

## Grado en Bioloxía

### Memoria do Traballo de Fin de Grao

**Estudio de la biodiversidad de los arrecifes de coral del área protegida de Boca Chica (República Dominicana): implicaciones para su conservación**

**Estudo da biodiversidade dos arrecifes de coral da área protexida de Boca Chica (República Dominicana): implicacións para a súa conservación**

**Study of coral reef biodiversity at the protected area of Boca Chica (Dominican Republic): implications for its conservation**



**Beatriz Fernández-España Barral**

Febrero, 2017

*Sergio Rodríguez Roiloa*

## **INDICE**

<b>RESUMEN/RESUMO/SUMMARY .....</b>	<b>3</b>
<b>PALABRAS CRAVE .....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
Biodiversidad y conservación: conceptos .....	6
Biodiversidad y conservación: el caso del Caribe.....	6
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
Descripción del lugar.....	10
Toma de datos.....	12
Análisis de los datos .....	14
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>16</b>
Curvas de rango-abundancia.....	16
Riqueza específica e índice de Shannon.....	17
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>CONCLUSIONES/CONCLUSIÓN/CONCLUSIONS .....</b>	<b>19</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>21</b>

## RESUMEN

1.- La conservación de la biodiversidad es uno de los grandes retos a los que se enfrenta la sociedad bajo el actual escenario de cambio global. En los últimos años la biodiversidad mundial se está viendo enormemente amenazada, especialmente debido a actividades antropogénicas, y la creación de figuras de protección se postula como una de las medidas clave para mitigar esta pérdida de diversidad. Los arrecifes de coral representan uno de los ecosistemas de mayor biodiversidad, y al mismo tiempo de los más sensibles a las amenazas del cambio global. En los últimos años, se han desarrollado diferentes iniciativas con el objetivo de conservarlos, entre las que destacan la creación de áreas de protección.

2.- En el presente trabajo se pretende determinar la eficacia de las figuras de protección para la conservación de la biodiversidad en los arrecifes de coral del Mar Caribe. La zona escogida para realizar el trabajo ha sido La Caleta (República Dominicana), y se ha trabajado en colaboración con Reef Check Dominicana, empresa que gestiona esta área y ha establecido un protocolo de monitorización de los arrecifes de coral para unificarlos a nivel mundial. El estudio se centra en 5 áreas, y persigue comparar la biodiversidad de aquellas incluidas dentro de una figura de protección frente a una zona no protegida.

3.- Los resultados del trabajo indican que la implantación de áreas protegidas es efectiva, al menos en el caso de los arrecifes de coral estudiados. Así, los valores de biodiversidad encontrados fueron superiores en las áreas protegidas, mostrando que las figuras de protección han mitigado la pérdida de biodiversidad. Por otra parte, los resultados de este trabajo parecen apuntar a la existencia de una especie clave, el Pez Loro, existiendo una relación positiva entre su abundancia y la biodiversidad de la comunidad. Por lo tanto, esta especie, podría ser útil tanto para el monitoreo del estado de conservación de los arrecifes, como para su potencial uso en programas de restauración.

## RESUMO

1.- A conservación da biodiversidade é un dos grandes retos aos que se enfrenta a sociedade baixo o actual escenario do cambio global. Nos últimos anos a biodiversidade mundial estase a ver enormemente ameazada, especialmente debido a actividades antropoxénicas, e a creación de figuras de protección postulase como una das medidas clave para mitigar esta perda de diversidade. Os arrecifes de coral representan un dos ecosistemas de maior biodiversidade, e ao mesmo tempo dos máis sensibles ás ameazas do cambio global. Nos últimos anos, desarrolláronse diferentes iniciativas co obxectivo de conservalos, entre as que destacan a creación de áreas protexidas.

2.- Neste traballo preténdese determinar a eficacia das figuras de protección para a conservación da biodiversidade nos arrecifes de coral do Mar Caribe. A zoa escollida para realizar o traballo foi A Caleta (República Dominicana), e traballouse en colaboración con Reef Check Dominicana, empresa que xestiona esta área e estableceu un protocolo de monitorización dos arrecifes de coral para unificalos a nivel mundial. O estudo céntrase en 5

áreas e pretende comparar a biodiversidade de aquelas incluídas dentro dunha figura de protección frenta a una zoa non protexida.

3.- Os resultados do traballo indican que a implantación de áreas protexidas é efectiva, cando menos no caso dos arrecifes de coral estudados. Desta forma, os valores de biodiversidade encontrados foron superiores nas áreas protexidas, mostrando que as figuras de protección mitigaron a perda de biodiversidade. Por outra banda, os resultados deste traballo parecen apuntar a existencia dunha especie clave, o Pez Loro, existindo una relación positiva entre a súa abundancia e a biodiversidade da comunidade. Polo tanto, esta especie, podería ser útil tanto para o monitoreo do estado de conservación dos arrecifes como para o seu potencial uso en programas de restauración.

## **SUMMARY**

1.- Biodiversity conservation is one of the major challenges facing society under the current scenario of global change. In recent years, global biodiversity is being greatly threatened, especially due to anthropogenic activities, and the creation of protection figures is postulated as one of the key measures to mitigate this loss of diversity. Coral reefs represent one of the most biodiverse ecosystems, and at the same time the most sensitive to the threats of global change. In recent years, different initiatives have been developed with the aim of preserving them, among which are the creation of protection areas.

2.- This paper aims to determine the effectiveness of protection figures for the conservation of biodiversity in the coral reefs of the Caribbean Sea. The area selected for the work was La Caleta (Dominican Republic), and has worked in collaboration with Reef Check Dominicana, a company that manages this area and has established a protocol for monitoring coral reefs to unify them worldwide. The study focuses on 5 areas, and seeks to compare the biodiversity of those included within a figure of protection against an unprotected area.

3.- The results of the study indicate that the implementation of protected areas is effective, at least in the case of coral reefs studied. Thus, the biodiversity values found were higher in protected areas, showing that protection figures have mitigated the loss of biodiversity. On the other hand, the results of this work seem to point to the existence of a key species, the Parrotfish, with a positive relationship between its abundance and the biodiversity of the community. Therefore, this species could be useful both for monitoring the conservation status of reefs and for their potential use in restoration programs.

## **PALABRAS CRAVE**

Arrecifes de coral, biodiversidad, conservación, índice de Shannon, Pez Loro, riqueza específica

## INTRODUCCIÓN

### Biodiversidad y conservación: conceptos

Por "*diversidad biológica*" se entiende la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (CDB, 1992).

La biodiversidad sigue un claro patrón de distribución geográfica latitudinal que muestra una tendencia desde el ecuador hacia los polos, disminuyendo a medida que nos acercamos a los mismos (Figura 1).

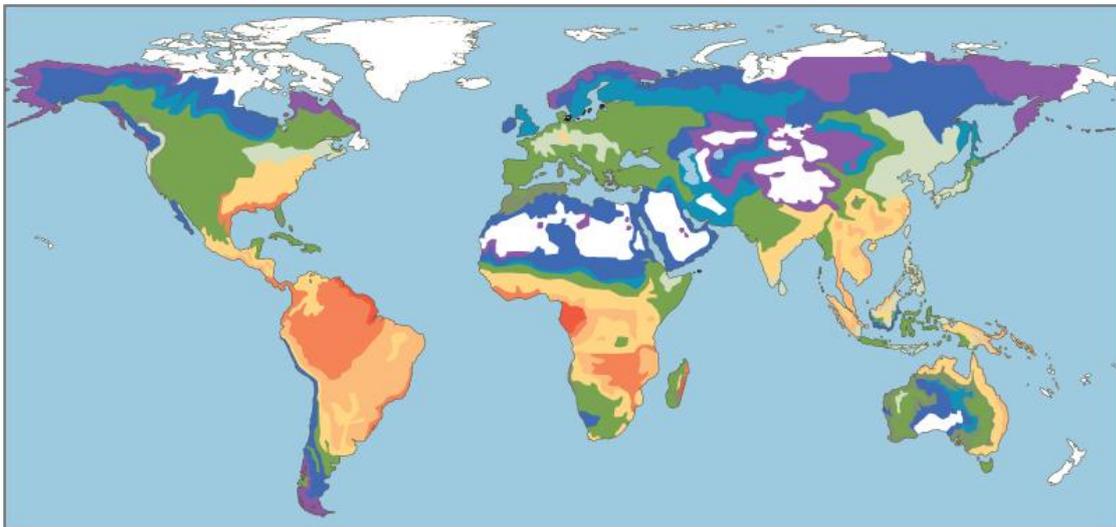


Figura 1: Patrones de distribución de la mayoría de grupos taxonómicos alrededor del mundo. Las áreas representadas con colores cálidos son las que albergan un mayor número de especies mientras que los colores fríos indican un bajo número de las mismas. Las zonas coloreadas con tonos verdes y grises representan lugares con una biodiversidad intermedia entre los extremos.

Conservar la biodiversidad es esencial para la vida en la biosfera por diversas razones: muchas comunidades locales dependen de esta para su supervivencia, presenta un importante valor ecológico, genético, social, económico, científico, educativo, cultural, recreativo y estético y, además, tiene importancia crítica para satisfacer las necesidades alimentarias y de salud de la población mundial en crecimiento.

La creciente disminución de la biodiversidad mundial incentivada, casi en su totalidad, por actividades antropogénicas, produce cambios en los ecosistemas lo cual afecta al bienestar humano causando alteraciones en los servicios ecosistémicos, de los cuales nos beneficiamos enormemente.

Un estudio realizado por Soulé, en 1991, publicado en *Science* (Figura 2) muestra el decrecimiento previsto de la biodiversidad en asociación con los incrementos en la población humana. Estimaciones para el 2100 de la pérdida de la biodiversidad global están entre el 50 y el 75%.

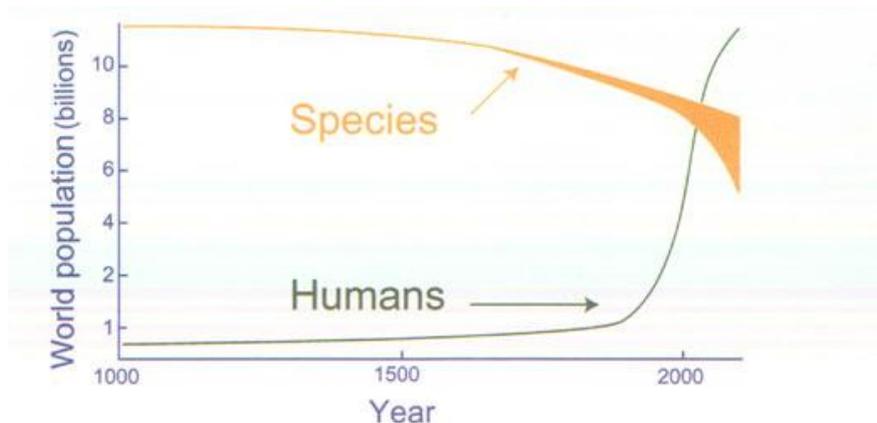


Figura 2: Decrecimiento previsto de la biodiversidad en asociación con los incrementos en la población humana (Soulé, 1991).

Estos datos nos hacen reflexionar sobre la importancia de la implantación de *áreas protegidas* ya que suponen la mejor herramienta para conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Por otra parte, ayudan a la mitigación y adaptación al cambio climático (se estima que la red mundial de áreas protegidas almacena al menos el 15% del carbono terrestre) y, además, contribuyen al sustento de las personas, especialmente a nivel local reduciendo, por tanto, la pobreza (Comunicación Personal., Fernández N., 2016).

La IUCN (1994) define área protegida como:

*“Espacio geográfico claramente definido, reconocido, regulado y gestionado, mediante medios legales u otro tipo de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados”* .

Se siguen una serie de criterios para la implantación de áreas protegidas, teniendo preferencia aquellas zonas con carácter distintivo, es decir, que presenten especies raras y/o endémicas, ecosistemas en peligro de extinción o que alberguen especies en peligro de extinción (Comunicación Personal., Fernández, N., 2016).

### Biodiversidad y conservación: el caso del Caribe

La diversidad biológica y el alto grado de endemismo son características habituales en los pequeños Estados insulares, especialmente en sus ecosistemas marinos, los cuales además son altamente vulnerables (Naciones Unidas, Consejo Económico y Social, 1998). Un ejemplo es el Mar Caribe, que es considerado un centro de biodiversidad o *hot spot*, es decir, un área que posee una elevada biodiversidad biológica y un alto nivel de endemismos que están en peligro de extinción (Figura 3). Es importante señalar que, siendo el Mar Caribe el Océano Tropical más aislado, su potencial para la recuperación a partir de la reintroducción de las especies amenazadas desde otras áreas es casi inexistente (Jackson et al., 2014).

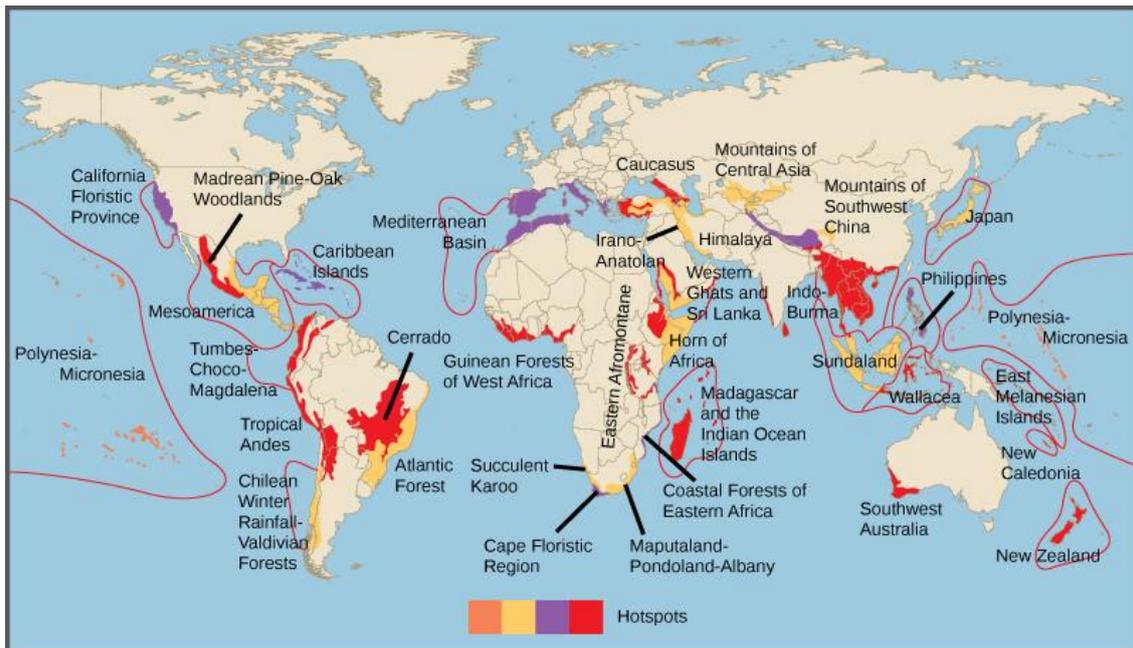


Figura 3: Mapa de distribución de los hot spots a nivel mundial.

Los efectos combinados de la sobrepesca, los descartes, y la degradación del hábitat en los ecosistemas marinos suponen un impacto importante sobre la biodiversidad, provocando que especies que fueron abundantes sean ahora raras (Day J., 2009). Desde el punto de vista de la conservación, es importante elegir adecuadamente los hábitats a proteger así como la estrategia de protección más adecuada. Así, cabe destacar la importancia de los arrecifes de coral debido a que es uno de los principales ecosistemas amenazados; éstos ocupan simplemente un 0,1% de la superficie oceánica, pero contienen el 25% de la biodiversidad del océano por lo que su desgaste ocasiona la pérdida de importantes zonas de cría (Naciones Unidas, Consejo Económico y Social, 1998), así como de hábitats de una gran diversidad de especies. Además, los arrecifes de coral, son grandes productores (1.500 a 5.000 g C/m<sup>2</sup>/año) (Smith et al., 2007). En este sentido, es de esperar que la economía en los países del Caribe compartan una dependencia común, a diferentes escalas, de los beneficios que suponen estos ecosistemas marinos a la hora de atraer turistas, proporcionando alimento y protección de la costa (Kushner et al., 2012).

Los arrecifes de coral son oasis ricos y coloridos, dentro de los mares con pocos nutrientes que yacen en las cálidas aguas poco profundas cercanas a las islas tropicales y a las tierras continentales (Smith et al., 2007). Son organismos marinos formados por la asociación simbiótica de un alga (zooxantela) y un animal (pólipo de coral). Tienen una gran importancia en la protección de la costa frenando los fuertes oleajes y brindando alimento, albergue y protección a muchas especies marinas. Además, al ser ecosistemas tan llamativos, son utilizados para la recreación, atrayendo turistas. De esta manera, también representan una fuente de empleo y de ingresos a través de la pesca y el turismo (González, C., 2010).

Existen 3 tipos básicos de arrecifes de coral en el Caribe, éstos son:

- *“Arrecifes de borde: crecen hacia el mar desde las costas rocosas de islas y continentes (Figura 4).*



Figura 4: Arrecife de borde.

- *Arrecifes barrera: paralelos a la línea de costa de continentes e islas y están separados de la tierra por lagunas someras (Figura 5).*



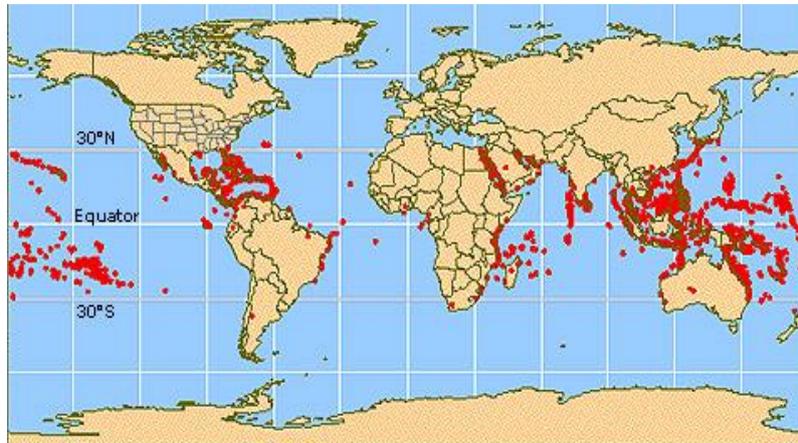
Figura 5: Arrecife barrera

- *Atolones: anillos de arrecifes de coral e islas que rodean una laguna, formada cuando una montaña volcánica se hunde bajo la superficie del agua (Figura 6).*



Figura 6: Atolón.

Y su distribución está fuertemente influenciada por las preferencias ambientales de los animales coralíferos (*Figura 7*).



**Figura 7: Distribución mundial de los arrecifes de coral.**

Es importante señalar que estos ecosistemas son particularmente susceptibles a especies invasoras, como el Pez León, y a enfermedades (*Gardner et al., 2003*). Además, los impactos del cambio climático están aumentando dramáticamente en los arrecifes (*Day, J., 2009*), produciendo la muerte de los corales a causa de un aumento de la temperatura del agua. Así, *Kushner et al. (2012)* estimaron que alrededor del 75% de los arrecifes caribeños están en peligro de extinción. En este sentido, los planes de conservación marina son particularmente importantes en estos ecosistemas del Caribe, donde la salud de la costa y de los ecosistemas marinos son fundamentales para su gestión sostenible.

## **OBJETIVOS**

El objetivo general de este trabajo es determinar la importancia de las figuras de protección para la conservación de la biodiversidad en un arrecife de coral. En particular se pretende cuantificar la diversidad de estos sistemas marinos, estudiando el efecto provocado por la implementación de acciones de protección del medio natural. Se comparará la diversidad de peces e invertebrados dentro y fuera de un área protegida en un arrecife coralino caribeño, determinando si su implantación es o no efectiva.

La hipótesis de partida se basa en la idea de que nuestra zona control (área no protegida) contará con los valores más bajos de biodiversidad dado que no existe ningún tipo de regulación legal que enmarque este área, siendo más propenso a la acción de diferentes impactos y, por tanto, con más posibilidades de ver su riqueza de especies y su diversidad reducidas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Descripción del lugar:

La zona seleccionada para realizar el estudio es la reserva marina “La Caleta” en la República Dominicana (*Figura 8*). Específicamente el trabajo se centrará en los arrecifes de coral (de tipo barrera) que alberga esta zona, cuya protección y seguimiento son de gran importancia para la conservación de la biodiversidad en estas áreas tan sensibles.

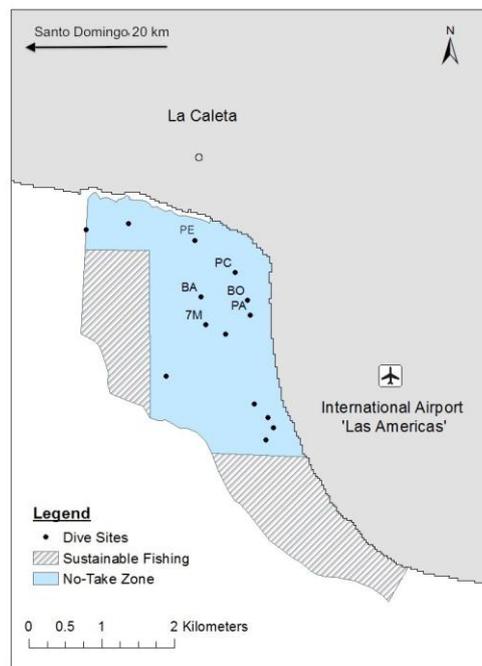


**Figura 8: Ubicación de la reserva marina de La Caleta en la República Dominicana (Isla La Española).**

El Gobierno Dominicano estableció, en 2004, una extensa red de áreas protegidas (*Thorens, V., 2014*), bajo su acrónimo, SINAP (“Sistema Nacional de Áreas Protegidas”). Esta red incluye La Caleta, que ha sido definida como un “área protegida” en 1974 pero realmente se convirtió en un “parque nacional marino” en 1986, que posteriormente fue ratificado en el año 2000. Oficialmente, la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (*SEMARENA*) ha gestionado y administrado La Caleta desde 2010 cuando el parque empezó a gestionarse de manera compartida con Reef Check Dominican Republic (*Reefcheckdr.org, 2011*). Esta Fundación sin ánimo de lucro, afiliada con el organismo internacional Reef Check, ha sido creado y ha sido reconocido bajo el marco legal en el 2005 (*MMARN, 2013*) y ha trabajado con la comunidad de La Caleta desde entonces.

El papel de esta Fundación es examinar la respuesta de la biodiversidad marina en las zonas libres de pesca del parque de La Caleta (*Figura 9*), donde teóricamente todas las actividades extractivas y destructivas están prohibidas desde el 2007 (*Comunicación Personal, Dr. Torres R., 2015*). El principal objetivo es investigar si la reserva protege efectivamente las especies indicadoras de la salud de los arrecifes de coral, y comparar, en contraste, con la biomasa de peces en Boca Chica, un lugar cercano abierto a la pesca (*Figura 8 y 10*). Los datos presentados en esta memoria de Trabajo Fin de Grado, se corresponden con los muestreos realizados en colaboración con Reef Check.

### Marine Reserve 'La Caleta', Dominican Republic



**Figura 9: Zonificación de La Caleta. Los puntos negros muestran el emplazamiento de las boyas y de sus sitios de buceo correspondientes. Los acrónimos representan: “Peaje” (PE), “Primer Coral” (PC), “La Bomba” (BO), “Paisanito” (PA), “Bahamas” (BA), y “7 Matas de Coco” (7M), donde se han realizado las inmersiones.**

El parque de La Caleta, abarca cerca de 10km<sup>2</sup> de océano (Fao.org., 2012), está localizado a 20 km de Santo Domingo y a 2 km del aeropuerto internacional, Las Américas (Figuras 8 y 10). El parque tiene una topografía irregular con 3 terrazas bien definidas, extendiéndose paralelamente a la línea costera (Reefcheckdr.org, 2011). Los diferentes niveles del fondo alcanzan profundidades de 10 a 50 m, encontrándose en ellos comunidades de arrecifes en estado de recuperación y una gran cantidad de peces multicolores que utilizan las colonias coralinas como refugio de fuente de alimentos. Estos arrecifes son paralelos a la línea de la costa y están separados de la tierra por aguas someras (Smith et al., 2007).

Históricamente, este parque nacional ha supuesto un importante suministro de peces para la comunidad vecina pero las poblaciones de los mismos se han visto amenazadas por la sobrepesca (Wielgus et al., 2010). De acuerdo con Wielgus et al. (2010) esta amenaza podría frenarse incluso a corto plazo promoviendo las visitas a La Caleta como una alternativa sostenible a la pesca. Para ello, Reef Check, una organización internacional sin fines de lucro que apoya programas de conservación, educación y restauración de ecosistemas marinos (Reefcheckdr.org, 2011) se ha involucrado en este proyecto con el fin de conservar la biodiversidad en este área.

De los 5 sitios de buceo más populares en La Caleta: “Primer Coral”, “Paisanito”, “La Bomba”, “7 Matas de Coco” y “Bahamas” así como “Picadilly” y “Boca Chica West” (dos lugares en el área no protegida) (Figuras 9 y 10), se han examinado 5 para investigar la respuesta de la biodiversidad marina a las medidas de protección: 4 de ellas protegidas (7 Matas, Paisanito, La

Bomba y Bahamas) y un área control (Picadilly). Los lugares control se han instalado a 4km de La Caleta, en Boca Chica, donde no hay regulaciones en la pesca. Estas dos zonas comparten similitudes en sus ambientes y presentan el mismo rango de profundidad (entre 10 y 18 metros), y la población humana es dos veces mayor que en La Caleta (*McClanahan, 2011*).



Figura 10: Mapa del área control, Boca Chica. "Picadilly" y "Boca Chica West".

### Toma de datos:

Los resultados del trabajo están basados en 15 inmersiones realizadas por un equipo formado, generalmente, entre 3 y 5 personas en las que se miden la abundancia de peces y los diferentes hábitats. Reef Check proporciona un protocolo de inmersiones (con adaptaciones locales de acuerdo con la biodiversidad local) para permitir a los países implicados en este proyecto monitorear los arrecifes de coral (*Reefcheckdr.org, 2011*). Como han enfatizado Jackson et al. (2014), existe una necesidad urgente de estandarizar y simplificar el monitoreo de los arrecifes caribeños para facilitar a los directivos abordar y tomar medidas efectivas, con el fin de proteger estos ecosistemas.

Reef Check recoge diferentes familias clave, así como especies de peces e invertebrados, daños en los corales (Belt transect) y composición del sustrato (Line transect) (*Tabla 1*). Una inmersión normal se completa en 40-60 minutos a una profundidad constante y requiere buceadores con sus respectivos equipos de buceo, folios y lápices resistentes al agua y 4 transectos de 20 metros (*Hodgson et al. 2006*). Los transectos del cinturón cubren un túnel de 20x5x5 metros, mientras que la línea de transectos recoge los datos del sustrato cada 0,5 metros a lo largo de 20 metros (*Figura 11*).



Figura 11: Detalle del transecto (Foto: B. F-E).

Tras establecer las líneas y antes de empezar la recopilación de los datos, es preciso un periodo de 10 minutos sin movimiento para permitir que los peces recuperen su comportamiento “normal”. Los primeros en comenzar serán los contadores de peces, tomándoles un tiempo de aproximadamente 10 minutos a una velocidad constante. Los encargados de contabilizar los invertebrados son los siguientes, seguidos del encargado de tomar los datos sobre el sustrato (Hodgson et al. 2006). A pesar de que este método está diseñado para 3-5 buceadores (Figura 12), también puede llevarse a cabo con 2, equipados con una cámara y, más tarde, tomar los datos del sustrato a partir del video grabado con la misma.



Figura 12: Buceador colocando el transecto (Foto: B. F-E).

Peces	Invertebrados	Sustrato	Impactos, contaminación, enfermedades
Peces mariposa- <i>Chaetodontidae</i>	Camarones- <i>Stenopus</i> <i>Hispidus</i>	Coral duro <sup>3</sup>	Botes/anclas
Sargos- <i>Haemulidae</i>	Erizos de mar- <i>Diadema</i> y <i>Echinothrix spp.</i>	Coral Blando <sup>4</sup>	Dinamita
Pargos- <i>Lutjanidae</i>	Erizos lápiz- <i>Eucidaris spp.</i>	Coral muerto recientemente (RKC)	Redes
Pez Loro <sup>1</sup> - <i>Scaridae</i>	Erizo colector- <i>Tripneustes spp.</i>	Nutriente indicador de algas (NIA)	Otros
Morenas- <i>Muraenidae</i>	Tritón- <i>Charonia Variegata</i>	Esponjas	% de población blanqueada
Mero estriado <sup>2</sup> - <i>Epinephalus Striatus</i>	Lengua de Flamenco- <i>Cyphoma Gibbosum</i>	Roca	% colonias blanqueadas
Meros- <i>Serranidae</i>	Gorgonias y látigos marinos- Gorgonacea	Escombros	Bandas blancas
	Langosta y langosta espinosa- <i>Malacostraca</i> y <i>Decapoda</i>	Arena	Bandas negras
		Arcilla/Limo	Plaga blanca
		Otros	Aspergilosis

<sup>1</sup>: Sólo organismos que superen los 20 cm.

<sup>2</sup>: Sólo organismos que superen los 30 cm.

<sup>3</sup>: Todos los formadores de arrecifes.

<sup>4</sup>: No formadores de arrecifes. Esta categoría excluye *Gorgonians* e incluye *Zooanthids*.

**Tabla 1: resumen de las categorías a identificar por Reef Check.**

### Análisis de los datos:

Se realizará un estudio de la abundancia relativa de peces e invertebrados en cada área, es decir, el porcentaje con la que cada especie contribuye al total de la comunidad. Un método común utilizado para comparar los patrones de riqueza de especies y de abundancia entre comunidades consiste en representar mediante una gráfica la abundancia relativa de cada especie en relación al rango, donde el rango está definido por el orden de las especies de la más a la menos abundante (*Smith et al., 2007*). Esta representación gráfica recibe el nombre de **curvas de rango-abundancia**. Este método es muy útil para obtener una interpretación visual de los datos, permitiendo la comparación de la biodiversidad entre distintas comunidades en un mismo gráfico.

Por otra parte, se han estudiado también la **riqueza específica** de las comunidades en las áreas muestreadas. La riqueza específica ha sido definida en 1967 por McIntosh como el número de especies en una comunidad.

Finalmente, se ha optado por emplear el **índice de diversidad de Shannon**. Este índice ha sido ampliamente utilizado en numerosos estudios que persiguen cuantificar la diversidad de especies en un amplio abanico de comunidades. El índice de Shannon ha sido calculado como:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Siendo:

H': valor del índice de diversidad de Shannon.

S: número de especies en la comunidad.

P<sub>i</sub>: proporción de la especie (i) considerada.

P<sub>i</sub> = número de individuos de la especie i (n<sub>i</sub>) / número total de individuos de todas las especies (N).

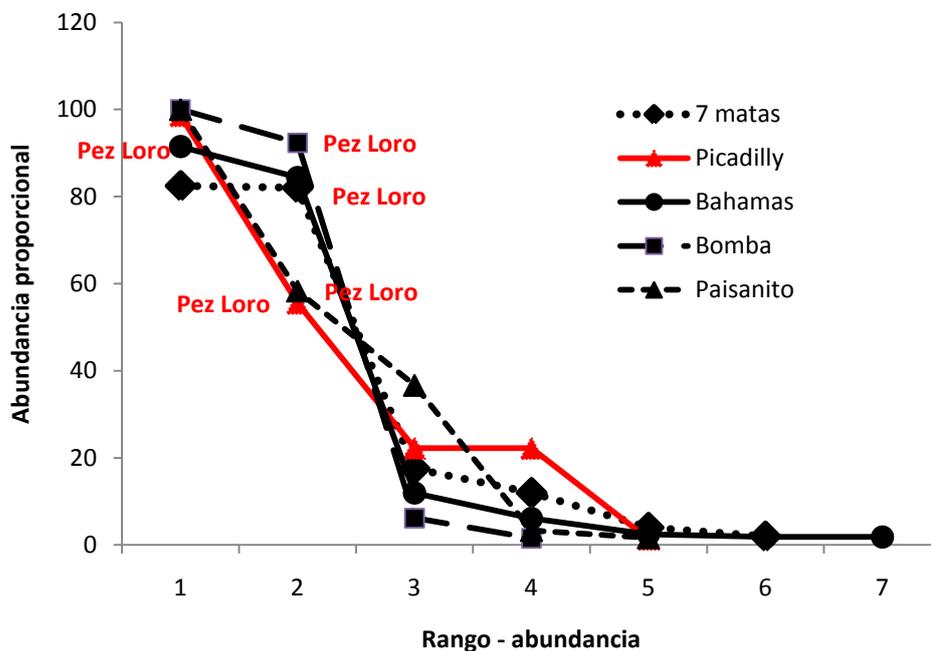
El valor mínimo del índice de diversidad de Shannon (H) es 0, que es el valor para las comunidades que contienen una sola especie. El valor de este índice aumenta cuando se incrementa la diversidad de especies de la comunidad.

## RESULTADOS

### Curvas de rango-abundancia:

Las curvas de rango-abundancia obtenidas nos aportan información sobre cuáles de nuestras zonas son las más diversas, tanto en términos de riqueza específica (longitud de la curva), como en términos de asimetría en la abundancia relativa (pendiente de la curva).

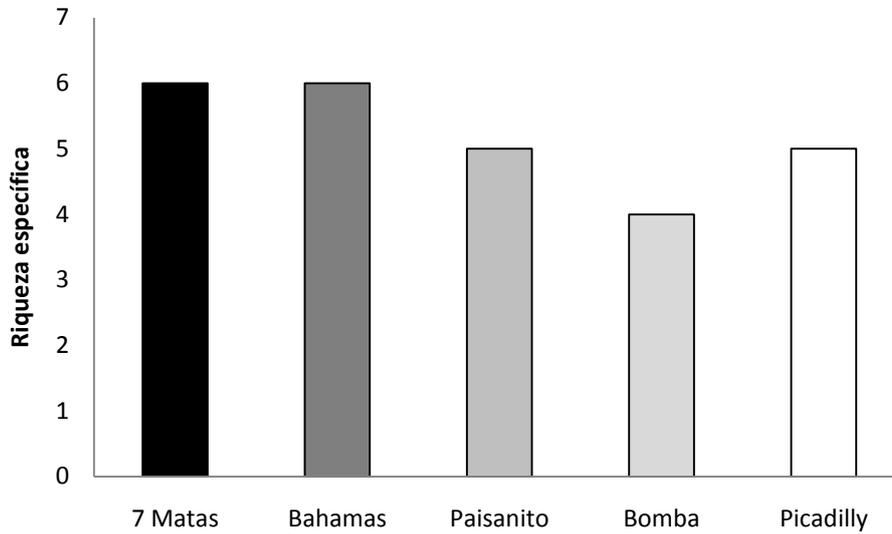
En la curva de rango-abundancia (*Gráfica 1*) podemos ver como la localidad de 7 Matas es la más biodiversa ya que presenta tanto la línea más larga, lo que indica un mayor número de especies (mayor riqueza específica), como la menor pendiente, lo que quiere decir que la abundancia proporcional de cada especie es similar. Es decir, todas las especies contribuyen de una manera más simétrica a la comunidad en comparación con lo que ocurre en otras localidades. En cualquier caso, podemos observar una pendiente acusada en todas las curvas representadas que representan las distintas áreas de estudio, lo que podría significar que hay dos especies que son especialmente abundantes en estas zonas en comparación con el resto, siendo una de ellas el Pez Loro. La línea que representa Picadilly (localidad fuera del área protegida) es en la que vemos una pendiente más acusada, lo que nos está indicando que, en términos de diversidad, presenta una mayor asimetría, y por lo tanto es la menos diversa.



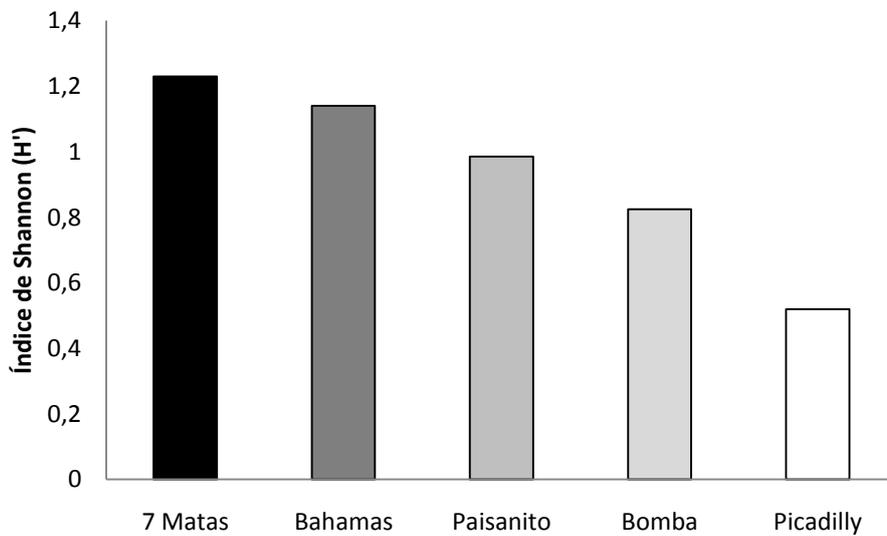
Gráfica 1: curva de rango-abundancia en mis zonas de estudio.

Riqueza específica e índice de Shannon:

Para poder realizar un estudio más detallado, sobre nuestros datos, los agrupamos en dos gráficas (Gráficas 2 y 3), que nos dan información sobre la riqueza específica y sobre el índice de Shannon en las áreas de estudio.



Gráfica 2: Comparación de la riqueza específica en las 5 zonas de estudio.



Gráfica 3: Comparación de los índices de diversidad de Shannon en las 5 zonas de estudio.

Comparando ambas gráficas podemos observar una relación positiva entre los valores de riqueza específica y el índice de Shannon en 7 Matas, Bahamas y Paisanito, pero esta relación no se mantiene en el caso de Picadilly (área no protegida). La riqueza de especies hace referencia al número de especies encontradas en cada área, mientras que el índice indica la mayor o menor diversidad de las mismas.

En la Gráfica 1, vemos dos áreas con una considerable riqueza específica en comparación con el resto, que son 7 Matas de Coco y Bahamas, esta riqueza disminuye ligeramente en Paisanito y notablemente en Bomba, que es, sin duda, la que presenta un menor número de especies. Picadilly, siendo nuestra área de control (no protegida) se encuentra a la par con Paisanito. El rango varía entre 4 y 6 especies.

La Gráfica 2 muestra cuán diversas son cada una de las áreas, empleando para ello el índice de Shannon. Si las comparamos en el orden en el que aparecen en el gráfico podemos observar un decrecimiento en la biodiversidad desde 7 Matas de Coco hasta Picadilly, que es claramente la menos diversa. Esto nos indica que, a pesar de que Picadilly es similar al resto en número de especies, sólo unas pocas de las mismas son abundantes en esta región.

## DISCUSIÓN

El análisis de los datos apoya la hipótesis de partida, obteniendo como resultado que la zona control no sometida a ninguna figura de protección (Picadilly) presenta una menor biodiversidad que las zonas incluidas en el área protegida (7 Matas, Bahamas, Bomba y Paisanito).

Los resultados del trabajo parecen apoyar la idea de que la implantación de áreas protegidas son efectivas, al menos en el caso de los arrecifes de coral estudiados, para la conservación de la biodiversidad. Las figuras de protección permiten reducir considerablemente los impactos negativos como la sobrepesca o la contaminación en estos ecosistemas que, por otro lado, son muy sensibles a la degradación por causas antrópicas (*Day J., 2009*). Las áreas protegidas suponen, por tanto, una herramienta adecuada para conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, ayudando a la mitigación al cambio global (*Comunicación Personal., Fernández N., 2016*).

Por otra parte, un análisis detallado de los resultados parece indicar la existencia de una relación entre la abundancia de Pez Loro y los índices de biodiversidad estudiados (*Gráfica 1, Figura 13*). Así, las áreas protegidas donde encontramos una mayor biodiversidad tanto en riqueza específica como en el índice de Shannon (7 Matas y Bahamas), presentan una mayor abundancia de individuos de esta especie. Por el contrario, el área no sometida a ninguna figura de protección (Picadilly), y que presentó los valores más bajos de diversidad, muestra también las menores abundancias de Pez Loro. Esto nos puede llevar a pensar que el Pez Loro es una especie clave dentro de estos ecosistemas, es decir, una especie cuya pérdida tiene efectos importantes en la comunidad, en comparación con la pérdida de otras especies (*Smith et al., 2007*). Estos peces roen el coral con los dientes que tienen en la garganta para extraer los pólipos de las algas. Tras ingerir el coral, los peces loro defecan arena (*Nationalgeographic.es. (n.d.)*) siendo un pilar fundamental en la formación de las arenas blancas de las playas tropicales. Los resultados de este trabajo parecen apuntar a que la presencia del Pez Loro podría ser utilizada para monitorizar el estado de conservación de estos arrecifes de coral. Es decir, una disminución en la abundancia en las poblaciones de Pez Loro servirían para una detección temprana de la disminución de la biodiversidad del área de estudio. Así, la presencia de Pez Loro se podría utilizar como una herramienta para el seguimiento del estado de la biodiversidad en los arrecifes de coral. Además, se podría

plantear la posibilidad de utilizar el Pez Loro, mediante su reintroducción, con el objeto de restaurar arrecifes de coral degradados.

Es importante señalar que las poblaciones de Pez Loro están sufriendo una disminución en su abundancia y, a pesar de no entrar todavía en la categoría de peligro de extinción, Reef Check, ya está llevando a cabo una campaña en contra de la pesca y comercialización del Pez Loro. Una de las razones de este decrecimiento en las poblaciones de Pez Loro está relacionada con la liberación desde acuarios comerciales del Pez León, especie invasora que está produciendo grandes estragos en las especies nativas, incluidas las poblaciones de Pez Loro. Esta especie invasora fue introducida en las aguas del sur de Florida en 1985, y posteriormente catalogada como establecida a principios del 2000. Su distribución ha alcanzado la mayoría, si no todo, el Caribe en la década siguiente (Car-spaw-rac.org. (n.d.)). La creación de áreas protegidas, donde las especies invasoras puedan ser controladas y erradicadas, podría por tanto favorecer la presencia de poblaciones de Pez Loro, con el consecuente beneficio para la conservación de la diversidad de especies nativas en los arrecifes de coral. En este sentido, se podría controlar la abundancia de especies invasoras como el Pez León, fomentando su pesca por parte de los pescadores y su consumo por parte de los restaurantes y los consumidores, como así ha sido sugerido por Reef Check.



Figura 13: Pez Loro

## CONCLUSIONES

- 1.- La principal conclusión del trabajo indica que la implantación de áreas protegidas es efectiva, al menos en el caso de los arrecifes de coral estudiados. Así, los valores de biodiversidad encontrados fueron superiores en las áreas protegidas, mostrando que las figuras de protección han mitigado la pérdida de biodiversidad.
- 2.- Por otra parte, los resultados de este trabajo parecen apuntar a la existencia de una relación positiva entre la abundancia de Pez Loro y los índices de biodiversidad estudiados. Esta relación entre una mayor diversidad y una mayor abundancia de Pez Loro nos puede llevar a pensar que esta es una especie clave dentro de estos ecosistemas, y que por lo tanto podría ser considerada tanto para el monitoreo del estado de conservación de los arrecifes, como para su potencial uso en programas de restauración.

## **CONCLUSIÓNS**

1.- A principal conclusión do traballo indica que a implantación de áreas protexidas é efectiva, cando menos no caso dos arrecifes de coral estudados. Así, os valores de biodiversidade encontrados foron superiores nas áreas protexidas, mostrando que as figuras de protección mitigaron a perda de biodiversidade.

2.- Por outra banda, os resultados deste traballo parecen apuntar a existencia dunha relación positiva entre a abundancia de Pez Loro e os índices de biodiversidade estudados. Esta relación entre una maior diversidade e una maior abundancia de Pez Loro pode levarnos a pensar que esta é una especie clave dentro destes ecosistemas, e que, por tanto, poderíase considerar tanto para o monitoreo do estado de conservación dos arrecifes, como para o seu potencial uso en programas de restauración.

## **CONCLUSIONS**

1.- The main conclusion of the work indicates that the implementation of protected areas are effective, at least in the case of coral reefs studied. Thus, the biodiversity values found were higher in protected areas, showing that protection figures have mitigated the loss of biodiversity.

2.- On the other hand, the results of this work seem to point to the existence of a positive relationship between the abundance of Pez Parrot and the biodiversity indexes studied. This relationship between greater diversity and greater abundance of Parrotfish can lead us to think that this is a key species within these ecosystems, and that therefore could be considered both for monitoring the conservation status of reefs, For their potential use in restoration programs.

## BIBLIOGRAFÍA

Camargo, C., Maldonado, J. H., Alvarado, E., Moreno-Sánchez, R., Mendoza, S., Manrique, N., Mogollón, A.,..., Sánchez, J. A. (2008) Community involvement in management for maintaining coral reef resilience and biodiversity in southern Caribbean marine protected areas (pp171-192). *Management and the Conservation of Biodiversity*. Springer, Madrid.

COP. Convention of the Parties. (2004) *Decisions Adopted by the Conference Of the Parties To the Convention On Biological Diversity At its Seventh Meeting*. UNEP/CBD/COP/7/21. Kuala Lumpur, Malaysia

Day, J. (2006) Marine Protected Areas, *Managing Protected Areas, A Global Guide*, Earthscan Ltd, London (pp603-635).

González Toro, C. (2010). Los arrecifes de coral. *Puerto Rico Space Grant Consortium*.

Hodgson, G., Hill, J., Kiene, W., Maun, L., Mihaly, J., Liebeler, J., Shuman, C. & Torres, R. (2006) Reef Check Instruction Manual: A Guide To Reef Check Coral Reef Monitoring. *Reef Check Foundation, Pacific Palisades, California, USA*

Jackson JBC, Donovan MK, Cramer KL & Lam VV (editors). (2014) Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 1970-2012. *GlobalCoral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland*

Kushner, B., Waite, R., Jungwiwattanaporn, M., & Burke, L. (2012). Influence of coastal economic valuations in the Caribbean: Enabling conditions and lessons learned. *World Resources Institute Marine Ecosystem Services Partnership, Washington, DC., USA*, 19.

McClanahan, T. R. (2011). Coral Reef fish communities in management systems with unregulated fishing and small fisheries closures compared with lightly fished reefs—*Maldives vs. Kenya*. *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems* , 21 (2), 186---198.

MMARN. Ministerio De Medio Ambiente Y Recursos Naturales (2013). *Renovación De acuerdo para la gestión compartida en la modalidad de co-administración del parque nacional submarino La Caleta*. Santo Domingo De Guzmán: El Colegio Dominicano De Notarios.

Naciones Unidas, *Convenio sobre la diversidad Biológica (1992)*.

Naciones Unidas, *Consejo Económico y Social (1998)*. Avances en la ejecución del Programa de Acción para el Desarrollo Sostenible de los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo. E/CN.17/1998/7/Add.5

Shahid Naeem, Chair, F. S. Chapin III, Costanza, R., Ehrlich, P. R., Golley, F. B., Hooper, D. U., ..., & Tilman D. (1999). La Biodiversidad Y El Funcionamiento De Los Ecosistemas: Manteniendo Los Procesos Naturales Que Sustentan La Vida. *Tópicos en Ecología*, 4.

Thorens, V. (2014) A Decade of protection: How Marine life has responded to community based management in La Caleta Marine Reserve.

Wielgus, J., Cooper, E., Torres, R., & Burke, L. (2010) Capital Costero: República Dominicana. *Estudios de Caso sobre el valor economic de los ecosistemas costeros en la República Dominicana. Washington DC, USA: World Resources Institute.*

WTTC--- World Travel & Tourism Council. (2016) *Travel & Tourism, Economic Impact, Dominican Republic. London E1W 3HA, UK.*

Smith, T. M., & Smith R. L. (2007) *Ecología, Pearson Educación, Madrid.*

### **Páginas Web**

Ambiente.gob.do. (n.d.). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Sitio Oficial.* [online] Available at: <http://ambiente.gob.do/> [Accessed 5 Feb. 2017].

Car-spaw-rac.org. (n.d.). *Bienvenue sur le site du CAR-SPAW - CAR-SPAW-RAC.* [online] Available at: <http://www.car-spaw-rac.org/> [Accessed 10 Feb. 2017].

Courses.lumenlearning.com. (n.d.). *The Biodiversity Crisis | Biology II.* [online] Available at: <https://courses.lumenlearning.com/biology2xmaster/chapter/the-biodiversity-crisis/> [Accessed 25 Ene. 2017].

Ecologistasenaccion.es. (n.d.). *Biodiversidad: ¿qué es, dónde se encuentra y por qué es importante? | Ecologistas en Acción.* [online] Available at: <http://www.ecologistasenaccion.es/article6296.html> [Accessed 15 Feb. 2017].

Eoi.es. (n.d.). *República Dominicana División Territorial y Áreas Protegidas.* [online] Available at: <http://www.eoi.es/blogs/msoston/2011/12/12/republica-dominicana-division-territorial-y-areas-protegidas/> [Accessed 5 Feb. 2017].

Fao.org. (2012). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.* [online] Available at: <http://www.fao.org/home/es/> [Accessed 3 Feb. 2017].

Nationalgeographic.es. (n.d.). *Pez loro -- National Geographic.* [online] Available at: <http://nationalgeographic.es/animales/peces/pez-loro> [Accessed 10 Feb. 2017].

Reefcheckdr.org. (n.d.). *Reef Check Dominican Republic.* [online] Available at: <http://reefcheckdr.org/> [Accessed 5 Feb. 2017].

UICN. (n.d.). *International Union for Conservation of Nature - IUCN*. [online] Available at: <https://www.iucn.org/es> [Accessed 15 Ene. 2017].

Un.org. (n.d.). *Día Internacional de la Diversidad Biológica – 22 de mayo*. [online] Available at: <http://www.un.org/es/events/biodiversityday/biodiversity.shtml> [Accessed 3 Feb. 2017].