1m. Cada censo de caracoles se hizo en dos subcuadrantes de 25 X 25 cm ubicados dentro de cada cuadrante. Los censos se hicieron entre las 10h00 y 16h00 utilizando la técnica de barrido de un extremo al otro

en la hojarasca y en la superficie del suelo hasta una profundidad de 5 cm. Cada censo tuvo una duración de 20 a 30 minutos. Los censos se realizaron en agosto-septiembre 2011 y diciembre 2012-enero 2013, en la época seca y lluviosa respectivamente. Se realizaron dos censos por cada cuadrante por cada época climática. En cada censo, se registró el número total de individuos de este orden, pero no fue posible registrar el número de individuos de cada especie pues su identificación taxonómica se realizó posteriormente con base en las fotografías que se tomaron de todas las potenciales morfoespecies encontradas. Después de cada censo, tanto los individuos vivos como las conchas, se dejaron en el mismo sitio donde fueron encontrados. Las familias, géneros y especies de caracoles fueron identificados por el Dr. Ángel Correoso, de la Escuela Politécnica del Ejército, con base en las fotografías tomadas en el campo.

Análisis de datos

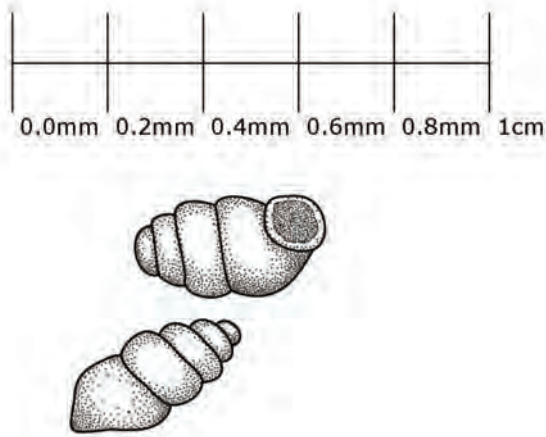
A través del registro fotográfico se realizó una lista de especies y géneros de caracoles encontrados. Además se investigó bibliográficamente cuáles de las especies registradas son introducidas y cuáles son nativas. Para el cálculo de la diversidad de caracoles de cada cuadrante se utilizó el índice de Margalef [13]. Para comparar los índices de diversidad entre áreas de estudio y épocas climáticas se realizaron ANOVAs multifactoriales de medidas repetidas con los índices transformados (ln). Sin embargo, en los Resultados se presentan los valores reales de los índices.

Resultados y Discusión

En los censos realizados durante la época seca, se registró un total de 1809 caracoles en todas las áreas de estudio. En la época lluviosa el total registrado en todos los censos fue de 1085 individuos. La mayor abundancia de caracoles, tanto en la época seca como en la lluviosa, se registró en el hábitat de cafetal (1298 caracoles registrados en la época seca, 510 caracoles registrado en la época lluviosa).

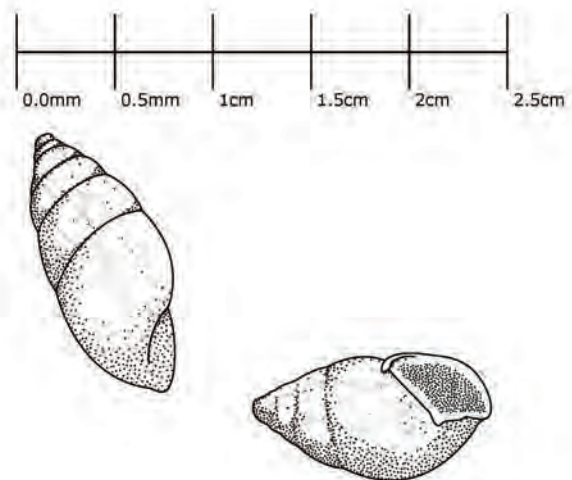
Se identificaron las siguientes especies de caracoles:

1. *Helicina nesiotica*: especie endémica de la isla [14]. Se la encontró viva únicamente en la zona del cafetal. En el hábitat de reforestación se vieron algunas conchas.

Figura 2: *Tornatellides chathamensis*.

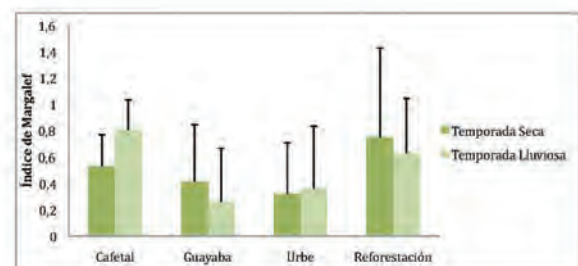
2. *Tornatellides chathamensis*: especie endémica de la isla [15]. No se registró ningún individuo vivo, sus conchas fueron encontradas en el hábitat urbano y en el hábitat de reforestación (Fig.2).
3. *Euconulus galapaganus*: especie endémica de las Islas Galápagos [15]. De presencia muy escasa, se registraron individuos vivos en el hábitat del cafetal.
4. *Subulina octona*: especie introducida, presente en la Isla Isabela y en la Isla San Cristóbal [16]. Fue abundante en el hábitat del cafetal. En el hábitat de guayaba fue prácticamente la única especie. También se encontraron conchas en la zona urbana.
5. *Zonitoides arboreus*: especie introducida, se encuentra únicamente en la Isla San Cristóbal [17]. Muy abundante en el hábitat del cafetal, en menor cantidad se la vio en el hábitat de reforestación.
6. *Succinea* sp.: este género podría estar presente con dos especies que no se lograron identificar con claridad (una de ellas podría ser *S. producta*). Son nativas de las Islas Galápagos [18]. No se encontró ningún espécimen vivo. Sus conchas fueron vistas principalmente en el hábitat del urbano, muy pocas fueron encontradas en el hábitat de reforestación.
7. *Retinella* sp.: género nativo [1], fue registrado en el hábitat del cafetal. Algunas conchas se observaron en el hábitat urbano.
8. *Bulimulus (Naesiotus)* spp.: se los observó en los cuatro hábitats estudiados. Se cree que puede haber entre tres a cuatro especies, entre ellas *N. darwini* y *N. ventrosus* (Fig. 3).

Una comparación de esta lista de especies con la lista elaborada por Parent y colaboradores en el 2014 para todo el archipiélago se dificulta por el hecho de que en las dos listas existen taxa que no están definidos hasta el nivel de especies [1]. Sin embargo, de manera general,

Figura 3: *Bulimulus (Naesiotus)* spp.

de los 14 taxa (especies) que están reportados para San Cristóbal [1], en nuestro estudio registramos 7. Registramos también 3 o 4 especies de *Bulimulus (Naesiotus)*, género que no había sido registrado antes en San Cristóbal [1]. En este análisis, es importante recalcar que el nuestro no fue un estudio taxonómico, de allí que no colectáramos especímenes y que basáramos la identificación en fotografías; nuestro objetivo fue hacer una evaluación preliminar de la diversidad de morfoespecies de caracoles en áreas con distintos usos del suelo. En ese contexto, la lista que presentamos debe ser confirmada en futuros estudios que incluyan colecciones de especímenes.

La diversidad de caracoles, calculada con el índice de Margalef, no dependió de la estacionalidad; sin embargo, sí difirió significativamente entre hábitats ($F_{3,52}=4.644$; $p=0.006$) (Fig. 4). En las dos épocas climáticas, la mayor diversidad se encontró en el hábitat de reforestación (diversidad $\bar{x}_{seca}=0.748$; ± 0.678) (diversidad $\bar{x}_{lluviosa}=0.626$; ± 0.417). En el área de reforestación hay abundancia de plantas nativas y un control permanente de especies vegetales introducidas, como la mora y la guayaba. Esto podría explicar la mayor diversidad de caracoles en este hábitat, pues se conoce que los caracoles en Galápagos tienen una relación estrecha con las plantas nativas [6]. Por otro lado, el hecho de que en

Figura 4: Promedio de la diversidad de caracoles (índice de Margalef \pm desviación estándar) en las áreas de estudio.

el hábitat urbano, con bajos índices de diversidad, solo se encontraron conchas y no caracoles vivos apunta a la importancia de la humedad para este grupo de invertebrados terrestres, tanto por restricciones fisiológicas (piel permeable y producción de mucus), cuanto por una mayor disponibilidad de biomasa vegetal en ambientes húmedos [19].

Nuestros resultados sugieren que existen especies que utilizan hábitats específicos. *Euconulus galapaganus*, por ejemplo, se registró únicamente en el cafetal, mientras que otras, como la introducida *Subulina octona*, parecen ser generalistas y se encuentran en todos los hábitats muestreados (Tabla 1). Un análisis cualitativo preliminar sugiere que hay más caracoles introducidos que endémicos en todos los hábitats.

En este estudio registramos dos especies introducidas de caracoles, *Subulina octona* y *Zonitoides arboreus*. Estas fueron abundantes, frecuentes y podrían estar colonizando nuevos espacios, compitiendo con especies nativas, y posiblemente, contribuyendo a su desaparición. Los caracoles introducidos pueden llegar a convertirse en plagas, causando gran impacto agrícola al afectar a cultivos de frutas, verduras, cultivos forestales y plantas ornamentales [20]. En las Islas Galápagos aún no se conoce cómo estas especies introducidas están afectando a la dinámica de los nutrientes en el suelo y a la diversidad de la vegetación y de las comunidades animales. Futuras investigaciones deben enfocarse en entender el rol ecológico de las especies que ocurren en los diferentes hábitats, así como en determinar las interacciones que existen entre las especies nativas e introducidas de caracoles que comparten un mismo hábitat.

Agradecimientos

Dejamos constancia de nuestro agradecimiento a Ángel Correo por su valiosa ayuda con la identificación de las fotografías, y a Esteban Suárez y Carlos Valle, por sus comentarios a versiones anteriores de este manuscrito. Al Parque Nacional Galápagos por otorgar el permiso de investigación, a todo el equipo del Galapagos Science Center por el apoyo logístico en todas las fases de la investigación y a Giovanni Sarigu de la hacienda Tranquila y Nicolás Balón de la hacienda El Cafetal por permitir y facilitar nuestra investigación en estas áreas y a un revisor anónimo por sus valiosos comentarios. Este estudio fue financiado por una GAIAS Grant de la Universidad San Francisco de Quito.

Referencias

- [1] Parent, C.; Miquel, S.; Coppoie, G. 2014. "CDF Checklist of Galapagos Terrestrial and brackish water snails.- Lista de Especies de Galápagos de la Fundación Charles Darwin". *Fundación Charles Darwin, Puerto Ayora, Galápagos*. <http://www.darwinfoundation.org/datazone/checklists/terrestrial-invertebrates/gastropoda/>.
- [2] Coppoie, G. 2004. "Invertebrate research overview: 2. The endemic land snails". *Habitat*: 1–6.
- [3] Parent, C.; Caccione, A.; Petren, K. 2008. "Colonization and diversification of Galápagos terrestrial fauna: a phylogenetic and biogeographical synthesis". *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 363.
- [4] Smith, C.; Challinor, D. 1976. "Noticias de Galápagos". *The Charles Darwin Foundation for the Galapagos Isles*, (25).
- [5] Brown, G.; Fragoso, C.; Barois, I.; Rojas, P.; Patrón, J.; Bueno, J.; Moreno, A.; Lavelle, P.; Ordaz, V.; Rodríguez, C. 2001. "Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos". *Acta Zoológica Mexicana. Instituto de Ecología*: 79–110.
- [6] Parent, C.; Crespi, B. 2009. "Ecological opportunity in adaptive radiation of Galápagos endemic land snails". *The American Naturalist*, 173(6):898–905.
- [7] INEC. 2009-2010. "Encuesta de condiciones de vida Galápagos". *Quito, Ecuador*.
- [8] Amador, E.; Bliemsrieder, M.; Cayot, L.; Cifuentes, M.; Cruz, E.; Cruz, F.; Rodríguez, J. 1996. "Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos". *Servicio Parque Nacional Galápagos, Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre*.
- [9] Villa, A.; Segarra, P. 2010. "El cambio histórico del uso del suelo y cobertura vegetal en el área rural de Santa Cruz y San Cristóbal". *Consejo de Gobierno de Galápagos. En: Informe Galápagos 2009-2010. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador*.
- [10] Arriagada, V. 2011. "Fortalecimiento del Sistema de Cuarentena". *Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador*.
- [11] de la Torre, S. 2013. "Research in Agricultural and Urban Areas in Galapagos: A Biological Perspective. Science and Conservation in the Galapagos Islands". *S. Walsh y C. Mena (eds). Springer, New York*, 1:185–198.
- [12] Gordillo, J.; Work, A. 1989. "Noticias de Galápagos, Isla San Cristóbal". *A Biannual News Publication about Science and Conservation in Galapagos, the Galapagos National Park Service, and the Charles Darwin Research Station*.
- [13] Magurran, A. 1988. "Ecological diversity and its measurement". *Princeton University Press*: 11–79.
- [14] Dall, W. 1900. "Additions to the Insular land-shell faunas of the pacific coast, especially of the Galapagos and Cocos Islands". *Proceedings of the academy of Natural Sciences of Philadelphia*: 88–103.
- [15] Dall, W. 1896. "Diagnosis of new species of mollusks from the west coast of America". *Proceedings of the United States National Museum*. http://checklists.datazone.darwinfoundation.org/media/lists/download/2012May20_Parent_et_al_Galapagos_Gastropoda_Checklist.pdf.

- [16] Odhner, N. 1951. "Studies on Galápagos bulimulids". *Journal de Conchyliologie*, 90(4):253–268.
- [17] Baker, H. 1941. "Zonitid snails from Pacific Islands". *Parts 3-4 Bulletin Bernice P. Bishop Museum*. http://checklists.datazone.darwinfoundation.org/media/lists/download/2012May20_Parent_et_al_Galapagos_Gastropoda_Checklist.pdf, 166:205–370.
- [18] Simbaña, W.; Tye, A. 2009. "Reproductive biology and response to threats and protection measures of the total population of a Critically Endangered Galápagos Plant, *Linum cratericola* (Lineaceae)". *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161:89–102.
- [19] Moreno Rueda, G.; Ruiz Ruiz, A.; Collantes, M.; Arrébola, J. 2009. "Relative importance of humidity and temperature on microhabitat use by land snails in arid versus humid environments". *En: Arid Environments and Wind Erosion*. A. Fernandez Bernal y M. De la Rosa (eds). Nova Science Publishers, Inc: 331–343.
- [20] Monge-Nájera, J. 2003. "Introducción: un vistazo a la historia natural de los moluscos". *Revista de Biología Tropical*, 51(3):1–3.