



Comisión Interamericana del Atún Tropical
Inter-American Tropical Tuna Commission



ENHANCED MONITORING PROGRAM FOR BIGEYE TUNA CATCHES: PRELIMINARY RESULTS OF PILOT STUDY AND WORKPLAN FOR 2023 (SAC-14-10)

PROGRAMA REFORZADO DE MONITOREO PARA CAPTURAS DE ATÚN PATUDO: RESULTADOS PRELIMINARES DEL ESTUDIO PILOTO Y PLAN DE TRABAJO PARA 2023 (SAC-14-10)

C.E. Lennert-Cody, C. De La Cadena, L. Chompoj, E. Altamirano Nieto, N.W. Vogel, B.A. Wiley, M.N. Maunder, A. Aires-da-Silva

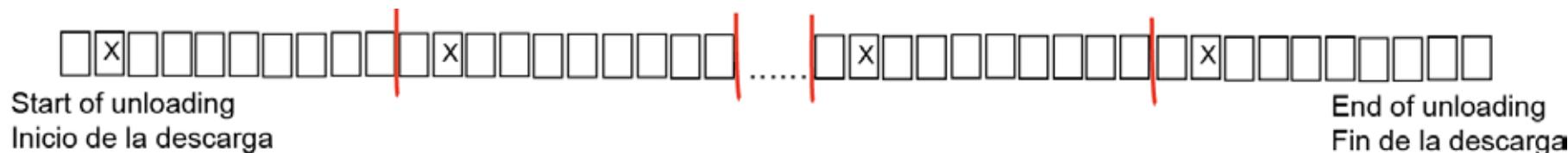
Temario - Outline

- Estudio Piloto del PRM
 - Fase 1: Simulaciones para probar diseños de muestreo
 - Fase 2: prueba de campo del diseño de muestreo que se seleccionó en la Fase 1
 - Comparación de las estimaciones del PRM y del RDL
 - Metodología de la mejor estimación científica (BSE) para la captura de atún patudo (BET) por viaje
- Plan de trabajo para 2023: análisis adicionales
- EMP Pilot study
 - Phase 1: simulations to test sampling designs
 - Phase 2: field test of sampling design selected in Phase 1
 - Comparison of EMP and observer (RDL) estimates
 - Best Scientific Estimate (BSE) methodology for BET catch per trip
- Workplan for 2023: additional analyses

Fase 1: Datos – Phase 1: Data

- Variabilidad en la composición de captura 1) dentro de la bodega; 2) entre las bodegas de un mismo viaje.
- Dentro de la bodega
 - Muestreo intensivo:
 - Por unidad (ya sea contenedor físico lleno de peces o un número fijo de peces descargados de manera individual de la bodega);
 - Descargas estándares.
- Bodegas de un mismo viaje
 - Reconstrucción de información del RDL del observador.

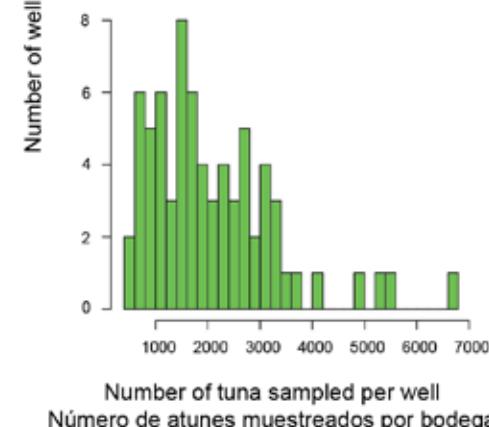
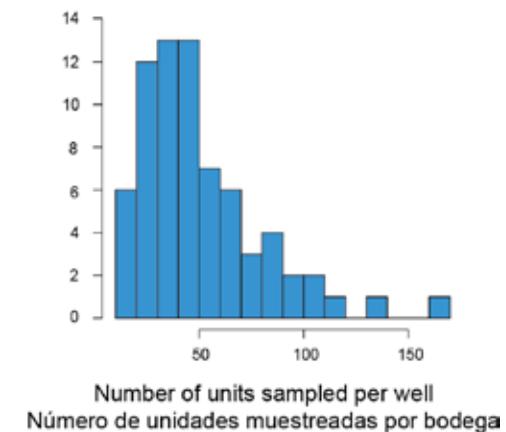
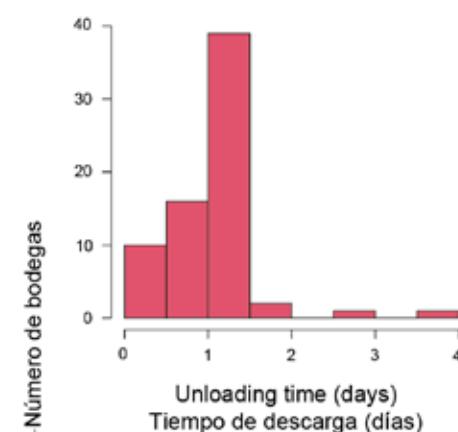
- Variability in catch composition: 1) within a well; 2) among wells of the same trip.
- Within a well
 - Intensive sampling:
 - By *unit* (either a physical container full of fish or a fixed number of fish unloaded individually from the well);
 - One out of every 10 units, starting from a random unit in the first 10 ("1-of-10");
 - Standard unloadings.
- Wells of the same trip
 - Reconstructed Resumen De Lances (RDL) observer data.



Fase 1: Análisis exploratorios, muestreo intensivo - Phase 1: Exploratory analyses, intensive sampling

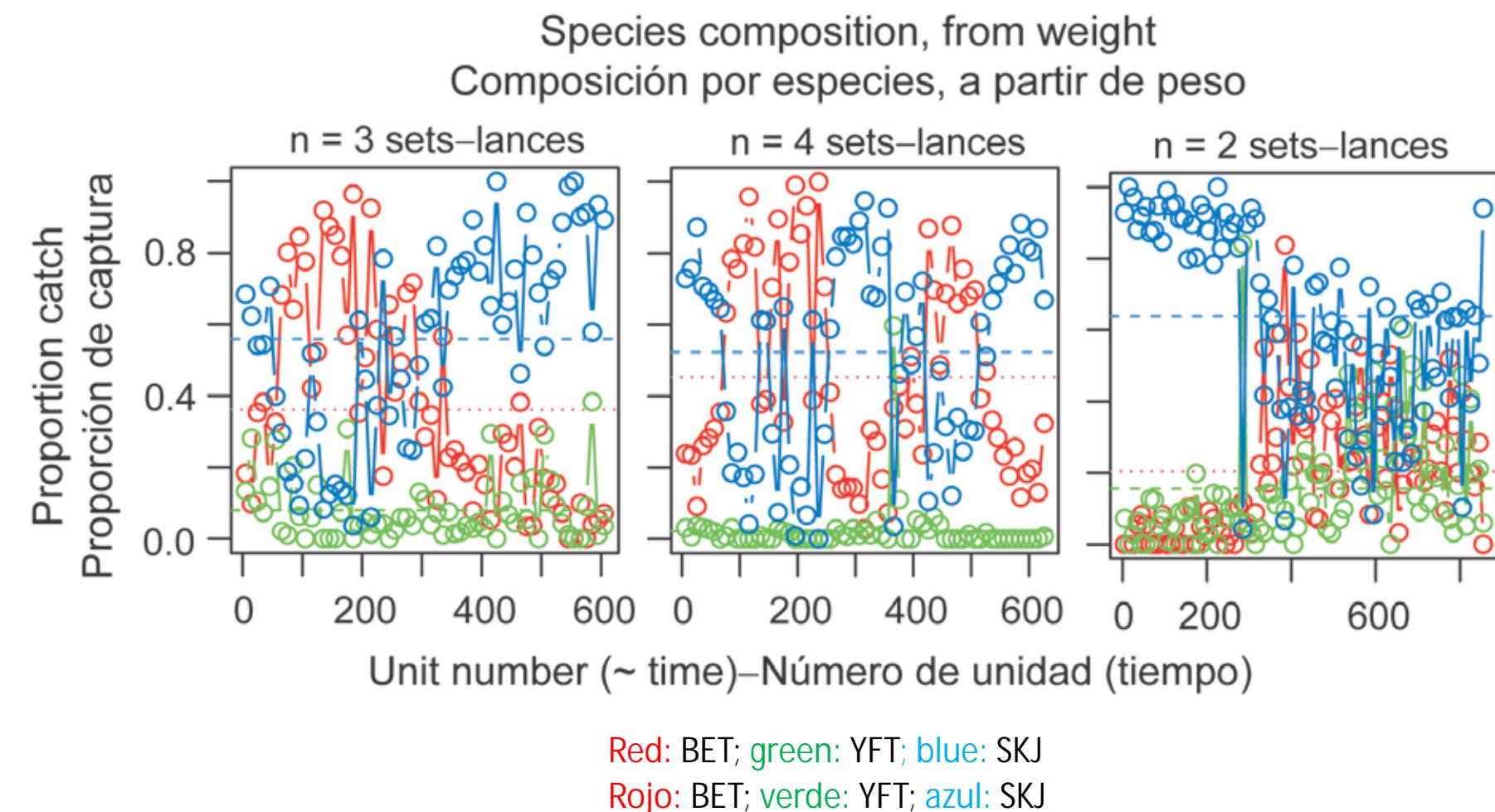
- Muestreo intensivo: 71 bodegas (42 viajes, 37 buques).
 - Mayoría de bodegas con capturas de lances sobre objetos flotantes (OBJ).
 - Típicamente, por bodega:
 - Descargas de 1-2 días de duración;
 - Decenas de unidad muestreadas exhaustivamente;
 - Más de 1000 atunes identificados a nivel de especie y medidos.
- Intensively sampled: 71 wells (42 trips, 37 vessels).
- Mostly wells with catch from floating-object (OBJ) sets.
- Typically, per well:
- One to two days to unload;
 - Tens of units exhaustively sampled;
 - More than 1000 tunas identified to species and measured.

	West of 110°W	East of 110°W	Total
OBJ	44	22	66
NOA	1	1	2
OBJ-NOA mix	0	2	2
Total	45	25	70*



Fase 1: Análisis exploratorios, muestreo intensivo - Phase 1 : Exploratory analyses, intensive sampling

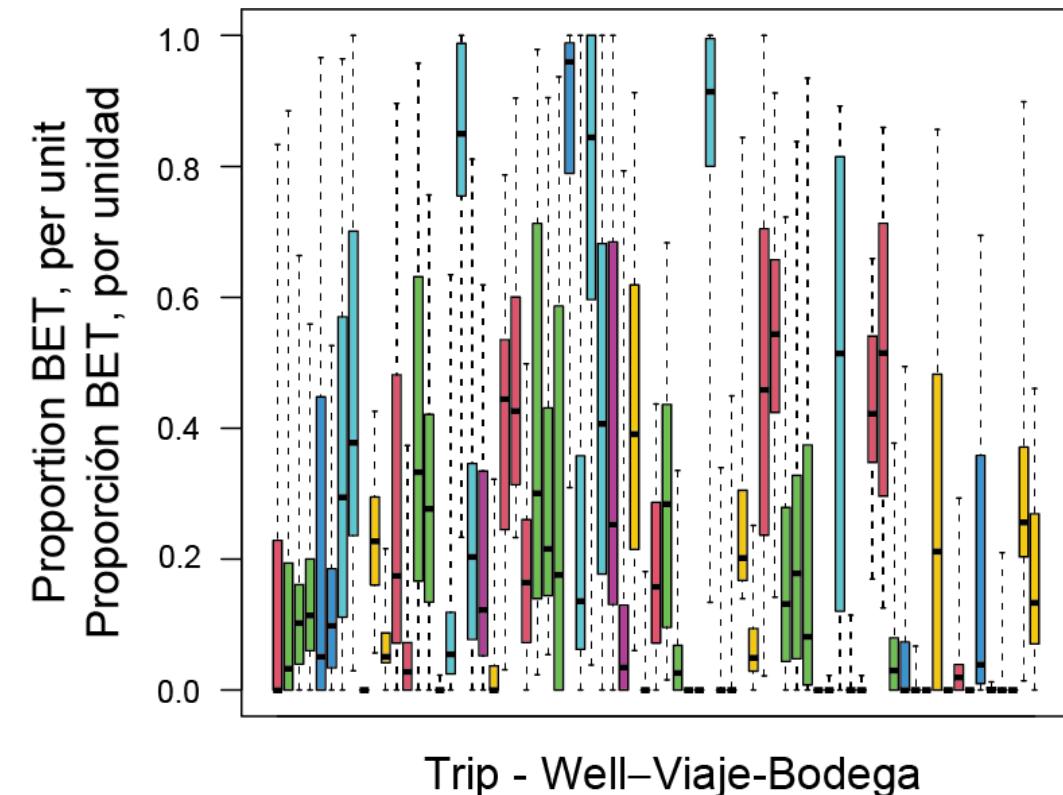
- Patrones en composición de especies durante la descarga de una bodega.
 - Proporción de BET puede variar en gran medida.
 - Puede ser alta al inicio, al final o a la mitad de la descarga.
- Patterns in species composition during unloading of a well.
 - Proportion bigeye tuna (BET) can be quite variable.
 - It can be high at the start, end, or middle of the unloading.



Fase 1: Análisis exploratorios, muestreo intensivo - Phase 1 : Exploratory analyses, intensive sampling

- Patrones en la proporción de BET comúnmente observados en los datos del estudio piloto.
- Puede estar relacionado a:
 - Número de lances del que proviene la captura contenida en la bodega.
 - Composición de la captura de estos lances.

- Patterns in the proportion BET commonly observed in the pilot study data.
- May be related to:
 - Number of sets from which catch was loaded into the well;
 - Catch composition of those sets.



Box-and-whisker plots of the proportion of BET, per sampled unit, for each of the 71 standard-unloading wells.

Gráfica de cajas y bigotes de la proporción de BET, por unidad muestreada, para cada una de las 71 bodegas de descarga estándar.

Fase 1: Resultados de análisis exploratorios - Phase 1: Results of exploratory analyses

Principales hallazgos

Dentro de la bodega

- La proporción de BET encontrada durante la descarga puede ser alta al principio, a la mitad o al final de la descarga.
- El diseño para muestreos dentro de la bodega debe ser robusto ante este tipo de variabilidad para evitar sesgos en la estimación de la captura de BET.

Entre las bodegas

- Puede haber una considerable variabilidad en la proporción de BET entre bodegas del mismo viaje.
- El número de bodegas muestreadas por viaje es una consideración importante para el desarrollo del diseño de muestreo.

Main findings

Within a well

- The proportion of BET encountered during unloading can be high at the start, middle, or end of the unloading.
- Within-well sampling design must be robust to this type of variability to avoid biasing the estimates of BET catch.

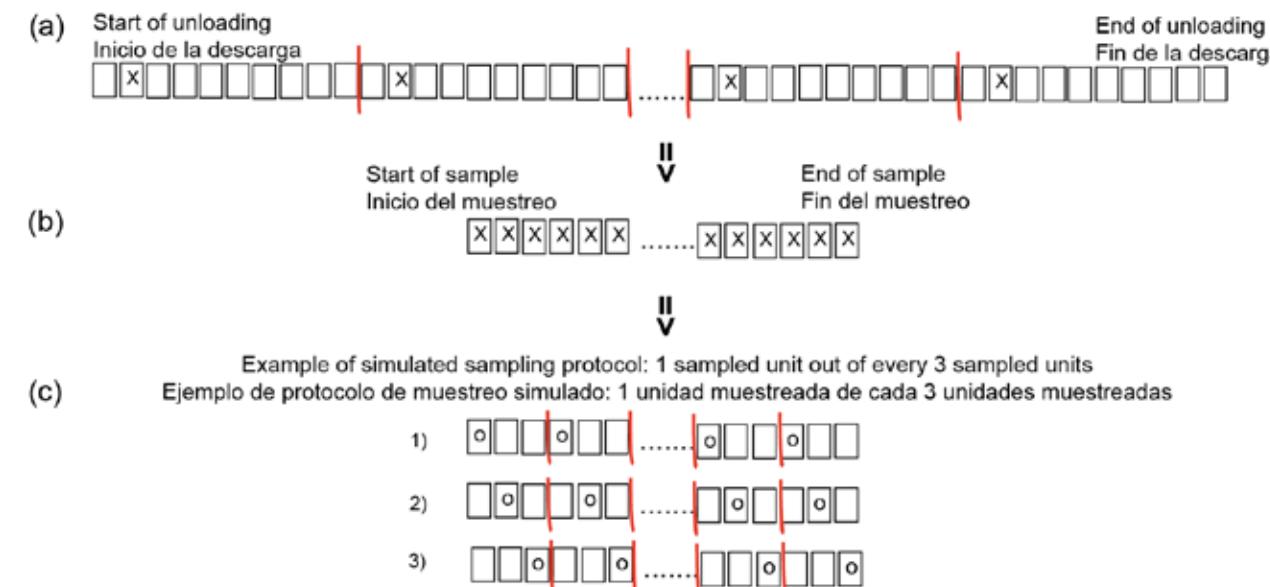
Among wells

- There can be considerable variability in the proportion of BET among wells of the same trip.
- The number of wells sampled per trip is an important consideration for sampling design development.

Fase 1: Estudios de simulación, muestreo de una bodega - Phase 1: Simulation studies, sampling a well

- Objetivo: Probar diseños de muestreo sistemáticos.
- Bodegas con capturas de lances OBJ al oeste de 110°O (39 bodegas).
- Cantidad de interés: proporción estimada de BET en la bodega.
- Proceso de simulación para una bodega:
 - Muestrear una de cada k unidades en los datos, a partir de una unidad inicial aleatoria;
 - Generar k muestras sistemáticas;
 - $k = 2, \dots, 5$.
 - Relacionar resultados a diferentes niveles de cobertura de muestreo en el campo.

- Purpose: test systematic sampling designs.
- Wells with OBJ-set catch from west of 110°W (39 wells).
- Quantity of interest: estimated proportion BET in the well.
- Simulation procedure for a well:
 - Sample one out of every k units in the data, from a random starting unit;
 - Generate k systematic samples;
 - $k = 2, \dots, 5$.
- Relate results to different levels of sampling coverage in the field.



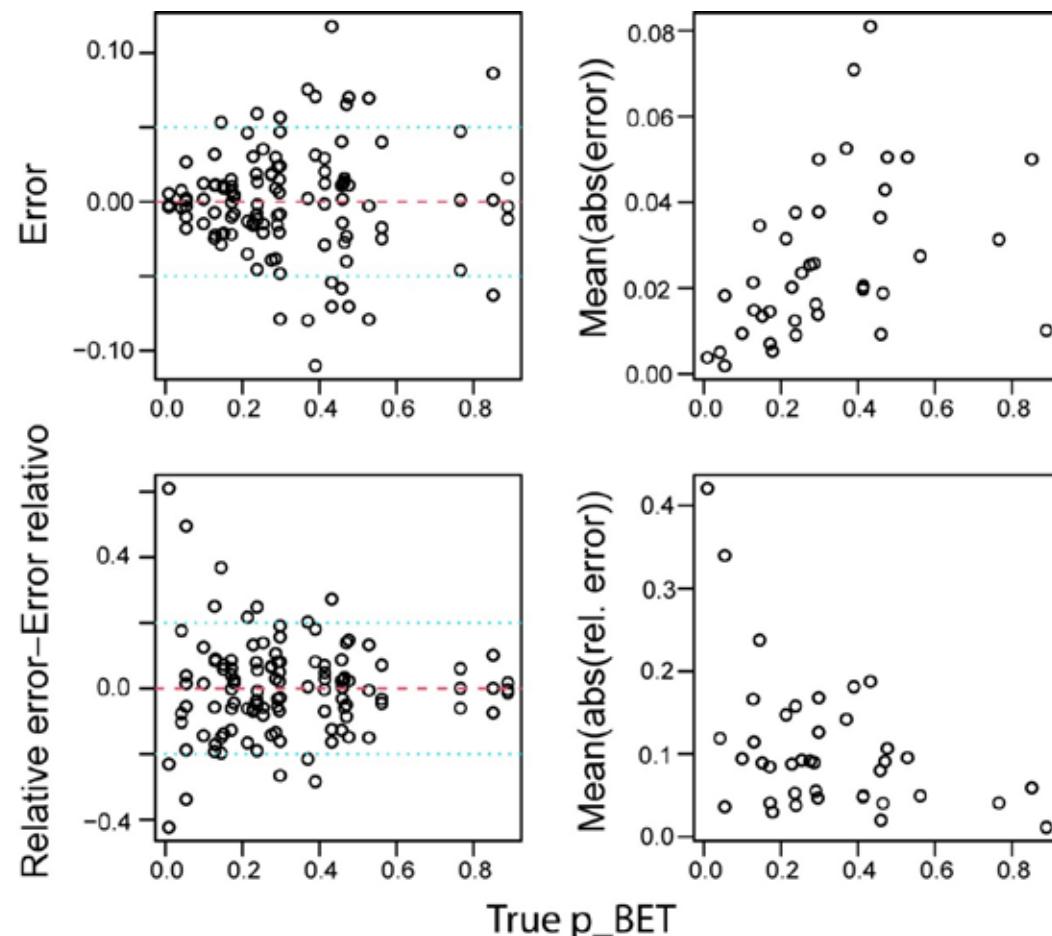
Fase 1: Estudios de simulación, muestreo de una bodega - Phase 1: Simulation studies, sampling a well

- Desempeño de cada protocolo evaluado por:
 - Error= proporción estimada de BET – valor real*
 - Error relativo = error / valor real*
 - Máximos errores positivos y negativos, sobre todas las bodegas y muestras.

* Proporción real de BET en la bodega: se asume que es estimación obtenida de los datos del muestreo intensivo '1 de cada 10' de una bodega.

- Performance of each protocol evaluated by:
 - Error = estimated proportion BET – true* value
 - Relative error = error / true* value
 - Maximum positive and negative errors, over all wells and samples.

*True proportion of BET in the well: assumed to be the estimate from the 1-of-10 intensive sampling data for the well.



Results for 3.33% coverage (1-of-3 unit).

Resultados para una cobertura del 3.33% (1 de 3 unidades).

Fase 1: Estudios de simulación, muestreo de una bodega - Phase 1: Simulation studies, sampling a well

Principales hallazgos

- Protocolo con un 3.33% de cobertura permite un equilibrio razonable entre bajo error y practicidad.
- En el campo, bajo este protocolo colección de *una* muestra sistemática por bodega: muestrear una de cada 30 unidades, desde el inicio hasta el final de la descarga, iniciando en una unidad seleccionada al azar de las primeras 30 unidades descargadas.
- Con este protocolo, se determinó que la varianza entre bodegas se encuentra en un orden de magnitud superior a la varianza dentro de la bodega.

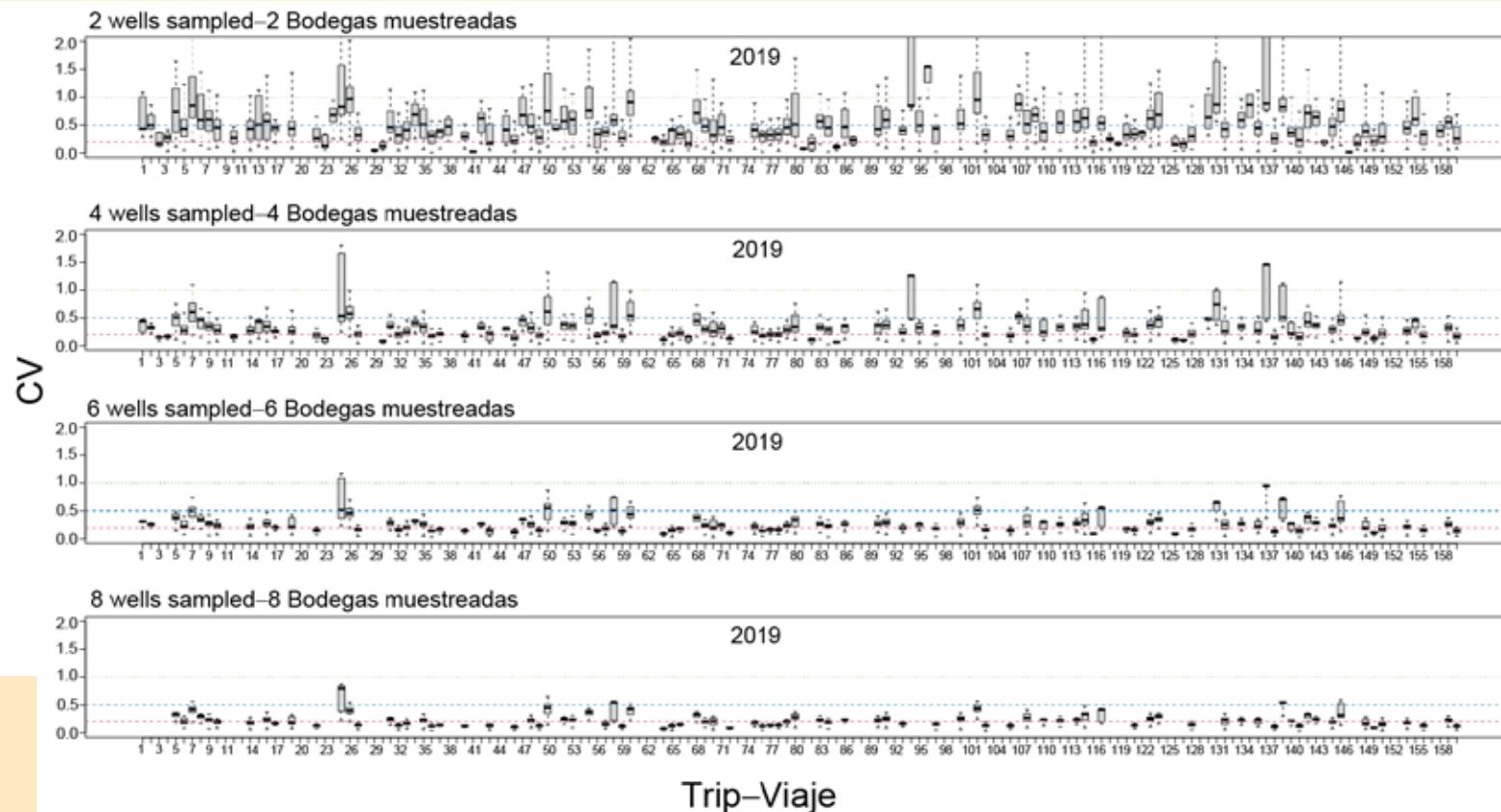
Simulated protocol	% Wells with mean absolute error > 0.05 (error range)	% Wells with mean absolute relative error > 0.20
5% (1-of-2)	10.2564 (-7.5% to 6.8%)	7.6923
3.33% (1-of-3)	17.9487 (-11.0% to 11.8%)	7.6923
2.5% (1-of-4)	15.3846 (-13.7% to 13.5%)	12.8205
2% (1-of-5)	30.7692 (-15.1% to 16.5%)	25.6410

Main findings

- Protocol with 3.33% coverage a reasonable compromise between low error and practicality.
- In the field, to collect *one* systematic sample per well under this protocol: sample one out of every 30 units, from the beginning to the end of the unloading, starting at a randomly selected unit in the first 30 units unloaded.
- With this protocol, among-well variance was estimated to be roughly an order of magnitude greater than within-well variance.

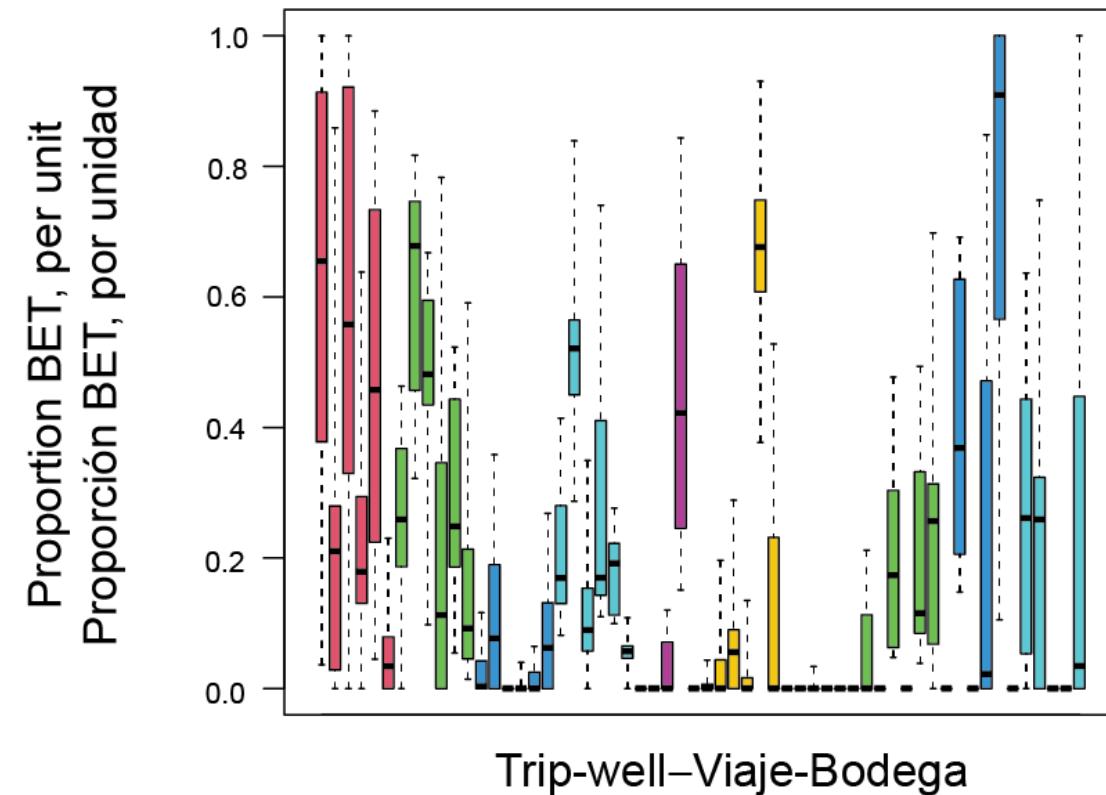
Fase 1: Estudios de simulación, bodegas por viaje - Phase 1: Simulation studies, wells per trip

- Objetivo: determinar el número de bodegas a muestrear por viaje.
- Bodegas con capturas de lances OBJ al oeste de 110°O.
- Proceso de simulación para un viaje:
 - Generar todas las muestras posibles de n bodegas seleccionadas al azar ($n = 2, \dots, 8$);
 - Por cada muestra, estimar la proporción de BET para el viaje y su coeficiente de variación (CV);
 - Resumir los resultados de todas las muestras con un diagrama de cajas y bigotes de los CV de las muestras individuales.
- Purpose: determine number of wells to sample per trip.
- Wells with OBJ-set catch from west of 110°W.
- Simulation procedure for a trip:
 - generate all possible samples of n randomly selected wells ($n = 2, \dots, 8$);
 - for each sample, estimate the proportion BET for the trip and its coefficient of variation (CV);
 - summarize results, across samples, with a box-and-whiskers plot of the individual-sample CVs.



Fase 2: Pruebas en campo del protocolo - Phase 2: Field test of protocol

- Captura estimada por estrato: $W \cdot \hat{p}$
- Protocolo de muestreo en dos etapas, probado:
 - 1) muestreo de 6 bodegas, seleccionadas al azar, de un estrato de captura (viaje);
 - 2) recolección sistemática de *una* muestra por bodega, muestreando 1 de cada 30 unidades descargadas de la bodega, iniciando desde una unidad seleccionada al azar de las primeras 30 unidades descargadas.
- Muestreadores: 6 equipos de 3 muestreadores cada uno.
- 58 bodegas de 10 viajes muestreadas.
- Hallazgo de patrones en la proporción de BET dentro de la bodega y entre las bodegas.
- Estimate catch by stratum: $W \cdot \hat{p}$
- Two-stage sampling protocol tested:
 - 1) sample 6 wells, selected at random, from a catch stratum (trip);
 - 2) collect *one* systematic sample per well by sampling 1 out of every 30 units unloaded from the well, starting from a randomly selected unit in the first 30 unloaded.
- Samplers: 6 teams of 3 samplers each.
- Sampled 58 wells of 10 trips.
- Found patterns in the proportion BET within and among wells.



Trip-well-Viaje-Bodega

Box-and-whisker plots of the proportion of BET, per unit, of each of the 58 wells.

Gráficas de cajas y bigotes de la proporción de BET, por unidad, para cada una de las 58 bodegas muestreadas.

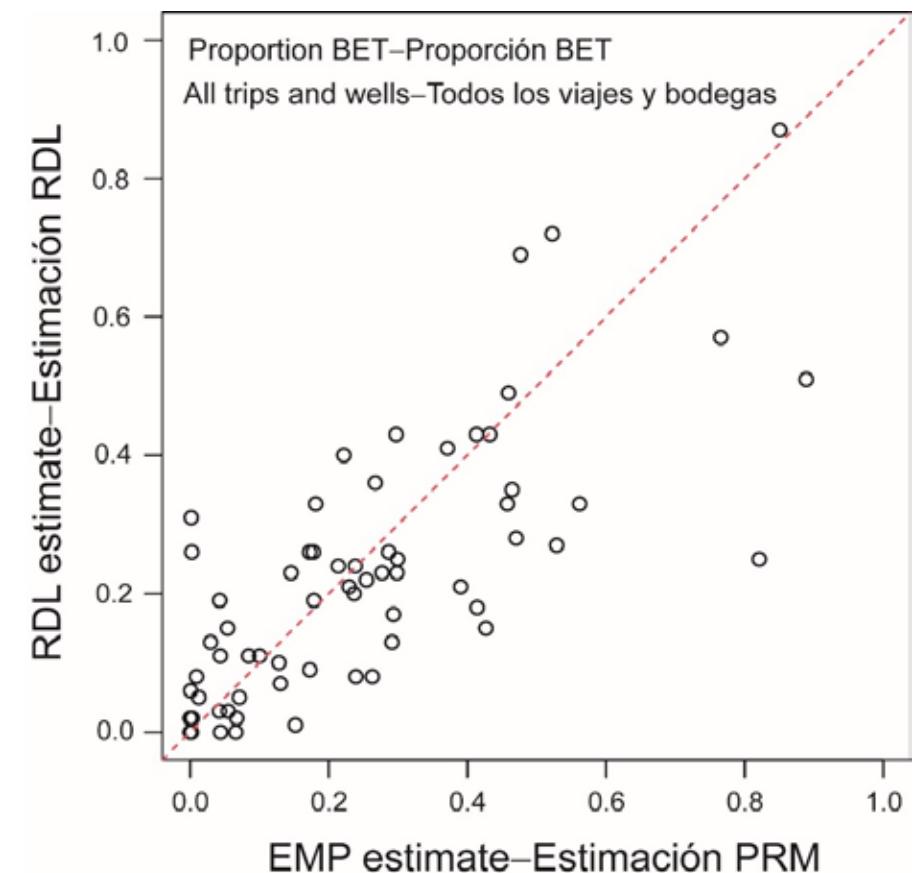
Fase 2: Pruebas de campo del protocolo - Phase 2: Field test of protocol

Trip	Stratum (% trip tropical tuna catch in stratum)	Number wells sampled	Estimated proportion BET	Estimated BET	Approximate 95% CI	RDL BET
A	OBJ sets west of 110W (100%)	6 out of 18	0.397	538 t (CV = 0.22)	(306 t, 771 t)	149 t
B	OBJ sets west of 110W (29%)	4 out of 4	0.055	18 t (CV = 0.35)	(5 t, 31 t)	32 t
C	OBJ sets west of 110W (98%)	6 out of 20	0.232	292 t (CV = 0.30)	(119 t, 465 t)	325 t
D	OBJ sets 95W-110W (97%)	6 out of 15	0.0009	1 t (CV = 0.74)	(0 t, 2t)	10 t
E	OBJ sets 95W-110W (83%)	6 out of 11	0.131	71 t (CV = 0.33)	(25 t , 117 t)	90 t
F	OBJ sets 95W-110W (40%)	4 out of 8	0.392	236 t (CV = 0.25)	(121 t, 352 t)	170 t
G	OBJ sets 95W-110W (63%)	5 out of 5	0.192	81 t (CV = 0.39)	(19 t, 123 t)	14 t
H	OBJ sets 95W-110W (77%)	5 out of 7	0.289	146 t (CV = 0.33)	(51 t, 241 t)	98 t
I	OBJ sets east of 95W (84%)	4 out of 10	0.311	353 t (CV = 0.36)	(102 t, 605 t)	109 t
J	OBJ sets east of 95W (91%)	6 out of 14	0.147	204 t (CV = 0.38)	(51 t, 356 t)	169 t

- Se encontró que el protocolo de muestreo probado produce estimaciones de captura de BET razonablemente fiables a nivel de viaje, del principal estrato de captura de interés.
- Los coeficientes de variación (CV) disminuirán si se utiliza el factor de corrección de población finita en la estimación de varianza.
- The sampling protocol tested was found to produce reasonably reliable estimates of trip-level BET catch for the primary catch strata of interest.
- Coefficients of variation (CV) will decrease if the finite population correction factor is used in variance estimation.

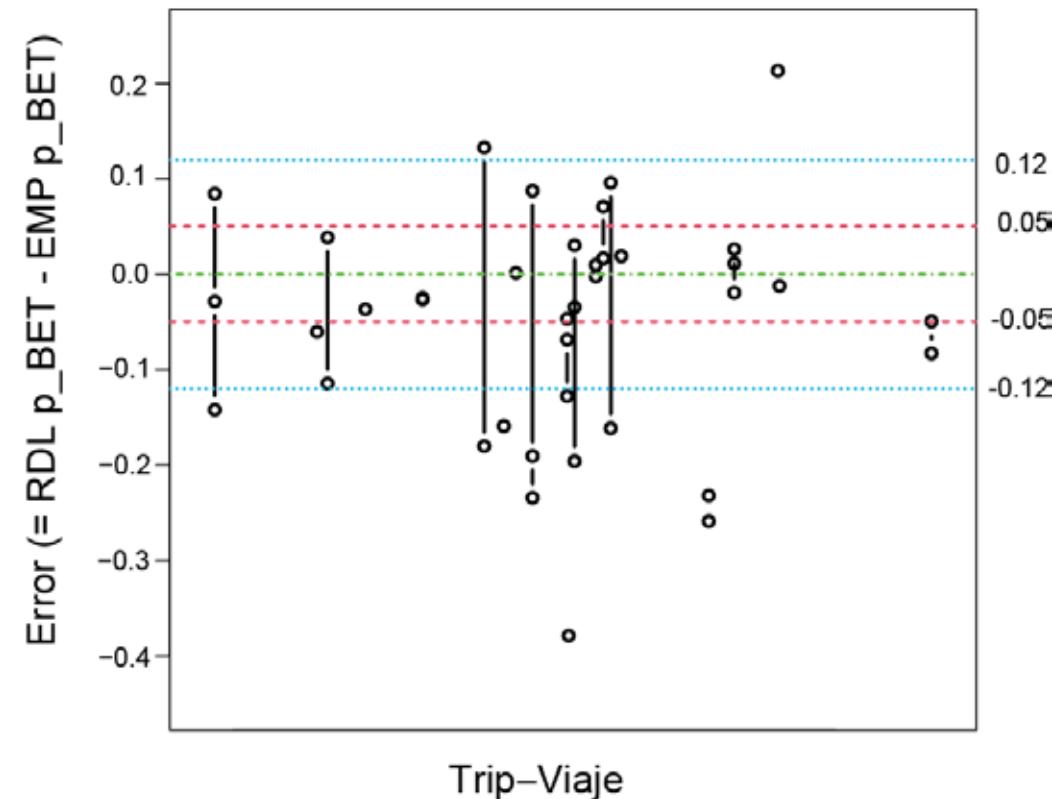
Comparación entre estimaciones del PRM y RDL - Comparison of EMP and RDL estimates

- Comparación de estimaciones del PRM y de RDL de la proporción de BET a nivel de bodega (Fase 1 y Fase 2), y la captura estimada de BET a nivel de viaje (estrato de captura) (Fase 2).
 - De las bodegas muestreadas durante la Fase 1 (71 bodegas de 42 viajes), en general hubo una correlación positiva entre los dos tipos de estimaciones.
-
- Compared EMP and RDL estimates of the proportion BET at the well level (Phase 1 and Phase 2), and the estimated BET catch at the trip (catch stratum) level (Phase 2).
 - From the wells sampled during Phase 1 (71 wells from 42 trips), there was an overall positive correlation between the two types of estimates.



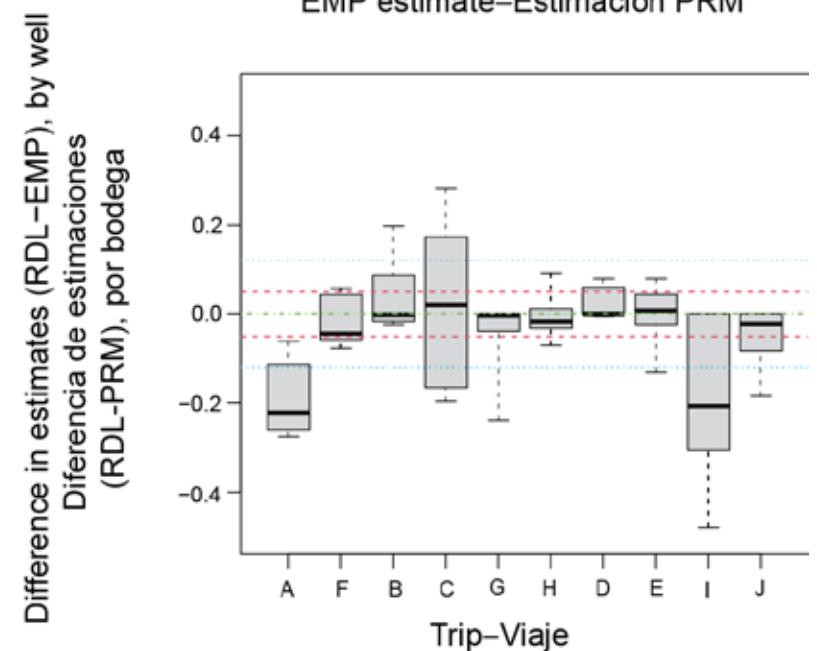
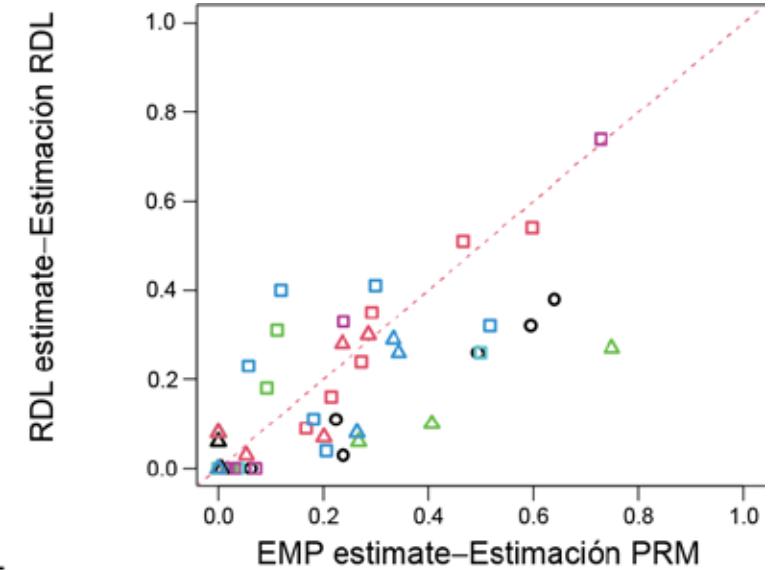
Comparación entre estimaciones del PRM y RDL - Comparison of EMP and RDL estimates

- Con enfoque en aquellas bodegas muestreadas durante la Fase 1 con capturas de lances OBJ realizados al oeste de 110°O:
 - Para algunas bodegas, el error (RDL – PRM) fue superior al más alto error del estudio de simulación para el protocolo de 3.33% (1 de cada 30).
 - Los mayores errores tienden a ser negativos.
 - Cuando agrupados por viaje, hay múltiples viajes con altos errores negativos.
- Focusing on those wells sampled in Phase 1 with catch from OBJ sets made west of 110°W:
 - For some wells, the error (= RDL – EMP) was larger than the largest error from the simulation study for the 3.33% (1-of-3) protocol.
 - The largest errors tended to be negative.
 - When grouped by trip, there are multiple trips with large negative errors.



Comparación entre estimaciones del PRM y RDL - Comparison of EMP and RDL estimates

- En referencia a los datos de la Fase 2, existe una clara diferencia en la relación entre las estimaciones del PRM y RDL de la proporción de BET por bodega entre viajes.
- En algunos casos, los dos tipos de estimaciones son muy similares (por ejemplo, viajes E, F, H), en otros casos no lo son (por ejemplo, viajes A, I).
- For the Phase 2 data, there are clear differences among trips in the relationship between the RDL and EMP estimates of the proportion BET per well.
- In some cases, the two types of estimates are fairly similar (e.g. trips E, F, H), but in other cases they are not (e.g. trips A, I).



Comparación entre estimaciones del PRM y RDL - Comparison of EMP and RDL estimates

Trip	Stratum (% trip tropical tuna catch in stratum)	Number wells sampled	Estimated proportion BET	Estimated BET	Approximate 95% CI	RDL BET
A	OBJ sets west of 110W (100%)	6 out of 18	0.397	538 t (CV = 0.22)	(306 t, 771 t)	149 t
B	OBJ sets west of 110W (29%)	4 out of 4	0.055	18 t (CV = 0.35)	(5 t, 31 t)	32 t
C	OBJ sets west of 110W (98%)	6 out of 20	0.232	292 t (CV = 0.30)	(119 t, 465 t)	325 t
D	OBJ sets 95W-110W (97%)	6 out of 15	0.0009	1 t (CV = 0.74)	(0 t, 2t)	10 t
E	OBJ sets 95W-110W (83%)	6 out of 11	0.131	71 t (CV = 0.33)	(25 t , 117 t)	90 t
F	OBJ sets 95W-110W (40%)	4 out of 8	0.392	236 t (CV = 0.25)	(121 t, 352 t)	170 t
G	OBJ sets 95W-110W (63%)	5 out of 5	0.192	81 t (CV = 0.39)	(19 t, 123 t)	14 t
H	OBJ sets 95W-110W (77%)	5 out of 7	0.289	146 t (CV = 0.33)	(51 t, 241 t)	98 t
I	OBJ sets east of 95W (84%)	4 out of 10	0.311	353 t (CV = 0.36)	(102 t, 605 t)	109 t
J	OBJ sets east of 95W (91%)	6 out of 14	0.147	204 t (CV = 0.38)	(51 t, 356 t)	169 t

- Para los viajes A e I, las estimaciones de captura de BET de los RDLs pueden estar sesgadas negativamente.
- For Trips A and I, the RDL BET catch estimates may be negatively biased.

Mejor Estimación Científica (BSE) a nivel de viaje - BET trip-level BSEs

Viajes muestreador por el PRM

- El BSE será la suma de las estimaciones del PRM para diferentes estratos de captura, más las estimaciones de captura de otras fuentes para cualquier estrato de captura del viaje no muestreados.
- Si el viaje contó con un observador, la información del RDL será empleada para estimar la captura de estratos de captura no muestreados para el viaje. De no ser el caso, se usará la información de la bitácora y de la planta procesadora.

Trips sampled by the EMP

- The BSE will be the sum of the EMP estimates for different catch strata, plus estimates from other catch sources for any catch strata of the trip not sampled.
- If the trip carried an observer, the RDL data will be used to estimate the catch of unsampled catch strata for the trip. Otherwise, cannery and logbook data will be used.

Mejor Estimación Científica (BSE) a nivel de viaje - BET trip-level BSEs

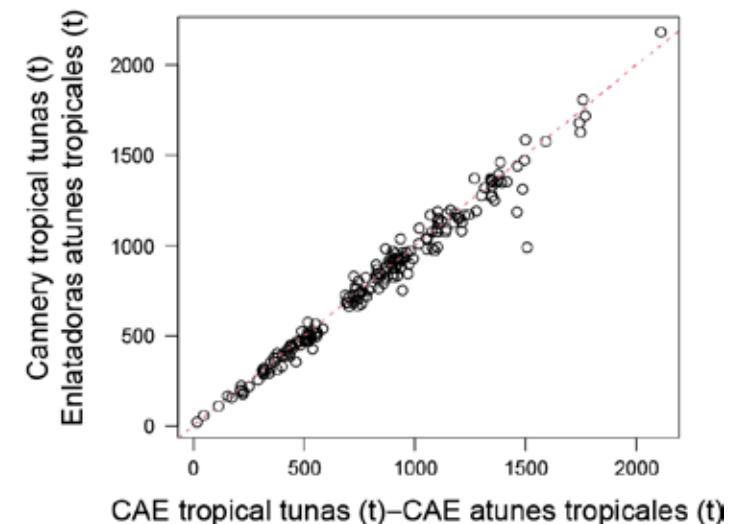
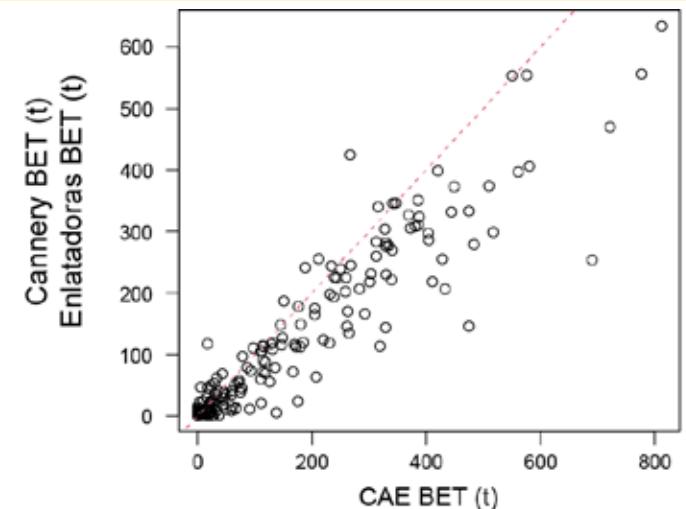
Viajes no muestreados por el PRM

- Fuentes de información disponible: observador/bitácora/planta procesadora
- La comparación de las estimaciones de BET a nivel de viaje, observador/bitácora vs planta procesadora, muestra una tendencia de las estimaciones de las plantas a ser menores para un mismo viaje, esto a pesar de que las estimaciones de atún tropical son muy similares.

Trips not sampled by the EMP

- Data sources available: observer/logbook; cannery.
- Comparison of trip-level BET estimates, observer/logbook versus cannery, shows a tendency for cannery estimates to be less than observer/logbook estimates for the same trip, even though the tropical tuna estimates are very similar.

Year (number of trips)	BET GLM		Tropical tuna GLM	
	Estimated slope	% Dev	Estimated slope	% Dev
2015 (232)	0.64 ($p < 0.01$)	54%	0.96 ($p < 0.01$)	99%
2016 (221)	0.64 ($p < 0.01$)	62%	0.96 ($p < 0.01$)	98%
2017 (250)	0.79 ($p < 0.01$)	58%	0.97 ($p < 0.01$)	99%
2018 (230)	0.74 ($p < 0.01$)	69%	0.99 ($p < 0.01$)	99%
2019 (201)	0.75 ($p < 0.01$)	69%	0.96 ($p < 0.01$)	98%



Mejor Estimación Científica (BSE) a nivel de viaje - BET trip-level BSEs

Viajes no muestrados por el PRM

- A partir de los análisis presentados se concluye: 1) las estimaciones del observador pueden a veces estar sesgadas a la baja en relación con las estimaciones del PRM; 2) las estimaciones de las plantas procesadoras pueden estar sesgadas a la baja en relación con las estimaciones de los observadores.
- Por lo tanto, hasta que se puedan realizar más comparaciones, cabe suponer que las estimaciones de las plantas procesadoras pueden estar sesgadas a la baja.
- El procedimiento vigente será utilizar datos del RDL para estimar el BSE si hubo observador bordo o información de la planta procesadora/bitácora, si no hubo observador a bordo.
- La comparación directa de las estimaciones del PRM y plantas procesadoras se encuentra pendiente.

Trips not sampled by the EMP

- From analyses presented above, conclude: 1) observer BET estimates may sometimes be biased low relative to EMP estimates; 2) cannery BET estimates maybe be biased low relative to observer estimates.
- Thus, until further comparisons can be done, assume cannery estimates of BET may be biased low.
- The current procedure will be to use RDL data to estimate the BSE, if an observer was onboard, or cannery/logbook data, if an observer was not onboard.
- Direct comparison of EMP and cannery estimates is pending.

Plan de trabajo para 2023: análisis adicionales - Workplan for 2023: additional analyses

Desarrollo de programas informáticos para BSE del PRM

- Se requieren programas informáticos adicionales para automatizar los cálculos de la mejor estimación científica.

Análisis de sensibilidad para simulaciones

- Objetivo: investigar los efectos en el desempeño de las hipótesis formuladas en el estudio de simulación.
- Para simulaciones 'dentro de la bodega', los datos de la Fase 1 serán usados para crear un conjunto de datos sintéticos de la composición de captura para cada unidad, muestreadas y no muestreadas.
- Los análisis incluirán:
 - Evaluación de desempeño bajo niveles plausibles de variabilidad en la composición de las especies dentro de los grupos originales de unidades.
 - Reevaluación de la decisión de excluir el factor de corrección de población finita al calcular la varianza de la captura de BET.
 - Comparación del error bajo el protocolo actual con el de un protocolo de muestreo aleatorio simple para ambas etapas.

Computer program development for EMP BSE

- Additional computer programs needed to automate BSE calculations.

Sensitivity analyses for simulations

- Purpose: investigate effects on performance of assumptions made in the simulation study.
- For within-well simulations, Phase 1 data will be used to create a synthetic data set of catch composition for every unit, sampled and unsampled.
- The analyses will include:
 - Evaluation of performance under plausible levels of variability in species composition within original groups of units.
 - Re-evaluation of the decision to exclude the finite population correction factor when computing the variance of BET catch.
 - Comparison of the error under the current protocol to that under a simple random sampling protocol for both stages.



Gracias! Thank you!

¿Preguntas? Questions?