

Estudio sobre impacto humano ocasionado en murciélagos y el uso de tiendas artificiales en el Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado, Costa Rica



Estación Biológica Caño Palma - COTERC
Ireen Heuvelmans
HAS Universidad de Ciencias Aplicadas
2016

Estudio sobre impacto humano ocasionado en murciélagos y el uso de tiendas artificiales en el Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado, Costa Rica

Autora: Ireen Heuvelmans

Coordinadora: Molly McCargar

Supervisora/as: Hanneke van Leur
Liesbeth Dingenboom

Universidad: HAS University of Applied Sciences's-Hertogenbosch, The Netherlands

Estudios: Applied Biology

Organización: Canadian Organization for Tropical Education and Rainforest Conservation - COTERC

Localidad: Estación Biológica Caño Palma
Refugio de Vida Silvestre Barra Del Colorado
Pococí, Limón, Costa Rica

Fecha: Febrero, 2016 – Junio, 2016



AGRADECIMIENTOS

Está leyendo el artículo: la actividad de los murciélagos y el uso de tiendas artificiales en el Refugio de Vida Silvestre de Barra del Colorado, Costa Rica. Este documento fue escrito como resultado de una pasantía en la Estación Biológica Caño Palma. El proyecto se llevó a cabo de febrero a junio de 2016.

Me gustaría dar las gracias a Charlotte Foale por la oportunidad de hacer mi pasantía en la Estación Biológica Caño Palma. También me gustaría dar las gracias a Molly McCargar, mi coordinadora de investigación, por su ayuda y apoyo constante durante mi proyecto. Me gustaría dar las gracias a Manuel Arias por su orientación en el campo y por compartir su conocimiento acerca de los murciélagos. Me gustaría dar las gracias a mis supervisores Hanneke van Leur y Liesbeth Dingenboom por la supervisión y apoyo recibido. Por último, quisiera dar las gracias a todos los voluntarios e internos que me ayudaron durante los muestreos.

Contenidos

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	4
1. INTRODUCCION.....	5
2. METODOLOGÍA	7
2.1 El Cerro Tortuguero.....	7
2.2 Caño Palma	8
2.3 Análisis	8
3. RESULTADOS	10
3.1 El Cerro Tortuguero.....	10
3.2 Caño Palma	12
4. DISCUSIÓN	14
4.1 El Cerro Tortuguero.....	14
4.2 Caño Palma	15
4.3 Conclusiones	16
REFERENCIAS.....	17
ANEXOS	19
Anexo 1. Tipos de tiendas	19
Anexo 2. Resultados- después de la construcción	23
Anexo 3. Resultados- entre factores ambientales y tiendas ocupadas y desocupadas	24
Anexo 4. Resultados- tiendas ocupadas y no ocupadas antes y después de la construcción del camino	25
Anexo 5. Resultados- factores ambientales antes y después de la construcción	26

RESUMEN

Los murciélagos de campamento son murciélagos que modifican la forma de las hojas para construir sus propios refugios. Se conocen tres especies que utilizan las hojas para su estructura primaria de descanso: *Artibeus watsoni*, *Uroderma bilobatum* y *Ectophylla alba*. Se sabe que estos murciélagos crean ocho distintos estilos de tiendas. Sin embargo poco se conoce acerca de cómo los murciélagos responden a la fragmentación de los bosques y al aumento de la proximidad a los seres humanos. Este estudio se centra por ello en la actividad de los murciélagos de campamento en El Cerro Tortuguero, donde recientemente se ha construido un camino de hormigón con el fin de facilitar el ecoturismo en la zona y en consecuencia el bosque se ha despejado para su construcción. Anteriormente ya se investigó la actividad de los murciélagos de campamento en El Cerro y este estudio de referencia, nos permite comparar directamente la actividad de los murciélagos de campamento antes y después de la fragmentación. Además, en el presente estudio también se investigó si tiendas artificiales podrían ser utilizadas por los murciélagos como perchas. Después de la construcción en el Cerro, se encontraron por cada 100 metros, 3.7 tiendas de las cuales 2,1 estaban ocupadas, en comparación con 4,6 tiendas y 1,1 ocupadas antes de la construcción. Antes de la construcción del camino de hormigón se observaron 72 murciélagos directamente y después de la construcción únicamente se observaron ocho murciélagos. Esto podría indicar que los murciélagos encontraron esta zona más adecuada para la búsqueda de alimento que para lugar de descanso. Una menor variedad de estilos de tiendas se encontraron después que antes de la construcción del camino, además de una significativa disminución en la densidad del sotobosque. Ninguna de las tiendas artificiales fue utilizada durante este estudio, sin embargo recomendamos el continuo seguimiento de las tiendas artificiales para ver si los murciélagos van a usarlas a largo plazo, ya sea para búsqueda de alimento o para descansar.

1. INTRODUCCION

Diferentes especies de murciélagos utilizan diferentes estilos de tiendas para posarse. Los murciélagos usan sitios de percha naturales como las cuevas, hojas o árboles huecos, así como refugios artificiales, tales como edificios, túneles y puentes de agua (Anthony, et al, 2001). Algunas especies de murciélagos tropicales de la subfamilia Stenodermatinae (familia Phyllostomidae) pueden utilizar también las hojas como sitios de percha (Rodríguez-H et al, 2007; Kunz, 1982). De las 16 especies de Stenodermatinae que se encuentran en el Neotrópico, tres especies (*Artibeus watsoni*, *Uroderma bilobatum* y *Ectophylla alba*) utilizan las hojas como tiendas para la estructura primaria de descanso (Brooke, 1987; Lim, 1998; Rodríguez-H, et al. 2001).

Los murciélagos de campamento se han observado desde 1924 (Phillips; Barbour, 1932). Estas especies de murciélagos practican un tipo de ingeniería que les permite construir “tiendas” con la vegetación (figura 1.1). Las tiendas protegen a los murciélagos durante el día de la lluvia, el sol y los depredadores. Cuando se posan cuelgan juntos, boca abajo, del centro de la hoja. Una tienda puede albergar múltiples murciélagos (Timm, 1987). Cada especie de murciélago parece utilizar un patrón específico de recortes y tener preferencia por ciertas plantas (Brooke, 1987).

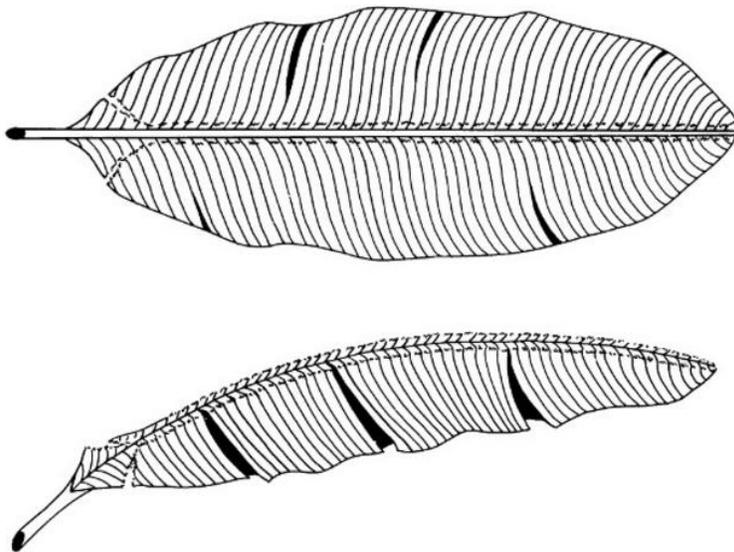


Figura 1.1 Ejemplo de una hoja de banana que ha sido modificada por murciélagos de campamento para convertirse en lugar de descanso.

Diferentes especies de plantas se utilizan para la construcción de diferentes tipos de tiendas (Goodwin, y Greenhall, 1961). Cada murciélago selecciona hojas específicas por su tamaño para crear su sitio de percha, en el entorno adecuado, con fuentes de alimento y especies de plantas apropiadas en las áreas circundantes. El ángulo de las tiendas con el suelo debe ser el específico para que los depredadores no puedan llegar a ellos. La altura también es fundamental: si la tienda es demasiado alta, pueden ser vulnerables a los depredadores arbóreos, y si la tienda es demasiado baja pueden ser vulnerables a las serpientes y otros depredadores que viven en el suelo (Timm, 1985). Hay ocho diferentes tipos de tiendas: cónica, paraguas, pinnada, apical, bífida, paradoja, barco invertido y el barco/apical (Anexo 1; Kunz et al, 1994; Zortea, y DeBrito., 2000).

En representación al hábitat clave para múltiples especies de murciélagos de campamento, Costa Rica ha acogido la mayoría de las investigaciones llevadas a cabo sobre el comportamiento de estos murciélagos que construyen tiendas de descanso con hojas. Uno de los refugios de vida silvestre en los que se ha llevado a cabo estas investigaciones es la Reserva Nacional de Barra del Colorado (Agnelli de 2010; Barbour, 1932; boeren, 2015; Brooke, 1987; Kunz, 1982; Kunz, 1994; Lewis, 2010; Rodríguez, 2001; Rodriguez, 2007; Timm, 1985; Timm, 1987; Vervoorn, 2016). El presente estudio se centrara en los cambios de hábitat producidos en El Cerro Tortuguero, dentro de la Reserva Nacional de Barra del Colorado, en el que recientemente se construyó un camino de hormigón para facilitar el turismo, provocando a su vez la fragmentación del hábitat. La fragmentación de bosques puede afectar a los corredores de movimiento natural tanto de animales terrestres como aéreos (Green, 2000;. Shaughnessy et al, 2008; Courbis, 2007). Además, el turismo puede tener consecuencias negativas para la vida silvestre, ya sea a través de la alimentación suplementaria, la alteración y la pérdida del hábitat, y el aumento de la mortalidad accidental (Orams, 1996; Green, 200). Como tal, existe la necesidad de controlar las consecuencias potenciales de este camino de nueva construcción en El Cerro Tortuguero.

Este proyecto se centra por ello en la actividad de los murciélagos de campamento en El Cerro Tortuguero. Y puesto que se realizaron anteriores investigaciones en el mismo antes de la construcción del camino, se obtiene la oportunidad de comparar los resultados de este estudio con el estudio anterior como punto de referencia. Debido a la reciente fragmentación y alteración del hábitat, se espera que la actividad de murciélagos y la densidad de tiendas presentes disminuyan respecto al estudio anterior. Además, con la finalidad de explorar un potencial recurso para el manejo de estas especies, también se investiga el uso de perchas artificiales (en este caso, tiendas de hojas construidas artificialmente) y la frecuencia con qué los murciélagos las visitan. Dado el éxito en otros entornos con perchas artificiales tales como cajas para murciélagos (Anthony et al, 2001;. Agnelli, 2010), se cree que las tiendas artificiales pueden potencialmente aumentar la densidad de la actividad en un área determinada, promoviendo una herramienta de gestión válida para contrarrestar la fragmentación y pérdida del hábitat de los murciélagos de campamento.

2. METODOLOGÍA

Las observaciones se realizaron en la Estación Biológica Caño Palma, Pococí, Limón, Costa Rica, entre febrero y junio de 2016. Caño Palma se encuentra en el Refugio Nacional de Barra del Colorado en el noreste de Costa Rica, a 8 kilómetros al norte del pueblo de Tortuguero (Figura 2.1). La zona pertenece a bosque bajo del Atlántico tropical con una precipitación de 5.000mm anuales y una temperatura promedio de 26 grados centígrados (Lewis et al; 2010). 10 de los 17 murciélagos neotropicales de la subfamilia *Stenodermatinae* viven en esta zona (Patterson et al., 2003). Se utilizaron dos transeptos como zonas de muestreo, uno en la base del Cerro Tortuguero y otro en el bosque detrás de la Estación Biológica Caño Palma.



Figura 2.1 Ubicación de la Estación Biológica Caño Palma en Limón, Costa Rica (Vervoorn, 2016).

2.1 El Cerro Tortuguero

El transecto muestreado en el Cerro constaba de 700 metros, con 7 parcelas de 100 metros a ambos lados del camino de hormigón. Cada parcela se estableció diez metros adentro de la selva (figura 2.2). Las tiendas existentes en el interior de cada parcela fueron marcadas usando cinta reflectora.

Por cada tienda marcada se examinó el tipo de tienda, su área basal, la densidad de otras tiendas en un radio de cinco metros de la misma (incluso fuera de la parcela) y la densidad del sotobosque. El área

basal se determinó contando los árboles presentes en los cinco metros cuadrados alrededor de cada tienda (con la está en el centro) para estimar la superficie ocupada por los árboles (Forestry Suppliers Inc., Jackson, Mississippi). La densidad del sotobosque se midió en base a la técnica de obstrucción visual descrita por Mitchell y Hughes (1995), la cual permite determinar la visibilidad en porcentajes desde la base de la tienda a una distancia 15 metros, usando un poste con fragmentos de color naranja y blanco.



Figura 2.2 Esquema de las siete parcelas muestradas en el Cerro a cada lado del camino de hormigón. Cada parcela inicia directamente al lado del camino y se adentra 10 metros en la selva. Cada parcela es de 100 metros de largo, lo que equivale al total del camino.

Las tiendas fueron monitorizadas una vez por semana, durante 14 semanas. Por cada tienda se comprobó la presencia de murciélagos, de heces o de restos de alimento bajo o en la tienda. En el caso de observar la presencia de murciélagos se determinó la especie, el número de adultos y / o el número de juveniles. En el caso de no ser posible la identificación de la especie en el campo, se tomó una foto para su posterior determinación.

2.2 Caño Palma

El transecto de Caño Palma incluye 4 parcelas, de 15 por 10 metros cada una (excluyendo un pequeño sendero de tierra que cruza a través de ellos, vea figura 2.3). Se crearon tres tiendas artificiales con hojas adecuadas en cada parcela. La designación de las posibles hojas para la creación de las tiendas artificiales fue dependiente del tamaño de la hoja, la presencia de insectos, la altura, la integridad estructural de la hoja, y la presencia de necrosis. (Sagot et al, 2013; Timm, y Choe, 1985). Sólo se hicieron tiendas tipo bífidas, ya que investigaciones anteriores en estas parcelas demostraron que éste es el tipo de tienda dominante que se encuentra de forma natural (Vervoorn, 2016). Una vez por semana se comprobaron todas las tiendas (tanto naturales como artificiales) para anotar la presencia de murciélagos, de heces o de restos de alimento, al igual que en las parcelas de El Cerro Tortuguero. Si los murciélagos estaban presentes, se determinó la especie, el número de adultos y el número de juveniles. En el caso de no ser posible la identificación de la especie en el campo, se tomó una foto para su posterior determinación.

2.3 Análisis

Los resultados obtenidos sobre la actividad de murciélagos en El Cerro Tortuguero se compararon con estudios anteriores realizados previamente a la construcción del camino de hormigón. Las tiendas ocupadas y vacías se compararon con un test-t independiente según su área basal, densidad del sotobosque y densidad de tiendas. Las tiendas ocupadas se definen como tiendas que han albergado murciélagos o en las que se ha detectado actividad de murciélagos al menos una vez. Las tiendas desocupadas corresponden sin embargo a tiendas sin presencia de actividad durante todo el seguimiento. Además se realizó un test entre tiendas ocupadas y desocupadas para el antes y después

de la construcción del camino. Para probar diferencias entre tiendas ocupadas y no ocupadas según el área basal, la densidad del sotobosque y la densidad de tiendas en este estudio también se utilizó el test-t independiente. Por último, el área basal, la densidad del sotobosque y la densidad de tiendas se comparó entre este y el estudio previo mediante el test-t independiente. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el programa SPSS de estadísticos BM (v20).

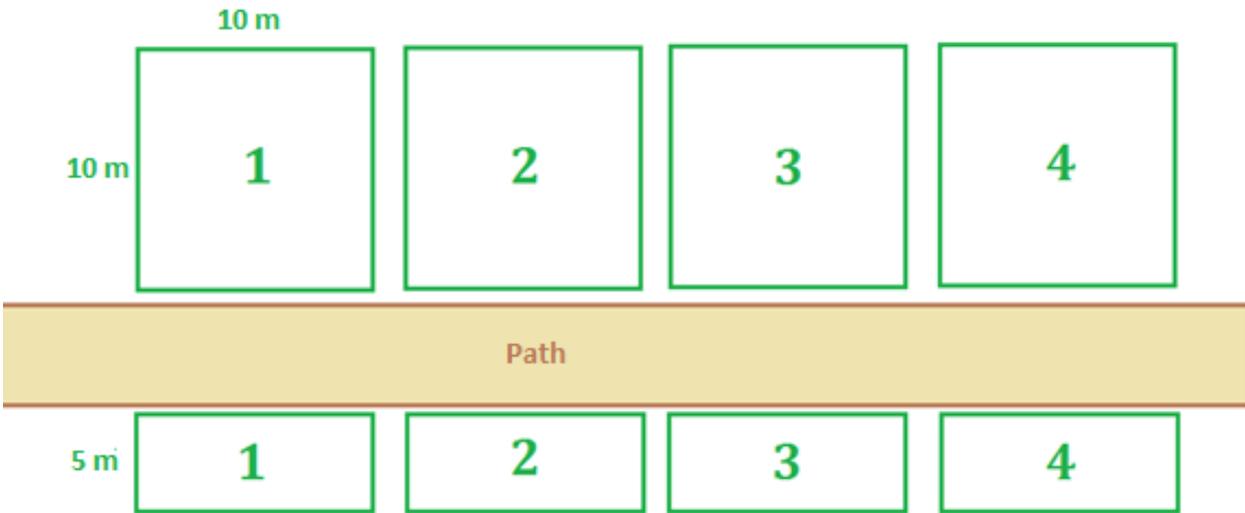


Figura 2.3 Esquema de las cuatro parcelas en el transecto de Caño Palma. Cada parcela es de 15 por 10 metros, excluyendo un pequeño sendero de tierra que cruza a través de éstas.

3. RESULTADOS

3.1 El Cerro Tortuguero

En el Cerro Tortuguero se encontraron 26 tiendas naturales, 15 de las cuales fueron construidas durante las 14 semanas de monitoreo y seis se dejaron de usar y quedaron como antiguas. Antes de la construcción del camino de hormigón se observaron 32 tiendas, con un total de 17 tiendas recién hechas y 14 tiendas viejas que se convirtieron en inutilizables. Por consiguiente, se encontró una menor cantidad total de tiendas (nuevas e inservibles) después de la construcción del camino de hormigón.

Durante todo el periodo de seguimiento se contabilizaron 15 tiendas ocupadas y 11 no ocupadas. En total fueron vistos ocho murciélagos, seis adultos y dos juveniles. Las tiendas con presencia de murciélagos, tenían entre uno y cuatro adultos. A diferencia, el estudio previo encontró ocho tiendas ocupadas y 24 no ocupadas, con un reporte total de 76 murciélagos, 61 adultos y 16 juveniles. Las tiendas con presencia de murciélagos, tenían entre uno y ocho adultos. El porcentaje de tiendas con signos de actividad antes de la construcción fue del 0% y del 57,7% después de la construcción (tabla 3.1). Sin embargo, el porcentaje de tiendas en que se observaron murciélagos directamente en el momento del monitoreo fue mayor antes de la construcción (tabla 3.1).

Para hacer comparables los resultados con las investigaciones anteriores, la cantidad de tiendas y la presencia de murciélagos se calcularon por cada 100 m. Antes de la construcción del camino se encontraron 4,6 tiendas en 100 m² y 1,1 de éstas estaban ocupadas. En comparación, se encontraron 3,7 tiendas por cada 100 m² después de la construcción del camino y 2,1 estaban ocupadas.

Tabla 3.1 Número total de tiendas, número de tiendas ocupadas y número de tiendas con presencia de murciélagos antes y después de la construcción del camino de hormigón.

Estudio	Número de tiendas	Número de tiendas con signos indirectos de actividad de murciélagos (%)	Número de tiendas con presencia de murciélagos (%)
Después de la construcción	26	15 (57.7%)	3 (11.5%)
Antes de la construcción	32	0 (0%)	8 (25%)

Se encontraron tres tipos diferentes de tiendas en el Cerro: apicales (57,7%), en forma de barco invertido (11,5%) y de barco/apical (30,8%). Por lo contrario, antes de la construcción del camino, se encontraron cinco tipos de tiendas: apical (46,8%), bífida (3,1%), barco invertido (12,5%), paraguas (15,6%) y barco / apical (21,9%) (tabla 3.2).

Después de la construcción sólo una especie de murciélagos, *Artibeus watsoni*, se observó directamente durante el seguimiento (tabla 3.3). La investigación anterior a la construcción determinó la observación directa de tres especies diferentes: *A. watsoni* (71,4%), *Ectophylla alba* (23,8%), y especies de murciélagos que no se pudieron determinar (4,8%). Anteriormente, *A. watsoni* sólo se encontró

únicamente en tiendas apicales, mientras que en este estudio se encontró *A. watsoni* tanto en tiendas de barco invertido como en tiendas estilo barco/ apicales.

Tabla 3.2 Resumen de los porcentajes de las cinco tiendas de campaña-estilos que se encuentran antes y después de la construcción del camino de hormigón

Tipo de tienda	Antes de la construcción del camino de hormigón	Después de la construcción del camino de hormigón
Apical	46.8%	57.7%
Barco/Apical	15.6%	30.8%
Barco invertido	12.5%	11.5%
Paraguas	15.6%	-
Bífida	3.1%	-

Tabla 3.3 Resumen de las especies de murciélagos que se encuentran en el Cerro antes y después de la construcción del camino de hormigón.

Especies	Antes de la construcción del camino de hormigón	Después de la construcción del camino de hormigón
<i>Artibeus watsoni</i>	56 (71.4%)	8 (100%)
<i>Ectophylla alba</i>	19 (23.8%)	-
<i>Uroderma bilobatum</i>	-	-
Unknown	4 (4.8%)	-
Total de murciélagos encontrados	79	8

No hubo diferencia significativa en el área basal ($p=0,781$), la densidad del sotobosque ($p=0,737$) ni la densidad de tiendas ($p = 0,462$) entre las tiendas ocupadas y las no ocupadas en este estudio (anexo 2, tabla 3.4). Tampoco se encontraron diferencias significativas en el estudio anterior. Ninguna diferencia significativa entre tiendas ocupadas y no ocupadas en el área basal (0.954), la densidad del sotobosque ($p = 0,059$) y la densidad de tiendas (0,185) se encontró entre ambos estudios (Anexo 3, tabla 3.4). Sin embargo, se encontró una cantidad significativamente menor de tiendas ocupadas después de la construcción del camino ($F = 6.234$; $gl = 50,072$; $p = 0,12$) (Anexo 4).

Tabla 3.4 Resumen con todos los valores de p para cada prueba. La tabla muestra las diferencias en el área basal, la densidad de sotobosque y tienda de campaña densidad entre tiendas de campaña ocupados y no ocupados después de la construcción, antes y después de la construcción y sólo entre ocupado un tiendas de campaña no ocupados en general. $P < 0,005$ muestra una tasa de fiabilidad del 95% y hace que sea aceptable que hay una diferencia significativa

	Tiendas ocupadas y no ocupadas después de la construcción	Tiendas ocupadas y no ocupadas antes y después de la construcción	Entre ocupadas y no ocupadas
Area basal	0,781	0,954	0,534
Densidad del sotobosque	0,737	0,059	0,000
Densidad de tiendas	0,462	0,185	0,652

Diferencias significativas se observaron en la densidad del sotobosque con una mayor densidad antes de la construcción del camino de hormigón ($F = 19,022$; $gl = 38,728$; $p = 0,000$) (anexo 5, tabla 3.4). La densidad del sotobosque tubo un promedio de 71.09% antes de la construcción del camino y de 37.62% después. El área basal ($p = 0,534$) y la densidad de tiendas ($p = 0,652$) no mostraron diferencias significativas antes ni después de la construcción del camino (anexo 5, tabla 3.4).

3.2 Caño Palma

Se encontraron 13 tiendas naturales en Caño Palma, de la cuales una fue construida durante las 14 semanas de monitoreo y cinco se dejaron de usar y quedaron como antiguas. Se hicieron 12 tiendas artificiales, tres en cada parcela. Ninguna de las tiendas artificiales se utilizó.

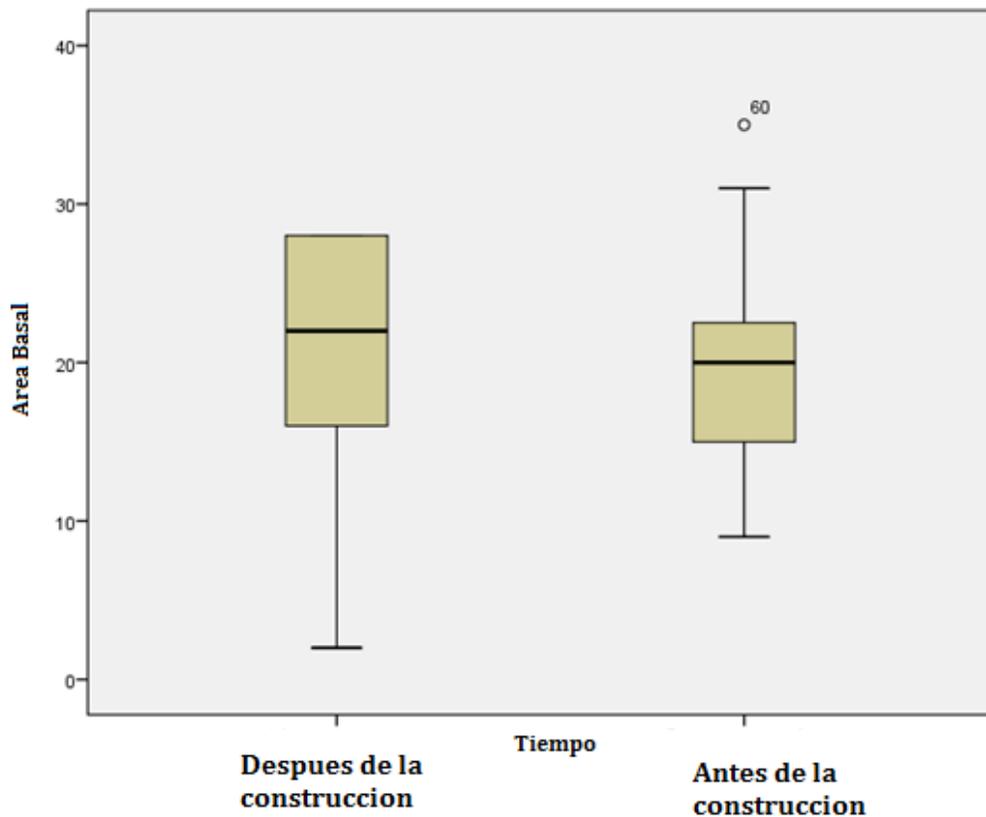


Figure 3.1 Diferencias en el área basal antes y después de la construcción del camino de hormigón. Después de la construcción se observa un mayor promedio de área basal. Los valores extremos se representan con un punto.

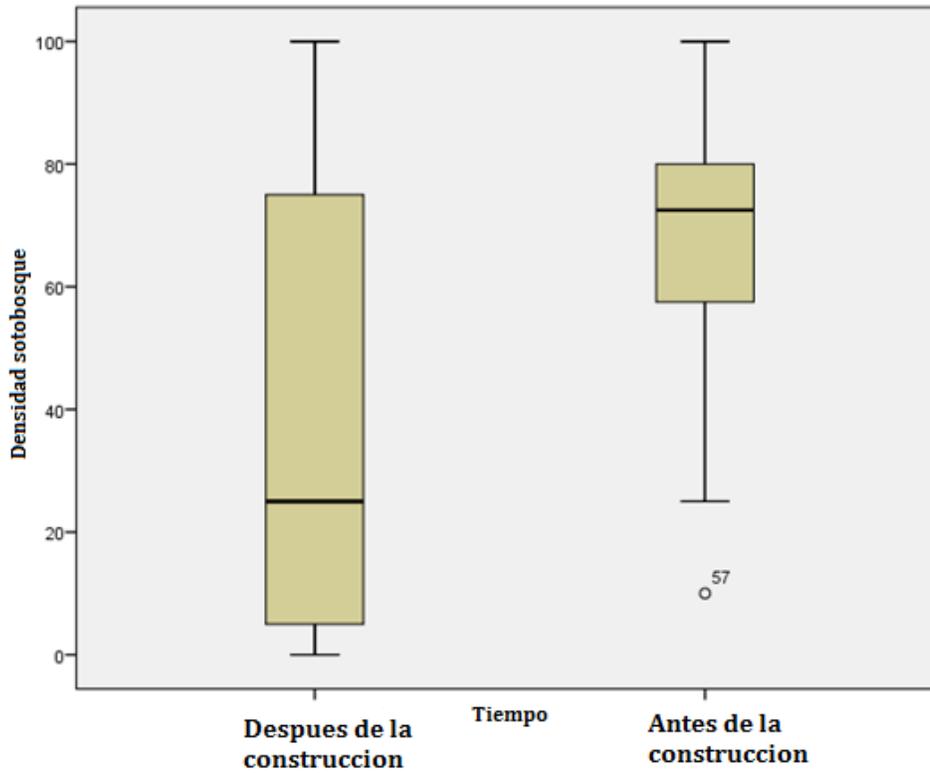


Figure 3.2 Diferencias en la densidad del sotobosque antes y después de la construcción del camino de hormigón. El promedio de densidad de sotobosque fue mayor antes que después de la construcción. Los valores extremos se representan con un punto.

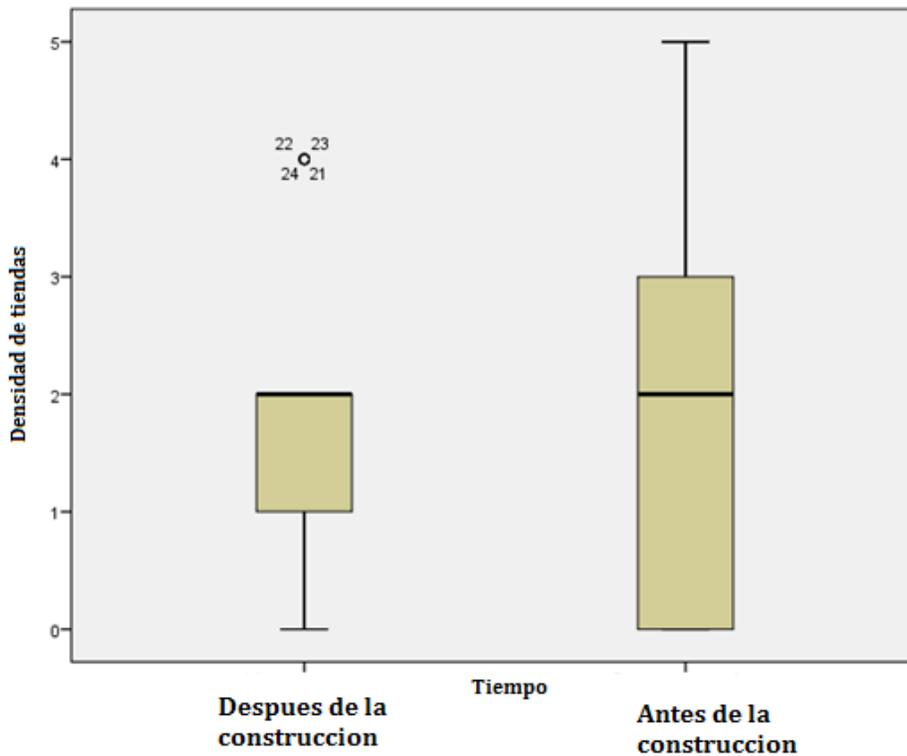


Figure 3.3 Diferencias en la densidad de tiendas antes y después de la construcción del camino de hormigón. El promedio de densidad de tiendas fue el mismo antes que después de la construcción. Los valores extremos se representan con un punto.

4. DISCUSIÓN

4.1 El Cerro Tortuguero

La cantidad de tiendas encontradas antes de la construcción del camino fue más alta que después, sin embargo, la cantidad de tiendas ocupadas fue mayor después de la construcción. Antes de la construcción, no se detectaron signos de actividad de murciélagos en las tiendas, mientras que hubo gran cantidad de signos indirectos de la actividad de murciélagos después de la construcción. El número de murciélagos vistos durante el seguimiento fue menor después de la construcción que antes de que el camino estuviese allí. Una explicación podría ser que los murciélagos encontraron el área adecuada para la búsqueda de alimento, pero no para descansar y dormir. Se conoce que *U. bilobatum* y *A. watsoni* usan distintas tiendas y pueden moverse entre éstas semanal o incluso diariamente (Sagot et al., 2013), por lo que no es raro encontrar una gran cantidad de tiendas con restos frescos de actividad, y no ver ningún murciélago directamente en estas tiendas.

La diferencia en la densidad del sotobosque podría desempeñar un papel potencial para esta preferencia. Debido a la realización del camino la vegetación fue destruida en los alrededores lo que conllevó una densidad de sotobosque inferior. Con una densidad más baja del sotobosque, el viento puede penetrar en el bosque con mayor facilidad, lo que potencialmente puede dañar y romper las tiendas durante las tormentas. Por ello a vida útil de una tienda puede ser más corta (Boeren, 2015). Esto podría por lo tanto explicar por qué la cantidad de tiendas es más baja después de la construcción del camino.

A. watsoni se encontró tanto en tiendas tipo barco invertido y como en barco/apical después de la construcción, pero sólo en tiendas de tipo apical antes de la construcción. Esto difiere de su comportamiento normal, ya que comúnmente en Costa Rica *A. watsoni* se encuentra usando tiendas bífidas (Rodríguez-Herrera et al., 2007). Esta discrepancia puede deberse a la falta de palmas en el sotobosque del Cerro Tortuguero (Boeren, 2015). Aunque previamente a la construcción (tabla 3.2), el Cerro mostró un pequeño número de tiendas bífidas, pero no se reportó ninguna después de la construcción.

De las otras dos especies de murciélagos conocidas por crear tiendas en la zona, *U. bilobatum* no estuvo presente en estudios anteriores ni actuales, al igual que tampoco lo fue su tipo de tienda favorito (tienda cónica) (Boeren, 2015; Rodríguez-Herrera et al, 2007; Brooke, 1987; Timm, 1982; Timm y Mortimer, 1976). *E. alba*, se observó antes de la construcción, pero no después, a pesar de que su obligado tipo de tienda (tienda tipo barco invertido) (Brooke, 1987) estaba todavía presente después de la construcción, aunque en ligeramente menor número (tabla 3.2). Además, el estilo de tiendas paraguas no se encontraron después de la construcción, mientras que fueron registradas previamente con un 15,6% de todo los estilos de tiendas presentes en el Cerro (tabla 3.2). Ya que *A. watsoni* y *U. bilobatum* construyen este tipo de tiendas, esto podría indicar que *A. watsoni* y *U. bilobatum* se encuentran ahora en menor densidad o que actualmente están menos activos en esta área (Barbour, 1932; Timm, 1987). Las especies de murciélagos registrados como desconocidos no pudieron ser identificados, ya que volaron antes de su posible identificación.

No se encontraron diferencias en el área basal, en la densidad del sotobosque ni en la densidad de tiendas entre las tiendas ocupadas y no ocupadas antes o después de la construcción del camino, lo que indica que los murciélagos no tienen una preferencia específica por estas variables en la creación de las tiendas. Además, los murciélagos no parecen tener una preferencia por tiendas nuevas o antiguas, ya que ambas estaban ocupadas durante el periodo de seguimiento. Sin embargo, puesto que se observaron tiendas con una mayor actividad de forrajeo que de sitios de descanso, la fragmentación del área todavía podría estar afectando el comportamiento de los murciélagos. Se conoce que la fragmentación tiene un impacto negativo en los corredores naturales de movimiento de los animales aéreos (Green, 2000; Shaughnessy et al, 2008; Courbis, 2007) por lo que es concebible que la creación del camino de hormigón tenga su efecto en la menor cantidad de tiendas ocupadas observadas.

Para futuras investigaciones sería interesante mantener el seguimiento de la misma zona a largo plazo. De esta forma se podrían obtener mayores conclusiones sobre el impacto del camino de hormigón en un periodo de tiempo más largo y un mayor uso de éste. Los impactos en los cambios de hábitat pueden aparecer tanto en etapas tempranas como tardías, lo que exige el continuo monitoreo para determinar el efecto de la infraestructura de ecoturismo en las poblaciones de murciélagos en el Cerro. Con ello se puede conocer el verdadero impacto a esta población de murciélagos y así, los administradores tomen las mejores decisiones sobre el uso del hábitat para el ecoturismo, tanto a nivel local como en todo el mundo.

4.2 Caño Palma

Ninguna de las tiendas artificiales se utilizó. Muchos factores pueden haber influenciado en ello, aunque la razón más inminente sea que los murciélagos no encontraron las tiendas artificiales. Principalmente por qué no las hicieron ellos mismos y tal vez estuviesen fuera de su ruta de vuelo. Podría ser también, que las tiendas se colocaron en lugares equivocados en el bosque y los murciélagos no encontraron ninguno de los recursos precisados en el área. Además, sólo se crearon tiendas artificiales de estilo bífido, ya que es el tipo más común en la zona (74,6%; Boeren, 2015). *A. watsoni* se encuentra principalmente en tiendas bífidas, como se ha mencionado antes, mientras que para *E. alba* únicamente se conoce el uso de la tienda tipo barco invertido. *U. bilobatum* es conocida como la especie que hace uso de siete de los ocho tipos conocidos de tiendas (Rodríguez-Herrera et al., 2007).

Durante la realización de una encuesta de mamíferos alrededor de la Estación Biológica Caño Palma (fuera de las parcelas de este estudio) se observó el uso de una carpa artificial con signos indirectos de presencia de murciélagos (ej., semillas de frutas y heces). Por ello, y a pesar de que no se utilizaron las tiendas construidas dentro de las parcelas de estudio, se recomienda el uso de tiendas artificiales como opción de gestión.

El monitoreo de tiendas artificiales debe continuar para ver si los murciélagos las utilizan tanto para la búsqueda de alimento como para sitio de descanso. Si se obtienen resultados positivos, la utilización de tiendas artificiales puede ser la herramienta adecuada para restaurar refugios perdidos en hábitats fragmentados.

4.3 Conclusiones

La construcción del camino de hormigón en El Cerro Tortuguero ha tenido un notable impacto en la actividad de murciélagos: la cantidad de murciélagos observados directamente y el número de tiendas ha disminuido. El hecho que una tienda artificial haya sido utilizada por murciélagos (fuera de las parcelas de estudio) para la actividad de forrajeo, ofrece la posibilidad que éstas también puedan ser utilizadas con el tiempo como perchas para dormir. Si muestran éxito tanto para fomentar la búsqueda de alimento y ofrecer sitio de descanso, las tiendas artificiales podrían ser la solución para aumentar la actividad y densidad de murciélagos a los niveles anteriores en el Cerro Tortuguero, u otras zonas fragmentadas parecidas.

REFERENCIAS

- Agnelli, P., Maltagliati, G., Ducci, L. & Cannicci, S. (2010). Artificial roosts for bats: Education and research. The "Be a bat's friend" project of the natural history museum of the university of Florence. 2011: 215-223.
- Anthony, M. Hutson. Simon P. Mickleburgh & Paul A. Racey (2001). Microchiropteran Bats. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources.
- Barbour, T. (1932). A peculiar roosting habit of bats. *Quarterly Review of Biology* 7: 307-312.
- Boeren, D. (2015). Activity of tent-making bats in the Barra Del Colorado Wildlife Refuge, Costa Rica.
- Brooke, A.P. (1987). Tent construction and social organization in *Vampyressa nymphaea* in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*.
- Courbis, S. (2007). Effect of spinner dolphin presence on level of swimmer and vessel activity in Hawaiian bays. *Tourism in marine environments* vol.4 nr.1: 1-14.
- Goodwin, G.G., & Greenhall, A. M. (1961). A review of the bats of Trinidad and Tobago: Description, rabies infection, and ecology. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 122: 187-262
- Green, R. (2000). The effects of non-consumptive wildlife tourism on free-ranging wildlife: a review *Pacific cons. Bio.* Vol.6: 183-197.
- Kunz, T.H. (1982). Roosting ecology of bats. *Ecology of bats*.
- Kunz, T.H., Fujita, M. S., Brooke, A. P., & McCracken, G. F. (1994). Convergence in tent architecture and tent-making behavior among Neotropical and Palearctic bats. *Journal of Mammalian Evolution* 2: 57-78.
- Lewis, T., Grant, P., Quesada, M.G., Ryall, C. and LaDuke, T.C. (2010). A botanical survey of Caño Palma Biological Station (Estación Biológica Caño Palma), Tortuguero, Costa Rica. *Brenesia* 73-74: 73-84.
- Lim, B.K. (1998). Relative abundance of small tent-roosting bats (*Artibeus phaeotis* and *Uroderma bilobatum*) and foliage tents (*Carludovica palmate*) in Panama. *Bat Research News* 39: 1-3.
- Mitchell, W.A., & Hughes, H.G. (1995). Visual obstruction. Section 6.2.6, U.S. Army corps of engineers wildlife resources management manual. *Technical report* EL-95-23.
- Orams, M. (1996). Conceptual model of tourist-wildlife interaction: the case for education as a management strategy, *Australian geographer* vol.27 nr. 1: 39-51.

- Patterson, B. D., Ceballos, G., Sechrest, W., Tognelli, M. F., Brooks, T., Luna, L., Ortega, P., Salazar, I. & Young, B. E. (2003). Digital distribution maps of the mammals of the western Hemisphere, version 1.0. NatureServe, Arlington, Virginia.
- Phillips, W.W. (1924). A guide to the mammals of Ceylon. *Ceylon Journal of Science* 13: 1-63.
- Rodríguez-H, B., Rodríguez-Brenes, S. & Sagot, M. (2001). Tent use in *Pentagonia donnell-smithii* (Rubiaceae) by *Vampyressa Pusilla* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Costa Rica. *Bat Research News* 42: 49.
- Rodríguez-Herrera, B., Medellín, R.A., & Timm, R.M. (2007). Neotropical tent-roosting bats.
- Sagot, M., Rodríguez-Herrera, B., & Stevens, R.D. (2013). Macro and Microhabitat Associations of the Peter's Tent-Roosting Bat (*Uroderma bilobatum*): Human-Induced Selection and Colonization? *Biotropica* 45: 511-519.
- Shaughnessy, P D., Nicholls, A. O. & Briggs, S. V. (2008). Do boats affect fur seals at montague island, new south wales? *Toerism in maine enciorments* vol.5 nr.1: 15-27.
- Timm, R.M., & Choe, J.C. (1985). Roosting site selection by *Artibeus watsoni* (Chiroptera: phyllostomidae) on *Antihurium ravenii* (Aracea) in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 1: 241-247.
- Timm, R.M. (1987). Tent construction by bats of the genera *Artibeus* and *Uroderma* 39: 187.
- Vervoorn, K. (2016). Tent-making bats. Is there a correlation between the density of tent capable leaves and tent density?
- Zortéa, M., & DeBrito, B.F.A. (2000). Tents used by *Vampyressa Pusilla* (Chiroptera: Phyllostomidae) in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 16: 475-480.

ANEXOS

Anexo 1. Tipos de tiendas

Descripción de los diferentes tipos de tiendas utilizadas por los murciélagos.

1. Cónica

Los murciélagos hacen varios cortes en el peciolo en la base de la hoja. Las hojas caen entre 45° y 70° en ángulo con el suelo. Las especies que utilizan este tipo de tienda son *Platyrrhinus helleri* y *Bilobatum uroderma*.



2. Paraguas

La tienda de tipo paraguas se forma en hojas palmadas mediante el corte de las venas y el tejido interconectado. Las hojas pueden tener una forma semicircular, ovoide, corazón o una espátula de forma circular, dejando intacto el peciolo central. Especies que utilizan este tipo de tienda son *Artibeus jamaicensis*, *A. watsoni*, *Bilobatum uroderma* y *Vampyressa ninfes*.



3. Pinnadas

Los murciélagos cortan varios folíolos de una hoja compuesta o fronda que resultan en una tienda ventilada. La construcción de este tipo de tienda requiere una gran cantidad de tiempo y energía. Especies que utilizan este tipo de tienda son *Artibeus jamaicensis*, *Bilobatum uroderma* y *U. magirostrum*.



4. Apical

La punta de la hoja se modifica de tal manera que cuelga directamente al suelo. La tienda más simple de todos los tipos de tiendas pertenecen a este estilo, ya que se pueden hacer con un solo corte en la vena. Especies que utilizan este tipo de tienda son *Artibeus anderseni*, *A. cinereus*, *A. glaucus*, *A. gnomus*, *A. jamaicensis*, *A. phaeotis*, *A. toltecus*, *A. watsoni*, *Mesophylla macconnelli*, *Rhinophylla pumilio*, *Bilobatum uroderma* y *Thyone Vampyressa*.



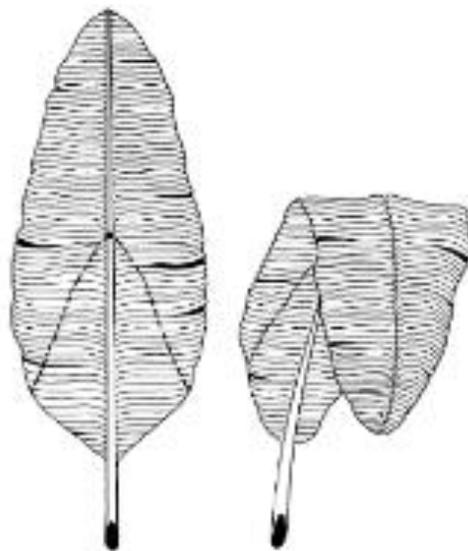
5. Bífida

Los murciélagos construyen este tipo de tiendas al hacer cortes en forma de " J " o " V " a ambos lados de una hoja simple o compuesta con dos puntas. Las puntas apicales caen y se cruzan entre sí. Especies que utilizan este tipo de tienda son *Artibeus cinereus*, *A. watsoni*, *Mesophylla macconnelli*, *Rhinophylla pumilio* y *Bilobatum uroderma*.



6. Paradoja

El tipo de tienda paradoja está formada, al igual que la tienda tipo bífida, mediante cortes " J " y " V " en hojas de una punta. La parte superior de la hoja simplemente cae. Especies que utilizan este tipo de tienda son *Artibeus cinereus*, *Mesophylla macconnelli*, *Rhinophylla pumilio* y *Bbilobatum uroderma*.



7. Barco invertido

En este tipo tienda los murciélagos realizan cortes paralelos a la vena central. Ambos lados de la hoja caen hacia abajo a lo largo del nervio central. Especies que utilizan este tipo de tienda son *Artibeus anderseni*, *A. cinereus*, *A. phaeotis*, *A. watsoni*, *Ectophylla alba*, *Rhinophylla pumilio* y *Bilobatum uroderma*.



8. Barco / Apical

Este tipo de tienda es una mezcla de dos tipos de tiendas. Los cortes se hacen casi paralelos a la vena central de la hoja. También se realiza un corte profundo en el nervio central en la punta de vértice, por lo que la punta se colapsa hacia abajo. Especies que utilizan este tipo de tienda son *Artibeus jamaicensis*, *A. watsoni*, *Vampyressa pusilla* y *V. thuyone*.



Anexo 2. Resultados- después de la construcción

La siguiente tabla muestra los resultados de la prueba t independiente llevada a cabo para determinar las diferencias en el área basal, la densidad del sotobosque y la densidad de tiendas ocupadas y desocupadas dentro de este estudio.

Grupos Estadísticos

	Ocupada_ Desocupada	N	Promedio	Desviación Std.	Error Promedio Std.
Area_basal	Ocupada	15	20,53	6,739	1,740
	Desocupada	11	21,27	6,467	1,950
Densidad_sotobosque	Ocupada	15	39,73	39,185	10,118
	Desocupada	11	34,73	33,853	10,207
Densidad_tiendas	Ocupada	15	1,60	1,242	,321
	Desocupada	11	2,00	1,483	,447

Test-t Independiente

	Levene's Test Igualdad de Varianzas	t-test Igualdad de Varianzas								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (2- colas)	Promedio de diferencia	Error Std.	95% Intervalo de Confianza	
									Inferior	Superior
Area_basal	Asumiendo varianzas iguales	,028	,869	-,281	24	,781	-,739	2,631	-6,169	4,690
	No asumiendo varianzas iguales			-,283	22,208	,780	-,739	2,613	-6,156	4,677
Densidad_ sotobosque	Asumiendo varianzas iguales	1,535	,227	,340	24	,737	5,006	14,710	-25,354	35,366
	No asumiendo varianzas iguales			,348	23,263	,731	5,006	14,372	-24,706	34,718
Densidad_ tiendas	Asumiendo varianzas iguales	,156	,696	-,748	24	,462	-,400	,535	-1,504	,704
	No asumiendo varianzas iguales			-,727	19,287	,476	-,400	,550	-1,551	,751

Anexo 3. Resultados- entre factores ambientales y tiendas ocupadas y desocupadas

La siguiente tabla muestra los resultados de la prueba t independiente llevada a cabo para determinar las diferencias en el área basal, la densidad del sotobosque y la densidad de tiendas entre ocupadas y desocupadas.

Grupos Estadísticos

	Ocupada_ Desocupada	N	Promedio	Desviación Std.	Error Promedio Std.
Densidad_tiendas	Ocupada	23	1,52	1,442	,301
	Desocupada	35	2,11	1,762	,298
Area_basal	Ocupada	23	20,30	6,320	1,318
	Desocupada	35	20,20	6,859	1,159
Densidad_sotobosque	Ocupada	23	45,91	36,240	7,557
	Desocupada	35	62,77	30,070	5,083

Test-t Independiente

		Levene's Test Igualdad de Varianzas		t-test Igualdad de Varianzas						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (2-colas)	Promedio de diferencia	Std. Error	95% Intervalo de Confianza	
									Inferior	Upper
Densidad_tiendas	Asumiendo varianzas iguales	1,042	,312	-1,343	56	,185	-,593	,441	-1,476	,291
	No asumiendo varianzas iguales			-1,400	53,207	,167	-,593	,423	-1,441	,256
Area_basal	Asumiendo varianzas iguales	,810	,372	,058	56	,954	,104	1,786	-3,473	3,682
	No asumiendo varianzas iguales			,059	49,893	,953	,104	1,755	-3,421	3,630
Densidad_sotobosque	Asumiendo varianzas iguales	3,586	,063	-1,925	56	,059	-16,858	8,759	-34,406	,689
	No asumiendo varianzas iguales			-1,851	40,981	,071	-16,858	9,107	-35,250	1,534

Anexo 4. Resultados- tiendas ocupadas y no ocupadas antes y después de la construcción del camino

La siguiente tabla muestra los resultados de la prueba t independiente llevada a cabo para determinar las diferencias en tiendas ocupadas y desocupadas antes y después de la construcción del camino.

Grupos Estadísticos

	Tijd	N	Promedio	Desviación Std.	Error Promedio Std.
Occupied_unoccupied	Cerro_new	26	1,42	,504	,099
	Cerro_old	32	1,75	,440	,078

Test-t Independiente

	Levene's Test Igualdad de Varianzas	t-test Igualdad de Varianzas								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (2-tailed)	Promedio de diferencia	Std. Error	95% Intervalo de Confianza	
									Inferior	Superior
Occupied_unoccupied	Asumiendo varianzas iguales	6,234	,015	-2,637	56	,011	-,327	,124	-,575	-,079
	No asumiendo varianzas iguales			-2,600	50,072	,012	-,327	,126	-,579	-,074

Anexo 5. Resultados- factores ambientales antes y después de la construcción

La siguiente tabla muestra los resultados de la prueba t independiente llevada a cabo para determinar las diferencias en el área basal, la densidad del sotobosque y la densidad de tiendas antes y después de la construcción del camino de hormigón.

Grupos Estadísticos

	Tiempo	N	Promedio	Desviación Std.	Error Promedio Std.
Densidad_ tiendas	Cerro_nuevo	26	1,77	1,336	,262
	Cerro_antiguo	32	1,97	1,892	,334
Area_basal	Cerro_nuevo	26	20,85	6,503	1,275
	Cerro_antiguo	32	19,75	6,730	1,190
Densidad_ sotobosque	Cerro_nuevo	26	37,62	36,396	7,138
	Cerro_antiguo	32	71,09	21,543	3,808

Test-t Independiente

		Levene's Test		t-test Igualdad de Varianzas						
		Igualdad de Varianzas		t	gl	Sig. (2- colas)	Promedio de diferencia	Std. Error	95% Intervalo de Confianza	
		F	Sig.						Inferior	Upper
Densidad_ tiendas	Asumiendo varianzas iguales	3,791	,057	-,453	56	,652	-,200	,440	-1,081	,682
	No asumiendo varianzas iguales			-,470	55,025	,640	-,200	,425	-1,051	,652
Area_basal	Asumiendo varianzas iguales	,001	,973	,626	56	,534	1,096	1,750	-2,410	4,603
	No asumiendo varianzas iguales			,628	54,286	,532	1,096	1,744	-2,400	4,593
Densidad_ sotobosque	Asumiendo varianzas iguales	19,022	,000	-4,354	56	,000	-33,478	7,690	-48,883	-18,074
	No asumiendo varianzas iguales			-4,138	38,728	,000	-33,478	8,090	-49,846	-17,111