

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**Estudio preliminar de caracoles y otros macroinvertebrados terrestres en
la isla San Cristóbal, Galápagos**

María Isabel Villarruel Oviedo

Stella de la Torre, Ph.D., Directora de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Licenciada de Biología

Quito, septiembre de 2013

Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Estudio preliminar de caracoles y otros macroinvertebrados terrestres en
la isla San Cristóbal, Galápagos**

María Isabel Villarruel Oviedo

Stella de la Torre, Ph. D.
Directora de Tesis

.....

Stella de la Torre, Ph. D.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Carlos Valle, Ph. D.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Esteban Suárez, Ph. D.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Stella de la Torre, Ph. D.
Decana del Colegio de
Ciencias Biológicas y Ambientales

.....

Quito, septiembre de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

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

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

Firma:

Nombre: María Isabel Villarruel Oviedo

C. I.: 1716637952

Fecha: Quito, septiembre de 2013

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi agradecimiento a Stella de la Torre Ph. D, Esteban Suárez Ph. D, Carlos Valle Ph. D, Ángel Correoso Ph. D. Así como a todo el equipo de Galapagos Science Center por su ayuda en la logística.

Estoy muy agradecida con mi familia por su apoyo incondicional. Muchas gracias a Lucía Chávez.

RESUMEN

El suelo es uno de los recursos más importantes ya que permite la vida. En las Islas Galápagos ha habido un fuerte cambio en su estructura debido a actividades agropecuarias. Se conoce poco acerca de cuál ha sido el efecto sobre la diversidad de macroinvertebrados edáficos y sobre la dinámica de nutrientes. En este estudio se escogieron cuatro hábitats afectados por actividades humanas: un sembrío de café, un sembrío de guayaba y pasto donde hay vacas, un área urbana y un área de reforestación con especies nativas. Se estimó la diversidad de macroinvertebrados a nivel de órdenes, con un enfoque en caracoles y se la relacionó con la concentración de carbono y nitrógeno de muestras de suelo y hojas tomadas en cada uno de los hábitats. Se identificaron cinco especies de caracoles, de las cuales por lo menos dos son introducidas; adicionalmente se identificaron tres especies a niveles de género. La mayor diversidad de caracoles se encontró en el café. Los resultados sugieren que la concentración de carbono y nitrógeno de suelo y hojas no influye significativamente en la diversidad de caracoles ni de otros invertebrados edáficos. Este estudio se realizó con el permiso de investigación PC-30-11 del Parque Nacional Galápagos para Stella de la Torre.

ABSTRACT

The soil is one of the most important resources because it allows life to occur. In the Galapagos Islands there has been a drastic change of land use due to agriculture and human settlements. However we know little about the effect of this change on the diversity of soil macroinvertebrates and on nutrient dynamics. In this study we choose four habitats that are used by the humans: a coffee plantation, a guava and pasture plantation, a urban area and a place of reforestation with native plants. We analyzed the diversity of soil macroinvertebrates, focusing on snails, and related it to the concentration of carbon and nitrogen in samples of soil and leaves collected in each habitat. We identify five snail species; of which at least two are introduced and identified also to genus level three of them. The greatest diversity of snails was found in the coffee plantations. The results suggest that the diversity of invertebrates is not influenced by nutrients concentrations. This study was carried out with the research permit of PC-30-11 of the Parque Nacional Galápagos to Stella de la Torre.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
TABLA DE CONTENIDO	8
LISTA DE FIGURAS	9
Tablas	9
Introducción	11
Metodología	15
Resultados	19
Discusión	22
Referencias	26
ANEXOS	31

LISTA DE FIGURAS

Tablas

Tabla 1. Número total de individuos registrados por Orden en época seca en cada área de estudio.

Tabla 2. Número total de individuos registrados por Orden en época lluviosa en cada área de estudio.

Tabla 3. Presencia/ ausencia de caracoles en cada área de estudio

Figuras

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

Figura 2. Promedio de diversidad de órdenes de macroinvertebrados (Shannon H) en las áreas de estudio en la temporada seca (las barras de error muestran las desviaciones estándar).

Figura 3. Promedio de la diversidad de órdenes de macroinvertebrados en las áreas de estudio en la temporada lluviosa (las barras de error muestran las desviaciones estándar).

Figura 4. *Helicina nesiotica*.

Figura 5. *Tornatellides chathamensis*.

Figura 6. *Euconulus galapaganus*.

Figura 7. *Subulina octona*.

Figura 8. *Zonitoides arboreus*.

Figura 9. *Succinea* sp.

Figura 10. *Retinella* sp.

Figura 11. *Bulimulus (Naesiotus)* spp.

Figura 12. Promedio de la diversidad de caracoles (índice de Margalef) en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

Figura 13. Promedio del porcentaje de nitrógeno de hojas en la temporada seca en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

Figura 14. Promedio del porcentaje de carbono de hojas en la temporada seca en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

Figura 15. Promedio del porcentaje de nitrógeno de suelo en la temporada lluviosa en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

Figura 16. Promedio del porcentaje de nitrógeno de hojas en la temporada lluviosa en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

Figura 17. Promedio del porcentaje de carbono de suelo en la temporada lluviosa en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

Figura 18. Promedio del porcentaje carbono de hojas en la temporada lluviosa en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

Figura 19. Relación entre la diversidad de órdenes de macroinvertebrados (Shannon H) y el porcentaje de nitrógeno de hojas en la época lluviosa.

Figura 20. Relación entre la diversidad de caracoles (índice de Margalef) y el porcentaje de nitrógeno de hojas en la temporada lluviosa.

Figura 21. Relación entre la diversidad de caracoles (índice de Margalef) y el porcentaje de carbono de suelo en la temporada lluviosa.

Introducción

Las islas Galápagos son un archipiélago mundialmente conocido por su biodiversidad única, la colonización humana se dio en etapas tardías lo que permitió que se mantenga en condiciones casi prístinas. Esta característica ha dado paso a que se lo considere un laboratorio natural donde se ha monitoreado las consecuencias de las actividades humanas. Las islas están protegidas casi en un 97 % como Parque Nacional y hay leyes rigurosas de conservación, aún así se enfrentan a procesos de degradación a una tasa acelerada. El crecimiento poblacional con sus demandas y actividades, además de la llegada de especies introducidas son algunas de las amenazas que estos ecosistemas enfrentan (González et al. 2008).

En los últimos 16 años la población en las Islas Galápagos ha aumentado en un 123% (INEC 2009). El incremento poblacional es una amenaza permanente que crea presión sobre los recursos naturales (Amador et al. 1996). Actualmente 36% de la población legal vive en San Cristóbal, esto significa 8346 personas (Chiriboga et al. 2006). Las fuentes de trabajo fueron, y todavía son, la agricultura y la pesca. Sin embargo en los últimos años están siendo suplantadas por empleos públicos y por la industria turística (Gordillo y Work 1989).

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 abandono de las unidades de producción, entre otros factores, esto puede que se de por la baja rentabilidad de la actividad económica (Villa y Segarra 2010). Otra razón por la que se abandonan las tierras es porque el mercado del turismo es una actividad más segura económicamente (Arriagada, 2011).

En la actualidad, veintitrés mil cuatrocientas veintiséis hectáreas están siendo usadas para la agricultura, muchos de estos predios tienen un sistema de ganadería extensiva el cual favorece a especies introducidas. De hecho, hay una gran cantidad de fincas abandonadas debido a la invasión de especies introducidas (como la guayaba), en especial en la Isla San Cristóbal (Arriagada, 2011). Las especies de plantas invasoras llegaron a las islas a través de fruta, madera, medicina, como ornamento o accidentalmente (Smith y Challinor 1976). Muchas de estas especies introducidas, como la mora silvestre y la guayaba, se han

convertido en plagas que dominan la tierra destinada a la agricultura causando un gasto extra para los agricultores. Al mismo tiempo colonizaron ecosistemas naturales a ritmos acelerados produciendo un cambio en los procesos biológicos, compitiendo con las especies nativas y erosionando el suelo (Amador et al. 1996, Walsh et al. 2008).

Para evaluar el impacto del cambio en el patrón de uso del suelo en los ecosistemas terrestres de la isla San Cristóbal Galápagos, en esta investigación, se utilizaron indicadores biológicos, relacionados con la comunidad de invertebrados terrestres, y químicos relacionados con la concentración de carbono y nitrógeno en suelo y hojas.

El carbono y el nitrógeno son dos elementos cuya relación permite el desarrollo de plantas (Homann et al. 2007). Esta relación influye en la textura del suelo (Homann et al. 2007) y en casi toda la actividad biológica. Por eso una manera de evaluar la fertilidad del suelo es a través de la cuantificación del carbono orgánico y del nitrógeno total (Jarquín-Sánchez et al. 2011). Las tendencias que surgen de esta relación dependen de algunos factores ambientales como diferentes regímenes climáticos con todos sus rangos, temporalidad del clima y un sinnúmero de variables ambientales que todavía no se conocen (Homann et al. 2007).

La fuente más importante de carbono es el suelo y su concentración depende del uso y manejo que se le de. En suelos con sistemas intensivos de agricultura se ha visto una pérdida de material húmico. Además el carbono es muy importante para la actividad biológica ya que contiene fuentes de alimentación para la fauna heterótrofa (Martínez et al. 2008).

Los factores que afectan al contenido total de nitrógeno en el suelo son algunos. El clima determina la actividad microbiana, además la humedad en los suelos acelera el crecimiento vegetal. Otros factores son las características locales como la topografía, la orientación de la pendiente y tipos de suelo. Pero el factor más importante, de nuevo, es el manejo que se le de al suelo (Perdomo y Barbazán 2010).

Los invertebrados en las islas Galápagos son un grupo poco conocido (Lanteri 1992). Son muy importantes porque pueden modificar la estructura del suelo ya que se encargan de la descomposición de la materia orgánica y del reciclado de nutrientes. Muchas de estas especies ocupan nichos específicos y forman una red trófica cuya finalidad es el reciclaje de materia orgánica y el mantenimiento del ciclo de nutrientes (Domínguez et al. 2009).

Uno de los grupos de invertebrados que cumple una función muy importante en el suelo son los caracoles (Gasterópodos). Se los conoce como fauna epigea ya que viven en la superficie del suelo y se encargan de desmenuzar y disminuir el tamaño de la hojarasca, fragmentándola y promoviendo su descomposición (Brown et al. 2001). Además tienen un papel fundamental al momento de reciclar calcio (Hotopp 2002) ya que de esta manera desarrollan sus conchas.

Se ha visto que los caracoles presentan afinidad por ciertos tipos de suelo lo que ha llevado a pensar que debe haber una relación entre la abundancia de caracoles y la disponibilidad de nutrientes. Se conoce que hay una correlación entre ciertas especies de caracoles y el calcio soluble en agua, el magnesio y el pH (Riggle 1976 y Hotopp 2002). La forma por la cual un caracol escoge su alimento es por la accesibilidad y palatabilidad de las plantas. Las hojas verdes y frescas son las más consumidas, estas tienen mayor cantidad de lignina (en especial si son hojas fibrosas) y otros componentes ricos en carbono (Cornelissen et al. 1999). A pesar de estos estudios todavía no se conoce con totalidad su dieta (Grime y Blythe 1969) ni el papel del resto de los nutrientes del suelo sobre el funcionamiento de los caracoles (Coppois 2004)

Esta falta de información es particularmente grave en las Islas Galápagos, un archipiélago caracterizado por la gran diversidad y endemismo de este grupo. Se ha visto que su distribución es cada vez menor e incluso muchas especies ya han desaparecido debido a la colonización humana (Coppois 2004).

En las islas Galápagos habitan más de 88 especies descritas de caracoles endémicos, aproximadamente un 80% de estas especies son del género de *Bulimulus* (Parent y Crespi 2009). Los caracoles han colonizado todas las islas grandes y se los puede encontrar en la mayoría de las zonas de vegetación. Estos son los animales con mayor éxito en cuanto a radiación adaptativa en todo el archipiélago y es que su colonización se dio alrededor del mismo tiempo de la formación geológica de las islas (Parent y Crespi 2009).

En la actualidad 57 de estas especies se encuentran en alguna categoría de amenaza, según la UICN (Unión Internacional 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 (Parent et al. 2008), tales como las

hormigas rojas (*Wasmannia auropunctata*) y ratas (*Rattus rattus*) que han agravado su estado de amenaza (Smith y Challinor 1976).

En el estudio de Parent y Crespi (2009), se pudo ver caracoles en todas las zonas bioclimáticas de San Cristóbal, menos en la de manglar, pues no fue estudiada. Se los encontró en vegetación y en el suelo y si bien no son específicos para ningún tipo de planta, si hay poblaciones que responden a cierto estrato de suelo, especie de planta y nivel altitudinal. El aumento de diversidad de plantas permite que se creen microhábitats que son nuevos espacios ecológicos que los caracoles pueden colonizar (Parent y Crespi 2009). Por eso la importancia de la conservación de la vegetación en las islas.

En la actualidad no se conoce cuál es el efecto de la expansión de las fronteras agrícolas y la colonización de especies invasoras sobre las poblaciones de caracoles, otros invertebrados y sobre la dinámica de nutrientes entre el suelo y la vegetación. Este estudio pretende contribuir a la evaluación de estos efectos. Sus objetivos específicos son:

- Evaluar la influencia del tipo de uso de suelo sobre la diversidad de macroinvertebrados edáficos y la concentración de carbono y nitrógeno en suelo y hojas.
- Identificar las especies de caracoles encontradas y estimar sus preferencias de hábitat y patrones generales de abundancia.

Metodología

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la segunda isla más habitada, la isla San Cristóbal. Cuenta con una superficie terrestre de 788 200 ha donde el 96.7%, es decir, 761 844 ha es parte del Parque Nacional, y 3.3% (26 356 ha) es zona urbana y rural (López 2008).

El origen del suelo en el archipiélago es volcánico lo que determina que alrededor de un 70% sea roca y el resto sea suelo superficial. Sin embargo, la isla San Cristóbal es la más antigua y tiene los suelos más profundos del Archipiélago (Chiriboga et al. 2006), que en la zona húmeda pueden llegar a tener hasta 3 metros de profundidad. Muchos de estos suelos tienen una baja concentración de potasio, fósforo y nitrógeno, con un pH ligeramente ácido lo que hace que sean suelos poco útiles para cultivos (López 2008).

En la Isla San Cristóbal hay cuatro zonas bioclimáticas las cuales corresponden a manglar, zona árida, de transición y húmeda. Adicionalmente se encuentra un remanente de *Scalesia*, género endémico de las Islas Galápagos que ahora ha sido remplazado por plantas introducidas (Colinvaux y Schofield 1976). La vegetación de esta isla es densa en las áreas altas debido al clima húmedo, que se genera por los vientos del sureste que proporcionan una mayor precipitación (Coloma-Santos et al. 2007), mientras que en las áreas bajas se presenta una vegetación seca (Gordillo y Work 1989).

El área rural, que se encuentra en la zona húmeda, es donde se intensifica actividad agrícola (Gordillo y Work 1989) mientras que en la zona urbana corresponde casi únicamente al casco urbano de la ciudad y sus inmediaciones. En la Isla San Cristóbal hay un total de 7925 hectáreas dedicadas a actividades agropecuarias con 216 Unidades Productivas Agropecuarias (Arriagada 2011). En esta área se realizan actividades como el turismo, ganadería y plantaciones de café. Existen amplias áreas invadidas con guayaba y mora (obs.pers.).

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, una hacienda ubicada en el área del Progreso, recinto El Socavón. Cuenta con una extensión de 500 hectáreas de las cuales 400 son plantaciones orgánicas de *Coffea arabica* (café). En este lugar también se encontraron

otras plantas introducidas incluyendo *Cedrela odorata* (cedro español), *Solanum quitoense* (naranjilla) y *Rubus niveus* (mora).

En la Hacienda Tranquila se ubicaron las áreas de estudio 2 y 3. La hacienda se encuentra en el recinto La Soledad. Las principales actividades son: reforestación, cosecha de frutos, exterminación de plantas introducidas y trabajo con la comunidad. El área de estudio 2 correspondió a un área de *Psidium guajava* (guayaba) y *Poaceae* (pasto), en este terreno también se pueden encontrar vacas lecheras, toros y caballos.

El área de estudio 3 correspondió a una zona dedicada a la reforestación con especies nativas. Esta actividad se ha realizado en los últimos 5 años, y consistió principalmente en la plantación de especies nativas como *Zanthoxylum fagara* (uña de gato), *Tournefortia rufo* y *Lecocarpus darwinii*. Además se encuentran *Asclepia curassavica*, *Scaevola gordonii* y *Croton scouleri*. En este lugar se controla, mediante corte directo, cada semana el crecimiento de mora y de guayaba para llegar a su exterminación total.

La cuarta área de estudio correspondió al sector urbano. Este es el lugar más seco, de menor altitud y donde habita la mayor cantidad de personas. Los espacios naturales han sido remplazados por casas, calles y el malecón. 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, y entre ellas se destacan: *Piscidia carthagenensis* (matazarnos), *Bursera graveolens* (palo santo), *Parkinsonia aculeata* (palo verde), *Acacia insulae* (acacia), *Gossypium darwinii* (algodoncillo), *Maytenus octogona* (arrayancillo) y *Cryptocarpus pyritormis* (monte salado). La mayoría de las especies introducidas en esta zona son plantas ornamentales que producen flores de colores que la gente planta en sus patios.

Métodos de campo y laboratorio

Los mismos métodos fueron aplicados en todas las áreas de estudio y fueron los siguientes: establecimiento de un sistema de transectos y cuadrantes, muestreo de invertebrados, toma de muestras de suelo y de hojas e identificación de órdenes de macroinvertebrados y de especies/ géneros de caracoles (de la Torre 2012). Las muestras fueron tomadas en un período de 6 meses (agosto-septiembre del 2011 y diciembre-enero 2012). Estas

temporadas fueron escogidas ya que pertenecen la época seca y la época lluviosa, respectivamente.

Los transectos fueron marcados con una piola de 50 metros, cada 10 metros se marcaba un punto de monitoreo potencial. Al azar se escogieron dos de estos puntos por transecto los cuales fueron marcados con cinta. Se realizaron siete transectos por área de estudio, por lo que se obtuvo un total de 14 unidades experimentales en cada uno de los hábitats. La distancia mínima entre transectos fue de 15 metros, con excepción del hábitat urbano en el que la distancia mínima fue de 10 metros.

En cada unidad experimental se ubicó un cuadrante de 1m x 1m. Dentro de cada uno de los cuadrantes se trazaron, además, dos subcuadrantes de 25 X 25 cm para muestreo de macroinvertebrados edáficos. Se utilizaron tubos PVC con la medida mencionada, que eran ubicados al azar dentro de cada cuadrante de 1m². El muestreo de invertebrados se realizó en cada uno de los subcuadrantes mediante la técnica de barrido de un extremo al otro en la hojarasca y en la superficie del suelo hasta una profundidad de 5 cm. Los barridos se hicieron entre las 10h00 y 16h00, y cada uno requería de 20 a 30 minutos. Se hicieron dos censos por cada unidad experimental por cada época climática.

Los macroinvertebrados presentes en el subcuadrante fueron identificados en el campo a nivel de orden con guías especializadas y devueltos a su hábitat. Cuando se encontraban caracoles se les tomaba una foto para su identificación posterior. Para la fotografía se los colocó sobre una superficie plana, se los fotografió desde diferentes ángulos, y a continuación se los devolvió a su hábitat. Los caracoles que estaban muertos y tenían una concha muy delicada que se deshacía al contacto fueron contabilizados y posteriormente se anotó la forma de la concha.

Las especies, géneros y familias de caracoles fueron identificadas por el Dr. Ángel Correoso, de la Escuela Politécnica del Ejército, mediante fotografías tomadas en el campo en el momento del muestreo de invertebrados.

En cada cuadrante de 1 m² se tomó una muestra de suelo de alrededor de 250 gramos con la ayuda de un taladro de tierra manual, a una profundidad entre 0 y 15 cm. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Ecología Terrestre del Galápagos Science Center donde se secaron en sombra a temperatura ambiente, molieron, tamizaron (para que no haya semillas, frutos, ni invertebrados) y etiquetaron.

La metodología de muestreo de nutrientes en suelo y vegetación fue modificada de Asner y colaboradores (2004). Las muestras de hojas fueron tomadas dentro de un radio de 2 metros desde el centro de cada cuadrante. Se recogieron dos muestras por cada cuadrante, con un peso de 5 gramos cada una. Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Ecología Terrestres del Galápagos Science Center donde fueron secadas a temperatura ambiente, pesadas y etiquetadas.

Las colecciones de suelo y hojas se realizaron una vez en época seca (agosto y septiembre 2011) y otra en época lluviosa (diciembre y enero 2012). Las muestras (hojas colectadas y suelo) fueron analizadas en el laboratorio AgroBioLab de Quito para obtener su concentración de carbono (estimado por el porcentaje de materia orgánica) y nitrógeno.

Análisis de datos

A través del registro fotográfico se realizó una lista de especies y de 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 (Magurran 1988). Este es un índice que mide únicamente la riqueza de especies, a diferencia del índice de Shannon que también mide abundancia relativa (Hamer et al. 2003). No se hicieron análisis con índices de Shannon para este grupo porque al momento de muestrear en el campo la identificación fue difícil debido a la similitud entre especies; sin embargo, se hicieron estimaciones de la abundancia de cada especie/género después de su identificación, con base en la información de las fotografías. Para evaluar la diversidad de invertebrados a nivel de orden se calculó el índice de Shannon.

Para evaluar las diferencias de los índices de diversidad y de las concentraciones de nutrientes en los suelos y hojas entre áreas de estudio y épocas climáticas se realizaron ANOVAs multifactoriales de medidas repetidas. En algunos casos, como en el porcentaje de materia orgánica como estimador del carbono de suelo y hojas, y de los índices de Margalef, primero se normalizaron los datos con el arco seno de p , en el caso del carbono y el logaritmo natural en el caso de los índices.

Resultados

En la temporada seca, el orden más representado en los muestreo fue Gasterópoda, con 1809 individuos, a continuación estuvo el orden Hymenoptera con 1605 individuos (Tabla 1). En la temporada lluviosa, el orden con mayor cantidad de individuos fue Hymenoptera (1793 individuos), seguido por Gasterópoda con 1085 individuos (Tabla 2)

La diversidad de macroinvertebrados más alta en la temporada seca se encontró en el hábitat de guayaba y pasto (H promedio guayaba= 1.325 ± 0.325) (Fig. 2), mientras que en la temporada lluviosa la diversidad más alta se encontró en el cafetal (H promedio cafetal= 1.530 ± 0.058) ($F_{3,52} = 14,244$; $p < 0,0001$) (Fig. 3). Además hubo una interacción significativa entre hábitats y temporadas ya que la diversidad aumentó en la temporada lluviosa en todos los hábitats menos en el de guayaba ($F_{3,52} = 11,306$; $p < 0,0001$).

Se reconocieron las siguientes especies de caracoles:

1. *Helicina nesiotica*: especie endémica de la isla (Dall 1900). Se la encontró únicamente en la zona del cafetal. En el hábitat de reforestación se pudo ver algunas conchas (Fig.4).
2. *Tornatellides chathamensis*: especie endémica de la isla (Dall 1896). No se registró ningún individuo vivo, sus conchas fueron encontradas en el hábitat urbano y en el hábitat de reforestación (Fig.5).
3. *Euconulus galapaganus*: especie endémica de las Islas Galápagos (Dall 1896). De presencia muy escasa, se lo vio en el hábitat del cafetal (Fig. 6).
4. *Subulina octona*: especie introducida, presente en la Isla Isabela y en la Isla San Cristóbal (Odhner 1951). Abundante en el hábitat del cafetal, en el hábitat de reforestación se encontró en menor cantidad. En el hábitat de guayaba fue prácticamente la única especie. También se encontraron conchas en la zona urbana (Fig. 7)
5. *Zonitoides arboreus*: especie introducida, se encuentra únicamente en la Isla San Cristóbal (Baker 1941). Muy abundante en el hábitat del cafetal, en menor cantidad se la vio en el hábitat de reforestación (Fig. 8).

A nivel de género se encontraron los siguientes:

1. *Succinea* sp.: se cree que este género está presente con dos especies que no se lograron identificar con claridad (una de ellas podría ser *S. producta*). Son nativos de las Islas Galápagos (Simabaña 2009). 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 (Fig. 9).
2. *Retinella* sp.: fueron vistos en el hábitat del cafetal. Algunas conchas se observaron en el hábitat urbano (Fig. 10).
3. *Bulimulus (Naesiotus)* spp.: se los observó en los cuatro hábitats estudiados. Se cree que puede haber entre tres o cuatro especies. Algunas de estas especies podrían ser *N. darwini* y *N. ventrosus* (Fig. 11).

Euconulus galapaganus se registró únicamente en el cafetal, mientras que la especie introducida *Subulina octona* fue encontrada en todos los hábitats muestreados (Tabla 3). Un análisis preliminar cualitativo sugiere que hay más caracoles introducidos que endémicos, especialmente en el hábitat del cafetal.

La diversidad de caracoles no dependió de la estacionalidad; sin embargo, si difirió significativamente entre hábitats ($F_{3,52} = 4.644$; $p=0.006$) (Fig. 12). En las dos épocas climáticas, la mayor diversidad se encontró en el cafetal ($\bar{x}=0.534\%$; ± 0.233) y en el hábitat de reforestación ($\bar{x}=0.743\%$; ± 0.678).

Por otro lado, los hábitats muestreados difieren en la concentración de carbono y nitrógeno en suelo y hojas en las dos estaciones climáticas, varias de estas diferencias son significativas como se explica a continuación.

En la temporada seca, el nitrógeno de suelo tuvo la mayor concentración en el hábitat de reforestación ($\bar{x}=1.091\%$; ± 0.803), la menor concentración estuvo la guayaba ($\bar{x}=0.575\%$; ± 0.120). Estas diferencias fueron casi significativas ($F_{3,52}=2.680$, $p=0.0564$). El nitrógeno de hojas tuvo una mayor concentración en el cafetal ($\bar{x}=2.816 \pm 0.250$) y la menor concentración en la guayaba ($\bar{x}=1.629\%$; ± 0.304 ; $F_{3,52}=27.463$; $p=0.0001$) (Fig. 13).

El carbono de hojas mostró las concentraciones más altas en el hábitat de guayaba ($\bar{x}=91.720\%$; ± 0.856) y las más bajas en el cafetal ($\bar{x}=89.607\%$; ± 1.271 ; $F_{3,52}=13.948$;

$p=0.0001$) (Fig. 14). Respecto al carbono de suelo las diferencias en la concentración no fueron significativas entre hábitats.

En la temporada lluviosa el nitrógeno de suelo tuvo concentraciones significativamente más altas en el hábitat de reforestación ($\bar{x}=1.289\%$; ± 1.091), mientras que las concentraciones más bajas se registraron en la zona de guayaba ($\bar{x}=0.426\%$; ± 0.84) ($F_{3,52}=4.949$; $p=0.0043$) (Fig. 15). El nitrógeno de hojas fue más abundante en el cafetal ($\bar{x}=3.601\%$, ± 0.466) y menos abundante en la guayaba ($\bar{x}=2.282\%$; ± 0.248) ($F_{3,52}=16.321$; $p=0.0001$) (Fig. 16).

El carbono de suelo tuvo mayor concentración en el hábitat de reforestación ($\bar{x}=14.99\%$; ± 15.293) y menor concentración en el de guayaba ($\bar{x}=4.025\%$, ± 1.136) ($F_{3,52}=4.319$; $p=0.0086$) (Fig. 17). Mientras que el carbono de hojas fue más abundante en el hábitat de guayaba ($\bar{x}=86.190\%$; ± 2.757) y menor en la urbe ($\bar{x}=75.485\%$; ± 4.444) ($F_{3,52}=28.494$; $p=0.0001$) (Fig. 18).

Al evaluar el efecto de los nutrientes sobre los índices de diversidad se observó que éstos tienen una influencia baja y no significativa sobre la diversidad total de invertebrados, con la excepción del nitrógeno en hojas en la época lluviosa que tuvo una influencia baja, pero significativa ($R^2=0.418$, $F_{1,55}=11,456$; $p<0,001$) (Fig. 19). Adicionalmente el nitrógeno de suelo tuvo una influencia baja pero significativa sobre la diversidad de caracoles en la temporada lluviosa ($R^2=0.183$, $F_{1,55}=12.007$; $p=0.0010$) (Fig. 20) al igual que el carbono de suelo en la temporada lluviosa ($R^2=0.203$, $F_{1,55}=13.714$; $p=0.0005$) (Fig. 21).

Discusión

Estudios realizados en ecosistemas disturbados por actividades humanas (e.g., Ferrer 2001) muestran que índices de Shannon 0 a 1.5 reflejan una baja diversidad. Si este patrón se mantiene en los ecosistemas intervenidos de Galápagos en los cuales hice mi investigación, los índices reportados sugieren que la diversidad de invertebrados de suelo es relativamente baja. Este resultado puede deberse a la gran distancia entre las islas y continente, lo cual afectaría al número de especies que pudo colonizar las islas, como lo propone la teoría de la biogeografía insular de Mac Arthur y Wilson. Por lo tanto, el aislamiento geográfico de las islas favoreció la evolución de especies endémicas como tres de las cinco especies registradas de caracoles en mi estudio (van der Werff 1983). La baja diversidad podría también deberse a los procesos recientes de origen antrópico los cuales habrían afectado a la diversidad de caracoles (Parent et al. 2008). Finalmente, la metodología y los cortos tiempos de muestreo pueden haber causado que algunos grupos de invertebrados no estén representados en este estudio.

En la temporada lluviosa el hábitat con más diversidad de órdenes de invertebrados fue el cafetal. En este caso se puede hablar de la humedad como un factor muy importante que influye en la diversidad de este grupo, tanto en el caso de los caracoles, que mantienen en todo el cuerpo una capa de moco rica en agua (Giokas 2005), como de otros grupos de invertebrados, que se conoce que prefieren lugares con alta humedad (e.g., lombrices). Un estudio preliminar sobre parámetros climáticos de las áreas de estudio que llevamos a cabo paralelamente a esta investigación, sugiere que el cafetal tuvo la mayor humedad relativa de las cuatro áreas estudiadas. El hábitat de reforestación que, como se mencionó antes contiene plantas nativas, fue el segundo en cuanto a diversidad de macroinvertebrados. Esto podría deberse a una relación estrecha entre los invertebrados y la flora nativa. Sin embargo, un análisis de diversidad a nivel de órdenes no es el mejor estimador, por lo que se recomienda hacer un futuro análisis a nivel de familias o especies para tener resultados más claros sobre las diferencias reportadas.

La diversidad de caracoles difirió significativamente entre hábitats, aunque no mostró variaciones estacionales significativas. La mayor diversidad de caracoles se encontró en el cafetal seguido del hábitat de reforestación, de nuevo este resultado pudo deberse a la humedad. El área de reforestación cuenta con plantas nativas y además hay un control

permanente de mora y guayaba. Esta podría ser una razón por la que este ecosistema es más diverso en caracoles que el hábitat de guayaba y el área urbana, ya que se conoce que los caracoles tienen una relación estrecha con las plantas nativas (Parent y Crespi 2009).

Se conoce, además que en este grupo la disponibilidad de alimento es directamente proporcional a la fecundidad (Hershey 1990). En el cafetal hay una mayor cantidad de alimento ya que siempre hay hojarasca en descomposición; en otro extremo, en el hábitat urbano la cantidad de plantas disminuye y sus adaptaciones a climas secos impiden que haya recursos alimenticios necesarios para los caracoles. En el hábitat urbano todos los caracoles que se encontraron estaban muertos, esto se puede deber a la falta de humedad y de disponibilidad de alimentos.

Los caracoles han colonizado todas las islas grandes y se los puede encontrar en la mayoría de los estratos de vegetación. Sin embargo muchas de las especies se encuentran en peligro (Parent et al. 2008). En mi estudio registré dos especies de caracoles introducidas *Subulina octona* y *Zonitoides arboreus*. Estas fueron abundantes y frecuentes en especial en el área del cafetal y en el área de reforestación. A través del registro fotográfico se pudo estimar que sus números poblacionales son altos y se podría pensar que están 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 y atacando a cultivos de frutas verduras, cultivos forestales y plantas ornamentales (Monge- Nájera 2003). 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.

Sería de gran ayuda conocer los patrones de reproducción de las especies de caracoles invasoras así como de las especies nativas. Uno de los problemas a los que me enfrenté en este estudio fue la falta de información sobre los caracoles en Galápagos. Si bien se conoce, aunque no en su totalidad, las especies que habitan en la isla, hay desconocimiento del comportamiento, procesos de reproducción y ciclos de vida de los caracoles.

Aunque en este estudio se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de carbono y nitrógeno en el suelo y hojas entre hábitats y estaciones climáticas, estas diferencias no parecen afectar mucho a la diversidad de invertebrados y de caracoles. Las

relaciones significativas, aunque bajas, que se encontraron entre algunas de estas variables ameritan un estudio más exhaustivo para evaluar adecuadamente las interacciones entre los invertebrados edáficos y la dinámica de nutrientes en estos ecosistemas.

Lo que sabemos en la actualidad es que estas interacciones son complejas. Las plantas necesitan nitrógeno disponible para su subsistencia y, al mismo tiempo, la cantidad de nitrógeno en sus tejidos determina su disponibilidad para la comunidad de macroinvertebrados. Muchos de los invertebrados son detritívoros, herbívoros u omnívoros y dependen de las plantas para su supervivencia. Si es que las plantas están estresadas, el nitrógeno cambia de concentración en las hojas.

Otro factor importante para determinar la cantidad de nitrógeno es la cantidad de bacterias nitrificadoras. Esta puede cambiar dependiendo del hábitat así como del clima y del estado en el que se encuentre la planta (Bueno et al. 2011). Se puede ver que el nitrógeno de hojas y de suelo es más abundante en el cafetal y en el hábitat de reforestación (especialmente en la época lluviosa) esto se puede deber a una mayor abundancia de bacterias nitrificadoras y a un menor estrés hídrico en estos hábitats.

El carbono también difirió significativamente entre las áreas de estudio en las dos épocas climáticas. En el caso de la temporada seca se pudo ver que las mayores concentraciones estuvieron en el hábitat de guayaba. Esto puede ser porque al haber menos agua, la tasa de fotosíntesis cambia ya que hay un cierre de estomas debido a la ausencia de presión de agua y/o vapor de agua. La consecuencia de este suceso es una variación en la asimilación de carbono (Cabrera 2002). En la temporada lluviosa el carbono de suelo fue más abundante en el hábitat de reforestación seguido del de guayaba. Esto puede ser porque hay una mayor productividad ya que el ambiente está más húmedo y esto conlleva a una mayor cantidad de materia orgánica que cae al suelo (Ewel 1986).

Para evaluar el impacto de otros factores, como el cambio climático, sobre las variables estudiadas en esta investigación es necesario realizar más muestreos durante más tiempo. Mis resultados sugieren que el clima sí es un factor importante en la dinámica de nutrientes y en la diversidad de comunidades edáficas. A futuro, es importante no solo continuar con los muestreos sino refinar la metodología para, entre otras cosas, mejorar la identificación taxonómica de los individuos encontrados. Espero que, al difundir los resultados de este estudio en la ciudadanía, se genere una conciencia acerca del uso del suelo y de los

animales que viven de él. La continuación de la investigación acerca de los efectos que produce el humano, en especial en el uso del suelo, permitirá mejorar la conservación de las Islas Galápagos. La población está aumentando y requiere de mayor espacio, esto significa mayor presión para las Islas. Otro de los problemas que surge es que las tierras son invadidas por especies introducidas como la mora y la guayaba, entonces se convierten en espacios abandonados ya que erradicarlas es difícil. No se conoce prácticamente nada de los procesos ecológicos y la dinámica de las tierras abandonadas en Galápagos. Esto debe ser un tema prioritario para estudios futuros. Además se debe generar conciencia del impacto de los animales introducidos sobre la diversidad de las islas. Debemos tomar en cuenta que se deben proteger especies pequeñas, pero muy importantes para las funciones de los ecosistemas, como los caracoles. Conocer más de su ecología e historia natural es esencial para su conservación.

Referencias

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.

Arriagada, V. 2011. Fortalecimiento del Sistema de Cuarentena. Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador.

Asner, G. Townsed, R. Bustamantes, M. Nardoto, G. Olander, L. 2004. Pasture degradation in a central Amazon: linking changes in carbon and nutrient cycling with remote sensing. *Global Change Biology*. Vol.10. (2006), pp 844-862.

Baker, H.B. 1941. Zonitid snails from Pacific Islands. Parts 3-4 Bulletin Bernice P. Bishop Museum. Vol. 166, pp 205-370.

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, pp 79-110.

Bueno, A. Sanchez, E. 2011. Análisis de los cambios estacionales en la concentración de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en hojas de olivo (*Olea europaea* L.) en San Juan. Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria. Olive Trands Symposium, pp 69-76

Cabrera, H. Marino. 2002. Respuestas ecofisiológicas de plantas en ecosistemas de zonas con clima mediterráneo y ambientes de altamontaña. *Rev. chil. hist.nat.* 2002, Vol.75. No.3, pp 625-637.

Chiriboga, R. Fonseca, B. Maignan, S. 2006. Especies invasoras de las Galápagos. Desarrollo de políticas y estrategias de manejo del sector Agropecuario y su relación con las especies introducidas en la provincia de Galápagos.

Colinvaux, P. Shofield, K. 1976. Historical Ecology in the Galapagos Islands: I. A Holocene Pollen Record from El Junco Lake, Isla San Cristóbal. *Journal Of Ecology*. Vol. 64. No.3, pp 989-1012.

Coppois, G. 2004. Invertebrate research overview: 2.The endemic land snails. Habitat, pp 1-6.

Cornelisse, J. Pérez- Harguindeguy, N. Díaz, S. Grime, J. Marzano, B. Cabido, M. Vendramini, F. Carabolini, B. 1999. Leaf structure and defence control litter decomposition rate across species and life forms in regional floras on two continents. *New Phytol.* Vol. 143, pp 191-200.

Dall, H.W. 1896. Diagnosis of new species of mollusks from the west coast of America. *Proceedings of the United States National Museum.* Vol. 18. No. 1034, pp 7-20. http://checklists.datazone.darwinfoundation.org/media/lists/download/2012May20_Parent_et_al_Galapagos_Gastropoda_Checklist.pdf

Dall, W.H. 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,* pp. 88-103. http://checklists.datazone.darwinfoundation.org/media/lists/download/2012May20_Parent_et_al_Galapagos_Gastropoda_Checklist.pdf

de la Torre, S. 2013. Research in Agricultural and Urban Areas in Galapagos: A Biological Perspective. *Science and Conservation in the Galapagos Islands.* Vol. 1, pp 185-198.

Domínguez, J. Aira, M. Gómez- Brandón, M. 2009. El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas.* Vol.18, No 2 (2009), pp 20-31.

Ewel, J. 1986. Designing agricultural ecosystems for the humid tropics. *Annual Reviews Inc.* arjournals.annualreviews.org.

Ferrer, C. Barrantes, O. Broca, A. 2001. La noción de biodiversidad en los ecosistemas pascícolas españolas. *Departamento de Agricultura y Economía Agraria.* Universidad de Zaragoza. Vol. 2, pp 129-184.

Giokas, S. Pafilis, P y Valakos, E. 2005. Ecological and physiological adaptations of the land snail *Albinaria caerulea* (Pulmonata: Clausiliidae). *Journal of Molluscan Studies*. Vol.1, No 1 (2005), pp 15-23.

Gordillo, J. Work, Arit. 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.

Grime, J. P. Blythe, G.M. 1969. An investigation of the Relationships between Snails and Vegetation at the Winnats Pass. *Journal Of Ecology*, Vol.57, No.1 (1969), pp.45-66.

Hamer, K. Hill, J. Benedick, S. Mustafa, N. Sherrat, T. Maryati, M. Chevy, V. 2003. Ecology of butterflies in natural and selectively logged forest of northern Borneo: the importance of habitat heterogeneity. *Journal of Applied Ecology*. British Ecological Society. Vol. 40, pp. 150-162.

Hershey, A. 1990. Snail population in arctic lakes: competition mediated by predation?. *Oecologia*. Vol. 82, pp. 26-32.

Homann, P. Kapchinske, J. Boyce, A. Relations of mineral-soil C and N to climate and texture: regional differences within the conterminous USA. *Biogeochemistry*. Vol. 85, pp 303-316.

Hotopp, 2002. Land Snails and Soil Calcium in Central Appalachian Mountain Forest. *Southeastern Naturalist*, Vol.1, No. 1 (2002), pp. 27-44.

Jarquín- Sánchez, A. Salgado- García, S. Palma- López J. Camacho- Chiu, W. Guerrero- Peña, A. 2011. Análisis de nitrógeno total en suelos tropicales por espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) y quimiometría. *Agrociencia*, Vol.45, pp. 653-662.

Lanteri, A. 1992. Systematics, Cladistics and Biogeography of a new Weevil Genus, *Galapaganus* (Coleoptera: Curculionidae) from the Galápagos Islands, and Coasts of Ecuador and Perú. *Transactions of the American Entomological Society*, Vol. 118, No.3, pp. 227-267.

López, A. 2008. Desarrollo de la economía local de los pobladores de la Isla San Cristóbal basados en la práctica de turismo sostenible. Escuela Superior politécnica del Litoral- Facultad de ingeniería marítima y ciencias del mar.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7980/1/D-39567.pdf>

Magurran, A. 1988. Ecological Diversity and its measurement. Princeton University Press, pp. 11-79.

Martínez, E. Fuentes, J. Acevedo, H. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. Vol.8, pp 68-96.

Monge-Nájera, J. 2003. Introducción: un vistazo a la historia natural de los moluscos. Revista de Biología Tropical. Vol. 51, Num. 3, pp 1-3.

Odhner, N. 1951. Studies on Galápagos bulimulids. Journal de Conchyliologie. Vol. 90, Num. 4, pp 253-268.

Parent, C. Caccone, 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. Vol 363.

Parent, C. Crespi, B. 2009. Ecological opportunity in adaptive radiation of Galápagos endemic land snails. The American Naturalist. Vol. 173, No. 6, pp 898-905.

Perdomo, C. Barbazán, M. 2010. Área de suelos y aguas. Cátedra de fertilidad, Nitrógeno. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

Riggle, R. 1976. Quantitative examination of gastropod and soil relationships in an oak –hickory forest in the lower Illinois Valley region. Sterkiana. Vol 62, pp1-17.

Simbaña, W. Tye, A. 2009. Reproductive biology and response to threats and protection neasures of the total population of a Critically Endengered Galápagos Plant, *Linum cratericola* (Lineaceae). Botanical Journal of the Linnean Society. Vol. 161, pp 89-102.

Smith, C. Challinor, D. 1976. Noticias de Galápagos. The Charles Darwin Foundation for the Galapagos Isles. No. 25.

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.

van der Werff, H. 1983. Species Number, Area and Habitat Diversity in the Galapagos Islands. Diversity. Vol, 54. No. 3, pp 167-175.

Walsh, S. McCleary, A. Mena, C. Shao, Y. Tuttle, J. González, G. Atkinson, R. 2008. *Quickbird* and *Hyperion* data analysis of an invasive plant species in the Galapagos Island of Ecuador: Implications for control and land use Management. Remote Sensing of Environment. Vol. 112, pp 1927-1941.

ANEXOS

Tablas

Tabla 1. Número total de individuos registrados por Orden en época seca en cada área de estudio.

	Temporada Seca				
	Cafetal	Reforestación	Guayaba	Urbano	Total
Gasterópoda	1298	140	132	239	1809
Hymenoptera	331	571	549	154	1605
Otros	14	80	77	44	215
Isopoda	48	41	16	5	110
Dermaptera	1	28	69	4	102
Acari	11	16	53	7	87
Chilopoda	12	44	13	0	69
Neuroptera	1	7	61	0	69
Diplopoda	42	16	4	0	62
Araneae	5	6	19	16	46
Diptera (f&l)	17	5	22	0	44
Oligochaeta	13	8	23	0	44
Diptera (f&g)	18	2	15	1	36
Collembola	14	9	3	5	31
Psocoptera	0	0	15	1	16
Hemiptera	0	5	3	2	10
Coleoptera	0	1	2	5	8
Homoptera	0	0	7	0	7
Thysanoptera	2	2	2	0	6
Lepidoptera (b & m)	0	0	2	1	3
Blattodea	0	2	0	1	3
Trichoptera	0	0	2	0	2
Lepidoptera (c)	1	0	1	0	2
Opiliones	0	0	1	0	1

Tabla 2. Número total de individuos registrados por Orden en época lluviosa en casa área de estudio.

	Temporada Lluviosa					Total
	Cafetal	Reforestación	Guayaba	Urbano		
Hymenoptera	271	733	669	120		1793
Gasterópoda	510	286	82	207		1085
Isopoda	165	185	27	18		395
Diplopoda	191	55	7	3		256
Collembola	114	76	35	8		233
Araneae	63	6	23	15		107
Acari	1	13	63	4		81
Otros	1	12	1	41		55
Neuroptera	4	22	16	3		45
Oligochaeta	39	0	0	1		40
Coleoptera	12	20	0	0		32
Dermaptera	0	0	15	1		16
Diptera (f&l)	10	0	1	1		12
Pseudoscorpiones	11	0	0	0		11
Diptera (f&g)	0	4	4	2		10
Chilopoda	0	2	0	3		5
Thysanura	0	0	5	0		5
Thysanoptera	0	0	0	5		5
Lepidoptera (b & m)	2	1	2	0		5
Lepidoptera (c)	2	0	0	0		2
Orthoptera	1	1	0	0		2
Hemiptera	0	1	0	1		2
Blattodea	1	0	0	0		1

Tabla 3. Presencia/ ausencia de caracoles en cada área de estudio

	Cafetal	Reforestación	Guayaba	Urbano
Especie				
<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		
Género				
<i>Succinea</i> sp.		X		X
<i>Retinella</i> sp	X			X
<i>Bulimulus (Naesiotus)</i> spp.	X	X	X	X

Figuras

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

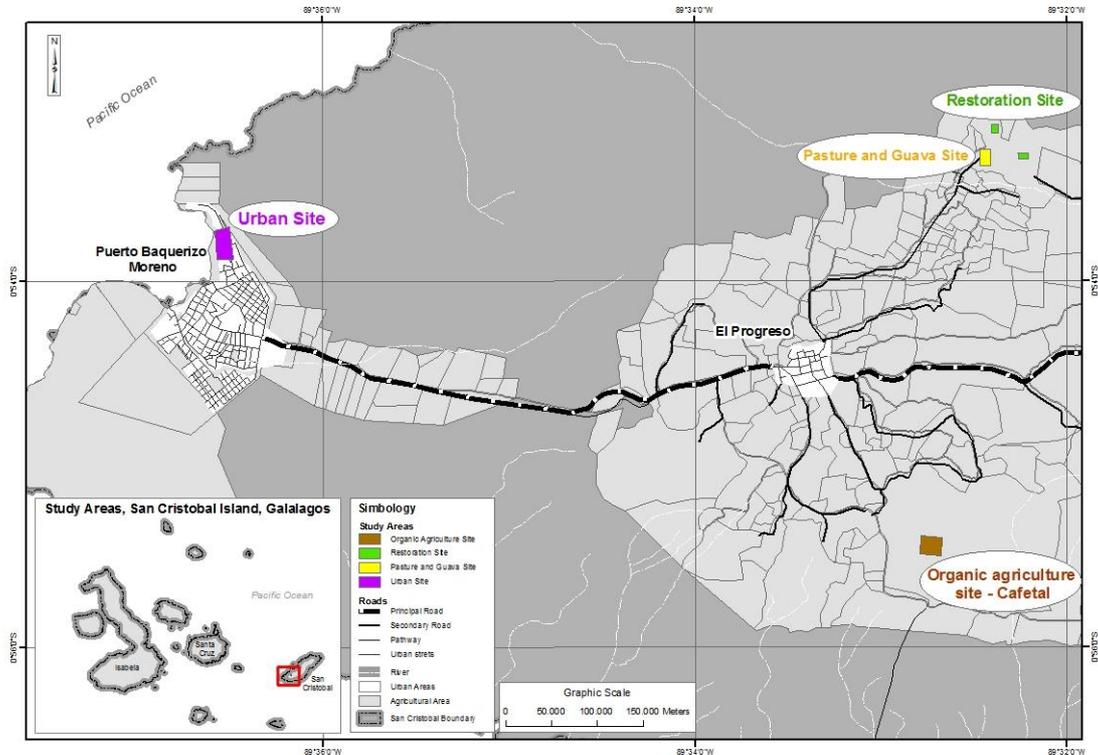


Figura 2. Promedio de diversidad de órdenes de macroinvertebrados (Shannon H) en las áreas de estudio en la temporada seca (las barras de error muestran las desviaciones estándar).

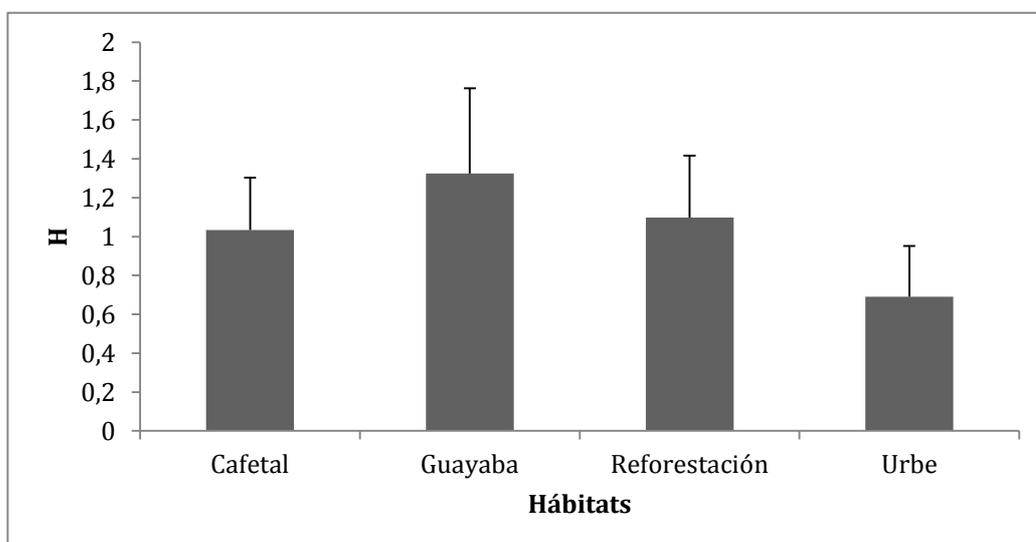


Figura 3. Promedio de la diversidad de órdenes de macroinvertebrados en las áreas de estudio en la temporada lluviosa (las barras de error muestran las desviaciones estándar).

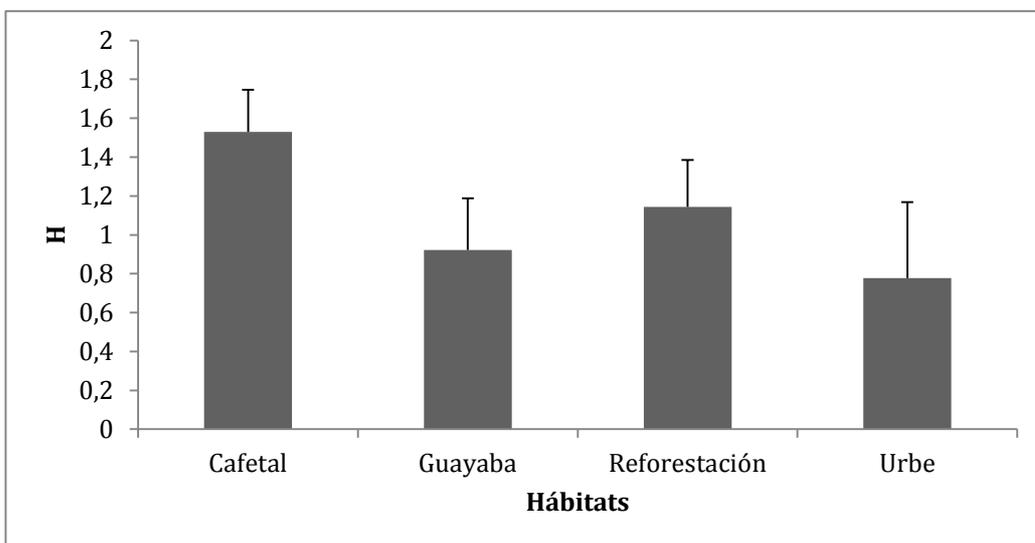


Figura 4. *Helicina nesiotica*. Caracol abajo a la derecha.



Figura 5. *Tornatellides chathamensis*.



Figura 6. *Euconulus galapaganus*. Caracol triangular ubicado en la parte superior derecha.



Figura 7. *Subulina octona*.



Figura 8. *Zonitoides arboreus*. Caracoles aplanados a lado derecho.



Figura 9. *Succinea* cf. Especie señalada con el esfero.



Figura 10. *Retinella* sp. Caracoles ubicados en la parte de arriba izquierda.



Figura 11. *Bulimulus (Naesiotus)* spp. Caracol abajo a la izquierda.

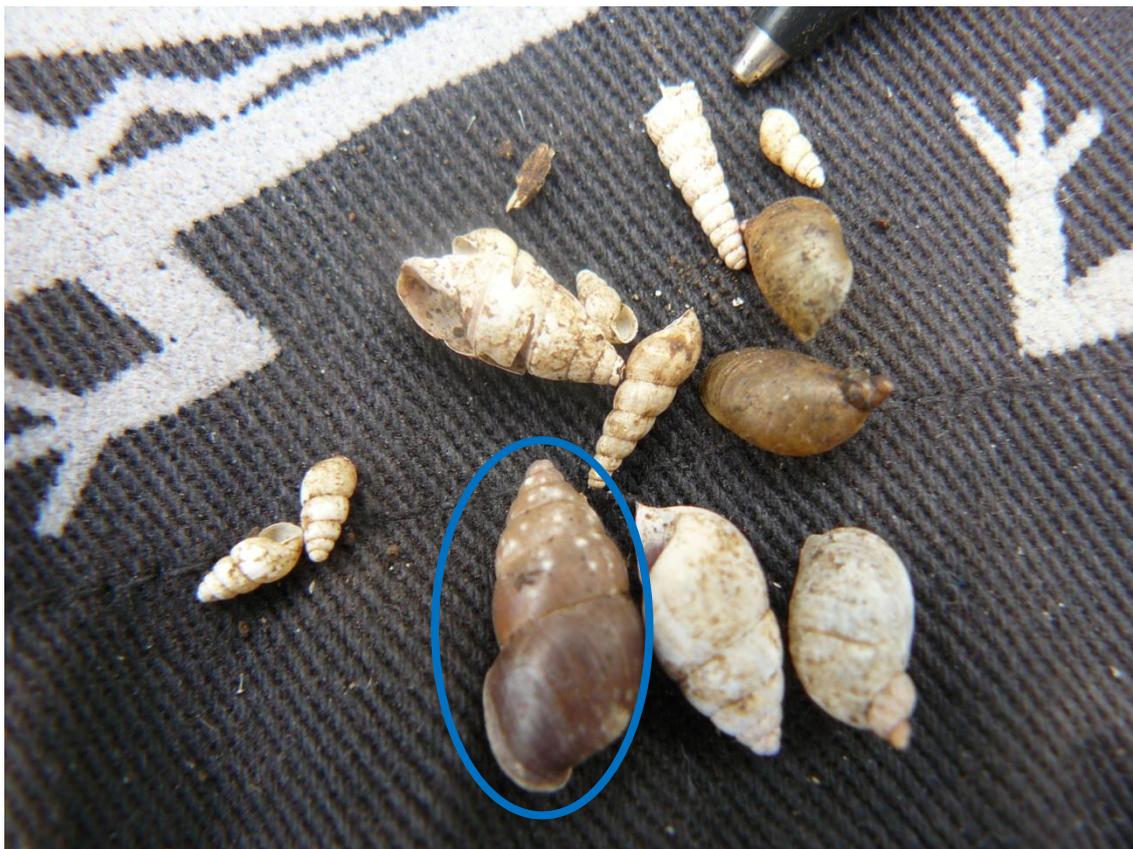


Figura 12. Promedio de la diversidad de caracoles (índice de Margalef) en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

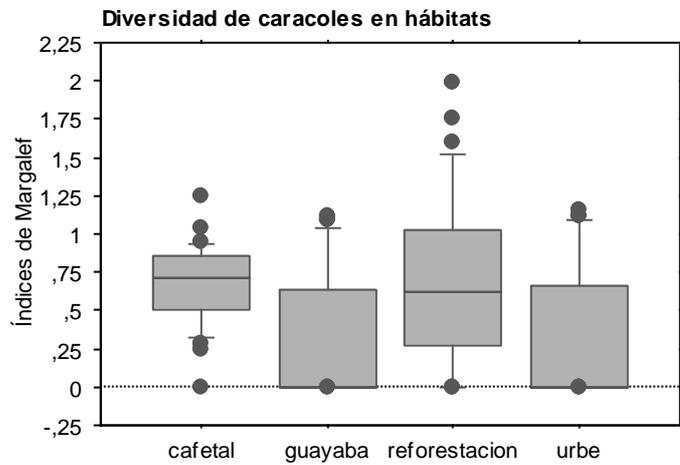


Figura 13. Promedio del porcentaje de nitrógeno de hojas en la temporada seca en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

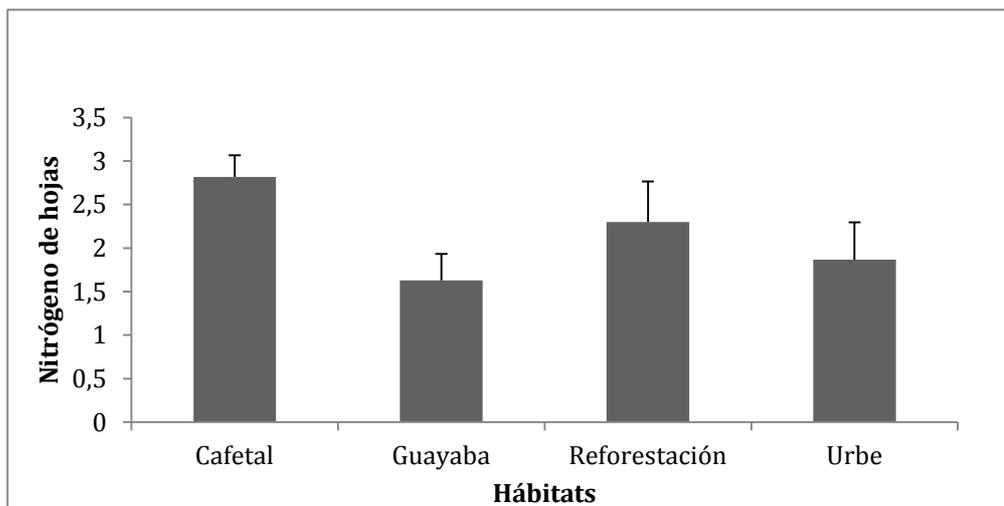


Figura 14. Promedio del porcentaje de carbono de hojas en la temporada seca en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

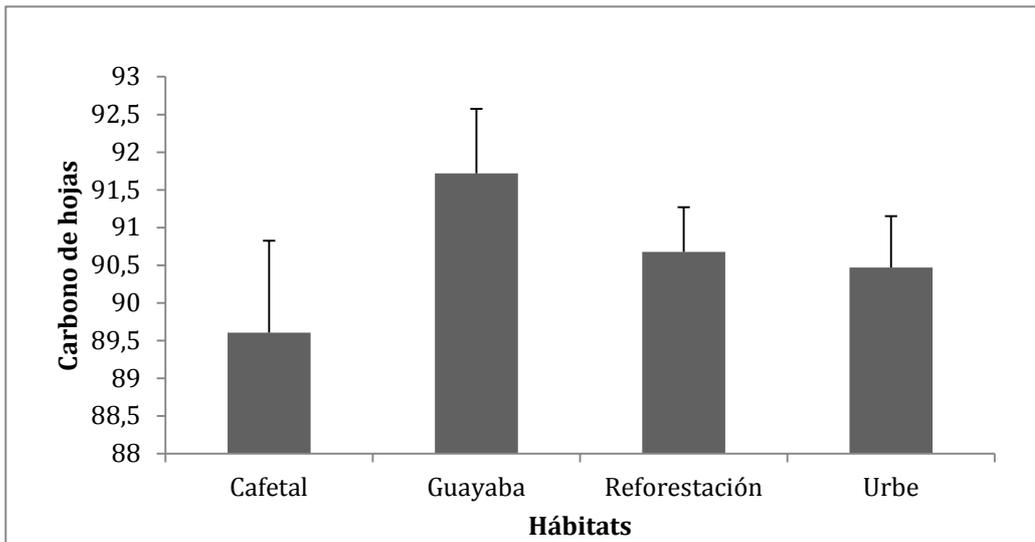


Figura 15. Promedio del porcentaje de nitrógeno de suelo en la temporada lluviosa en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

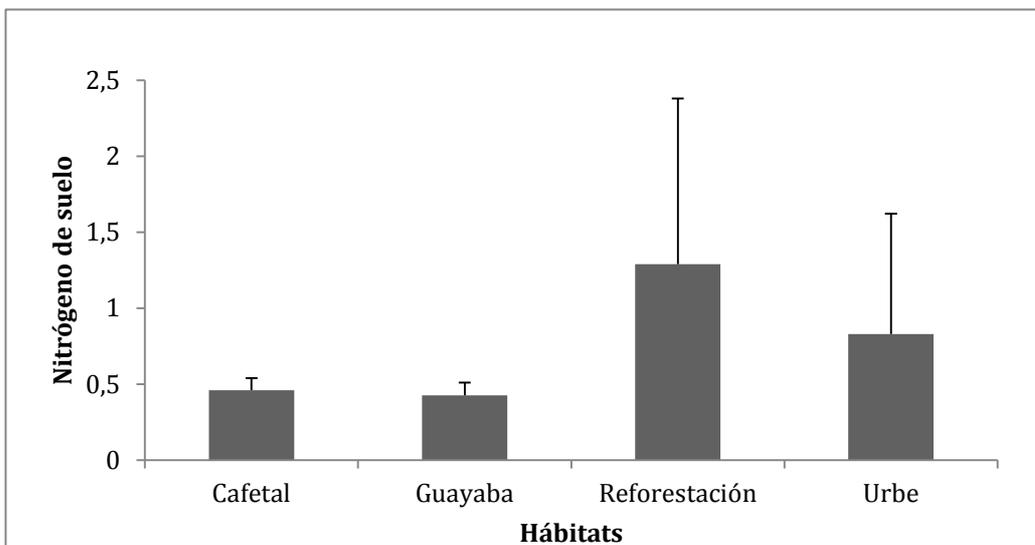


Figura 16. Promedio del porcentaje de nitrógeno de hojas en la temporada lluviosa en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

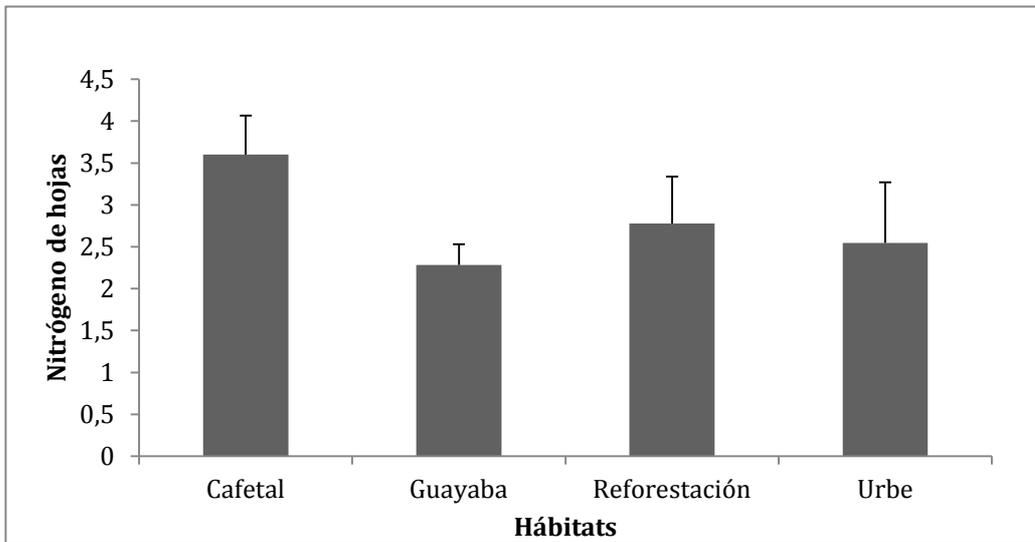


Figura 17. Promedio del porcentaje de carbono de suelo en la temporada lluviosa en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

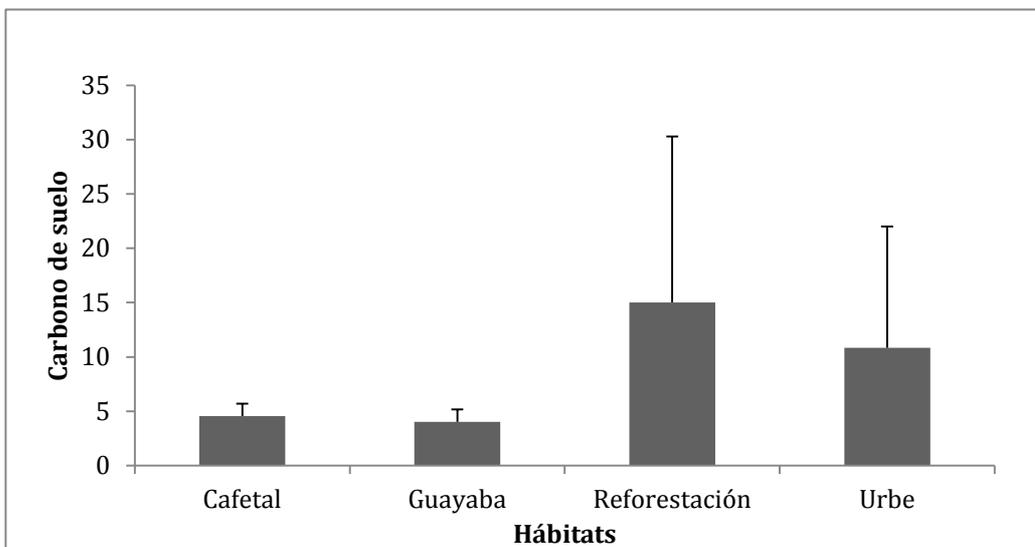


Figura 18. Promedio del porcentaje carbono de hojas en la temporada lluviosa en las áreas de estudio (las barras de error muestran desviación estándar).

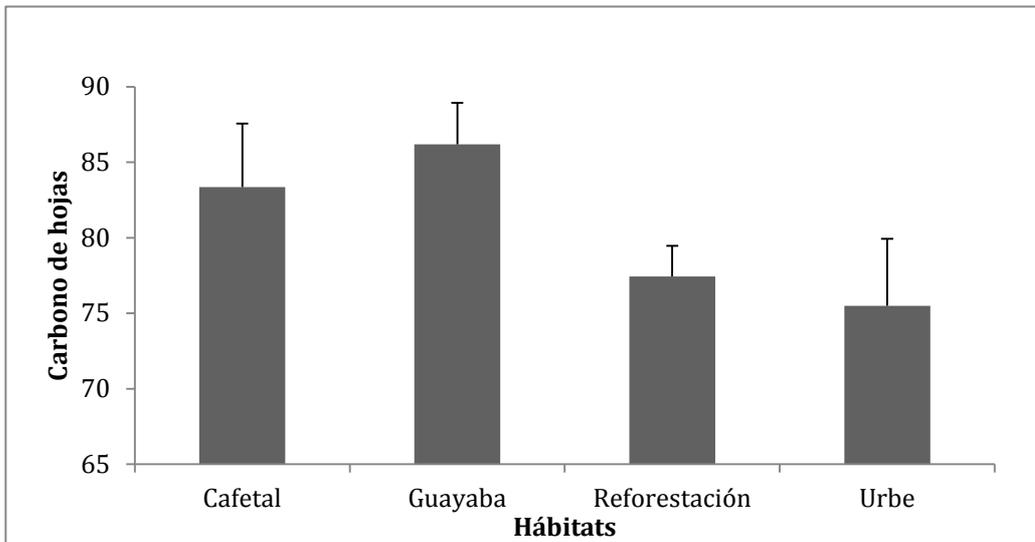


Figura 19. Relación entre la diversidad de órdenes de macroinvertebrados (Shannon H) y el porcentaje de nitrógeno de hojas en la época lluviosa.

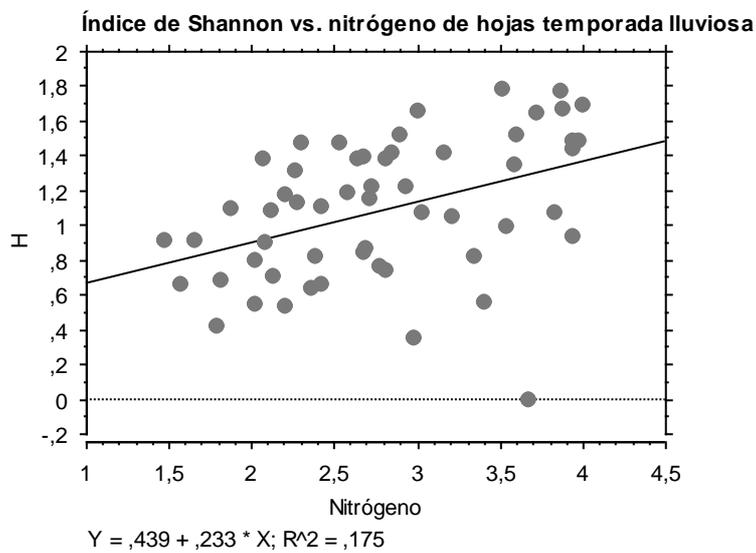


Figura 20. Relación entre la diversidad de caracoles (índice de Margalef) y el porcentaje de nitrógeno de hojas en la temporada lluviosa.

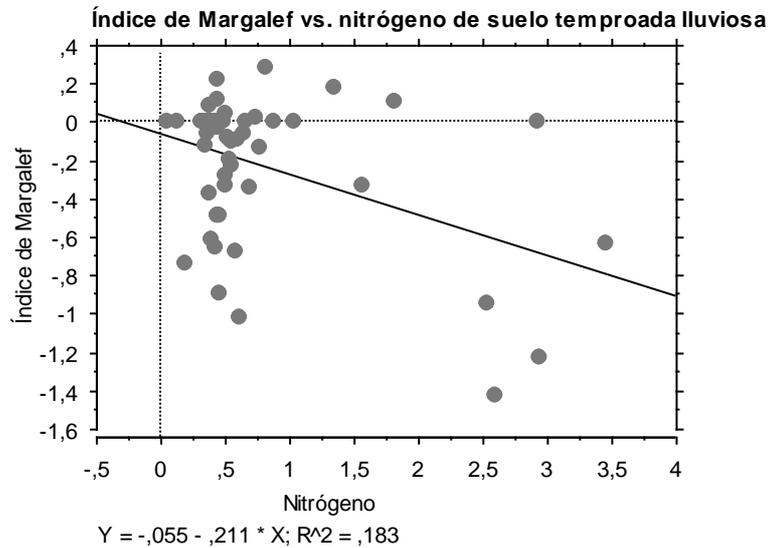


Figura 21. Relación entre la diversidad de caracoles (índice de Margalef) y el porcentaje de carbono de suelo en la temporada lluviosa.

