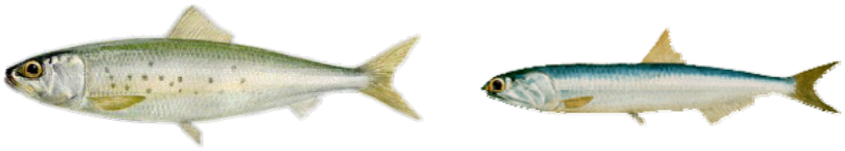
Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Gobierno de Chile

INFORME TÉCNICO (R.PESQ.) N°92-13

CRITERIOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA VEDA REPRODUCTIVA DE ANCHOVETA, REGIONES XV, I Y II.



Valparaíso, julio de 2013

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Gobierno de Chile

INDICE

1. OBJETIVO. 2

2. ANTECEDENTES 2
2.1 ANTECEDENTES LEGALES 2
2.2 ANTECEDENTES BIOLÓGICOS 3

3. METODOLOGIA 3
3.1 INDICADORES REPRODUCTIVOS 3
3.2 ANALISIS DE LOS INDICADORES REPRODUCTIVOS 5

4. RESULTADOS 7
4.1 ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LOS INDICADORES 7
4.1.1 Análisis de tendencia del IGS 7
4.1.2 Análisis de tendencia del IAD 11
4.2 ANALISIS DEL PERÍODO REPRODUCTIVO. 13
4.2.1 Ajuste Sigmoide del IGS semanal.. 13
4.2.2 Ajuste Sigmoide del IAD semanal 15
4.2.3 Comparación de ajustes de IGS e IAD 17
4.3 CRITERIO DE INICIO DE LA VEDA. 18

5. CONCLUSIONES 21

6. RECOMENDACIONES 22

7. REFERENCIAS 23

1. OBJETIVO.

El presente informe tiene como objetivo, establecer los criterios técnicos para el establecimiento de la veda reproductiva de anchoveta en las Regiones XV, I y II.

2. ANTECEDENTES.

2.1. ANTECEDENTES LEGALES.

El artículo N° 3 a) de la Ley General de Pesca y Acuicultura faculta al Ministerio para el establecimiento de "*veda biológica por especie en un área determinada, cuya duración se fijará en el Decreto que la establezca, facultándose al Ministerio para exceptuar de esta prohibición la captura de especies pelágicas pequeñas destinadas a la elaboración de productos de consumo humano directo y a carnada*".

Mediante esta figura legal, la pesquería de anchoveta de la XV-II Regiones, ha sido sometida anualmente al establecimiento de vedas biológicas de reclutamiento y reproductivas, que datan de casi 30 años. Estas han sido establecidas anualmente, considerando la aplicación de criterios técnicos que recogen la evolución y la variabilidad propia de estos procesos.

Sin embargo, con el objeto de mejorar la oportunidad de aplicación de la medida, se introdujo una modificación a la Ley de Pesca y Acuicultura mediante la Ley N° 20.528, que agrega un segundo inciso al artículo antes mencionado, que indica; *"Sin perjuicio de lo anterior, el decreto que establezca la veda podrá señalar un periodo referencial respecto de su duración, quedando condicionado su inicio y término a la verificación de determinados indicadores biológicos que serán determinados por el respectivo Comité Científico Técnico. La verificación de los indicadores deberá comunicarse por la página de dominio electrónico de la Subsecretaría".*

En este contexto el presente informe establece el Periodo Referencial de Veda (PRV) reproductiva para la anchoveta y los indicadores biológicos para el establecimiento de la veda.

2.2 ANTECEDENTES BIOLOGICOS.

La anchoveta presenta un desarrollo ovocitario de tipo asincrónico, con un desove parcial o fraccionado, es decir, el total de ovocitos maduros producidos por una hembra, son expulsados en grupos o modas sucesivas durante la temporada de desove.

Su comportamiento reproductivo posee una marcada estacionalidad, similar a la de otros recursos pelágicos, registrando un periodo de máxima actividad durante agosto y septiembre de cada año.

3. METODOLOGÍA.

3.1 INDICADORES REPRODUCTIVOS.

En términos generales, los indicadores reproductivos fueron estimados y analizados en escala semanal, considerando que el objetivo del presente trabajado es mejorar la oportunidad de implementación de la medida.

Los datos empleados en el análisis, corresponden a la información generada por el Instituto de Fomento Pesquero, a través del proyecto "Programa de Seguimiento de Pesquerías; Pesquerías Pelágicas Zona Norte".

a.- Índice Gonadosomático (IGS)

El índice gonadosomático (IGS) es un indicador macroscópico de actividad gonadal y refleja cambios en el peso de la gónada asociado a la fase de madurez. En peces asincrónicos como la anchoveta, el IGS medio representa las fases dominantes en la muestra, indicando a valores altos de IGS una mayor actividad reproductiva (GT, 2013).

El IGS se estima entre la relación del peso del ovario respecto al peso eviscerado, considerando un estimador de proporción. Este cálculo se realiza sobre ejemplares hembras mayores o iguales a 12 cm.

$$\hat{IGS}_h = \frac{\sum_{v=1}^{n_h^*} wg_{hv}}{\sum_{v=1}^{n_h^*} wc_{hv}}$$

Estimador de la varianza del estimador $\hat{IGS}_h$

$$\hat{V}(\hat{IGS}_h) = \left(1 - \frac{n_h^*}{N_h^*}\right) \frac{1}{n_h^* \overline{wc}_h^2} \frac{\sum_{v=1}^{n_h^*} (wg_{hv} - \hat{IGS}_h \cdot wc_{hv})^2}{n_h^* - 1}$$

donde,

$$\overline{wc}_h = \frac{1}{n_h^*} \sum_{v=1}^{n_h^*} wc_{hv}$$

Índices:

$\hat{IGS}$	:	Estimador del índice gonadosomático.
h	:	Estrato h = 1,2,...,L
n*	:	Número ejemplares en la muestra.
N*	:	Número de ejemplares en la captura.
$\hat{\bar{w}}$	:	Estimador del peso de un ejemplar obtenido desde la relación longitud peso.
wc	:	Peso corporal (sin vísceras) de un ejemplar.
wg	:	Peso gónadas de un ejemplar.

b.- Índice de actividad del desove (IAD)

El IAD es un indicador histológico (microscópico) de actividad de desove, el cual requiere de la observación sistemática de la gónada para identificar la presencia de folículos post-ovulatorios (FPO) y de ovocitos hidratados (Anexo I, Tabla 1), para estimar la proporción de individuos que alcanzaron este estado en el stock parental (componente de la fracción adulta en actividad de desove inminente y reciente) (GT, 2013).

Para efecto de la clasificación de los folículos postovulatorios (FPO) se utilizó la definición de estadios de degeneración de éstos, propuesta por Claramunt et al. (2007) (Anexo 2, Tabla 2).

Para el cálculo del IAD las hembras se agruparon considerando la fase ovárica y el estadio de degeneración del FPO, según la expresión:

$$IAD = \frac{\text{N° hembras de Día (0) y Día (-1)}}{\text{N° de hembras maduras}} \times 100$$

donde:

- Día (0): corresponde a las hembras que desovarán más la que desovaron en la noche de la captura, cuyos ovarios presentan ovocitos hidratados y FPO I.
- Día (-1): corresponde a las hembras que desovaron la noche anterior de la captura, cuyos ovarios presentan FPO II al IV.

3.2 ANÁLISIS DE LOS INDICADORES REPRODUCTIVOS.

a.- Análisis de tendencia.

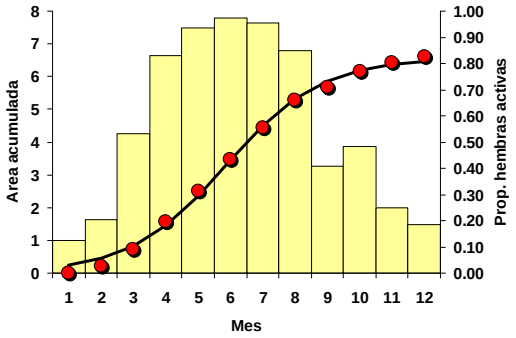
Se analizaron las tendencias y anomalías de las series históricas del IGS e IAD semanal, para los años 2000-2012 y 1999-2012, respectivamente.

b.- Análisis del periodo reproductivo.

Esta metodología corresponde a la desarrollada por Claramunt et al. (2011) y adoptada por el Comité Científico de Pequeños Pelágicos para el establecimiento del periodo de desove en anchoveta y sardina común de la zona centro sur. El fundamento de la metodología contenido en el reporte de dicho Comité se describe en el anexo II de este informe.

Considerando que la anchoveta posee una fecundidad indeterminada, su potencial reproductivo está determinado por la fecundidad parcial y el número de desoves. Sin embargo, número de desoves anuales, representado por el área bajo la curva de la fracción diaria de hembras desovantes (proporción de la población de hembras que desova al día), es de compleja estimación, por lo que diversos autores han postulado proxies de la fracción diaria de hembras desovantes que pueden ser útiles. Claramunt y Herrera (1994) y Claramunt y Roa (1998), proponen que un índice del número de desoves es el área bajo la evolución temporal del IGS.

En consecuencia, el área acumulada bajo la curva del índice (IGS e IAD) en función del tiempo sigue una tendencia sigmoide, al cual se puede ajustar un modelo entre el tiempo acumulado y el área bajo G, del tipo:



$$G_t = \frac{a_t}{1 + e^{b_t - c_t \cdot t}}$$

Siendo:

Gt el área bajo G al tiempo t, el cual es un proxy del número de desoves.

a, b y c: parámetros.

a: nivel de asíntota (= área total)

b: parámetro de posición, tal que b/c es el tiempo en que se alcanza la mitad de la asíntota y que corresponde al tiempo en que se alcanza el máximo (= pico reproductivo)

c: relacionado a la velocidad con que se alcanza la asíntota

Dado que los períodos de desove no coinciden en año calendario, esto es, que el inicio no coincide con el mes de enero, es que el área bajo la curva del índice reproductivo se define a partir de un año biológico, esto es comenzando (t = 0) como el mes de menor actividad reproductiva, en este caso, el año biológico se estableció en la semana 16 del año calendario. Luego el ajuste a los datos observados se realiza por mínimos cuadrados.

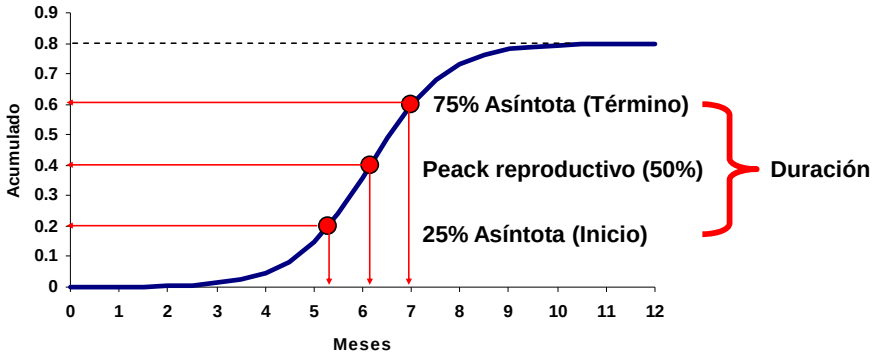
Las ventajas de este enfoque son que:

- Generan un suavizamiento de los datos (período reproductivo), evitando el ruido producto de factores muestreales.
- Permiten definir con claridad el pico reproductivo, esto es el tiempo en que se alcanza la mitad de la asíntota.
- La asíntota representa la magnitud del período reproductivo del año (potencial reproductivo), el cual es un proxy del número total de desoves.

- Se pueden definir cuantitativamente los criterios para definir la protección del período de desove que se pretende lograr (i.e.: veda). Si se pretende proteger el 50% del total del período, es decir un 25% antes y después del peak de desove, este estará definido por:

$$t_P = \frac{b - Ln(1/P - 1)}{c}$$

P= Prop. de la asíntota (Ej.: 0,25; 0,5 o 0,75)



- donde P es 0,25 o 0,75 (Tiempo en que se alcanza el 25 o el 75% de la asíntota)
- Se puede estudiar la variabilidad interanual en los parámetros que emanan del modelo (Inicio, término, duración y magnitud del período reproductivo).

4. RESULTADOS.

4.1 ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LOS INDICADORES.

4.1.1 Análisis de tendencia del IGS.

a.- Cambios del IGS según estadios de madurez gonadal.

El índice gonadosomático da cuenta de la actividad gonadal, reflejando los cambios en peso de la misma. Dichos cambios están asociados a la fase de madurez sexual, por lo tanto, un primer indicador a considerar es determinar la evolución de este índice según el estado de

madurez sexual y sus posibles modificaciones por rango de talla, empleando datos de carácter microscópico.

El análisis mostró que IGS medio no supera el 3% en las fases 2 y 3 (2: inmaduro; 3: parcialmente vitelado), incrementando sustantivamente a 5,8% en la fase 4 y alcanzando un valor máximo de 9,6% en la fase 6 (4: vitelado; 5: en maduración; 6: hidratado). En las fases 7 y 8 el IGS disminuye en torno al 5% (7: en desove; 8: desove parcial). Cabe destacar que no se observan diferencias significativas en el análisis por grupos de talla (Figura 1).

El estado 4 da cuenta de una inminente actividad ovárica, caracterizado entre otros por la presencia de ovocitos con glóbulos de vitelo distribuidos desde la periferia a la región perinuclear, vesícula germinativa en la posición central y nucléolos en la periferia. Cabe destacar que al alcanzar dicho estado, se observa un importante incremento en el valor del IGS, cuyo valor mínimo es 5,2 %, el cual, se encuentra asociado al segmento de talla de ejemplares menores (<14,5 cm.) (Figura 1).

En consecuencia, iniciado el evento reproductivo, se espera obtener un IGS medio mayor a 5,2%, como reflejo del inicio de actividad ovárica de la anchoveta.

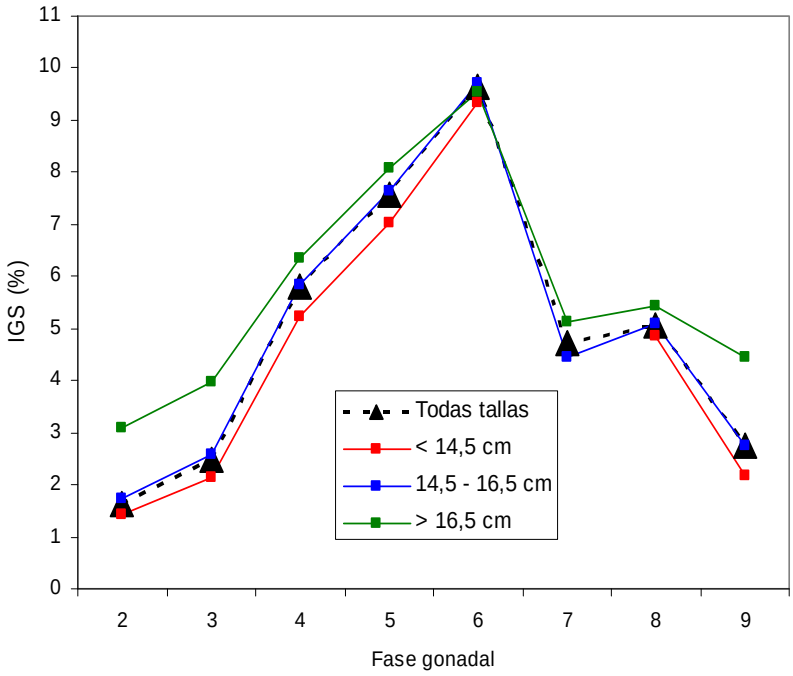


Figura 1. Variación de IGS medio según fase de desarrollo gonadal microscópica. Fuente: IFOP.

b.- Establecimiento del "Periodo Referencial de Veda".

El Periodo Referencial de Veda (PRV) según indica la Ley, es el periodo establecido por Decreto, en el cual rigen los criterios definidos para el establecimiento de la veda propiamente tal.

Para definir este periodo se analizaron los valores de IGS de carácter macroscópico entre los años 2000 y 2012, en escala semanal y mensual. Considerando la alta variabilidad del indicador y su estacionalidad, se optó por estimar el valor promedio de la serie, dado que en peces asincrónicos como la anchoveta este representa las fases dominantes en la muestra, permitiendo discriminar valores de mayor y menor actividad reproductiva.

La estimación del promedio semanal y anual del indicador fue 5,3% y 5,4%, respectivamente. Valores que conforme a lo anteriormente indicado dan cuenta del inicio

de la actividad ovárica y en consecuencia pueden ser utilizados como referentes para la definición del PRV.

A nivel mensual la serie promedio indica que los valores mayores o iguales al IGS 5,3% se ubican entre la semana 26 y la 5 del año siguiente. Mientras que a nivel mensual se observan valores mayores o iguales a 5,4 % entre los meses junio-julio y enero-febrero del año siguiente (Figura 2). En consecuencia el PRV abarcaría desde junio a enero del año siguiente.

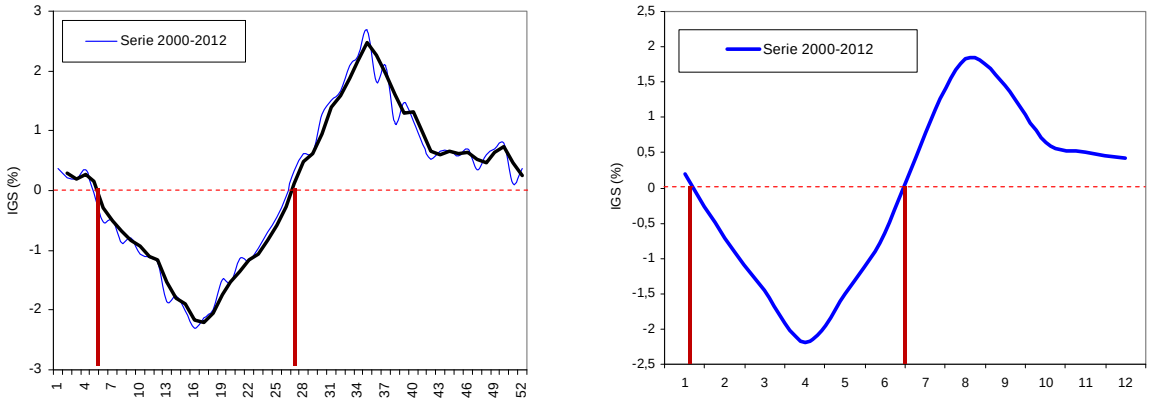


Figura 2. Anomalía del IGS respecto de los valores promedio de la serie semanal (a) y mensual (b), 5,3% y 5.4%, respectivamente. Fuente: IFOP

c.- Período de máxima actividad ovárica.

Para precisar el periodo de mayores valores de IGS (Máxima actividad ovárica), se estimó la media móvil de los IGS, considerando tres rangos de talla (<14,5 cm; 14,5-16,5 cm.; >16,5 cm.). Los resultados muestran que a igual fecha, ejemplares de menor talla presentan valores de IGS menores, sin embargo los valores peack de cada rango coinciden temporalmente (Figura 3).

Tendiendo a la vista estos antecedentes, el valor de inicio de la máxima actividad reproductiva, debe ser tal que, permita mostrar un periodo de máxima actividad para cada

rango de talla. En consecuencia al considerar estos resultados con el análisis de IGS por fases de madurez, se puede precisar que el periodo de máxima actividad ovárica o reproductiva queda definido por el criterio IGS 6%.

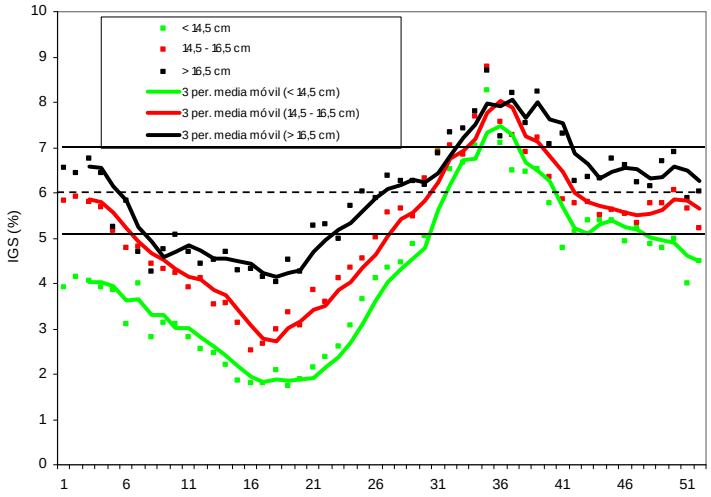


Figura 3. Media móvil del IGS semanal por rango de talla. Fuente: IFOP

4.1.2 Análisis de tendencia del IAD.

El IAD proveniente de los promedios semanales de la serie 1999-2012, muestra valores bajos durante el primer semestre del año, incrementando a partir de junio, alcanzando valores máximos en agosto-septiembre con valores por sobre el 30%, para luego iniciar el descenso (Figura 4).

Cabe destacar que la curva promedio de los valores semanales de IAD muestra que los valores máximos de este índice son coincidentes con los máximos de IGS, sin embargo, la caída del IAD es más pronunciada que la de IGS, que muestra un descenso más gradual.

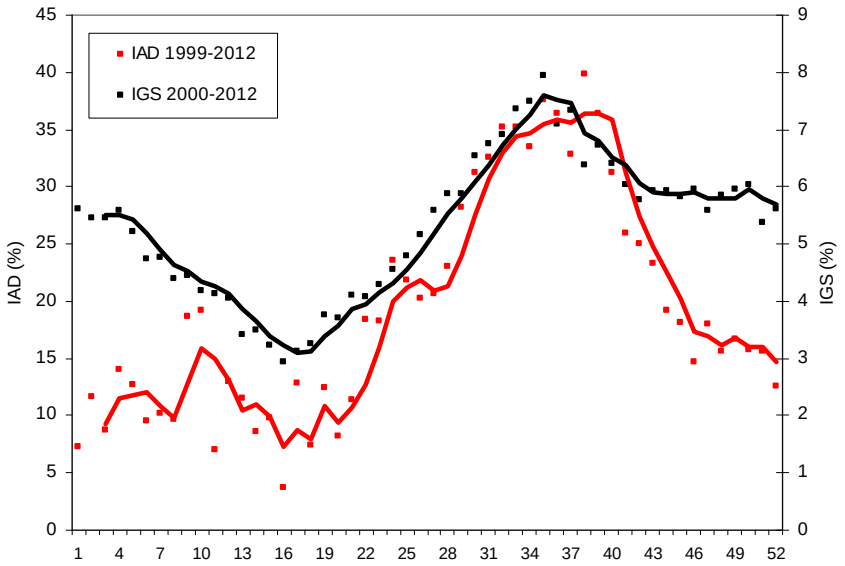


Figura 4. Promedio de la serie semanal de IAD 1999-2012 e IGS 2000-2012. Fuente: IFOP

Con el objeto de definir el periodo de máxima actividad de desove (MID) en concordancia con la máxima actividad ovárica (IGS), se contrastaron las tendencias semanales de las anomalías promedio semanal del IGS para un valor de 6%, con las del IAD considerando anomalías de 15%, 20% y 25 % (Figura 5).

El análisis de la figura 5, muestra que las anomalías de 15% y 20% de IAD, dan cuenta de una amplia extensión de actividad de desove asociada a valores de IGS menores a 6%, mientras que la anomalía asociada al 25% de IAD es coincidente en inicio y término con la anomalía de IGS 6%.

En consecuencia la máxima actividad de desove en concordancia con la máxima actividad ovárica, corresponde a un criterio de 25% IAD y 6% IGS. Este periodo se ubica entre la 3° semana de junio y la 3° semana de octubre, abarcando un periodo de 13 semanas.

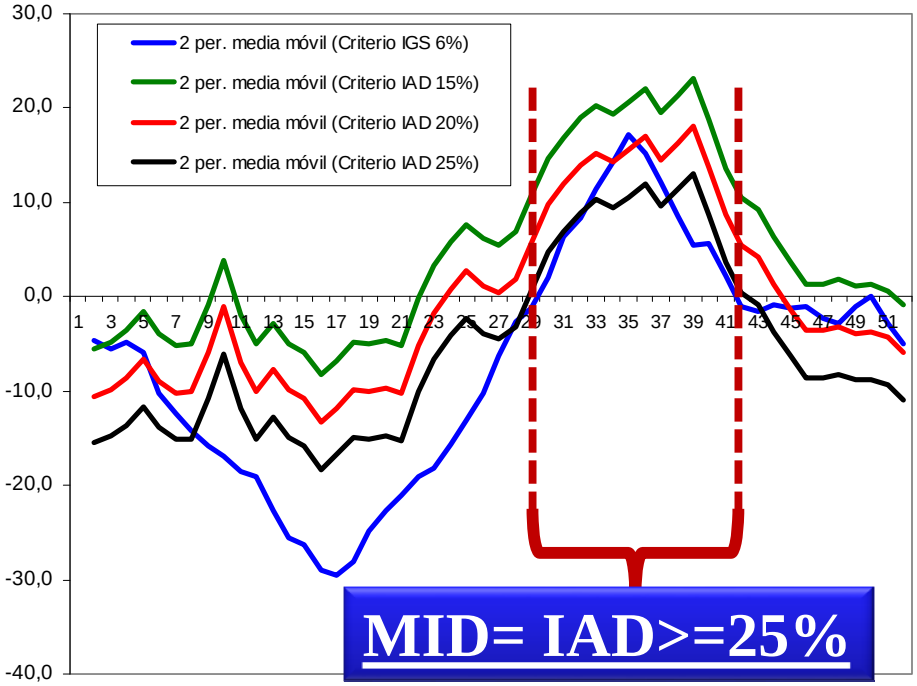


Figura 5. Anomalía de la serie histórica semanal del IAD; 25%, 20% y 15% e IGS 6%. Fuente: IFOP

4.2 ANALISIS DEL PERIODO REPRODUCTIVO.

4.2.1 Ajuste Sigmoide del IGS semanal.

En este análisis se ajustó el valor de IGS semanal para cada año de la serie (2000-2012), empleando como semana de inicio del año calendario la semana 16 (mayo) que corresponde al semana que registra el menor valor de la serie. Para cada año se estimó la banda del 25% y 75% de la asíntota que define la duración del periodo y el valor del 50% que representa la fecha donde se ubica el valor peack.

El ajuste de la sigmoide del IGS muestra que en promedio los valores asociados al 25%, 50% (peack) y 75%, corresponden a la semanas del año calendario 16, 26,3 y 36,6,

respectivamente, lo que equivale a la 1° semana de agosto, 2° de octubre y 4° de Diciembre, alcanzando una duración de 20,6 semanas (Figura 6).

Si bien el inicio del periodo es bastante coincidente con el criterio MID y las vedas establecidas por la Administración, se observan diferencias significativas en el término del mismo, puesto que la extensión es superior a los otros criterios (Tabla I, Figura 6).

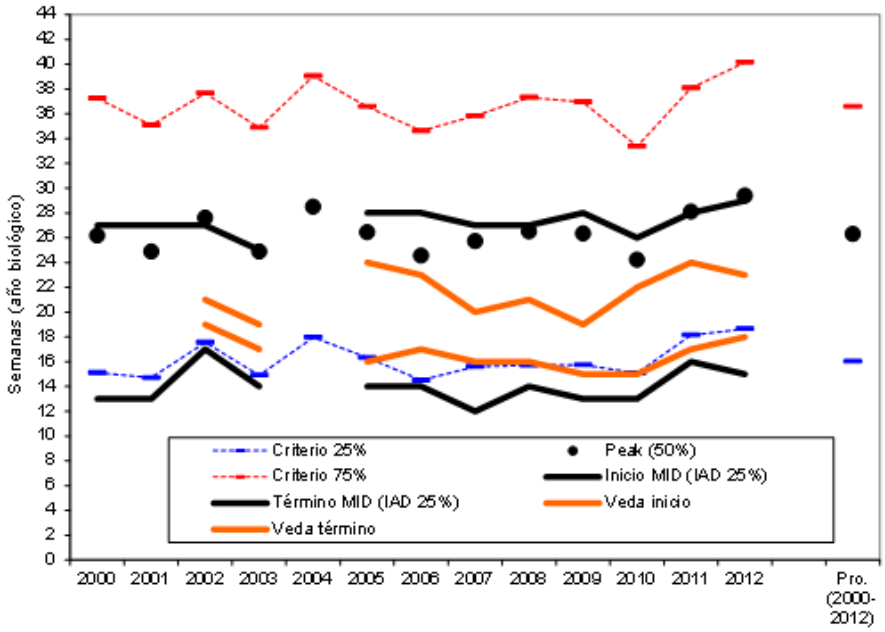


Figura 6. Semanas en año biológico correspondientes a los criterio de 25%, 50% y 75% del área acumulada bajo la sigmoide del IGS anual. Criterio MID y veda biológica establecida para cada año. Fuente IFOP.

Tabla I. Resultados del modelo sigmoide del IGS semanal. Semanas en año biológico correspondientes a los criterio de 25%, 50% y 75% del área acumulada bajo la curva. Criterio MID y veda biológica establecida para cada año. Fuente IFOP.

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Pro. (2000-2012)
MID (25%)	Inicio	13	13	17	14		14	14	12	14	13	13	16	15	
MID (25%)	Término	27	27	27	25		28	28	27	27	28	26	28	29	
Veda	Inicio			19	17		16	17	16	16	15	15	17	18	
Veda	Término			21	19		24	23	20	21	19	22	24	23	
Inflexion	Peak	26,2	24,9	27,6	24,9	28,5	26,5	24,6	25,7	26,5	26,3	24,2	28,1	29,4	26,3
25%	Inicio	15,1	14,7	17,6	14,9	18,0	16,3	14,5	15,6	15,7	15,7	15,1	18,1	18,6	16,0
75%	Término	37,2	35,1	37,7	34,9	39,0	36,6	34,6	35,8	37,3	36,9	33,4	38,1	40,2	36,6
	Duración	22,1	20,4	20,1	20,0	21,1	20,2	20,1	20,2	21,6	21,2	18,3	19,9	21,5	20,6

4.2.2 Ajuste Sigmoide del IAD semanal.

Al igual que en el caso anterior se ajustó el valor de IAD semanal para cada año de la serie (1999-2012), empleando como semana de inicio del año calendario la semana 16 (mayo) que corresponde al semana que registra el menor valor de la serie. Para cada año se estimó la banda del 25% y 75% de la asíntota que define la duración del periodo y el valor del 50% que representa la fecha donde se ubica el valor peack.

El ajuste de la sigmoide del IAD muestra que en promedio los valores asociados al 25%, 50% (peack) y 75%, corresponden a la semanas del año calendario 14,2, 22 y 29,7, respectivamente, lo que equivale a la 3° semana de julio, 2° de septiembre y 4° de noviembre, alcanzando una duración de 15,5 semanas (Figura 7).

Estos resultados muestran al igual que en el caso anterior bastante similitud en las estimaciones de inicio estimadas por el MID y el ajuste sigmoide del IAD, los que muestran a su vez sintonía con el inicio de las vedas. Sin embargo, a diferencia de lo observado en el IGS, el IAD muestra una menor duración, similar a la que se obtiene del criterio MID. (Tabla II, Figura 7).

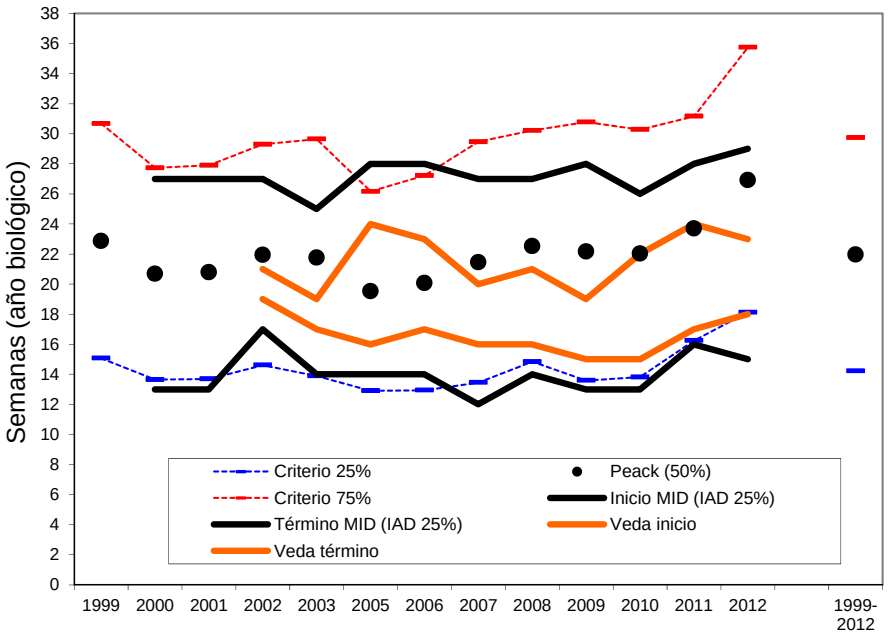


Figura 7. Semanas en año biológico correspondientes a los criterio de 25%, 50% y 75% del área acumulada bajo la sigmoide del IAD anual. Criterio MID y veda biológica establecida para cada año. Fuente IFOP.

Tabla II. Resultados del modelo sigmoide del IAD semanal. Semanas en año biológico correspondientes a los criterio de 25%, 50% y 75% del área acumulada bajo la curva. Criterio MID y veda biológica establecida para cada año. Fuente IFOP.

		1999	2000	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Prom
MID (25%)	Inicio		13	13	17	14	14	14	12	14	13	13	16	15	
MID (25%)	Término		27	27	27	25	28	28	27	27	28	26	28	29	
Veda	Inicio				19	17	16	17	16	16	15	15	17	18	
Veda	Término				21	19	24	23	20	21	19	22	24	23	
Inflexion	Peak	22,9	20,7	20,8	22,0	21,8	19,5	20,1	21,5	22,5	22,2	22,0	23,7	26,9	22,0
25%	Inicio	15,1	13,6	13,7	14,6	13,9	12,9	12,9	13,4	14,8	13,6	13,8	16,2	18,1	14,2
75%	Término	30,7	27,7	27,9	29,3	29,6	26,2	27,2	29,5	30,2	30,8	30,3	31,2	35,7	29,7
	Duración	15,6	14,1	14,2	14,7	15,8	13,3	14,3	16,0	15,4	17,2	16,5	14,9	17,6	15,5

4.2.3 Comparación de ajustes de IGS e IAD.

La tendencia de los peack reproductivo (inflexión o 50% de la asíntota) estimadas mediante el ajuste de la sigmoide muestran un leve aplazamiento del peak reproductivo en los años más recientes tanto en IGS como en IAD (Figura 8).

En las serie histórica del IGS el peack estimado mediante la asíntota este fluctúa entre 4° semana de septiembre y la 1° semana de noviembre, con un promedio que se ubica en torno a la 2° semana de octubre (Fechas que corresponden a la semana 24,2 – 29, 4 y 26,3, respectivamente, en año biológico) (Figura 8 Tabla I).

En tanto, los peack del IAD varían entre la 4° semana de agosto y la 3° semana de octubre, con un promedio que se ubica en torno a la 2° semana de septiembre (Fechas que corresponden a la semana 19,5 – 26, 9 y 22, respectivamente, en año biológico) (Figura 8 Tabla I).

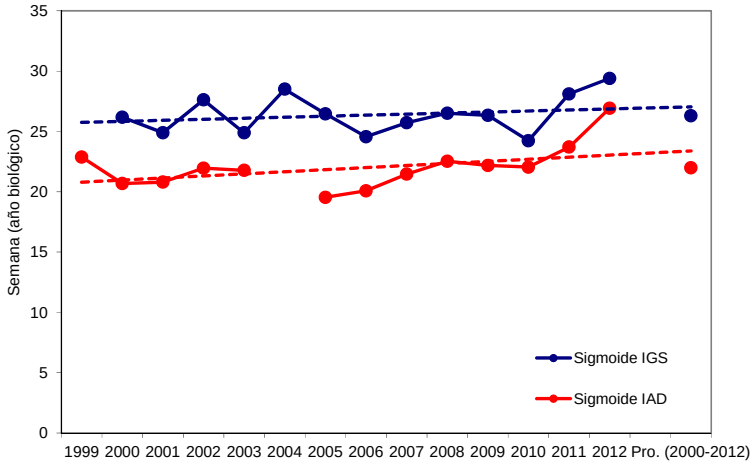


Figura 8. Punto de inflexión para el ajuste anual de la curva sigmoide de IGS e IAD en escala semana. Fuente: IFOP

En relación a la duración del periodo reproductivo definido como el periodo entre el 25 y 75% de la asíntota, se obtiene una duración promedio 20,6 semanas para el ajuste del IGS y 15,5 semanas para el ajuste del IAD. Por otra parte, el método MID muestra una duración promedio de 13 semanas (Figura 9).

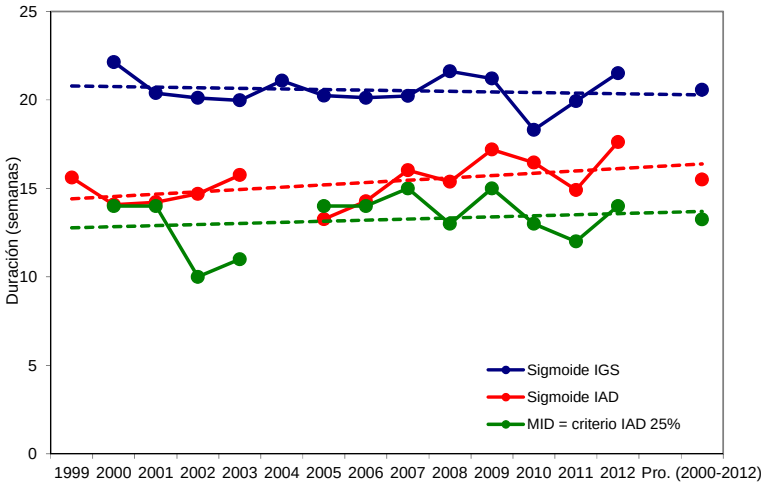


Figura 9. Duración del periodo reproductivo estimado por el método de ajuste de la sigmoide y método MID. Fuente IFOP.

4.3 CRITERIO DE INICIO DE LA VEDA.

Los resultados muestran que el uso del IAD solo o en combinación con el IGS, arrojan una duración del periodo reproductivo más acotado, puesto que como índice de actividad de desove, refleja mejor la disminución de la frecuencia del mismo, mientras que el IGS declina más lentamente, en la medida que la gónada reduce su actividad.

En consecuencia, se propone utilizar de manera conjunta el IGS e IAD, dado que han mostrado ser eficaces en la detección del inicio del período de mayor actividad de desove. Se recomienda establecer como criterio para definir el inicio de la veda la ocurrencia

simultánea de un IAD semanal mayor o igual a 25% e IGS semanal mayor o igual a 6% y por dos semanas no consecutivas.

El desempeño histórico de este criterio implementado para la serie histórica entre el 2000 y 2012, muestra que este índice se cumple de manera efectiva en 12 de 13 años, proporcionando de esta forma una alerta efectiva para el inicio de la veda. Solamente el año 2012, se observa un cumplimiento tardío del criterio dado que los valores de los índices fueron muy bajos (Figura 10).

Este análisis muestra también, que una vez alcanzado este criterio, pese a la variabilidad de los índices, estos muestran una tendencia creciente de manera estable, es decir, no son inferiores al valor del criterio propuesto.

AÑO	Indice	JUN				JUL				AGO					SEP				OCT			
		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
2000	IGS	5,4	4,7	6,1	6,0	6,1	7,4	7,1	7,0	7,1	6,1	8,2	7,4	**7,2**	6,7	7,1	5,6	6,1	6,1	5,8	6,1	6,1
	IAD	15,0	40,0	30,5	28,0	36,0	41,0	32,0	40,0	55,0	38,0	29,0	44,0	**48,0**	50,0	29,0	74,0	31,0	25,0	28,0	18,0	49,0
	VEDA								27 julio - 8 sept = 45 dias													
2001	IGS	5,5	5,6	6,0	6,7	7,6	7,5	7,2	7,3	7,9	9,7	9,2	8,4	**8,4**	8,0	7,4	6,4	8,5	6,4	6,1	6,2	6,0
	IAD	44,1	21,0	30,0	26,0	31,0	50,0	52,0	44,0	41,0	39,0	23,0	32,0	**41,0**	37,6	37,0	81,5	41,0	41,0	30,0	33,0	9,0
	VEDA										6-26 ago =20 dias						17-30 sep =15 dias					
2002	IGS	3,8	3,3	2,4	3,9	4,8	4,3	3,7	5,2	5,8	7,3	7,3	8,9	**11,0**	7,6	7,7	6,6	6,7	5,7	5,5	5,2	5,1
	IAD	24,6	23,0	15,6	17,5	14,5	7,5	15,2	15,1	26,6	38,0	45,0	23,0	**58,0**	39,0	37,0	46,0	39,2	27,0	33,0	19,0	6,2
	VEDA												19 ago - 8 sep = 20									
2003	IGS	5,0	6,3	6,0	5,7	6,1	7,2	6,4	6,6	6,8	6,3	6,4	6,6	**6,8**	7,1	6,7	6,0	7,1	6,9	6,9	6,0	5,8
	IAD	9,6	17,0	17,2	23,7	23,8	22,0	32,2	28,1	34,1	39,2	49,2	36,1	**24,5**	39,8	30,1	41,3	39,4	19,0	15,0	27,0	19,0
	VEDA										11 - 31 ago = 21 dias											
2004	IGS	3,0	3,6	2,8	2,9	3,3	5,7	6,7	7,0	7,0	7,3	7,9	7,0	**7,7**	6,8	7,2	5,4	5,2	5,2	4,9	4,5	5,2
	IAD					14,8	10,9	9,9	18,0	14,4	26,2	43,2	30,4	**47,3**	35,9	34,9	16,9	19,5	23,4	22,4	12,9	15,1
	VEDA												13 ago - 5 sep /6-12 sep = 31 dias									
2005	IGS	4,6	4,7	5,2	5,1	6,6	5,8	6,5	6,6	7,3	7,1	7,3		**7,1**	7,4	6,9		6,5	5,9	6,3	5,5	6,0
	IAD					20,5	23,9	21,5	44,6	31,0	47,8	33,3		**48,0**	33,1	42,4		32,0	20,8	20,0	18,1	21,7
	VEDA										6-26 ago =21									10-20 sep =11 dias		
2006	IGS	4,0	6,1	5,2	6,3	5,8		6,5	8,1	7,5	7,5		8,1	**6,8**	6,4	6,3		6,9	7,4	6,2	5,8	5,9
	IAD			27,0		33,3		47,1	27,5	33,1	28,1		52,2	**44,0**	42,3	41,3		25,3	18,1	19,7	21,8	22,5
	VEDA											13 ago-2 sep=21				10-24 sep =15						
2007	IGS	5,9	6,0	6,3	7,3	6,6	6,6	7,0	8,1	7,1	8,0	8,1	8,0		6,9	7,6	6,6	6,7	7,6	6,3	6,2	6,6
	IAD					35,2	25,8	46,7	17,9	38,8	40,6	35,0	50,0		27,4	25,0	18,7	41,0	12,1	24,6	26,4	12,4
	VEDA									3 ago- 01 sep =30												
2008	IGS	3,8	4,0	5,7	4,9	5,9	6,3	5,7	5,6	5,7	6,2		6,4	**6,5**	6,0	6,7		5,9	6,5	6,4	6,7	6,1
	IAD	11,1	22,4	16,2	11,6	10,1	26,3	42,3	46,3	30,0	36,4		32,6	**30,3**	37,9	30,8		32,6	30,2	31,5	31,5	20,4
	VEDA										07ago-05sep = 30											
2009	IGS	4,7	4,3	4,6	4,8	5,8	5,7	5,6		6,0	6,0		8,0	**7,7**		9,7		7,2	6,4	6,7	5,9	6,2
	IAD	22,4	31,7	31,6	30,5	12,3	29,0	21,5		32,9	27,7		28,2	**10,0**		22,2		30,4	53,2	28,5	40,0	19,8
	VEDA								23 jul -25 ago = 32 dias													
2010	IGS	4,6	5,3	5,5	6,4	6,7	6,7	6,9	7,2	8,3	6,9					7,4	7,9	8,1	6,6	6,3	5,7	6,8
	IAD					19,8	32,0	34,2	47,8	28,6	37,1					34,2	11,6	21,3	32,8	22,8	24,8	16,1
	VEDA								25 jul -07 sept = 45													
2011	IGS	3,1	1,9	2,3	2,8	3,3	3,1	3,1	4,9	6,3	6,1	5,9	6,7	**7,9**	7,4	7,4	6,5	5,7	5,7	4,9	5,5	5,6
	IAD			3,7	11,8	7,2	10,1	7,1	16,7	34,8	34,3	26,0	29,0	**45,4**	30,4	25,4	42,0	67,6	49,0	21,5	27,6	29,6
	VEDA											13 ago -19 sep / 20 -26 sep = 44 dias										
2012	IGS	2,4	3,5	4,3	4,4	4,1	4,3	4,2	4,8	5,1	5,3	5,8	7,0	**10,3**	7,6			6,9	6,9		5,9	5,6
	IAD	0,7	9,5	10,0	12,7	5,5	6,0	5,4	25,7	29,7	23,3	34,8	30,1	**27,0**	26,5			44,4	33,2		23,8	38,1
	VEDA											13 ago -19 sep = 38 dias										

Figura 10. Desempeño del criterio de veda propuesto, entre los años 2000-2012.

5.- CONCLUSIONES.

Revisados todos los antecedentes antes descritos por el Grupo Técnico, ésta Subsecretaría hace suyas las recomendaciones efectuadas por esta instancia:

- Si se considera un IAD de 25% como criterio del período de máxima actividad de desove (MID) y considerando además su asociación con un IGS promedio de 6%, que deriva de la serie histórica (2000-2012), éste se extendería desde mediados de julio (semana 29) hasta mediados de octubre (semana 42), con duración de 13 semanas. Los mayores registros de IAD se centran en el bimestre agosto-septiembre.

- El ajuste sigmoide de los datos de IAD semanales, indicó para la serie 1999-2012 un período de máxima actividad de desove desde mediados de julio y hasta mediados de noviembre, con una duración de 15,5 semanas y el máximo en la segunda semana de septiembre. Este ajuste es coincidente en el inicio con el criterio MID, dado que el 25% acumulado coincide con el 25% del IAD. Sin embargo, difieren en el peak y término debido a que el modelo sigmoide considera un suavizamiento de los datos (ajuste no lineal).

- El criterio para definir el inicio de la veda que se propone es de un IAD semanal mayor o igual a 25% e IGS semanal mayor o igual a 6% por dos semanas no consecutivas, ya que ha mostrado ser eficaz en la detección del inicio del período de mayor actividad de desove.

- De acuerdo al análisis de la serie de tiempo (2000-2012), las vedas reproductivas si bien se han iniciado en concordancia con el máximo reproductivo, éstas han protegido una proporción baja de éste. Se reconoce la tendencia al aumento de los días de veda, pero éstos aún debieran seguir ampliándose.

- Debido a que el período MID dura 13 semanas y se pretende proteger al menos el 50% de éste (6 semanas), se recomienda que el período de veda debiera ser superior a lo que se ha establecido, esto es de al menos 45 días.

- En caso que los criterios antes propuestos no se cumplan, debido a factores ambientales, demográficos u otros, se recomienda establecer un período fijo a priori de veda, de forma de asegurar la protección de un período de desove. La fecha de la veda debiera ser entre la última semana de agosto y primera semana de octubre (45 días), la cual se debe iniciar aún cuando los indicadores no lleguen a los umbrales requeridos (i.e. IAD >= 25% e IGS >= 6%).

6.- RECOMENDACIONES.

Conforme a lo anteriormente expuesto se recomienda el establecimiento de una veda reproductiva basada en criterios técnicos (indicadores reproductivos), aplicable anualmente bajo el siguiente esquema:

1.- Periodo Referencial de Veda.

- Conforme a los establecido en el Artículo N°3 a) de la LGPA, se establece como Periodo Referencial de Veda reproductiva de anchoveta entre el 1 de junio y el 31 de enero de cada año.
- Durante este periodo IFOP efectuará un monitoreo intensivo de la condición reproductiva del recurso.

2.- Información a usuarios.

- Durante este Periodo Referencial de Veda, el IFOP y la Subsecretaría publicarán semanalmente, en su página web, los días viernes de cada semana, un reporte de la condición reproductiva, en el que dará cuenta de los indicadores reproductivos de la semana inmediatamente anterior, que incluirá los valores el IGS e IAD, entre otros.

- La direcciones web son las siguientes:
    - IFOP: http://www.ifop.cl (Ruta: Boletines; Pesquería Pelágica Zona Norte)

- SUBSECRETARÍA: http://www.subpesca.cl (Ruta: Pesca y Acuicultura; especies hidrobiológicas; anchoveta; Indicadores biológicos. En su defecto, en la página principal en "Ultimas Publicaciones".

3.- Criterio de inicio de la veda.

- Los indicadores utilizados para el establecimiento de la veda durante el Periodo Referencial de Veda son el IGS e IAD, en escala semanal reportados por el IFOP.
- Los valores que activan la medida corresponden a la ocurrencia simultanea de un IAD>= 25,0% y un IGS>=6,0%, durante dos semanas, no necesariamente consecutivas.
- Cumplido el criterio antes indicado, la veda comenzará regir a partir del lunes siguiente a la publicación en la página web.

4.- Duración de la Veda.

- El periodo de veda se extenderá por 45 días.
- Si terminados los 45 días, se verifica la aparición de un valor IAD semanal >= 35%, durante el Periodo Referencial de veda, se aplicará una veda por 10 días, a partir del lunes siguiente a la publicación en la página web.

5.- Criterio Precautorio.

- Si al 24 de agosto, el criterio de inicio de veda (indicado en el punto N°3), no ha sido alcanzado, se establecerá automáticamente una veda entre el **25 de agosto y el 8 de octubre** (45 días).
- Si terminados los 45 días, se verifica la aparición de un valor IAD semanal >= 35%, durante el Periodo Referencial de Desove, se aplicará una veda por 10 días, a partir del lunes siguiente a la publicación en la página web.

5. REFERENCIAS.

Comité Científico de Pequeños Pelágicos. Grupo de Trabajo Historia de Vida, Indicadores Bio-pesqueros y Ecología Reproductiva. Veda reproductiva Sardina Común y Anchoveta, Zona Centro Sur. Informe Final.

Böhm, G., et. al. 2013 a. Determinación del período reproductivo y máxima intensidad de desove de la anchoveta en la Zona Norte. Asesoría integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2013. Actividad 1: Recursos Pelágicos Zona Note, 2013". Informe Coyuntural. IFOP/SUBPESCA.

Grupo Técnico, 2013. Reporte taller criterio establecimiento veda reproductiva en anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte. Universidad Arturo Prat, Iquique, 7 de mayo de 2013. Reporte Final.

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

Gobierno de Chile

ANEXO I

Tabla 1. Caracterización microscópica para determinar la fase de madurez gonadal en hembras de anchoveta (Sepúlveda et al., 1999).

ESTADIO OVARICO	CITOLOGIA E HISTOMORFOLOGIA OVARICA
Estadio I: Virginal	Ovario con numerosos nidos ovogoniales y ovocitos primitivos rodeados por tejido conectivo interticial de donde destacan tabiques fibro-conectivos.
Estadio II: Inmaduro (reincidente)	Lamelas repletas con ovocitos no vitelados rodeados por delgadas células foliculares. Vesícula germinativa grande y central, con prominentes nucléolos esféricos y periféricos. Citoplasma escaso, finamente granular y fuertemente basófilo. En ovocitos previtelogénicos tardíos debuta la presencia de pequeñas vesículas periféricas.
Estadio III: Parcialmente vitelado	Predominio de ovocitos en estado temprano de depositación de vitelo, el cual no abarca más de las 3/4 partes del citoplasma. Destaca la presencia de vesículas periféricas. Vesícula germinativa grande y central, con múltiples nucléolos periféricos y rodeada por pequeñas gotas de lípidos que inician su fusión. La zona radiata es delgada, subyacente a células foliculares de poca altura.
Estadio IV: Vitelado	Predominio de ovocitos cargados de glóbulos de vitelo distrbuido desde la periferia hasta la región perinuclear. La vesícula germinativa mantiene su posición central, permaneciendo los nucléolos en la periferia. Zona radiata bien desarrollada. Células foliculares cúbicas bajas con núcleo esférico, central y el citoplasma finamente granular, ligeramente basófilo.
Estadio V: En maduración	Citoplasma con grandes glóbulos de vitelo (término de la depositación de vitelo) y vesículas lipídicas que coalecen (2 a 3), ubicándose al lado opuesto de la dirección de migración de la vesícula germinativa, la que es excéntrica, migrante hacia el polo animal. Alto número de pequeños nucléolos periféricos. Células foliculares cúbicas con núcleo desplazado a la base. Citoplasma claro, de aspecto espumoso, areolar, ligeramente basófilo.
Estadio VI: Hidratado (hialino)	Con o sin vesícula germinativa en el polo animal, según se haya iniciado la maduración. Por incorporación de fluidos el ovocito incrementa considerablemente su tamaño. El vitelo se presenta en forma de placas por ingreso de líquido al citoplasma, dándole un aspecto hialino. La granulosa y zona radiata pierden espesor.
Estadio VII: En desove	Co-existencia de ovocitos hidratados y folículos postovulatorios nuevos, entre ovocitos en depositación temprana de vitelo.
Estadio VIII: Postdesovante de tanda	Ovario con presencia de folículos postovulatorios y ovocitos vitelogénicos y eventualmenten ovocitos próximos a la hidratación.
Estadio IX: Desovado	Predominio de ovocitos inmaduros. Se aprecia abundante atresia folicular, tanto alfa como beta. Ovocitos vitelados residuales y eventualmente folículos postovulatorios viejos.

Tabla 2. Clasificación histológica de los folículos postovulatorios de anchoveta según grado de degeneración.

Estadios del FPO		I	II	III	IV	V	VI	VII
Tamaño		Grande	Grande	Mediano	Mediano	Pequeño	Muy pequeño	Remanente
Forma del FPO y relación con el lumen		Forma estrellada con grandes pliegues, lumen con gránulos eosinófilos	Forma estrellada Pliegues más próximos entre si lumen con gránulos	Tendencia a perder los pliegues, forma alargada , lumen en reducción sin gránulos	Escaso lumen, pared folicular en estrecho contacto	Sin lumen, laminas foliculares en estrecho contacto	Sin lumen, aspecto poligonal laminas deterioradas	Aspecto poligonal deteriorado
Folicular	**Células**	Células cilindroides, poco hipertrofiadas forma una banda celular de limites claros	Ídem	Ídem	Pérdida de ordenamiento, limites visibles aislados	Desorden celular, pocas células reconocibles	Escasas células reconocibles	No se reconocen células individuales
Folicular	**Núcleo**	Redondeado a elíptico	Pocos núcleos alargados picnóticos	Predominio de núcleos picnóticos	Ídem	Ídem	Escasos y picnóticos	Ídem
Folicular	**Vacuolas**	No se reconocen	Escasas y muy pequeñas	De menor o igual tamaño al núcleo, poco numerosas	De igual o mayor tamaño al núcleo, numerosas	Grandes y dominan en las laminas celulares	Ídem	No se reconocen
Teca		Fuertemente adherida y con células alargadas	Adheridas a la folicular, con alguna picnosis	Incidencia de células sanguíneas y capilares entre la teca y la folicular	Separada de la folicular por invasión de estroma ovárico a tramos	Completamente separada por invasión del estroma ovárico	Poco reconocible	No se reconoce

ANEXO II.

METODO DE ANÁLISIS DE LOS PERIODOS REPREODUCTIVOS

Esta metodología descrita a continuación corresponde a Claramunt et al. (2011), y fue adoptada por el Comité Científico de Pequeños Pelágicos para el establecimiento del periodo de desove en anchoveta y sardina común de la zona centro sur.

El fundamento de la metodología contenido en el reporte de dicho Comité es el siguiente:

Para considerar un índice fidedigno del potencial reproductivo, es necesario considerar aspectos fundamentales de biología reproductiva. Los peces pueden tener desove total o fraccionado, esto es, pueden madurar y desovar una sola tanda de ovocitos (ej. salmones) o pueden tener varios desoves, correspondiendo en este caso a desovadores múltiples (ej. anchoveta, jurel). Los desovadores múltiples, a su vez, pueden presentar fecundidad determinada o indeterminada, es decir, el número de ovocitos a ser desovados durante la estación reproductiva es fijado al comienzo de ésta (determinada) o los ovocitos son madurados y desovados en forma continua durante la estación reproductiva (indeterminados). Estimaciones de fecundidad total anual, se pueden realizar fácilmente en peces con fecundidad determinada, contabilizando el número de ovocitos vitelados al comienzo de la estación reproductiva. Sin embargo, en los peces con fecundidad indeterminada esto no es posible de realizar en forma simple, ya que se incorpora otro elemento a considerar: el número de desoves. Por ejemplo, trabajos realizados en *Engraulis mordax* y *Engraulis ringens* han demostrado que desovan cada una semana aproximadamente durante el período de máximo desove (Hunter y Goldberg, 1980; Hunter y Macewicz, 1980; Alheit *et al*, 1983; *Alheit et al*, 1984). Asimismo, Hunter y Leong (1981) encuentran que la anchoveta del norte desova alrededor de 20 veces por año. Por tanto, en los peces con desove fraccionado la producción anual de huevos de una hembra es el producto de la fecundidad parcial y el número de desoves, sin embargo tanto la fecundidad como el número de desoves sufren variaciones intra e interanuales, además de ser dependientes de la talla de la hembra (Lasker y Smith, 1977; Hunter y Leong, 1981; Blaxter y Hunter, 1982; Alheit *et al*, 1983; Claramunt *et al*, 1994. Claramunt *et al.,* 2007). Hunter y Leong (1981) y Alheit *et al* (1983) sugieren que la fecundidad anual por unidad de biomasa

parental puede ser altamente variable y dependiente del estado nutricional y de la estructura de tamaño del stock.

Para estimar el número de desoves es necesario contar con resultados del análisis histológico de los ovarios (Folículos Postovulatorios) a lo largo de la estación reproductiva, para la estimación de la fracción diaria de hembras desovantes (Proporción de la población de hembras que desova al día). Si se cuenta con estimaciones mensuales de la fracción desovante, el área bajo la curva representa el número de desoves anuales, esto es:

$$D_t = \sum_{i=1}^{12} S_i \cdot d_i$$

donde:

D_t = Número de desoves del año t

S_i = Fracción diaria de hembras desovantes del mes i

d_i = Número de días del mes i

Lamentablemente, debido a los requerimientos de muestreo y análisis de laboratorio (histología), la aplicación de esta metodología se realiza solo para períodos cortos de tiempo, generalmente para el mes pico de desove, como en el caso de la aplicación del Método de Producción Diaria de Huevos en que se estima para el período del crucero.

Sin embargo, se han postulado proxies de la fracción diaria de hembras desovantes que pueden ser útiles (Hunter *et al.*, 1985; DeMartini y Fountain 1981; Parrish *et al.*, 1986; Claramunt y Roa, 1998; Claramunt *et al.*, 2002), los cuales siguen la misma tendencia temporal que la fracción desovante.

Claramunt y Herrera (1994) y Claramunt y Roa (1998) proponen que un índice del número de desoves es el área bajo la evolución temporal del IGS, esto es la utilización de:

$$G_t = \sum_{j=1}^{12} \overline{M}_{j,t} \cdot d_j$$

$G_{l,t}$ = Índice del número de desoves o área bajo la evolución temporal del índice gonado somático o proporción de hembras activas en el año t.

$\overline{M}$ = Índice macroscópico medio mensual (Índice gonadosomático o proporción de hembras activas) del mes *j* en el año *t*

d_j = Número de días del mes j.

que en base mensual se reduce a:

$$G_t = \sum_{j=1}^{12} \overline{M}_{j,t}$$

El área acumulada bajo la curva del índice en función del tiempo sigue una tendencia sigmoide, al cual se puede

ajustar un modelo entre el tiempo acumulado y el área bajo G, del tipo:

$$G_t = \frac{a}{1+e^{b-c \cdot t}}$$

Siendo G_t el área bajo *G* al tiempo *t*, el cual es un proxy del número de desoves.

a, *b* y *c*: parámetros.

k: nivel de asíntota (= área total)

b: parámetro de posición, tal que b/c es el tiempo en que se alcanza la mitad de la asíntota y que corresponde al tiempo en que se alcanza el máximo (= pico reproductivo)

c: relacionado a la velocidad con que se alcanza la asíntota

Dado que los períodos de desove no coinciden en año calendario, esto es que el inicio no coincide con el mes de enero, es que el área bajo la curva del índice reproductivo se define a partir de un año biológico, esto es comenzando (t = 0) como el mes de menor actividad reproductiva. Luego el ajuste a los datos observados se realiza por

mínimos cuadrados, esto es por máximo verosimilitud con distribución de probabilidad normal.

Las ventajas de este enfoque son que:

- Generan un suavizamiento de los datos (período reproductivo), evitando el ruido producto de factores muestreales.
- Permiten definir con claridad el pico reproductivo, esto es el tiempo en que se alcanza la mitad de la asíntota.
- La asíntota representa la magnitud del período reproductivo del año (potencial reproductivo), el cual es un proxy del número total de desoves.
- Se pueden definir cuantitativamente los criterios para definir la protección del período de desove que se pretende lograr (i.e.: veda). Si se pretende proteger el 50% del total del período, es decir un 25% antes y después del pico de desove, este estará definido por:

$$t_X = \frac{b - Ln(1/X - 1)}{c}$$

  donde X es 0,25 o 0,75 (Tiempo en que se alcanza el 25 o el 75% de la asíntota)
- Se puede definir objetivamente la duración del período reproductivo, que para este estudio está definido como el tiempo entre transcurrido entre el 25 y 75% de la asintota.
- Se puede estudiar la variabilidad interanual en los parámetros que emanan del modelo (Inicio, término, duración y magnitud del período reproductivo).