

Diseño de un estudio de delfines en el Pacífico oriental tropical (POT)

Cornelia S. Oedekoven¹, Stephen T. Buckland¹, Laura Marshall¹ &
Cleridy E. Lennert-Cody²

[MOP-37-02]

¹ Centre for Research into Ecological and Environmental Modelling, University of St Andrews,
The Observatory, Buchanan Gardens, KY16 9LZ, UK

² Inter-American Tropical Tuna Commission, 8901 La Jolla Shores Drive, La Jolla CA 92037-1509, USA



CREEM

Centre for Research into Ecological
and Environmental Modelling

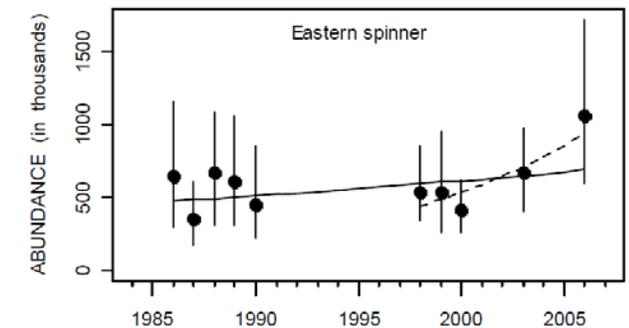
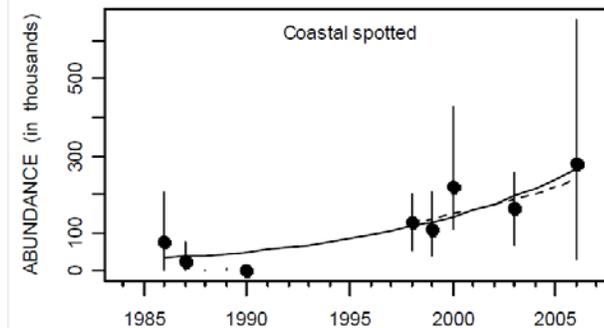
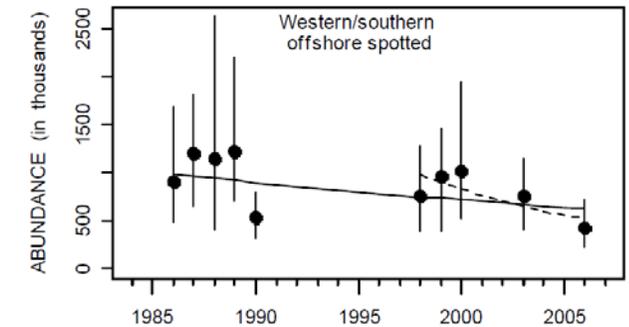
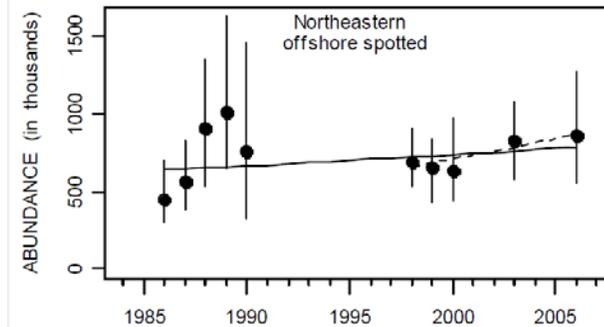
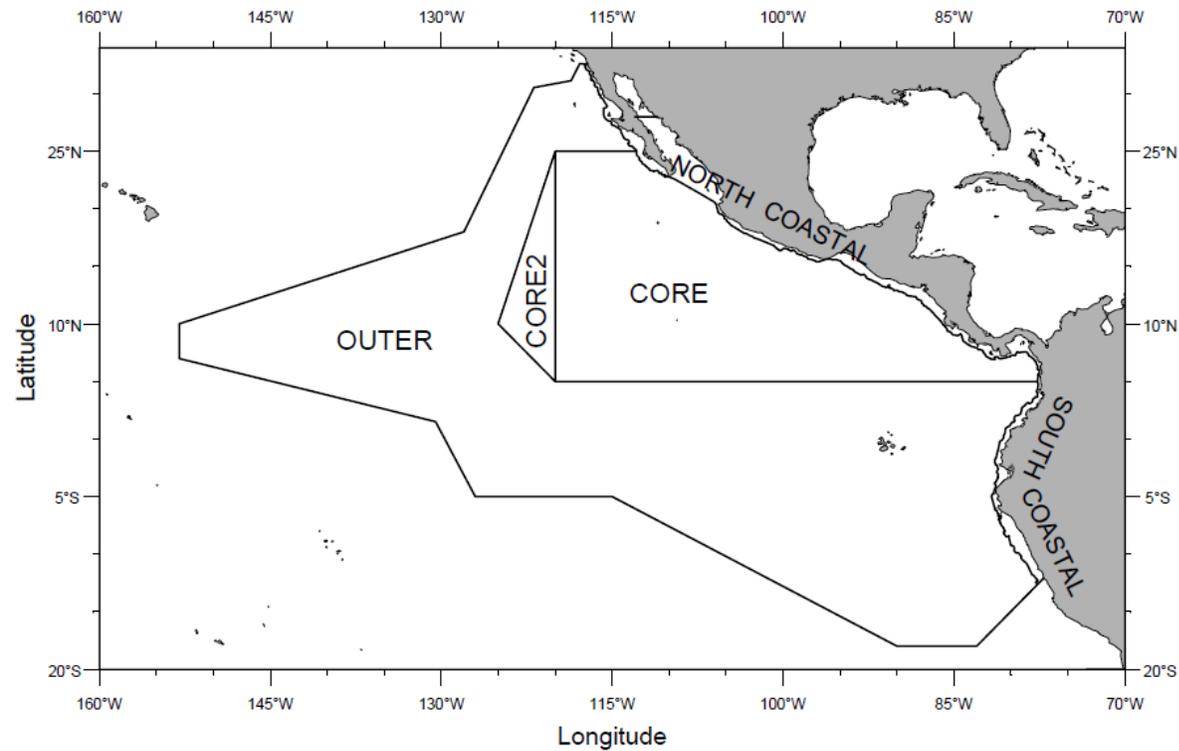


University of
St Andrews



Estudios previos de NMFS de las poblaciones de delfines del POT

➤ Estratos y estimaciones de abundancia de estudios recientes



Problemas para el próximo estudio

- Uso potencial de buques atuneros
 - ¿Comparable con estudios previos?
- Barlow (2015): probabilidad de detección en la línea de derrota $g(0) < 1$ para Beaufort > 0
 - ¿Estimaciones sesgadas?

Probabilidad estimada de detección en la línea de derrota $g(0)$ relativa a Beaufort 0 (Barlow 2015).

	Número de avistamientos usado para estimaciones	Estado del mar Beaufort						
Especie		0	1	2	3	4	5	6
Delfín manchado (<i>S. attenuata</i>)	1,653	1	0.73	0.53	0.39	0.28	0.21	0.15
CV			0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18

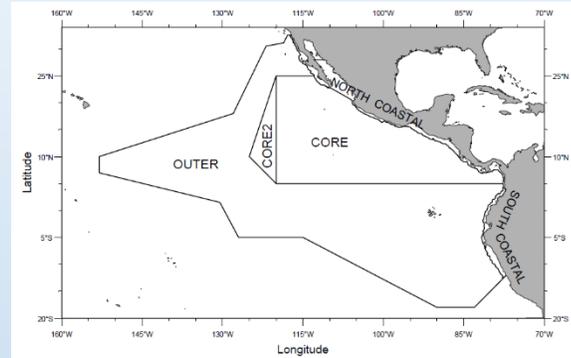
Objetivos del próximo estudio en el POT

1. Estimar la abundancia *relativa* de las poblaciones prioritarias
 - Produce estimaciones de tendencias
 - Necesita comparabilidad con estudios pasados
2. Estimar la abundancia *absoluta* de las poblaciones prioritarias
 - Límites de mortalidad por población
 - Condición de las poblaciones
 - Necesita estimación de $g(0)$

Área del estudio y poblaciones prioritarias

Área del estudio:

Área y estratos STAR06



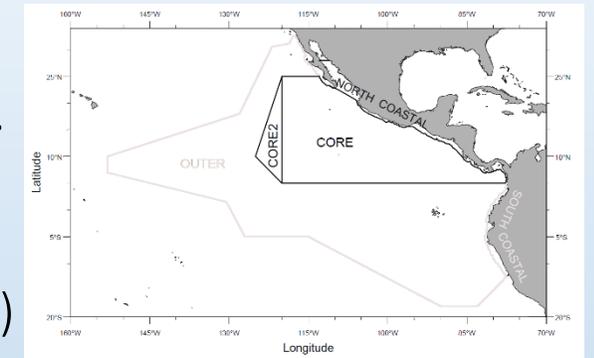
A. 10 poblaciones de Gerrodette et al. (2008)

Especie	Nombre científico	Población
Delfín manchado	<i>Stenella attenuata</i>	Alta mar nororiental
Delfín manchado	<i>S. attenuata</i>	Alta mar occidental/sureño
Delfín manchado	<i>S. attenuata graffmani</i>	Costero
Delfín tornillo	<i>S. longirostris orientalis</i>	Oriental
Delfín tornillo	<i>S. longirostris</i>	Panza blanca
Delfín listado	<i>S. coeruleoalba</i>	
Delfín de dientes rugosos	<i>Steno bredanensis</i>	
Delfín común trompa corta	<i>Delphinus delphis</i>	Norteño, central y sureño combinados
Tonina	<i>Tursiops truncatus</i>	
Del fin de Risso'	<i>Grampus griseus</i>	

Área del estudio:

Estratos CORE, CORE2 y N. COASTAL

(sólo los estratos donde ocurren estas poblaciones)



B. Principales poblaciones clasificadas como 'reducidas' por el MMPA (www.mmc.gov)

Especie	Nombre científico	Población
Delfín manchado	<i>Stenella attenuata</i>	Alta mar nororiental
Delfín tornillo	<i>S. longirostris orientalis</i>	Oriental

Drones para el próximo estudio en el POT

Abordar el problema de $g(0)$ y calibración de buques

- Monitorear la zona delante del buque para métodos de muestreo a distancia con marcado y recaptura (Borchers 2012)

Calibración del tamaño de manadas

- Imágenes de alta resolución

Alternativas a drones

- Aviones
- Helicópteros

Ventajas de drones

- Más seguros
- Menos detectables por delfines y observadores
- Estados del mar Beaufort potencialmente más altos
- Más horas de operación
- Aviones limitados a operar cerca de la costa



Flexrotor operado por Precision Aviation www.flyprecision.com

Secuencia de eventos

- Estudio de prueba en julio - septiembre 2019
- Estudio principal en julio - diciembre 2020

Estudio de prueba

Justificación

- Estudio piloto
- Calibración de buques¹
- Probar utilidad de drones para
 - Evaluar cuestión de $g(0)^2$
 - Calibración del tamaño de manada

Duración³

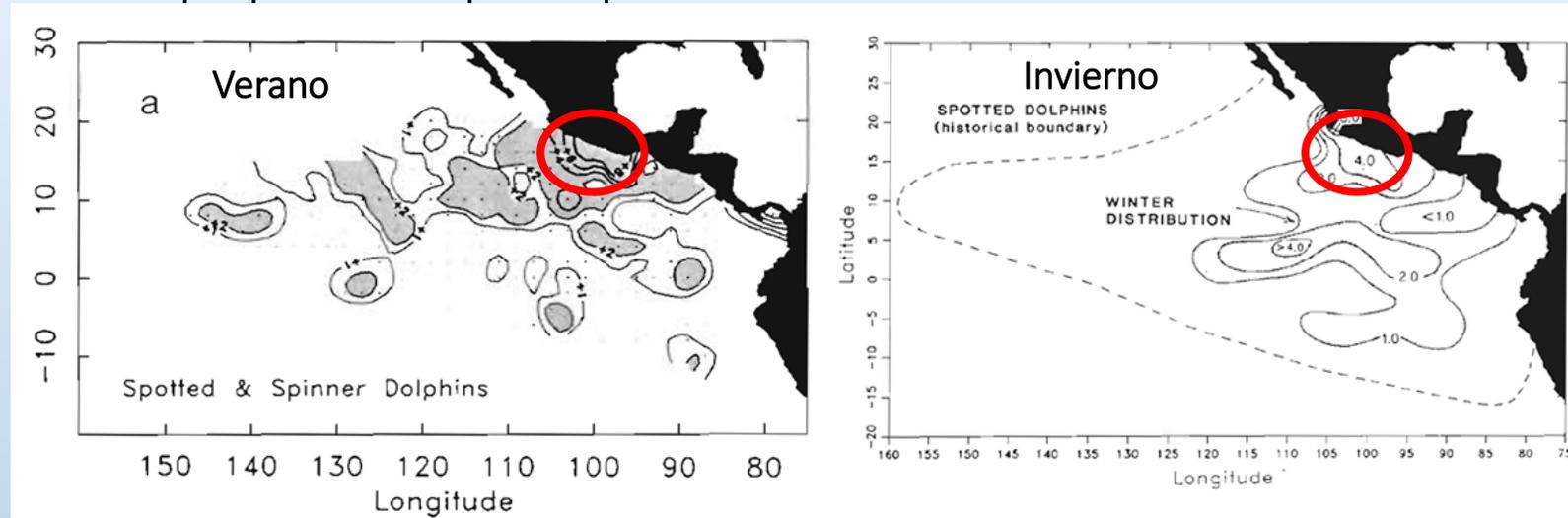
- 30 días con calibración de buques
 - 1 buque atunero + 1 buque de investigación
- 14 días sin calibración de buques
 - 1 buque de investigación

¹ Si se usan buques atuneros en el estudio principal

² Con el objetivo 2 y/o si se usan buques atuneros en el estudio principal

³ + 5 días de tránsito de y a San Diego

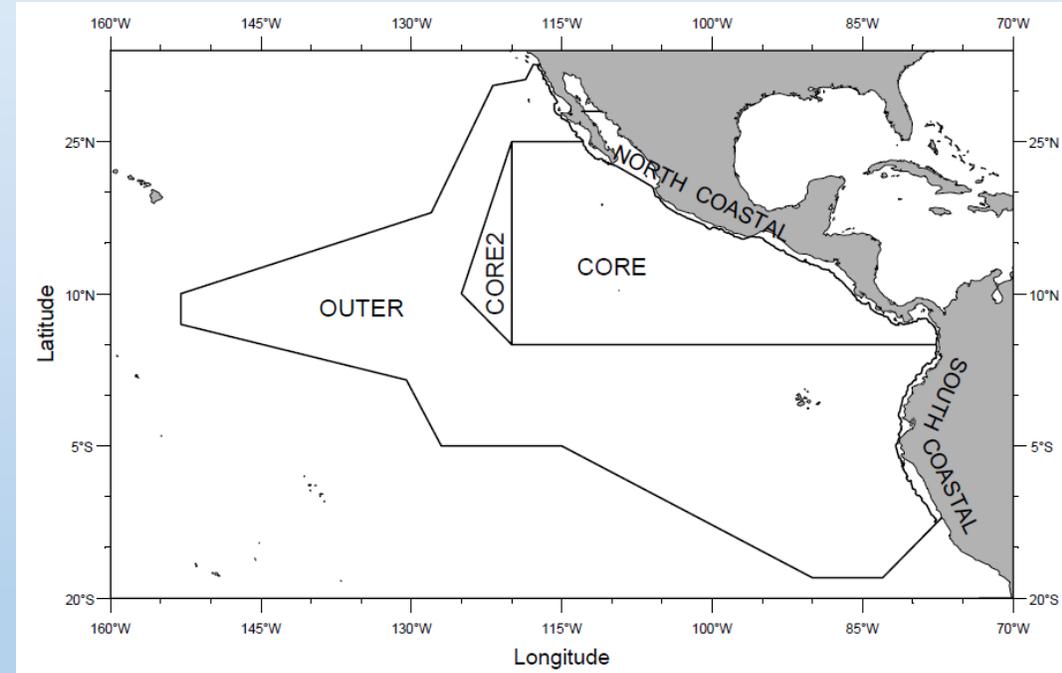
Área: tasas de encuentro máximas esperadas



Distribuciones de verano e invierno de los delfines manchado y tornillo en el POT (Reilly 1990).

Estudio principal: Diseño 1

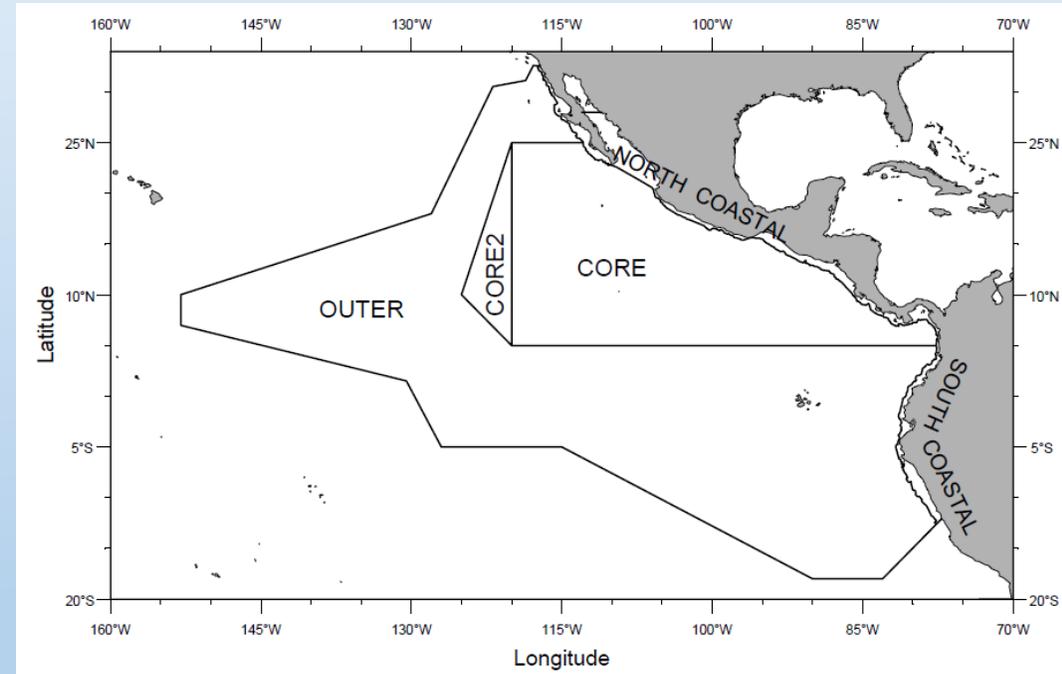
- Abordar objetivos 1 y 2
 1. Estimaciones comparables de la abundancia *relativa*
 2. Estimaciones de la abundancia *absoluta*
- Poblaciones prioritarias A
 - 10 poblaciones de Gerrodette et al. (2008)
- Dos buques, 120 días en el mar cada uno
- Uno o dos drones
- Mismos estratos que en STAR06 con asignación proporcional de esfuerzo



Área del estudio y estratos iguales que en STAR06

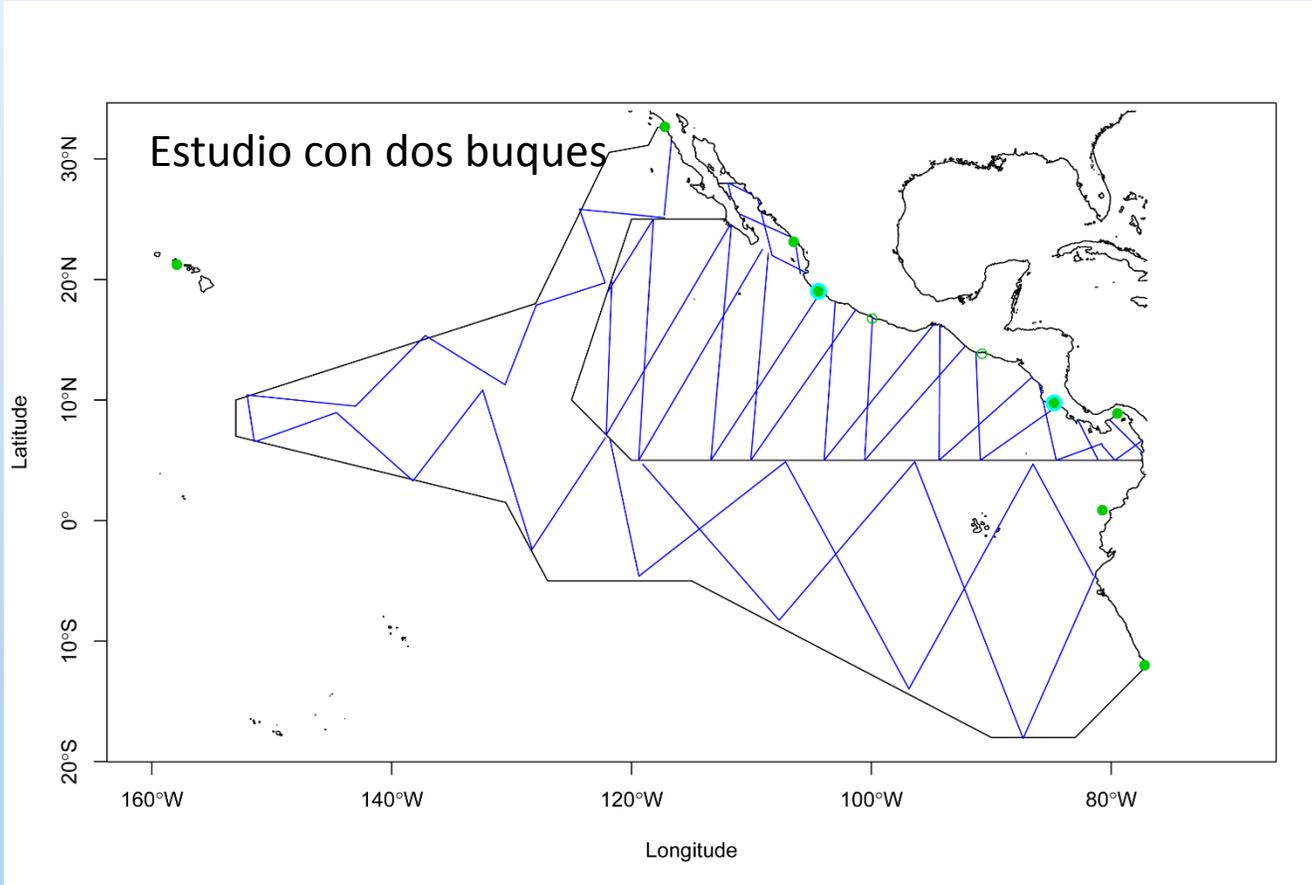
Estudio principal: Diseño 2

- Abordar objetivo 1
 1. Estimaciones comparables de la abundancia *relativa*
 2. ~~Estimaciones de la abundancia *absoluta*~~
- Poblaciones prioritarias A
 - 10 poblaciones de Gerrodette et al. (2008)
- Dos buques, 120 días en el mar cada uno
- Uno o dos drones **para calibración de tamaños de manada**
- Mismos estratos que en STAR06 con asignación proporcional de esfuerzo



Área del estudio y estratos iguales que en STAR06

Ejemplo de estudio principal: Diseño 1 y Diseño 2

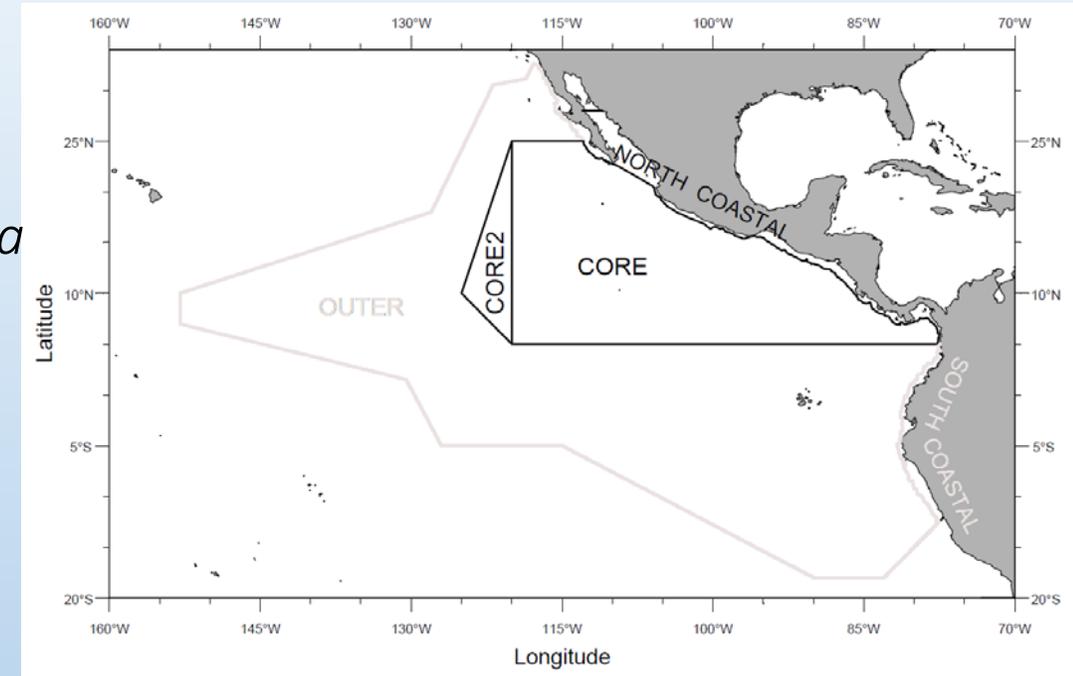


- La razón de esfuerzo/área es $\sim 3 \times$ mayor en CORE, CORE2 y N. COASTAL comparado con OUTER y S. COASTAL.

Distancia total de transectos realizados es $\sim 61,000$ km (incluyendo transectos nocturnos).
Puertos potenciales en verde.

Estudio principal: Diseño 3

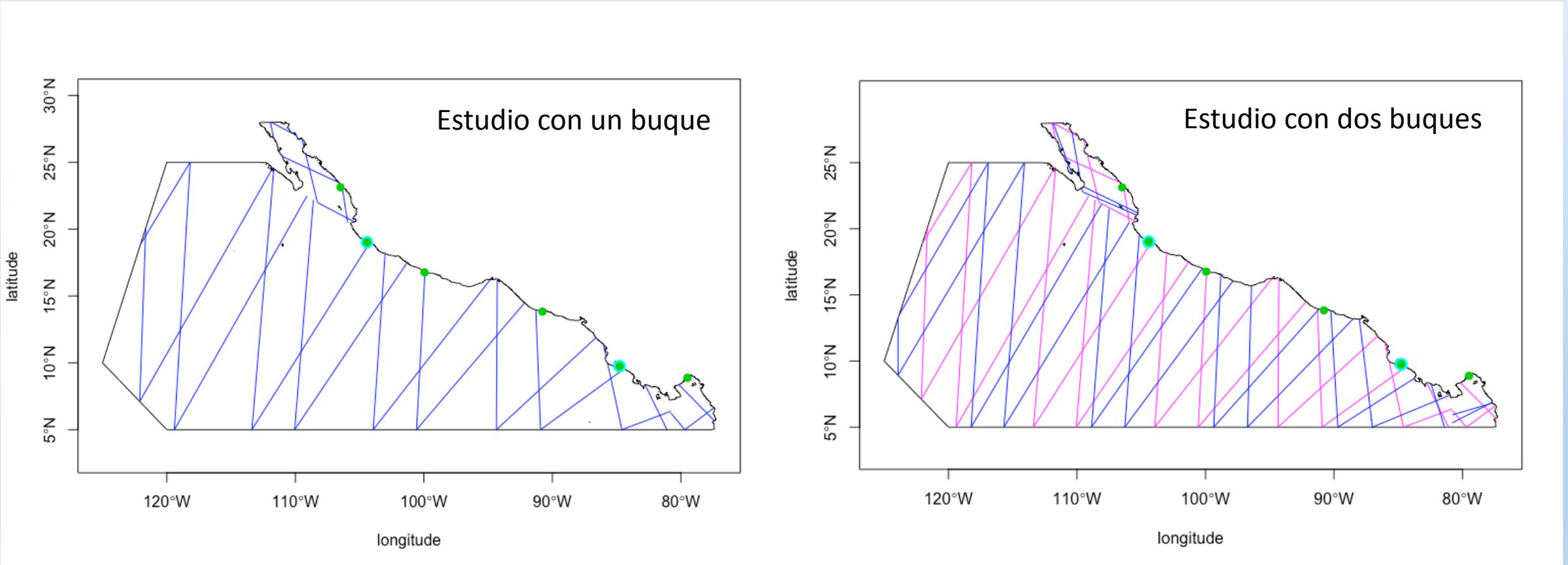
- Abordar objetivos 1 y 2
 1. Estimaciones comparables de la abundancia *relativa*
 2. Estimaciones de la abundancia *absoluta*
- Poblaciones prioritarias B
 - 10 poblaciones principales
- Uno o dos buques, 120 días en el mar cada uno
- Uno o dos drones
- Sólo estratos CORE, CORE2 y N. COASTAL



Área del estudio limitada a estratos CORE, CORE2 y N. COASTAL

Ejemplo de estudio principal: Diseño 3

Transectos en los estratos CORE, CORE2 y N. COASTAL usando un diseño en zigzag con espacios iguales de 500km



Distancia total de transectos realizados, incluyendo transectos nocturnos, es $\sim 31,000\text{km}$ (un buque) o $\sim 62,000\text{km}$ (dos buques).
Puertos potenciales en verde.

¿Diseño 1 o Diseño 2?

Abundancia absoluta

$g(0)$ estimado relativo a Beaufort 0 (Barlow 2015) y esfuerzo de STAR06 (Jackson et al. 2008).

Beaufort	$g(0)$ <i>S. attenuata</i>	Esfuerzo (km) STAR06
0	1	100.1
1	0.73	375.4
2	0.53	1,729.8
3	0.39	3,212.2
4	0.28	9,375.5
5	0.21	6,952.1
6	0.15	492.1
Promedio ponderado	0.30	
Factor de ajuste para STAR06	$1/0.30 = 3.32$	

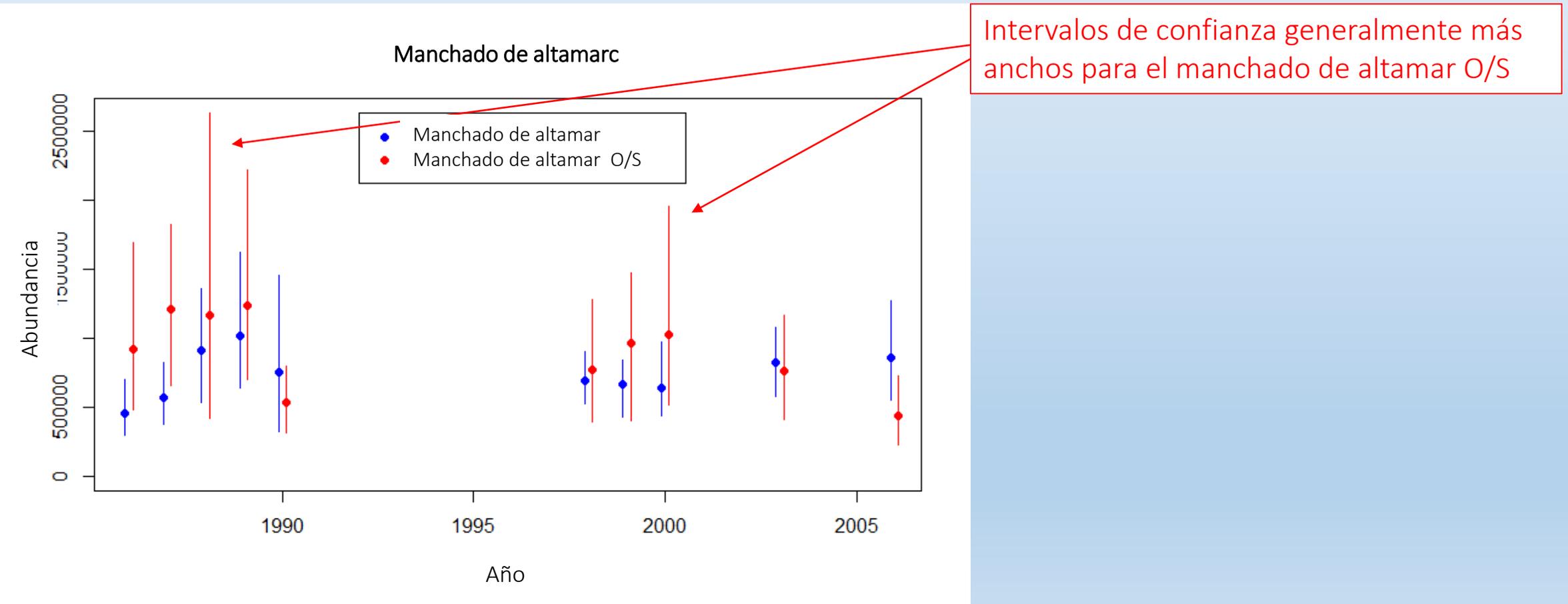
- Mayoría del esfuerzo durante estados del mar 3 – 5 donde $g(0)$ de Barlow $\ll 1$
- Efecto sobre estimaciones de abundancia ~ 3.3 veces mayor
- Necesitamos verificar las estimaciones de $g(0)$ con un estudio de campo.

← **¡¡¡Aproximación!!!**

¿Diseño 1 o Diseño 3?

Poblaciones prioritarias A o B

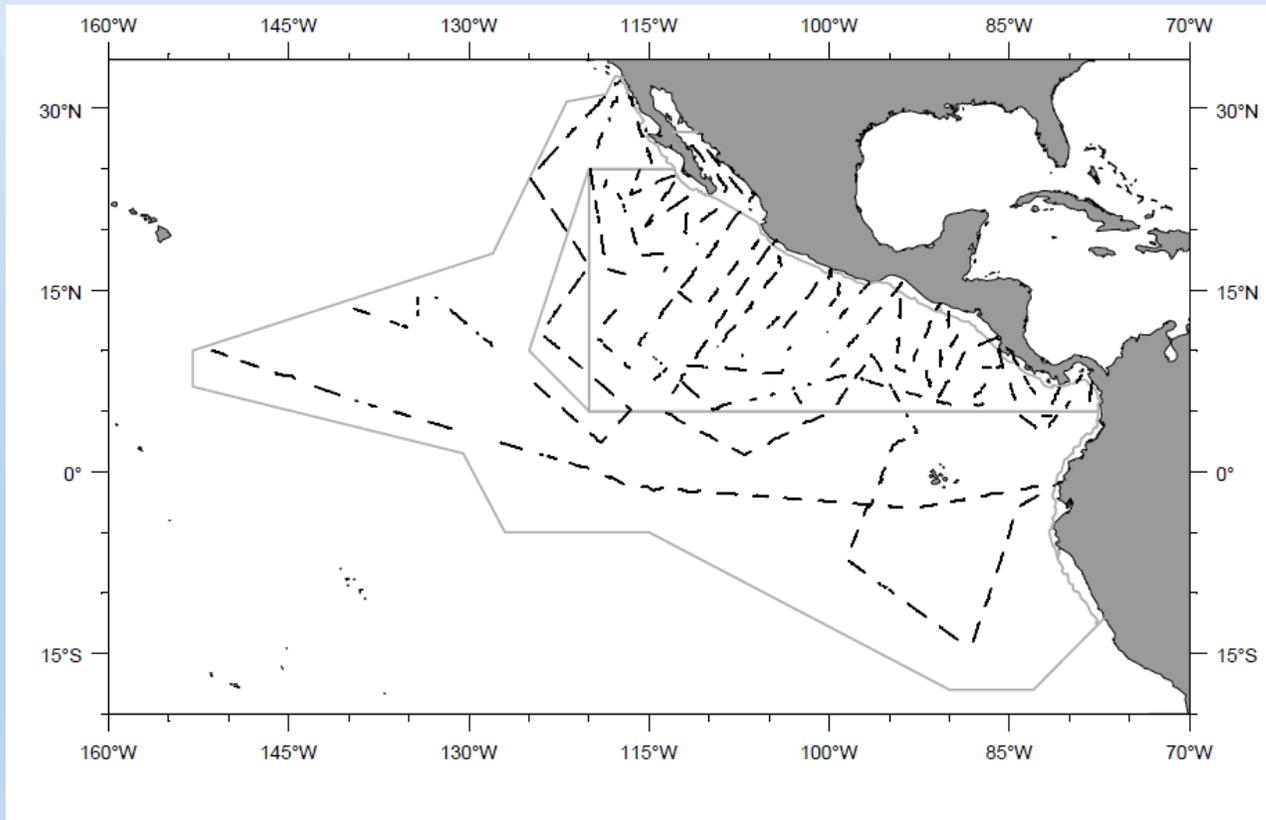
- Esfuerzo bajo en los estratos OUTER y S. COASTAL rinde peor precisión



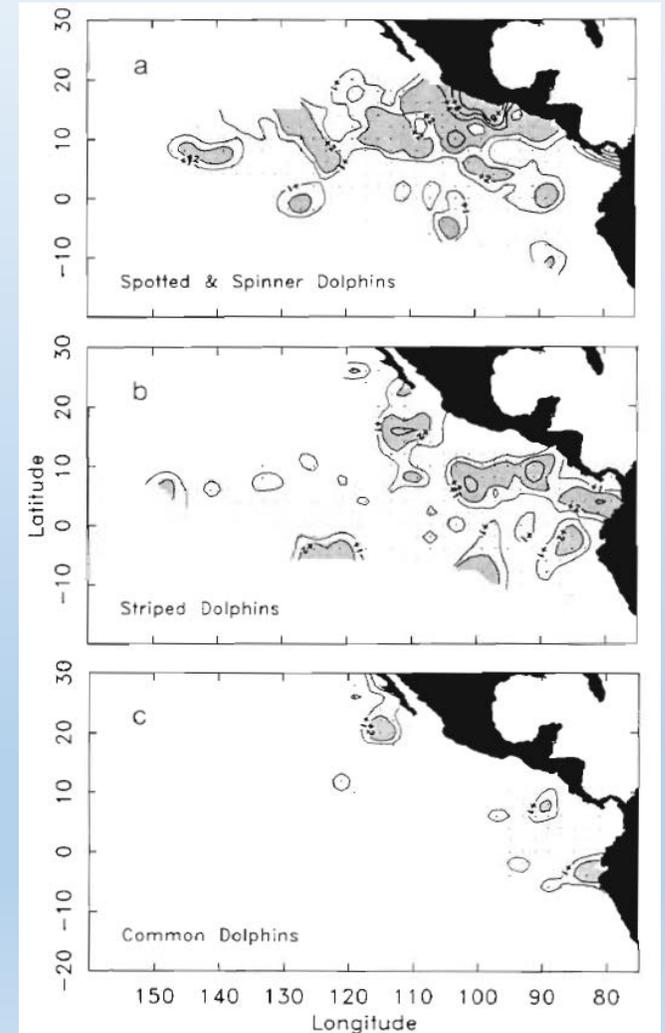
¿Diseño 1 o Diseño 3?

Poblaciones prioritarias A o B

- Cobertura pobre en los estratos OUTER y S. COASTAL podría causar sesgos en las estimaciones de abundancia



Esfuerzo de transectos lineales (líneas de trazos oscuras) de STAR06 (Gerrodette et al. 2008).

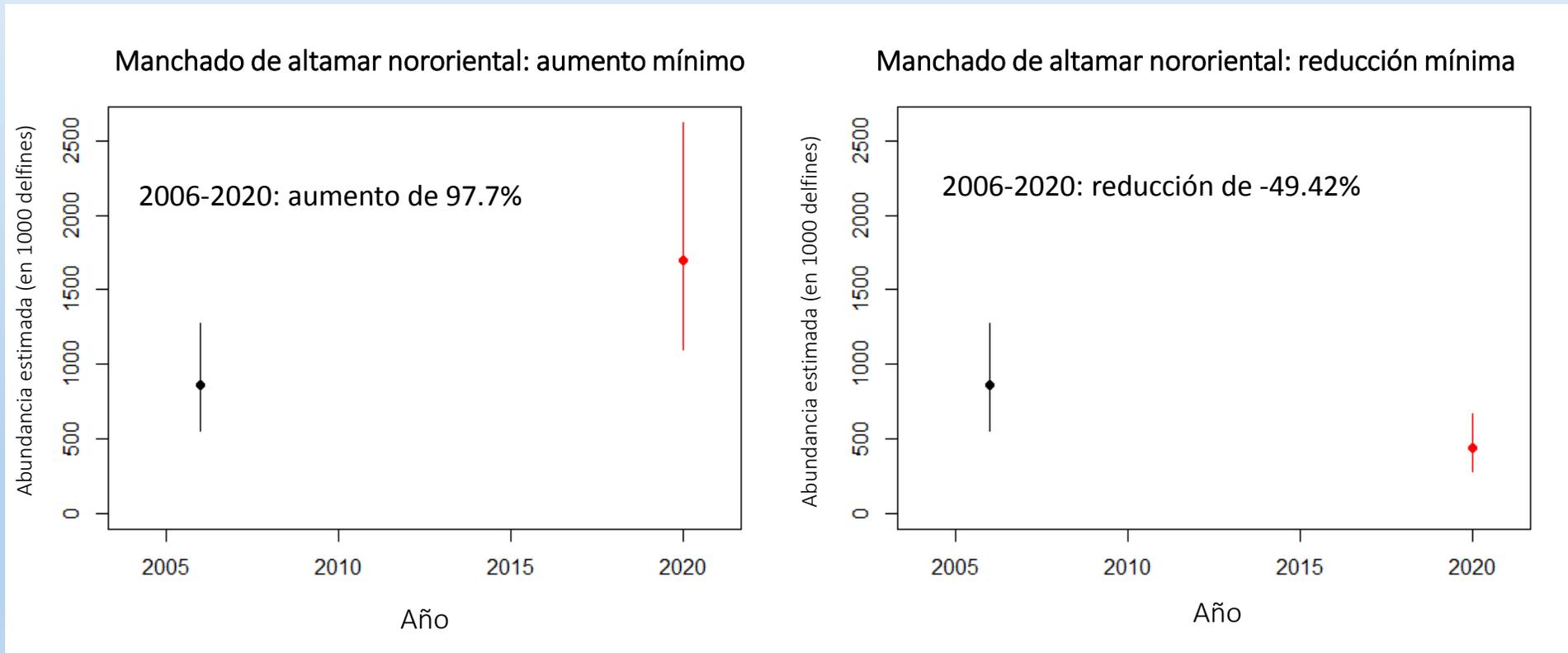


Distribuciones de delfines en verano (Reilly 1990).

¿Diseño 1 o Diseño 3?

Poblaciones prioritarias A o B

- Hasta en el estrato CORE sólo se pueden detectar cambios grandes en la abundancia

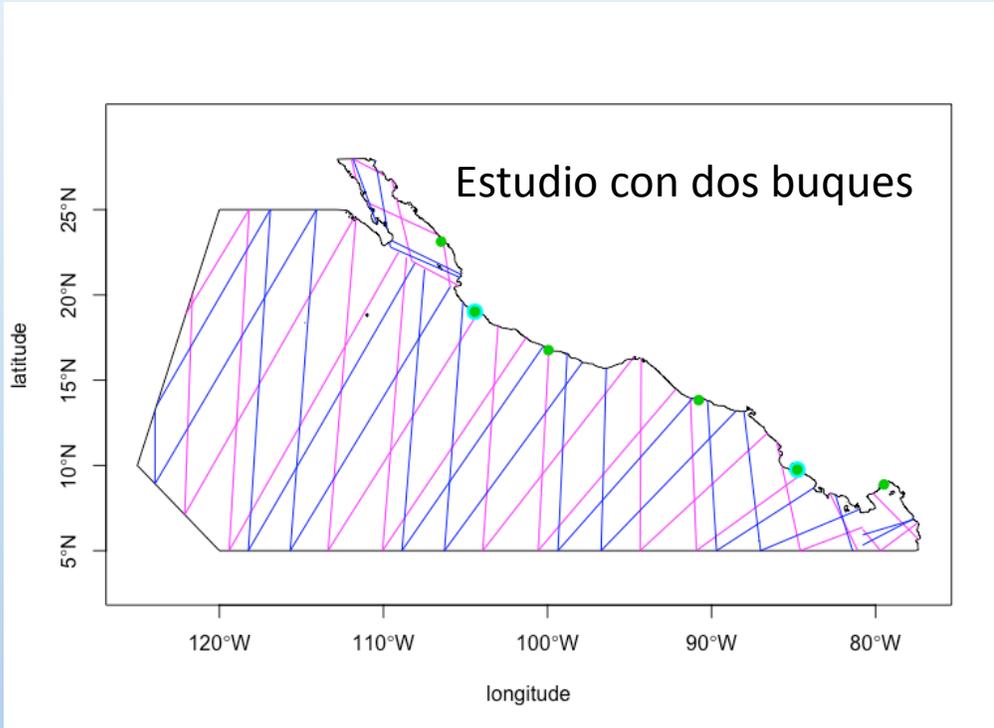


Negro: estimaciones de abundancia (Gerrodette et al. 2008).

Rojo: estimaciones de abundancia para un estudio de 2020 para el cual se puede detectar un aumento o disminución mínimo en comparación con 2006

¿Diseño 1 o Diseño 3?

Poblaciones prioritarias A o B



Ejemplo para un estudio en los estratos CORE, CORE2 y N. COASTAL usando un diseño en zigzag con espacios iguales de 500km.

- Opción para mejorar la precisión para las poblaciones prioritarias B en un solo estudio:
- Más esfuerzo en los estratos CORE, CORE2 y N. COASTAL (Diseño 3 con 2 buques)

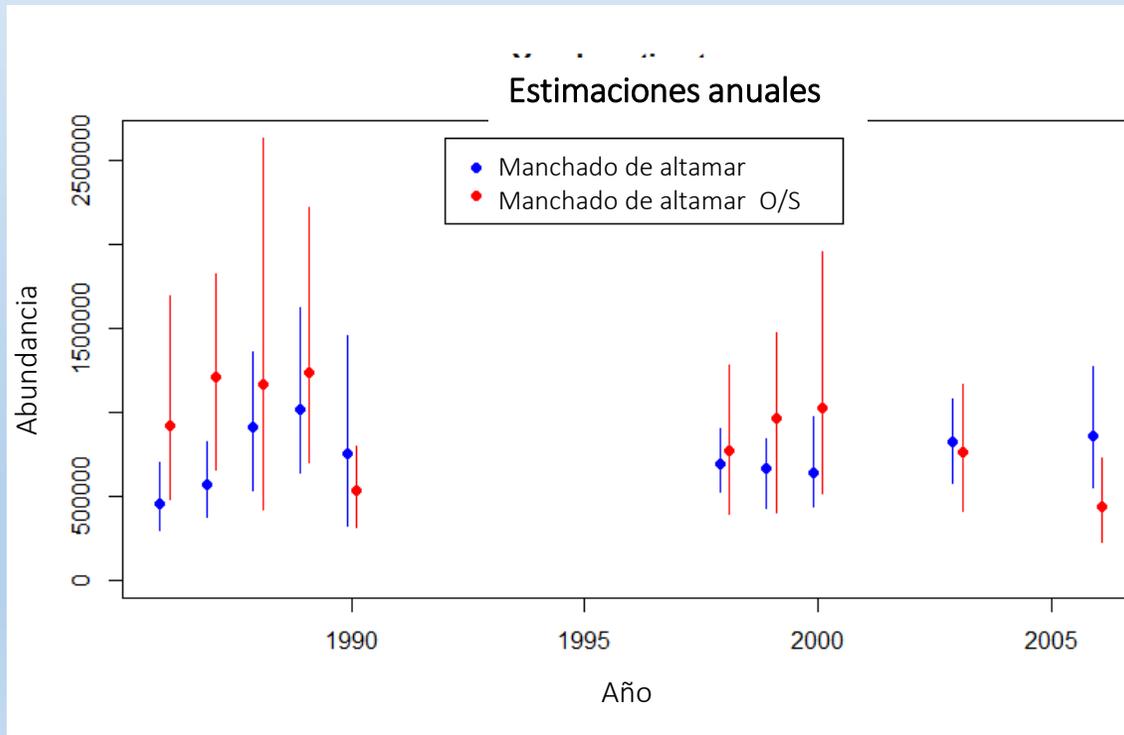
¿Diseño 1 o Diseño 3?

Poblaciones prioritarias A o B

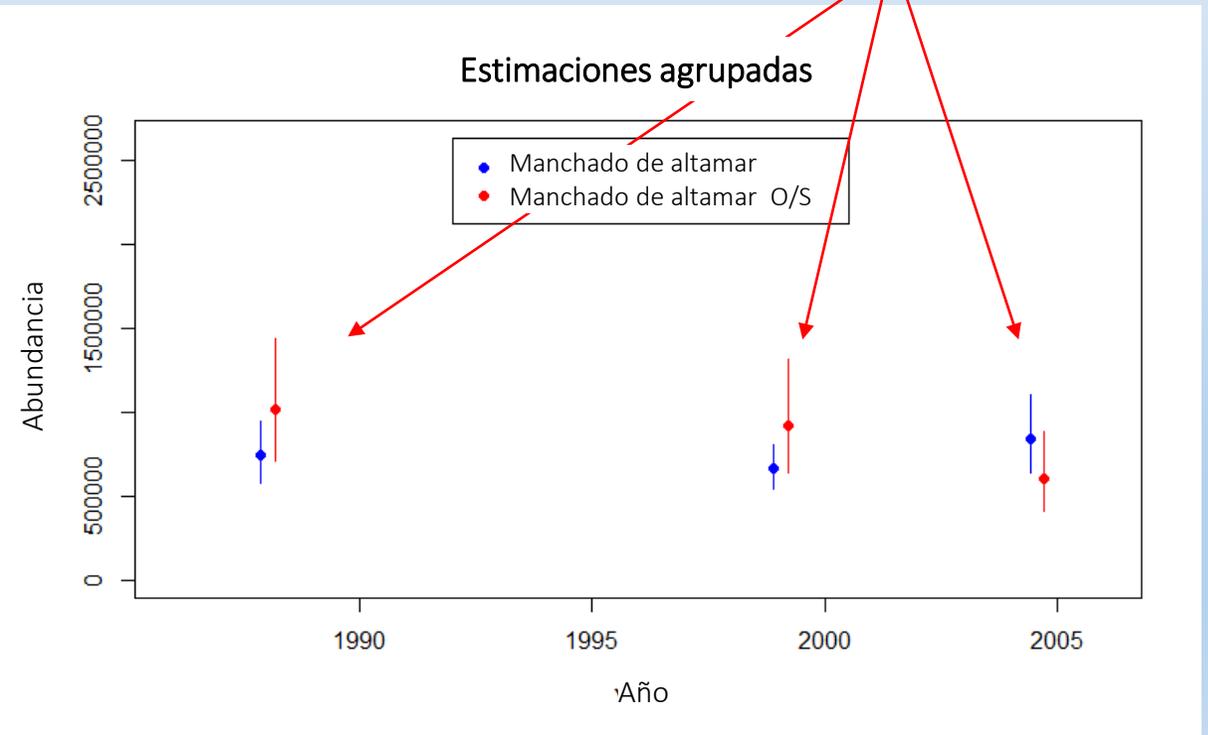
Opciones para mejorar la precisión para las poblaciones prioritarias A

- Diseño 1 con **3** buques: 2 en el estrato OUTER
- Diseño 1 con 2 buques y *estudios repetidos*

Intervalos de confianza más pequeños para estimaciones agrupadas



Estimaciones para años individuales de estudios (Gerrodette et al. 2008)

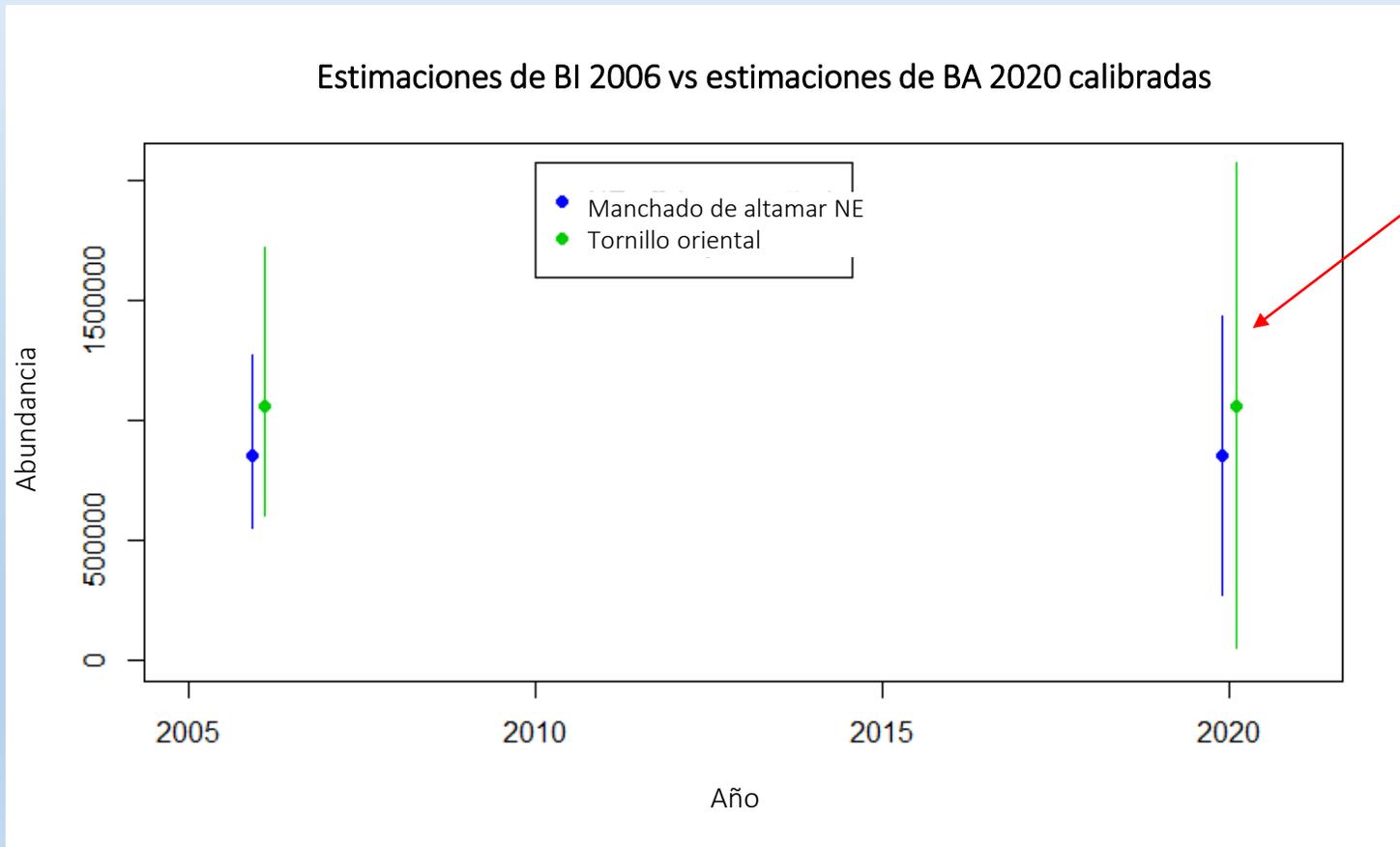


Estimaciones para bloques de estudios 1986-1990, 1998-2000, 2003+2006.

¿Buque atunero?

Calibración de buques

- Precisión peor debido a incertidumbre en el factor de calibración estimado



Intervalos de confianza más anchos

¿Buque atunero?

Presupuesto

	Prueba de 14 días Ocean Starr	Prueba de 30 días Ocean Starr + buque atunero
	(US\$ 1000)	(US\$ 1000)
Abundancia de cetáceos		
	359.62	731.37
Buques y costos asociados		
	740.57	1,187.34
Observadores extranjeros		
	2.00	8.00
Drones		
	452.96	1,490.24
Calibración de tamaños de manada		
	71.83	98.97
Probabilidad de detección en línea de derrota		
	59.07	98.01
Equipo		
	158.84	320.30
Contratistas basados en sede de la CIAT		
	242.58	242.58
Carga de buque		
	3.00	6.00
Contingencias		
	67.35	150.01
Total	2,157.82	4,332.82

- Estudio de prueba cuesta más a causa de la calibración del buque atunero
- Costo del buque atunero no incluido

1. El uso de un buque atunero aumenta la complejidad del estudio (calibración del buque)
2. Ambos estudios (prueba y principal) deberían ser realizados durante la temporada histórica de estudio; pero en años consecutivos.
3. El estudio de prueba es esencial, aún para el objetivo (1) [abundancia *relativa*], para probar todo el equipo.
4. El uso de drones es esencial para el objetivo (2) [abundancia *absoluta*].
5. Si no se usan (o no se pueden usar) los drones, podría ser necesario eliminar el objetivo 2.
6. Limitar los drones a la prueba no sería satisfactorio porque:
 - Si $g(0) < 1$, es probable que varíe por posición, ya que los animales responden de forma diferente en diferentes partes del POT
 - Una estimación de $g(0)$ de la prueba solamente añadirá una imprecisión sustancial a la estimación de la abundancia

7. El Diseño 1 permite abordar los objetivos 1 y 2 para las poblaciones prioritarias A.
Sin embargo:
 - La precisión de las estimaciones para el estrato OUTER será pobre, al igual que en los estudios previos.
 - Cobertura pobre en el estrato OUTER, como la lograda en estudios previos, puede conducir a sesgos

8. Como alternativa, se propuso el Diseño 3 :
 - Si las poblaciones de delfines manchado de altamar y tornillo oriental son las únicas poblaciones de interés
 - Contar con dos buques de estudio operando en los estratos CORE + CORE2 + NORTH COASTAL debería rendir mejor precisión
 - No obstante, el movimiento de animales a través de límites podría ser un problema

9. El nivel de precisión logrado en estudios previos permite solamente la detección de cambios grandes en la abundancia.
 - Mitigar esto precisaría un aumento del esfuerzo de estudio y/o realizar una secuencia de estudios durante varios años

Recomendaciones

1. Usar solamente un buque de investigación
2. Obtener estimaciones de abundancia absoluta
3. Seleccionar el diseño del estudio con base en la selección de poblaciones prioritarias :
 - Si todas las poblaciones son prioritarias, usar el Diseño 1
 - Si solamente las poblaciones del manchado de altamar nororiental y tornillo oriental son prioritarias, usar el Diseño 3 con 2 buques
4. Como consideración futura, recomendamos encarecidamente planear una serie de estudios para mejorar la precisión.

Referencias

- Barlow J (2015) Inferring trackline detection probabilities, $g(0)$, for cetaceans from apparent densities in different survey conditions. *Marine Mammal Sciences*. 31(3):923-943.
- Borchers D (2012) A non-technical overview of spatially explicit capture-recapture models. *Journal of Ornithology*. 152, (2), 435-444.
- Gerrodette T, G Watters, W Perryman & L Balance (2008) Estimates of 2006 dolphin abundance in the eastern tropical Pacific with revised estimates from 1986-2003. NOAA Technical Memorandum NOAA-TM-NMFS-SWFSC-422.
- Hammond PS, C Lacey, A Gilles, S Viquerat, P Börjesson, H Herr, K Macleod, V Ridoux, MB Santos, M Scheidat, J Teilmann, J Vingada, N Øien (2017) Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. Technical report. Sea Mammal Research Unit, University of St Andrews.
- Lennert-Cody CE & MD Scott (2005) Spotted dolphin evasive response in relation to fishing effort. *Marine Mammal Science* 21: 13–28.
- Jackson A, T Gerrodette, S Chivers, M Lynn, S Rankin & S Mesnick (2008) Marine mammal data collected during a survey in the eastern tropical Pacific ocean aboard NOAA ships David Starr Jordan and McArthur II, July 28 – December 7, 2006. NOAA Technical Memorandum NOAA-TM-NMFS-SWFSC-421.
- Reilly SB (1990) Seasonal changes in distribution and habitat differences among dolphins in the eastern tropical Pacific. *Marine Ecology Progress Series* 66:1-11.

Resumen de Diseños: Estudio principal

	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3 opción 1	Diseño 3 opción 2
Buques (ambos de investigación)	2	2	1	2
Drones	Sí	Sí	Sí	Sí
Área del estudio	Todos estratos de STAR06	Todos estratos de STAR06	CORE, CORE2, N. COASTAL	CORE, CORE2, N. COASTAL
Poblaciones prioritarias	10 poblaciones	10 poblaciones	Las 2 poblaciones reducidas	Las 2 poblaciones reducidas
Abundancia absoluta	Sí	No	Sí	Sí
Cobertura en CORE, CORE2, N. COASTAL	Igual que estudios previos	Igual que estudios previos	Igual que estudios previos	Mejor que estudios previos
Cobertura en OUTER y S. COASTAL	Pobre Salvo aumento de esfuerzo	Pobre Salvo aumento de esfuerzo	Ninguna	Ninguna
Precisión esperada	Igual que estudios previos	Igual que estudios previos	Igual que estudios previos	Mejor que estudios previos
Posibilidad de detectar movimientos entre estratos	Pequeña	Muy pequeña	Ninguna	Ninguna
Potencial de sesgos	Pequeño para 2 poblaciones reducidas Considerable para otras	Considerable para las 10 poblaciones	Pequeño para 2 poblaciones reducidas	Pequeño para 2 poblaciones reducidas
Total estudio principal (US\$1,000)		[por evaluar]		
Sin buques donados	15,380.76		7,079.31	15,380.75
Con un buque donado	10,611.06		4,280.18	10,611.06