

Juan Carlos Villaseñor-Derbez

Costeo y Evaluación de Reservas Marinas



Índice general

Antes de empezar	V
0.1. Requisitos	V
0.2. Sobre este libro	VI
0.2.1. Motivación	VI
0.2.2. Estructura	VI
I Parte I	IX
Antecedentes	XI
0.3. Antes-Después	XI
0.4. Dentro-Fuera	XII
0.5. Antes-Después-Dentro-Fuera	XIII
Metodología de MAREA	XV
0.6. Objetivos e indicadores	XV
0.7. Análisis de inferencia de causalidad	XV
Introducción a MAREA	XVII
0.8. Tipos y formatos de datos	XVII
0.9. Evaluación de reservas en 6 etapas	XVII
0.10. Interpretación de resultados	XVII
0.11. Capacidades y limitaciones	XVIII
II Parte II	XIX
Uso de MAREA	XXI
0.12. Indicadores biológicos para 1 reserva	XXI
0.13. Indicadores biológicos y especie objetivo para 1 reserva	XXI
0.14. Todos los indicadores para 1 reserva	XXI
0.15. Indicadores biológicos para varias reservas, simultáneamente	XXI
Errores y soluciones	XXIII
0.16. Especie / Indicador no tiene diseño BACI	XXIII
0.17. Diferentes especies en bases biológicas vs pesca	XXIII
Apéndice	XXIII

Antes de empezar

Este manual es la segunda iteración de los esfuerzos por impulsar el uso de metodologías estandarizadas para la evaluación de reservas marinas. Trabajos anteriores incluyen el manual generalizado de evaluación de reservas marinas en México (Villaseñor-Derbez et al., 2017) y la publicación arbitrada que presenta a MAREA¹ como una herramienta amigable y gratuita (Villaseñor-Derbez et al., 2018). Esta versión del manual pretende incorporar partes de ambos trabajos, pero también incluye una serie de ejercicios prácticos para el uso de MAREA y la nueva App de Costeo de Reservas. Además, el manual está públicamente disponible en internet², donde el lector puede descargar el manual como PDF o EPUB para Kindle.

Aunque el manual y la Aplicación para Evaluación de Reservas Marinas (MAREA) pueden ser utilizados alrededor del mundo, es importante mencionar que el proyecto fue diseñado para evaluar la efectividad de las reservas marinas en México. Por lo tanto, las metodologías utilizadas reflejan las necesidades de las comunidades costeras mexicanas, y no debe de interpretarse como un conjunto de instrucciones definitivas. Aún así, creemos que la guía ha sido creada para permitir su aplicación en otros lugares con el mismo fin.

0.1. Requisitos

MAREA y la nueva App de Costeo de Reservas son aplicaciones web, y para poder utilizarlas es necesario tener un explorador de internet y una conexión estable. Aunque no siempre tenemos acceso a internet, este formato nos evita problemas de compatibilidad entre diferentes sistemas operativos. Si tienes un explorador de internet y una conexión estable, puedes usar estas Apps.

Si participaste en uno de los cursos presenciales, el USB que recibiste contiene este manual como PDF y EPUB además de los datos sintéticos³ para los

¹<https://turfeffect.shinyapps.io/marea/>

²https://jcvdav.github.io/curso_marea/

³https://github.com/jcvdav/curso_marea/materiales/datos

ejercicios prácticos y las diapositivas del curso⁴. Puedes distribuir libremente estos materiales, o descargarlos desde el repositorio de GitHub⁵. La versión en línea siempre será la más actualizada.

0.2. Sobre este libro

0.2.1. Motivación

El desarrollo de MAREA fue motivado por la necesidad de proveer metodologías estandarizadas para evaluar las zonas de refugio pesquero, un tipo de reservas marinas diseñadas como herramientas de manejo pesquero (NOM-049-SAG/PESC, 2014). MAREA es una plataforma amigable que usa técnicas econométricas de inferencia de causalidad para estimar el efecto de una reserva en una serie de indicadores de interés. Los resultados generados pueden ser comunicados con las tarjetas de puntuaciones o con el reporte automatizado que el usuario puede descargar.

La aplicación de costeo es mucho más sencilla. Esta app permite obtener los costos de operación asociados al diseño, implementación y monitoreo y evaluación de una reserva marina comunitaria siguiendo la metodología de COBI⁶ (Uribe et al., 2010). Aunque el usuario puede agregar diferentes rubros, las categorías predeterminadas están basadas en la experiencia que COBI ha adquirido a lo largo de los años.

0.2.2. Estructura

Este manual se divide en dos partes. La Parte 1 se compone de tres capítulos: El Capítulo I presenta una revisión de otros métodos usados para evaluar reservas marinas. El Capítulo 0.5 introduce la metodología usada por MAREA, con un énfasis en los *Objetivos* e *Indicadores* utilizados, así como el modelo de Diferencias-en-Diferencias utilizado para estimar el efecto de la reserva. Finalmente el Capítulo 0.7 provee una introducción a MAREA, incluyendo el tipo y formato de datos necesarios, los 6 pasos de la evaluación, la interpretación de los resultados y una discusión de sus capacidades y limitaciones.

La Parte 2 consta de dos capítulos. El Capítulo II contiene cuatro ejercicios,

⁴https://github.com/jcvdav/curso_marea/materiales/diapositivas

⁵https://github.com/jcvdav/curso_marea

⁶<https://cobi.org.mx/>

representativos de operaciones comunes a realiza con MAREA. El Capítulo 0.15 presenta algunos de los errores comunes y sus soluciones.



Parte I

Parte I



0

Antecedentes

La evaluación de reservas marinas no es algo nuevo. Sin embargo, muy pocos trabajos las han evaluado utilizando técnicas que distingan entre correlación y causalidad. Por lo tanto, es útil hacer una recapitulación de metodologías comúnmente usadas antes de presentar la metodología utilizada por MAREA. Este capítulo se enfoca en los indicadores y diseños muestrales, presentando casos publicados en la literatura científica. Revisaremos tres diseños de muestro generales que se han utilizado en la evaluación de reservas marinas y discutiremos sus ventajas y desventajas, así como las implicaciones en el manejo.

0.3. Antes-Después

Una de las formas más comunes de evaluar reservas marinas es mediante la comparación de indicadores biológicos antes y después de la implementación de la reserva. Por ejemplo Wantiez et al. (1997) evalúan el efecto de las reservas marinas en las comunidades de peces de cinco islas en Nueva Zelanda. El trabajo compara número de especies (riqueza), número de organismos (densidades) y biomasa obtenidas para nueve sitios en 1990 y 1994. Aunque las reservas fueron establecidas en 1989, la vigilancia y cumplimiento de las reglas comienza en 1990. Aunque los autores identifican pocos cambios estadísticamente significativos (solamente dos sitios muestran un incremento en densidad), la metodología empleada ignora otros eventos que puedan haber causado los efectos observados.

Por ejemplo, es posible que entre 1990 y 1994 hayan existido intervenciones de manejo pesquero que redujeran el esfuerzo de pesca, el ambiente pudo haber sufrido cambios que modificaran la productividad del sistema, la sobrepesca de especies depredadoras o una serie de años de buen reclutamiento podrían llevar a observar incrementos en densidad (Szuwalski et al., 2017; Chavez et al., 2003). Para poder distinguir este tipo de cambios, sería necesario un sitio control con el cual comparar (Betti et al., 2017). Un sitio control podría

ser un área con hábitat similar al de la reserva, pero que presenta actividad pesquera.

La Figura 1A muestra un caso hipotético de una evaluación antes-después. En este caso, el indicador en la reserva incrementó de 4 a 9 unidades. En esta evaluación, concluiríamos que la reserva resulta en un incremento de 5 unidades al año. Sin embargo, la línea azul muestra la tendencia temporal del control, mostrada en opaco para representar que el evaluador no observa esa información.

0.4. Dentro-Fuera

Muchos trabajos evitan el problema de cambios temporales al evaluar indicadores dentro y fuera de las zonas protegidas en una fecha única. Por ejemplo, Guidetti et al. (2014) comparan 30 localidades del Mediterráneo, que dividen en reservas estrictas, reservas intermedias y áreas de pesca. El trabajo reporta diferencias en biomasa y riqueza -pero no en densidades- con las reservas estrictas mostrando el mayor efecto. Aunque el hábitat es similar entre grupos de sitios, esta aproximación no toma en cuenta las trayectorias o estados intrínsecos de cada localidad ni otras inherentes diferencias espaciales que uno debe tomar en cuenta.

En este caso, es posible que los sitios de pesca y reservas intermedias siempre mostraran menor biomasa y riqueza, incluso antes de la implementación de las reservas estrictas. También es posible que los valores dentro de las reservas se hayan mantenido constantes desde su creación, pero que las condiciones fuera de las reservas se hayan deteriorado. Cualquiera de estas situaciones podría causar los patrones observados, y un diseño muestral que compare reservas contra zonas control difícilmente podrá rechazar estas explicaciones alternas.

La Figura 1B muestra un ejemplo de una evaluación donde se compara dentro-fuera. Esta comparación indica que hay 4 unidades más en la reserva que en el control. Este ejercicio ignora el hecho de que, incluso antes de la implementación de la reserva, el sitio de reserva presentaba una diferencia de 2 unidades. En este diseño muestral el evaluador no observa los valores históricos, por lo que aparecen en opaco. Estos ejemplos muestran como los mismos datos pueden resultar en estimaciones distintas, según la información que se tome en cuenta. ¿Entonces, cuál es el valor correcto? En realidad, ninguno de estos.

0.5. Antes-Después-Dentro-Fuera

Las secciones anteriores muestran que las evaluaciones antes-después o dentro-fuera pueden ignorar factores importantes y, por lo tanto, producir estimaciones incorrectas del efecto de una reserva. ¿Esto quiere decir que las evaluaciones de Wantiez et al. (1997) y Guidetti et al. (2014) están equivocados? ¡Para nada! Sus conclusiones indican que hay diferencias a través del tiempo, o entre sitios reserva y sitios control, lo cual es cierto. Sin embargo, no es posible atribuir la totalidad de las diferencias observadas a las reservas.

Cuando hablamos de intervenciones de manejo, nos interesa saber cual es el *impacto neto* de la intervención. En este sentido, y retomando los ejemplos de las Figuras 1A-B, queremos descomponer el incremento de la reserva en sus tres partes: i) El incremento causado por la evolución temporal, ii) el incremento *aparente* causado por las diferencias originales, y iii) el *incremento neto* una vez que tomamos en cuenta los anteriores.

Por ejemplo (Moland et al., 2013; Villaseñor-Derbez et al., 2018)

Una menor cantidad de trabajos han evaluado reservas marinas con esta aproximación, pues es necesario tener datos en la reserva y el control antes y después de la implementación. Evidentemente, esto requiere de más planeación y recursos. Sin embargo, sin este diseño muestral es difícil poder descomponer los patrones observados en los cambios anteriormente mencionados.

Importancia del Contrafactual (Davies, Mees & Milner-Gulland, 2017)

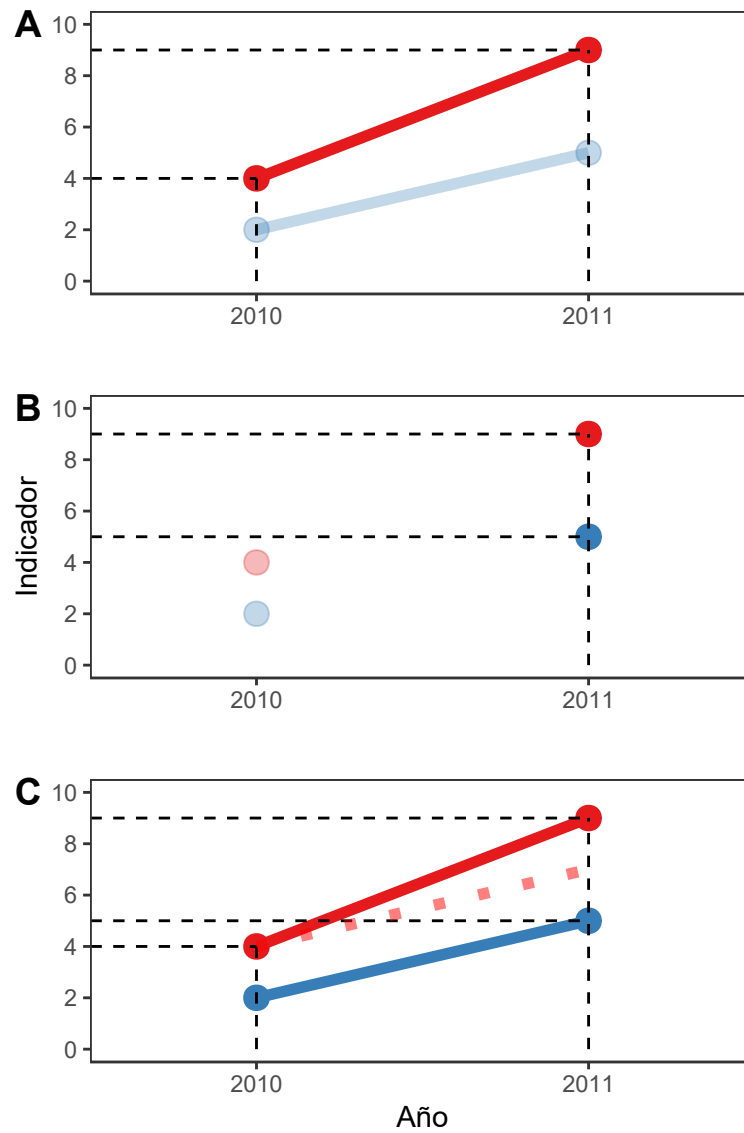


Figura 1: Ejemplos de evaluaciones antes-después (A), dentro-fuera (B) y antes-después-dentro-fuera (C) para una reserva hipotética implementada al final del 2010. Rojo representa reserva y azul control, los colores opacos indican datos no observados u omitidos en cada tipo de evaluación. La línea punteada en la figura C represente la evolución que se hubiera esperado del sitio protegido si la reserva no se hubiera implementado.

0

Metodología de MAREA

Importancia de incorporar dimensiones socioeconómicas y de gobernanza (Basurto & Nenadovic, 2012; Basurto, Gelcich & Ostrom, 2013) Halpern tripple bottom down

0.6. Objetivos e indicadores

0.7. Análisis de inferencia de causalidad



0

Introducción a MAREA

Presentaremos los pasos necesarios para evaluar una reserva con MAREA. Ya conoceremos los datos y análisis, por lo que no nos limitaremos a aprender su uso, sino comprender las operaciones y procesos que realiza. Esto permitirá anticipar errores y comprender las capacidades y limitaciones de MAREA. Comentaremos sobre la manera de prevenir errores y, en caso de que existan, reportarlos para su arreglo. Usaremos Isla Natividad como ejemplo para llevar a cabo la evaluación de la reserva de “La Plana / Las Cuevas”.

0.8. Tipos y formatos de datos

Para poder usar MAREA sin problemas, es necesario que los datos tengan el formato correcto. Se presentarán los conceptos de datos largos y anchos, y discutiremos sobre las ventajas de cada uno. Usaremos bases en ambos formatos para identificar las ventajas / desventajas de cada una y justificaremos el uso de datos largos en MAREA. Hablaremos sobre buenas prácticas de mantenimiento de bases de datos, nombres de columnas y metadatos. Terminaremos hablando de las extensiones (e.g. *.csv) en las que se pueden exportar los datos / importar datos desde Excel.

0.9. Evaluación de reservas en 6 etapas

0.10. Interpretación de resultados

Comenzaremos por describir los resultados que produce MAREA: la tabla de puntuación y el reporte técnico. Primero discutiremos sobre el desempeño de la reserva utilizando únicamente la tabla de puntuación. Después, descargaremos

el reporte técnico que produce MAREA para llegar a conclusiones definitivas sobre el desempeño de la reserva.

0.11. Capacidades y limitaciones

Parte II

Parte II



0

Uso de MAREA

0.12. Indicadores biológicos para 1 reserva

0.13. Indicadores biológicos y especie objetivo para 1 reserva

0.14. Todos los indicadores para 1 reserva

0.15. Indicadores biológicos para varias reservas, simultáneamente



0

Errores y soluciones

0.16. Especie / Indicador no tiene diseño BACI

0.17. Diferentes especies en bases biológicas vs pesca



Datos sintéticos

Este apéndice muestra el código usado para obtener los datos sintéticos del curso y el manual de evaluación. Primero, debemos definir una serie de variables que contengan los valores predeterminados o rangos de valores que cada variable puede tomar. Para los propósitos del curso, generaremos únicamente información biológica y económica de peces.

```
# Cargamos los paquetes que necesitamos
suppressPackageStartupMessages({
  library(magrittr)
  library(tidyverse)
})

#####
# Generar variables predeterminadas
#####

# Las fechas estaran centradas en el día 1 de cada mes
dia <- 1

# Los muestreos ocurren aleatoriamente entre abril y junio
mes <- 4:6

# Generaremos datos del 200 al 2018
ano <- 2000:2018

# El estado va a ser NA
estado <- NA

# La comunidad imaginaria va a ser Las Positas
comunidad <- "Las Positas"

# En Las Positas hay 4 sitios, dos reservas y dos controles
# el tipo de sitio se define mas adelante
sitio <- c("Las cruces",
           "Cerro prieto",
           "Calencho",
           "Popotla")
```

```
# No es necesario definir el habitat
habitat <- NA

# La zona es determinada con esta funcion
zona <- function(sitio){
  ifelse(sitio %in% c("Las cruces",
                    "Cerro prieto"),
        "Reserva",
        "Control")
}

# Tipo de proteccion es NA
tipo_proteccion <- NA

# ANP es NA
ANP <- NA

# Lista de posibles buzos monitores (http://www.laff.bren.ucsb.edu/laff-network/alumni)
buzo_monitor <- c("Caio Faro",
                  "Alexandra Smith",
                  "Diana Flores",
                  "Ignacia Rivera",
                  "Wagner Quiros",
                  "Gonzalo Banda",
                  "Camila Vargas",
                  "Diego Undurraga",
                  "Denise Garcia",
                  "Cristobal Libertad",
                  "Catalina Milagros")

# Horas iniciales arbitrarias
hora_inicial <- c("6:50", "8:40", "10:20", "12:15", "13:40", "14:45", "15:20")

# Rango de profundidades iniciales posibles
profundidad_inicial <- 5:27

# Esta funcion inventa una profundidad final
# segun la profundidad inicial
profundidad_final <- function(profundidad_inicial){
  round(profundidad_inicial + rnorm(n = 1, mean = 0, sd = 1), digits = 1)
}

# Rango de temperaturas
```

```

temperatura <- 25:27

# Rango de visibilidades
visibilidad <- 3:12

# Corriente es NA
corriente <- NA

# Numeros de transectos
transecto <- 1:12

# Crear un origen en comun para las secuencias aleatorias
set.seed(42)

# De la lista de especies filtramos para tener
# especies menores a 160 cm y que tengan todos
# los parametros de a,b, NT y Lmax
spp <- MPAtools::species_bio %>%
  filter(Lmax < 160) %>%
  select(GeneroEspecie, a, b, NT, Lmax) %>%
  drop_na() %>%
  sample_n(15)

# Crear un vector con todas las especies
genero_especie <- spp$GeneroEspecie

# Esta funcion inventa una talla observada con una
# distribucion normal con promedio = la mitad entre
# 0 y la longitud maxima reportada y desviacion
# estandar = 0.3 * el promedio
tallas <- function(spp, generoespecie){

  # calcular talla media
  talla <- spp %>%
    filter(GeneroEspecie == generoespecie) %$%
    Lmax / 2

  # obtener ruido al rededor de la talla media
  noise <- rnorm(n = 1, mean = 0, sd = 0.3 * talla / 2)

  # Redondear para evitar decimales
  round(talla + noise)
}

```

```
# Esta funcion regresa la abundancia de la especie
# que es un numero que sigue una distribucion de
# poisson con Lambda = 12
mean_sp <- function(generoespecie){
  rpois(n = 1, lambda = 12)
}

# Esta funcion regresa el par RC para cada sitio
rc <- function(sitio){
  ifelse(sitio %in% c("Las cruces",
                    "Calencho"),
        "Las cruces - Calencho",
        "Cerro prieto - Popotla")
}
```

```
#####
# Simular datos
#####

# Crear un data.frame vacio
datos <- tibble(Dia = NA,
                Mes = NA,
                Ano = NA,
                Estado = NA,
                Comunidad = NA,
                Sitio = NA,
                Latitud = NA,
                Longitud = NA,
                Habitat = NA,
                Zona = NA,
                TipoProteccion = NA,
                ANP = NA,
                BuzoMonitor = NA,
                HoraInicial = NA,
                ProfundidadInicial = NA,
                ProfundidadFinal = NA,
                Temperatura = NA,
                Visibilidad = NA,
                Corriente = NA,
                Transecto = NA,
                Genero = NA,
                Especie = NA,
                GeneroEspecie = NA,
```

```
Sexo = NA,  
Talla = NA,  
ClaseTalla = NA,  
Abundancia = NA,  
RC = NA)  
  
# Definir un ciclo para iterar cada año  
for(i in ano){  
  # El año es determinado por el ciclo  
  Ano <- i  
  
  # El estado es constante  
  Estado <- estado  
  
  # La comunidad es constante  
  Comunidad <- comunidad  
  
  # Definir un ciclo para iterar cada sitio  
  for(j in sitio){  
  
    # El sitio es determinado por el ciclo  
    Sitio <- j  
  
    # La latitud y longitud son NAs  
    Latitud <- NA  
    Longitud <- NA  
  
    # El habitat es constante (NA)  
    Habitat <- habitat  
  
    # Definir la zona según la función anterior  
    Zona <- zona(j)  
  
    # El tipo de protección es constante (NA)  
    TipoProteccion <- tipo_proteccion  
  
    # El ANP es constante (NA)  
    ANP <- ANP  
  
    # Definir un ciclo para iterar cada transecto  
    for(k in transecto){  
  
      Dia <- dia
```

```
# Aleatoriamente muestreamos un mes de la lista anterior (mes)
Mes <- sample(x = mes,
              size = 1L)

# Escoger aleatoriamente un buzo monitor
BuzoMonitor <- sample(x = buzo_monitor,
                      size = 1L)

# Escoger aleatoriamente la hora inicial
HoraInicial <- hora_inicial[sample(x = 1:7,
                                   size = 1L)]

# Escoger aleatoriamente la profundidad inicial
ProfundidadInicial <- sample(x = profundidad_inicial,
                             size = 1L)

# Calcular la profundidad final segun la funcion anterior
ProfundidadFinal <- profundidad_final(ProfundidadInicial)

# Escoger una temperatura aleatoria
Temperatura <- sample(x = temperatura,
                      size = 1L)

# Escoger una visibilidad aleatoria
Visibilidad <- sample(x = visibilidad,
                      size = 1L)

# Corriente es NA
Corriente <- NA

# El transecto esta determinado por el ciclo
Transecto <- k

# Obtener un numero aleatorio para la riqueza
n_spp <- runif(n = 1, min = 0, max = 10) %>%
  as.integer()

# Muestrear la lista de especies para obtener las
# observadas en este transecto
GeneroEspecie <- sample(genero_especie,
                         size = n_spp)

# Sexo es NA
Sexo <- NA
```

```

# La funcion rc me dice los pares RC
RC <- rc(Sitio)

# Definir un ciclo para iterar cada especie
for(l in GeneroEspecie){

  # Separar genero y especie
  Genero <- str_split(l, " ")[[1]][[1]]
  Especie <- str_split(l, " ")[[1]][[2]]

  # Obtener un numero aleatorio entre 1 y 5 para
  # definir el numero de grupos de tallas observados
  nobs <- sample(x = 1:5, size = 1L)

  # Definir un ciclo para iterar cada grupo de observaciones de una spp
  for(m in 1:nobs){

    # Escoger una talla aleatoria segun la funcion anterior
    Talla <- tallas(spp = spp, generoespecie = l)

    # Clase talla es constante (NA)
    ClaseTalla <- NA

    # Muestrear una abundancia segun la funcion
    Abundancia <- mean_sp(generoespecie = l)

    # Juntar las observaciones de este grupo de tallas
    datos_ijklm <- tibble(Dia,
                          Mes,
                          Ano,
                          Estado,
                          Comunidad,
                          Sitio,
                          Latitud,
                          Longitud,
                          Habitat,
                          Zona,
                          TipoProteccion,
                          ANP,
                          BuzoMonitor,
                          HoraInicial,
                          ProfundidadInicial,
                          ProfundidadFinal,
                          Temperatura,

```

```

        Visibilidad,
        Corriente,
        Transecto,
        Genero,
        Especie,
        GeneroEspecie = 1,
        Sexo,
        Talla,
        ClaseTalla,
        Abundancia,
        RC)

    datos <- rbind(datos, datos_ijklm)
  } # Fin nobs
} # Fin especie
} # Fin transecto
} # Fin sitio
} # Fin años

# Borrar los NAs originales y agrupar grupos de
# talla en caso de que esten duplicados
datos %<>%
  drop_na(dia) %>%
  group_by(Dia, Mes, Ano, Estado, Comunidad, Sitio, Latitud,
            Longitud, Habitat, Zona, TipoProteccion, ANP, BuzoMonitor,
            HoraInicial, ProfundidadInicial, ProfundidadFinal,
            Temperatura, Visibilidad, Corriente, Transecto, Genero,
            Especie, GeneroEspecie, Sexo, Talla, ClaseTalla, RC) %>%
  summarize(Abundancia = sum(Abundancia, na.rm = T)) %>%
  ungroup() %>%
  select(Dia, Mes, Ano, Estado, Comunidad, Sitio, Latitud,
          Longitud, Habitat, Zona, TipoProteccion, ANP, BuzoMonitor,
          HoraInicial, ProfundidadInicial, ProfundidadFinal,
          Temperatura, Visibilidad, Corriente, Transecto, Genero,
          Especie, GeneroEspecie, Sexo, Talla, ClaseTalla, Abundancia, RC)

# Graficar los datos
datos %>%
  ggplot(aes(x = Ano, y = Abundancia, color = Zona, group = Sitio, linetype = RC)) +
  geom_point(alpha = 0.5, size = 0.5) +
  stat_summary(geom = "line", fun.y = "mean", size = 1) +
  facet_wrap(~GeneroEspecie, ncol = 3, scales = "free_y") +
  startR::ggtheme_plot() +

```



```
theme(legend.position = "top") +
scale_color_brewer(palette = "Set1") +
xlab("Año")
```

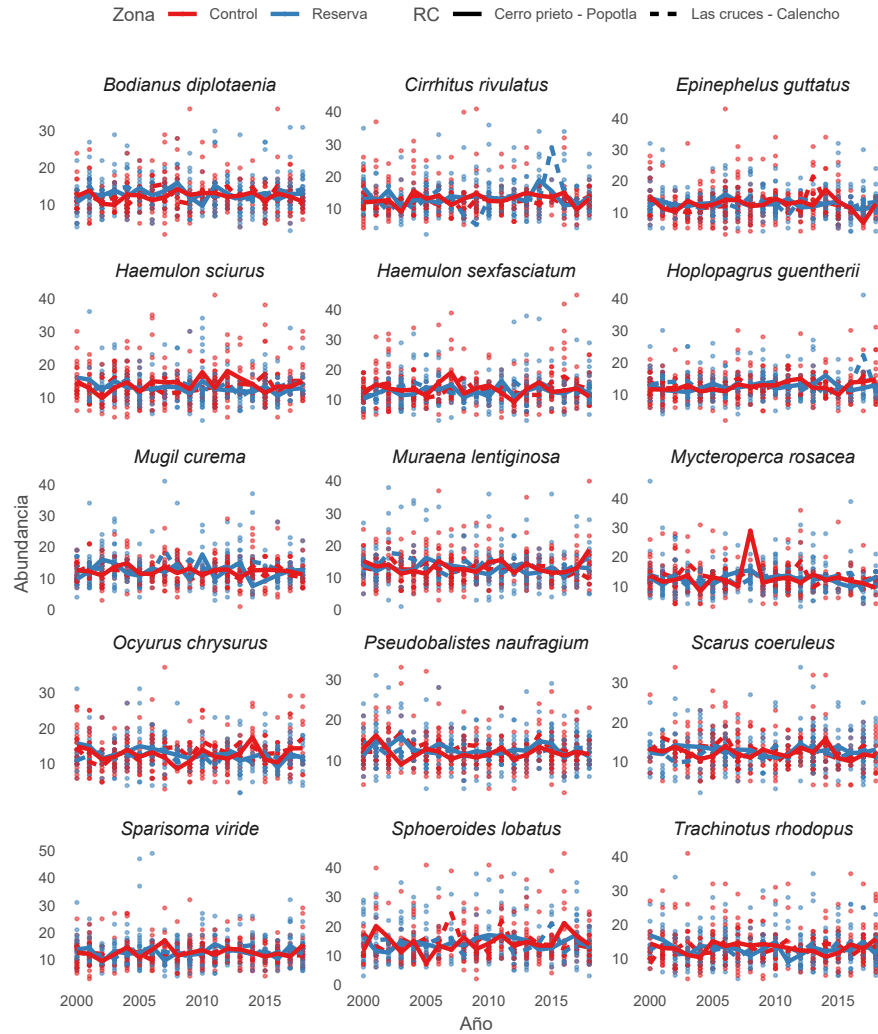


Figura 2: Series de tiempo de los datos antes de agregar tendencias

```
# Ahora agregamos tendencias en abundancias y tallas.
# Las abundancias aumentan un 10% cada año despues del 2000.
```

```

# Las tallas aumentan 1 cm cada año.
datos <- datos %>%
  mutate(neg = ifelse(RC == "Cerro prieto - Popotla", -1, 1),
         Abundancia = ifelse(Zona == "Reserva" & Ano > 2000,
                              Abundancia * (1 + (neg * ((Ano - 2000) * 0.1))),
                              Abundancia),
         Talla = ifelse(Zona == "Reserva" & Ano > 2000,
                        Talla + (neg * ((Ano - 2000) * 1)),
                        Talla)) %>%

select(-neg)

```

```

# Graficar los datos
datos %>%
  ggplot(aes(x = Ano, y = Abundancia, color = Zona, group = Sitio, linetype = RC)) +
  geom_point(alpha = 0.5, size = 0.5) +
  stat_summary(geom = "line", fun.y = "mean", size = 1) +
  facet_wrap(~GeneroEspecie, ncol = 3, scales = "free_y") +
  startR::ggtheme_plot() +
  theme(legend.position = "top") +
  scale_color_brewer(palette = "Set1") +
  xlab("Año")

```

```

# Graficar los datos
datos %>%
  ggplot(aes(x = Ano, y = Talla, color = Zona, group = Sitio, linetype = RC)) +
  geom_point(alpha = 0.5, size = 0.5) +
  stat_summary(geom = "line", fun.y = "mean", size = 1) +
  facet_wrap(~GeneroEspecie, ncol = 3, scales = "free_y") +
  startR::ggtheme_plot() +
  theme(legend.position = "top") +
  scale_color_brewer(palette = "Set1") +
  xlab("Año")

```

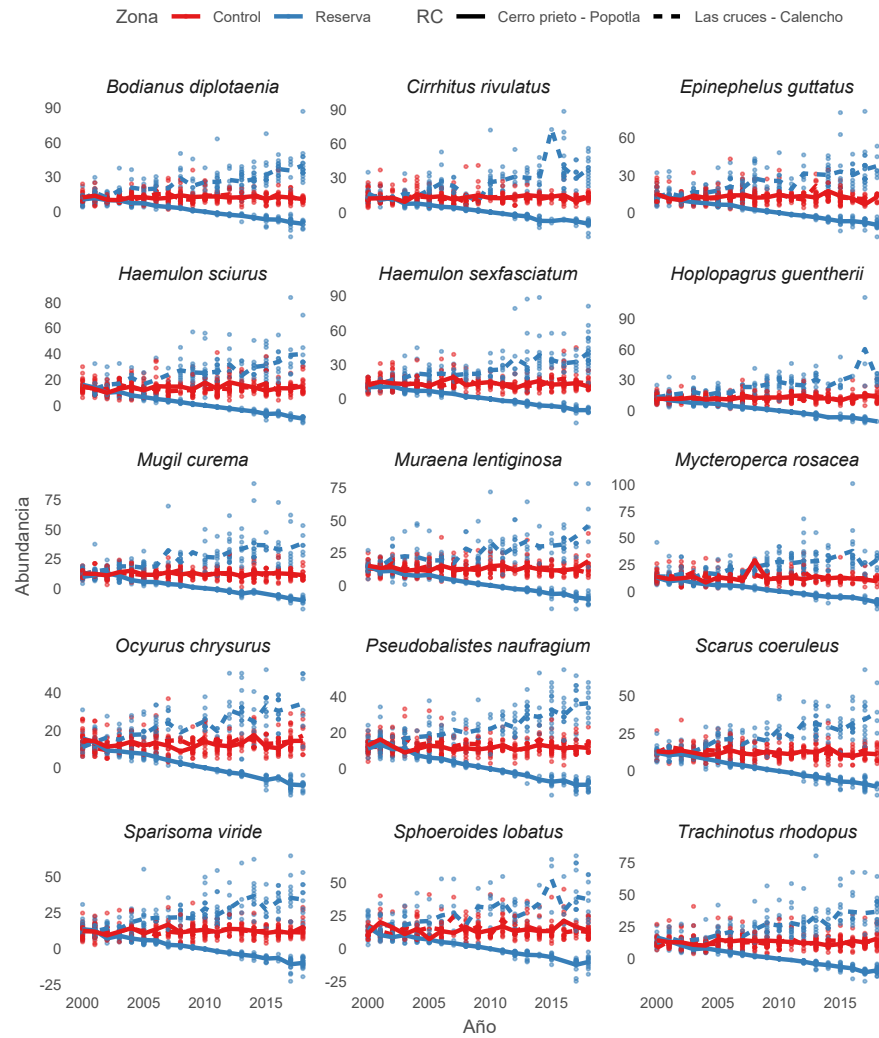


Figura 3: Series de tiempo de las abundancias con tendencias (10 % anual) después del primer año. Note como una reserva funciona y otra no.

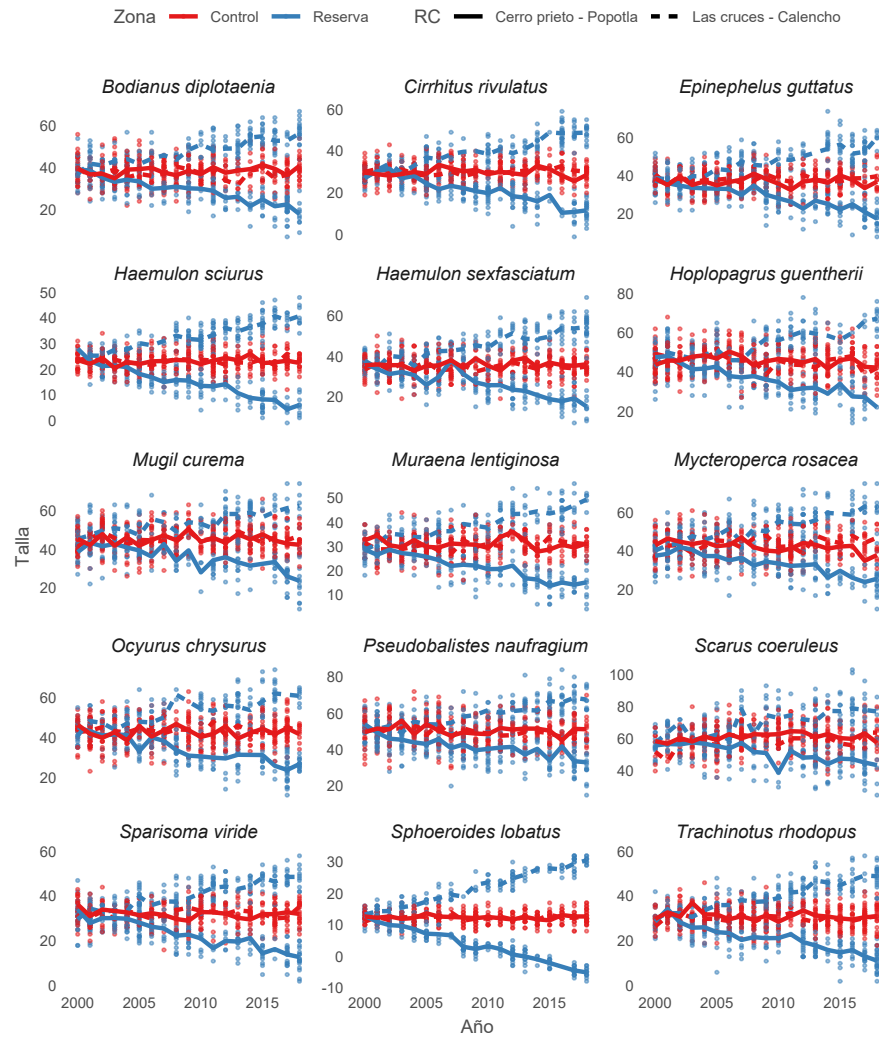


Figura 4: Series de tiempo de las tallas con tendencias (+2 cm anual) después del primer año. Note como una reserva funciona y otra no.

Bibliografía

- Betti, F., Bavestrello, G., Bo, M., Asnaghi, V., Chiantore, M., Bava, S., and Cattaneo-Vietti, R. (2017). Over 10 years of variation in mediterranean reef benthic communities. *Marine Ecology*, 38(3):e12439.
- Chavez, F. P., Ryan, J., Lluch-Cota, S. E., and Niquen C, M. (2003). From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the pacific ocean. *Science*, 299(5604):217–221.
- Guidetti, P., Baiata, P., Ballesteros, E., Di Franco, A., Hereu, B., Macpherson, E., Micheli, F., Pais, A., Panzalis, P., Rosenberg, A. A., Zabala, M., and Sala, E. (2014). Large-scale assessment of mediterranean marine protected areas effects on fish assemblages. *PLoS ONE*, 9(4):e91841.
- Moland, E., Olsen, E. M., Knutsen, H., Garrigou, P., Espeland, S. H., Kleiven, A. R., Andre, C., and Knutsen, J. A. (2013). Lobster and cod benefit from small-scale northern marine protected areas: inference from an empirical before-after control-impact study. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1754):20122679–20122679.
- NOM-049-SAG/PESC (2014). Norma oficial mexicana nom-049-sag/pesc-2014, que determina el procedimiento para establecer zonas de refugio para los recursos pesqueros en aguas de jurisdicción federal de los estados unidos mexicanos. *DOF*.
- Szuwalski, C. S., Burgess, M. G., Costello, C., and Gaines, S. D. (2017). High fishery catches through trophic cascades in china. *Proc Natl Acad Sci USA*, 114(4):717–721.
- Uribe, P., Moguel, S., Torre, J., Bourillon, L., and Saenz, A. (2010). *Implementación de Reservas Marinas en México*. Mexico, 1st edition.
- Villaseñor-Derbez, J. C., Faro, C., Wright, M., and Martínez, J. (2017). Una guía para evaluar la efectividad de las zonas de no pesca en México. Technical report, TURFeffect.
- Villaseñor-Derbez, J. C., Faro, C., Wright, M., Martínez, J., Fitzgerald, S., Fulton, S., Mancha-Cisneros, M. d. M., McDonald, G., Micheli, F., Suárez, A., Torre, J., and Costello, C. (2018). A user-friendly tool to evaluate the effectiveness of no-take marine reserves. *PLOS ONE*, 13(1):1–21.
- Wantiez, L., Thollot, P., and Kulbicki, M. (1997). Effects of marine reserves

on coral reef fish communities from five islands in new caledonia. *Coral Reefs*, 16(4):215–224.