

**ANALISIS DE LA BIOLOGIA Y CONDICIONES DEL STOCK DEL  
CALAMAR GIGANTE *Dosidicus gigas* EN EL GOLFO DE CALIFORNIA,  
MEXICO, DURANTE 1980<sup>1</sup>**

Ehrhardt, N.M.\*\*  
Solís N. Agustín\*  
Pierre S. Jacquemin\*\*  
Juan Ortiz C.\*  
Pedro Ulloa R.\*  
Germán González D.\*  
Francisco García B.\*

**RESUMEN**

Se presenta la ubicación taxonómica de *Dosidicus gigas*, así como su clave de identificación. Un análisis de su distribución mundial y el esquema de migración dentro del Golfo de California durante el año de 1980; además, su alimentación, maduración y posibles épocas de reproducción. En cuanto al análisis del stock, la mortalidad natural (M) es obtenida por los métodos desarrollados por Taylor (1958) y Allen (1971). El tamaño de la población está dado por la ecuación:

$$\ln(c/f)_i = \ln q N_0 - q \sum_{j=1}^{i-1} f_j = \frac{f_i}{2}$$

la cual es desarrollada mediante el método de mínimos cuadrados, calculándose el coeficiente de capturabilidad (q). Para el análisis de cohortes se usó una solución hacia atrás para la ecuación de captura dada por Murphy (1965), estimando la tasa de explotación (E) para el periodo anterior y valores conocidos de F y M.

**SUMMARY**

The *Dosidicus gigas* taxonomic location as well as its identification code is presented. There is also an analysis of its world distribution and a diagram of its migration along the Gulf of California during 1980, including feeding, maturity and possible breeding periods. Concerning stock analysis, natural mortality (M) is obtained using the method developed by Taylor (1958) and Allen (1971). Population size is given by:

$$\ln(c/f)_i = \ln q N_0 - q \sum_{j=1}^{i-1} f_j = \frac{f_i}{2}$$

which is solved using the minimum square method calculating the catchability coefficient (q). To obtain cohort analysis a backward solution is used for the catch equation given by Murphy (1965), estimating the exploitation rate (E) for the last period and known values of F and M.

**IDENTIFICACION**

*Nomenclatura*

– Nombre válido

*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835. Ref: Hoyle, W.L. 1909. A Catalogue of Recent Cephalopoda.

Second Suppl., 1897-1906. Proc. R. Phys. Soc. Edinb., 17:273.

– Sinonimia objetiva.

*Ommastrephes gigas*. D'Orbigny, 1835.  
*Ommastrephes giganteus*, Gray, 1849.  
*Dosidicus eschrichtii*. Steenstrup, 1857.  
*Dosidicus steenstrupii*. Pfeffer, 1884.

<sup>1</sup> Versión revisada de la parte de biología y condición del stock del documento "On the Fishery and Biology of the Giant Squid *D. gigas* in the Gulf of California, Mexico" presentado en The Cephalopod Workshop Queensliff, Victoria, Australia, Marzo 9-13, 1981.

\* Biólogos Pesqueros FAO

\*\* Biólogos – Programa: MEXICO-PUND-FAO

*Dosidicus gigas*. Hoyle, 1909.

– Taxonomía.

– Supragenérica.

Phylum Mollusca.

Clase Cephalopoda.

Sub-clase Coleoidea.

Orden Teuthoidea.

Sub-orden Oegopsida.

Familia Ommastrephidae.

Sub-familia Ommastrephinae.

-- Genérica.

Género: *Dosidicus* Steenstrup, 1857.

Ref. Oplysning om en ny Art of Blaeksprutter. *Dosidicus eschrichtii*. Oversigt Danske Videskasbernes. Selskab, Forhandling, 1857: 11-14.

Se considera generalmente que este género incluye únicamente una especie.

– Específica.

Especie: *D. gigas* D'Orbigny, 1835.

Caracteres diagnósticos:

Ref: Wormuth, J. H. (1976): Biogeography and Numerical Taxonomy of the Oegopsid Squid Family Ommastrephidae in the Pacific Ocean. 32-40.

La familia Ommastrephidae está caracterizada por un manto elongado, con forma de torpedo, afilado posteriormente; aletas largas y terminales; cartílago de fijación de sifón en forma de "T" invertida; ocho brazos y dos tentáculos alrededor de la boca; dos hileras de ventosas en los brazos y cuatro sobre las palas tentaculares terminales, excepto en *Illex* el cual tiene ocho hileras de ventosas sobre la misma; ganchos nunca presentes sobre los brazos o palas; conectivos bucales unidos a los bordes dorsales del par de brazos No. IV.

Usualmente, uno de los pares ventrales del brazo (el IV) está hectocotilizado en los machos (utilizados para la transferencia de paquetes de esperma de los machos a las hembras), la estructura de la porción modificada (hectocolito) de este brazo es útil en la mayoría de las especies como un carácter de diagnosis (a menudo ventosas, pedúnculos o trabéculas sobre el hectocotilo, están modificados en papilas carnosas o aletillas; las ventosas pueden estar reducidas en tamaño o desaparecer todas juntas, o bien haber más modificaciones).

Color: marrón oscuro a café rojizo pálido, o púrpura; más oscuro dorsalmente.

Calamares oceánicos y nerfíticos. Esta es una de las familias de calamares más ampliamente distribuidas y conspicuas en el mundo. La mayoría de las especies son explotadas comercialmente y una,

*Todarodes pacificus*, hace el grueso de los desembarques de calamar en el Japón (arriba de 600 mil toneladas métricas anualmente) y puede comprender al menos la mitad de la captura mundial anual de cefalópodos. Los omastrefidos son nadadores poderosos y a menudo se presentan en cardúmenes abundantes.

Algunas especies de calamar exhiben migraciones estacionales de largo alcance en las que ocurren en enorme número a aguas costeras donde son accesibles a las actividades pesqueras.

La longitud de la mayoría de las especies (comunmente de 30 a 50 cm de longitud de manto y arriba de 120 cm de longitud total) y la estructura muscular de los mismos, los hacen ideales para el consumo humano.

Dentro de esta familia, la subfamilia Ommastrephinae se distingue por la presencia de una cavidad cóncava central (foveola) y varios plegamientos laterales o bolsas en el surco del sifón y por la presencia de los fotóforos a menudo profundamente enterrados en el tejido del manto, cabeza y brazos. Dentro de esta subfamilia se encuentra *Dosidicus*, el cual se reporta que alcanza una talla total cercana a cuatro metros (Duncan, 1941).

#### *Dosidicus gigas*

Manto cónico-cilíndrico cuyo mayor radio no siempre está localizado en la parte abierta, sino que a menudo alcanza un máximo cerca de su porción media (lo cual no parece ser el resultado del crecimiento y maduración de las gónadas, puesto que se observa también en ejemplares inmaduros). El radio del manto se reduce poco a poco, cada vez más en la región de inserción de las aletas, terminando como punta cónica. El borde de la base del manto en su porción ventral, está ligeramente vuelto hacia afuera y hacia arriba, entre los cartílagos de unión del manto con el sifón.

Las aletas lucen romboidales cuando son observadas juntas. Sifón fuerte y musculoso, de invaginación profunda, redondeado anterodorsalmente. La foveola –hendidura que cede espacio al sifón en la porción posterior de la cabeza– tiene siete surcos longitudinales en promedio, así como de cuatro a cinco pliegues secundarios a ambos lados. El cartílago de unión del manto con la cabeza presenta una bifurcación en forma de "T" invertida característica de la familia Ommastrephidae.

La cabeza generalmente es más ancha en su porción posterior, en ella sobresalen dos grandes ojos globulosos muy conspicuos, sin párpados (eogopsida), laterales con proyección anterior; pico proporcionalmente grande y fuerte.

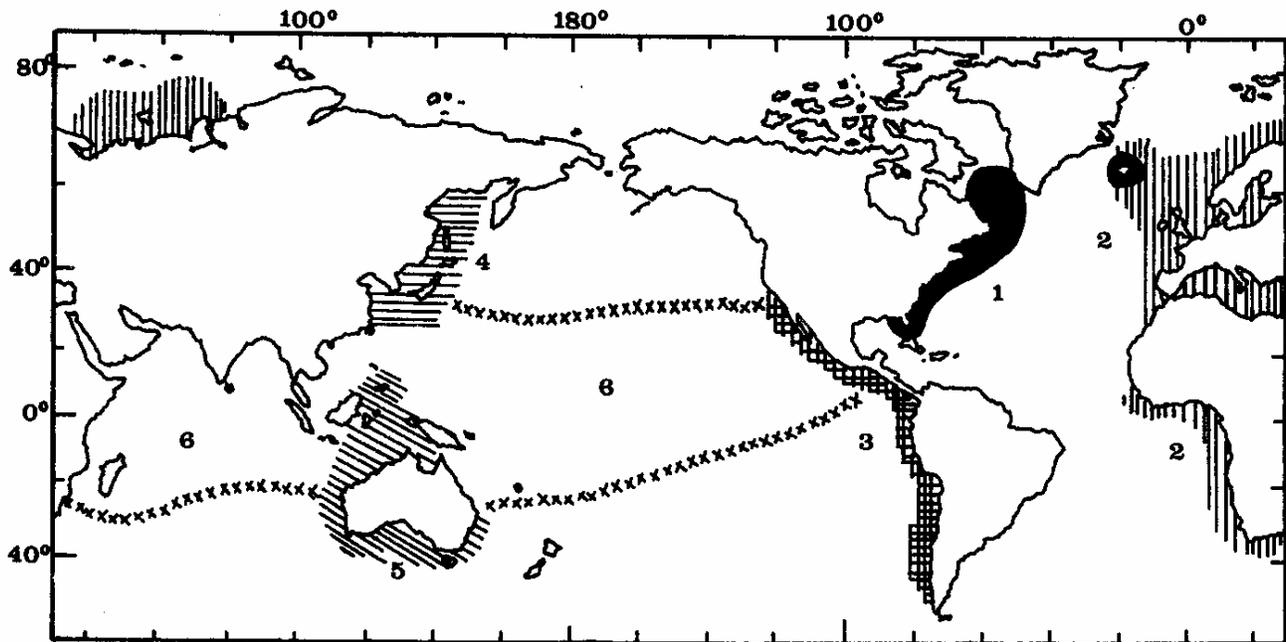


FIG. 1. DISTRIBUCION MUNDIAL DE SEIS ESPECIES DE CALAMARES OMASTREPHIDOS (SEGUN SUDA, 1973): 1) *Illex illecebrosus* 2) *Todarodes sagittatus* 3) *Dosidicus gigas* 4) *Todarodes pacificus* 5) *Nototodarus sloani gouldi* 6) *Symplectoteuthis oualaniensis*.

Los ocho brazos son prácticamente iguales, excepto el IV derecho o izquierdo de los machos que está hectocotilizado (órgano copulador), cuya membrana protectora es notablemente gruesa y a un lado tiene 13 orificios.

El extremo de los brazos es angosto y poseen de 100 a 200 ventosas diminutas; en los anillos córneos de las ventosas mayores hay de ocho a 25 denticillos; en la "pala" tentacular, las ventosas se encuentran ordenadas en cuatro hileras; el par de tentáculos es más delgado que los brazos y del doble de longitud; la coloración de la piel va desde el rosa pálido hasta el púrpura, pasando por los cafés; la longitud de manto récord registrada es de 82 cm (peso total de ese ejemplar 13 kg), (cfr. Wormuth *op. cit.*; Roper, Young & Voss 1969, y Okutani, T., 1977).

#### DISTRIBUCION Y MIGRACION

El calamar gigante, *Dosidicus gigas*, que como la mayoría de los ommastrephidos es oceánico, posee características nerfíticas. Su distribución parece estar asociada con zonas de surgencias, ricas en nutrientes, que sostienen especies pelágicas menores que conforman su dieta básica.

Su distribución general se ubica en el Pacífico

oriental, entre los 36° Lat. N. y los 26° Lat. S., desde las costas de California en Estados Unidos a las del norte de Chile (Fig. 1).

Dentro de este rango general de distribución, el calamar gigante muestra tanto una variabilidad geográfica en cuanto a tamaño como algunas diferencias morfológicas (Wormuth, 1976), lo cual podría ser un indicio de diferentes poblaciones en el área.

Nesis (1970) reporta que la distribución con el mayor número de observaciones de calamar gigante correspondió al área comprendida desde la línea del ecuador hasta los 18° Lat. S. y desde el borde de la plataforma continental hasta 200-250 millas de la costa. Al mismo tiempo, reporta muy pocas observaciones al sur de los 18° Lat. S., sobre la plataforma continental y más allá de las 250 millas. El mismo cita que: "el rango de distribución de *Dosidicus* se extiende desde el Golfo de Panamá (y en algunos años desde California) a la Isla de Chiloé, incluyendo las Islas Galápagos y de Juan Fernández".

Nesis (*op. cit.*), además, menciona que: "*Dosidicus* puede ser considerado como una especie del Pacífico oriental, subtropical de amplio rango nerfítico, la cual visita aguas tropicales".

Kato (1976), por su parte, reporta concentraciones de *Dosidicus gigas* al sur de la latitud 28° N, frente a la costa de la península de Baja California, hasta los 30° Lat. N., dentro del Golfo de California y hacia el sur hasta los 18° Lat. N., siendo éste el límite meridional de la zona explorada.

El mismo informa que las principales concentra-

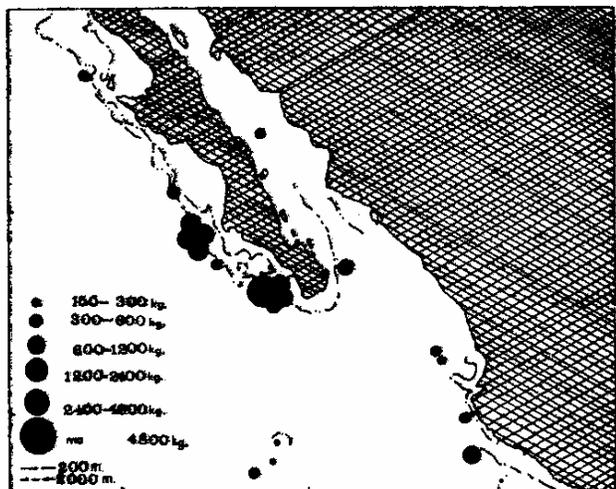


FIG. 2. ABUNDANCIA RELATIVA DE CAPTURA POR AREA, (KILOGRAMO/NOCHE) 1971 DEL 14 DE OCTUBRE AL 13 DE DICIEMBRE (SEGUN KATO, 1976).

ciones se encontraban, de mediados a fines de octubre, entre los 22° y 25° Lat. N., en el Pacífico frente a la península de Baja California (Fig. 2), y que al disminuir la temperatura del agua, los calamares parecían emigrar a zonas cálidas.

Kato y Hardwick (1976) citan que en California “de vez en cuando se han desembarcado algunas toneladas de calamar gigante *Dosidicus gigas* (d’Orbigny, 1855) aunque nunca en cantidades suficientes para mantener una pesquería constante”. Esto último sería una indicación del límite norte para la especie.

Arnold (1979) menciona que calamares loliginidos y omastéridos llevan a cabo extensas migraciones estacionales que están en gran medida gobernadas por las temperaturas del agua.

*Dosidicus gigas* no es una excepción, ya que se aproxima a aguas más oceánicas en el invierno (Arnold, 1979; Kato, 1976).

Análisis de las distribuciones temporales de abundancia y tamaños provenientes de las exploraciones llevadas a cabo en el Golfo de California en 1980, indican que *Dosidicus gigas* tiene el siguiente patrón de migración.

Durante enero, los individuos de tallas entre los 50 y 70 cm de longitud de manto (LM) se hallaban localizados en zonas profundas al norte del paralelo 20° Lat. N. Los individuos de tallas entre los 20 y 40 cm de LM, se encontraron también en zonas profundas del centro del Golfo pero alrededor de los 24° Lat. N. En las zonas costeras de la península de Baja California había una mezcla de tallas sin mayor abundancia. No se detectaron calamares en la costa de Sinaloa durante este mes.

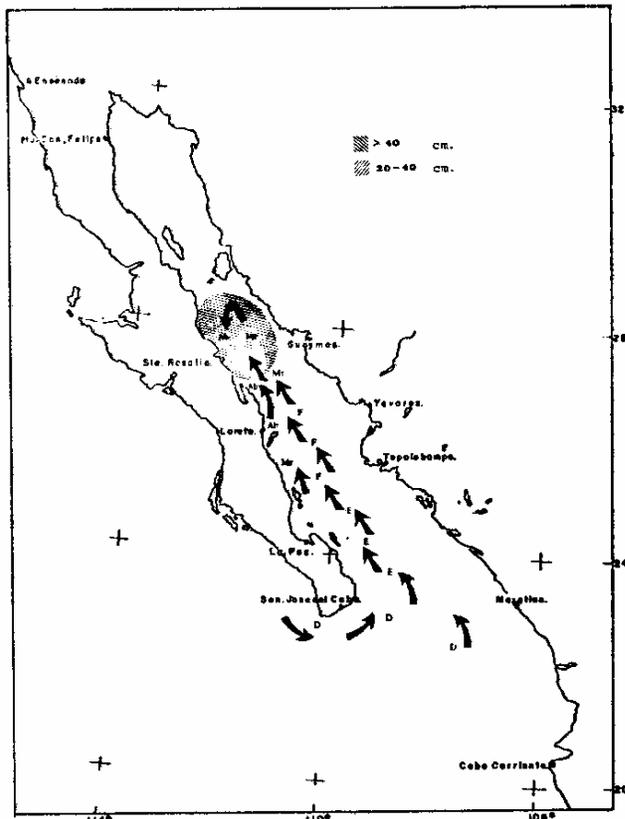


FIG. 3. ESQUEMA GENERAL DE MIGRACION INVIERNO/PRIMAVERA.

Para febrero, los individuos entre los 50 y 70 cm de longitud, continúan su emigración por la parte central del Golfo, entre los 25° y 25°30' de Lat. N. Mientras tanto, los ejemplares que miden entre 25 y 40 cm de LM, han emigrado más rápidamente por el centro y hacia la costa de la península, encontrándose entre los 26° y 27° de Lat. N. No se detectaron calamares hacia las costas de Sinaloa y Sonora.

En marzo, se halló una mezcla de individuos con tallas entre los 20 y 50 cm de LM, en el centro del Golfo, entre las latitudes 27°30' y 28°15' de Lat. N. Tamaños menores de 15 y 35 cm de LM, se ubicaron en la costa de la península entre los 25° y 26° de Lat. N. No hubo calamares al norte de los 28°15' de Lat. N.

Para abril, los individuos que medían de 18 a 25 cm de LM, se movían en la zona costera llegando hasta los 27° de Lat. N. Los de tallas entre 25 y 40 cm de LM, fueron localizados en zonas más profundas.

Durante mayo, existía una concentración notable de individuos de entre 35 y 60 cm de LM, distribuida en la zona costera frente a la península; 20

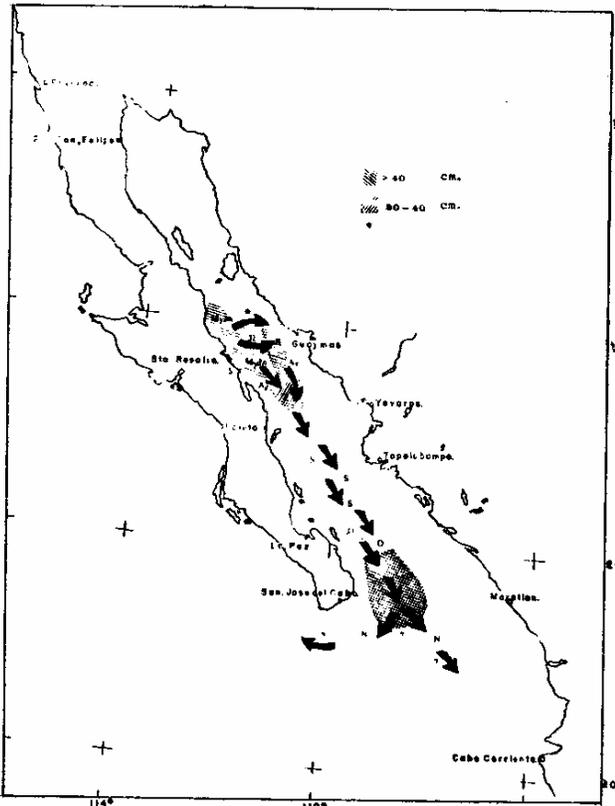


FIG. 4. ESQUEMA GENERAL DE MIGRACIÓN VERANO/OTOÑO.

millas hacia afuera de la costa se encontraron individuos de 25 a 40 cm de LM.

En junio, la concentración del recurso estaba entre los 27° 20' y 28° Lat. N, y la segregación por tamaños se hizo más marcada: los individuos de entre 40 y 65 cm de LM, se localizaban en la franja costera; los de 20 a 40 cm de LM, se ubicaban entre las 10 y 20 millas de la costa.

Para julio, los individuos entre los 40 y 65 cm de LM, aun cercanos a la costa, comenzaron a desplazarse hacia el centro del Golfo, entre los 27° y 28° de Lat. N. Los ejemplares de 32 a 40 cm de LM, se hallaban en zonas costeras, entre los 25° y 26° Lat. N. En la costa de Sonora, a la misma latitud, se ubicó una mezcla de tamaños entre los 30 y 50 cm de LM.

En agosto, nuevamente se movían individuos grandes, de entre 40 y 70 cm de LM, en la zona costera frente al Puerto de Santa Rosalía. Ejemplares aislados, de 35 a 60 cm de LM, se encontraban al norte de los 28° Lat. N, en la franja costera.

Durante septiembre, frente a Santa Rosalía continuaban los individuos entre 40 y 70 cm de LM. Los de tallas entre 20 y 40 cm de LM, se localizaban en gran número entre los 28° y 25°30' de Lat. N,

en la parte central del golfo, iniciando una migración hacia afuera.

Para diciembre, existía una concentración de ejemplares de 25 a 45 cm de LM, en la boca del Golfo de California, a la altura de los 23° y 23° 40' de Lat. N, en las cercanías del Puerto de Mazatlán.

Individuos aislados, sin mayor abundancia, que medían entre 50 y 80 cm de LM, fueron localizados más al norte y centro del Golfo.

En conclusión, se encuentra que *Dosidicus gigas* penetra por el centro de la boca del Golfo de California, en una emigración estratificada por tamaños que se inicia en enero y dura hasta abril, aproximadamente. Durante el periodo de mayo a agosto permanece estratificado en dos claros componentes: las tallas mayores en la zona costera; las más pequeñas en aguas alejadas de la costa de la península, entre los 26° y 28° Lat. N.

En julio se inicia un desplazamiento del recurso, hacia el este del Golfo y, posteriormente, desde fines de agosto y durante todo septiembre, se inicia y prosigue una emigración hacia el sur y fuera del Golfo. En tal movimiento participan los tamaños más pequeños del stock, mientras que los mayores (55-75 cm de LM), permanecen en la parte norte del Golfo, en las cercanías del puerto de Guaymas.

Evidencias provenientes de cruceros de pesca exploratoria (Kato, 1976), así como de las operaciones comerciales llevadas a cabo durante 1979 en zonas próximas a Manzanillo, muestran que esta población de calamares pudiera dividirse en dos componentes una vez fuera de las aguas del Golfo. Uno de ellos se localizaría hacia el Pacífico Sur mexicano frente a las costas de Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Colima; otro, frente a las costas de la península de Baja California, esta última posiblemente relacionada con el proceso de reproducción, ya que Kato (*op. cit.*) menciona que las aguas de Baja California pudieran ser lugares de reproducción, pero debe confirmarse con mayor precisión esta sugerencia.

En cuanto a la distribución vertical de la especie, parece estar relacionada con disponibilidad de alimentos y temperatura de las masas de agua.

#### ALIMENTACION

La mayoría de los investigadores están de acuerdo en considerar a *D. gigas* como un activo depredador en todas las fases de su vida.

Fitch (1968), analizando estómagos de individuos de entre 9 y 50 cm de longitud de manto, provenientes de la zona atunera de altamar de México y Costa Rica, y de otros ejemplares varados en las playas de California, encontró que el calamar

gigante ataca casi cualquier presa disponible. Este autor distingue, además, una diferenciación del alimento, dependiendo del tamaño de los individuos estudiados, como sigue: pequeños, principalmente crustáceos; medianos: peces, sobre todo pelágicos; grandes, calamares, incluyendo a su misma especie.

En el sur de California donde abundan los peces, el calamar gigante se alimenta principalmente de las familias Engraulidae, Myctophyidae, Scorpaenidae y Embiotocidae.

Nesis (1970), en su estudio del calamar gigante en las costas de Perú y Chile reporta los siguientes porcentajes de contenido estomacal.

Mictófidos	70.0 por ciento
Calamar	13.3 por ciento
Plancton	7.9 por ciento
Saury	1.2 por ciento
Otros	1.6 por ciento
Alimento digerido no identificable	5.8 por ciento

Kato (1976), reporta la langostilla, *Pleuroncodes planipes*, como componente principal de la dieta de *D. gigas* en las cercanías de la península de Baja California en el Pacífico, y también —aunque en menor cantidad—, peces mictófidos, engráulidos y carángidos, además de gran cantidad de larvas no identificadas.

Clarke (1966) menciona, para la zona de California, a la anchoveta (*Engraulis mordax*) y a la macarela (*Scomber japonicus*), como componentes de su dieta, así como el propio calamar gigante.

En el Golfo de California se han realizado observaciones cualitativas del alimento presente en los estómagos de calamar. En ellos se ha encontrado principalmente sardina (*S. sagax caeruleus*), macarela (*Scomber japonicus*) y langostilla (*P. planipes*).

Durante los meses de mayo a julio, el alimento predilecto del calamar gigante son las poslarvas de camarones peneídos que son atraídos por la luz. Así, durante las labores de pesca con luces, se han colectado individuos mayores de 65 cm de manto con más de medio kilo de larvas de camarón en el estómago.

Es tal la predilección por este alimento, que los calamares situados en la superficie, si están comiendo las larvas, desprecian totalmente las poteras. No ocurre lo mismo con aquellos localizados a cinco o seis metros de profundidad.

En las zonas de pesca intensiva, el componente principal de la dieta lo constituye el calamar de la misma especie. Lo anterior se explica por el hecho de que las poteras dañan y desgarran a gran número de animales, los cuales, después, son atacados por sus congéneres. Durante la pesca se observa que los

animales retenidos en las poteras son atacados por otros.

En cuanto al grado de repleción estomacal de los calamares capturados, la mayoría se encuentra con el estómago vacío o con material digerido.

Los animales de mayor tamaño (60 cm de LM), son los que presentan una mayor ocurrencia de estómagos llenos o parcialmente llenos.

A partir de esta información, puede concluirse que *D. gigas* es un depredador altamente voraz, que presenta también un alto nivel de canibalismo a altas concentraciones durante la pesca intensiva, o bien, cuando no hay otro alimento disponible.

La alta tasa de estómagos vacíos encontrados puede representar una velocidad de digestión muy elevada o falta de alimentos en el área; dadas las existencias de peces pelágicos presentes en el Golfo de California, así como el elevado metabolismo de estos organismos. La primera opción es más adecuada.

En términos generales, la distribución de *D. gigas* está asociada a la de los grandes recursos pelágicos de la costa oeste de América: anchoveta peruana, en Chile y Perú; anchoveta californiana, en la costa oeste de Baja California, y sardinas y macarelas, en el Golfo de California. En las zonas intermedias, donde no existen surgencias capaces de sostener grandes poblaciones de peces pelágicos, el componente principal de la dieta son los peces batipelágicos, particularmente mictófidos que por su talla (20 cm) resultan presas fáciles para el calamar gigante.

#### MADURACION SEXUAL

En la actualidad se conoce muy poco acerca del ciclo reproductivo del calamar gigante *D. gigas*. Nesis (*op. cit.*) reporta que fuera de la costa de Perú y Chile, los machos de la especie comienzan el proceso de maduración cuando ya miden de 20 a 25 cm de LM; todos los especímenes están maduros una vez que sobrepasan los 29 - 30 cm de LM.

En el mismo estudio se observó una relación proporcional entre el tamaño de los organismos y el número de espermatozoides: los individuos de 24 cm de LM, tenían 300 espermatozoides con longitud promedio de 25.5 mm, los de 40 cm de LM, 1,200 espermatozoides con longitud promedio de 35 mm. Para el caso de las hembras, la fecundidad varía de 1,000,000 a más de 6,000,000 de huevos.

La copulación en *D. gigas* se lleva a cabo en una posición de cabeza a cabeza como en la mayoría de los omastrefidos. Los espermatozoides de los machos, son transferidos a la membrana bucal de las hembras donde se hallan receptáculos seminales

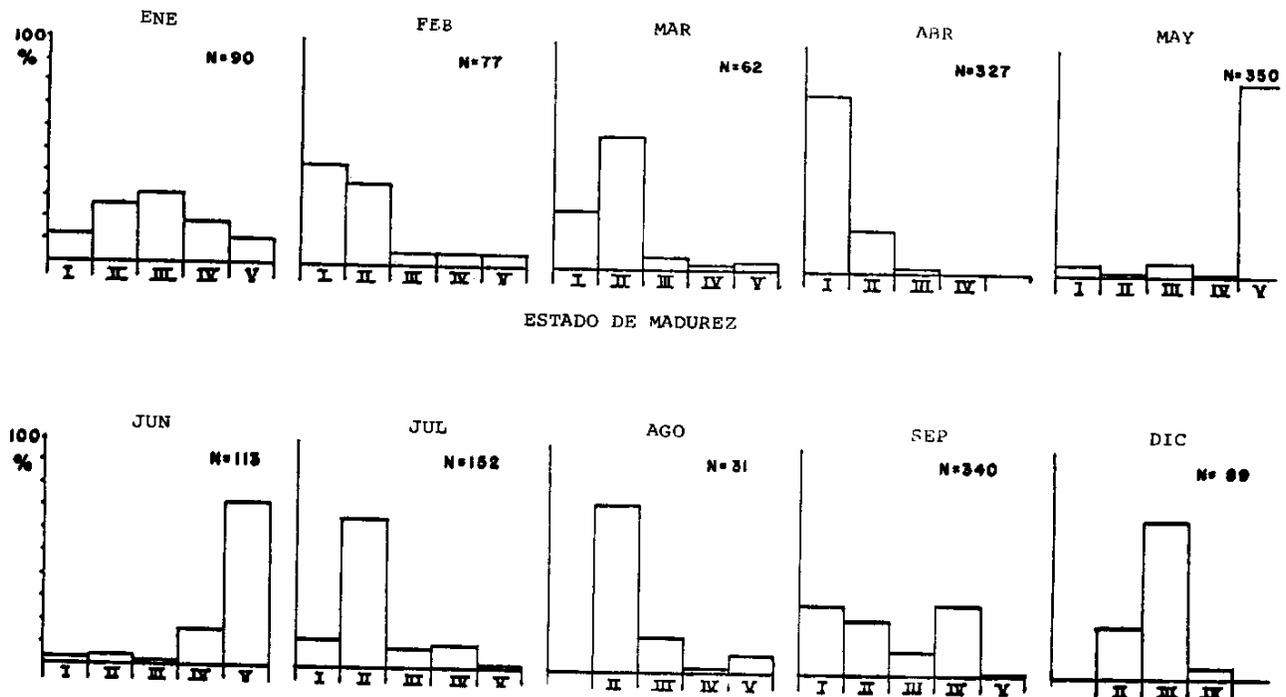


FIG. 5. IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS ESTADOS DE MADUREZ SEXUAL EN HEMBRAS, DE MUESTRAS MENSUALES, 1980.

que forman un anillo alrededor de la boca.

En el presente trabajo se realizó un estudio de maduración sexual con el propósito de definir el tiempo y áreas del desove, así como el tamaño de la primera maduración. Para determinar las diferentes fases del proceso de maduración, se elaboró una tabla de campo de las fases de madurez por observación directa (Apéndice 1). Durante 1980 se muestrearon 1,631 calamares hembras.

Los porcentajes mensuales de madurez de los individuos aparecen en la Figura 5. Ahí puede observarse que en diciembre y enero los mayores porcentajes corresponden a individuos maduros (Fase III), siendo de 70.8 por ciento y 31.1 por ciento respectivamente, indicación clara de que un periodo de desove ocurre durante esta temporada. Este desove tiene gran importancia pues genera a los individuos que son reclutados a la pesquería de marzo y abril y componen la mayor parte de la captura de mayo a septiembre, temporada en que se intensifica el esfuerzo de pesca por la incorporación de la flota camaronera y la accesibilidad del recurso.

Los altos porcentajes de hembras desovadas en mayo y junio, permite pensar que ocurre un desove durante estos meses, generando por lo tanto a los individuos reclutados a la pesquería en septiembre.

Se presenta también un pico de hembras maduras en septiembre, cuya progenie entraría a la pesquería en enero y febrero.

Durante la mayor parte del año se encontraron en alguna abundancia hembras maduras e individuos juveniles de entre cinco y 15 centímetros.

Un resultado manifiesto de la alta dinámica de la especie es la presencia de varios picos reproductivos a través del año, generando los diferentes cohortes que componen el stock.

En relación con las áreas de desove, en invierno pueden observarse calamares maduros en el noroeste del Golfo de California en las cercanías de Guaymas, pero la mayoría de la población desovaría en las aguas del Pacífico en el borde de la plataforma continental, enfrente de la península de Baja California (según Kato, 1976 y observaciones de la ocurrencia de calamares maduros en esta zona). En verano el área de desove está localizada en el Golfo de California, en las cercanías de Santa Rosalía, donde se concentra la mayor parte del stock.

La talla de primera maduración depende en gran medida de la disponibilidad de alimento y la temperatura, pero puede decirse que en el caso de las hembras se presenta cuando éstas alcanzan de 35 a 40 cm de LM (de cuatro a cinco meses de edad); en el de los machos, se da cuando miden de 18 a 25 cm (de tres a cuatro meses de edad).

Parece ser que el ciclo reproductivo de la especie no es un proceso estático y definitivo, y que los cambios de condiciones oceanográficas en el Golfo

de California y aguas cercanas tienen gran influencia en la determinación de los picos reproductivos de *Dosidicus gigas*.

**MORTALIDAD NATURAL**

No existen estimados de tasas de mortalidad natural (M) para *Dosidicus gigas* reportados en la literatura. Sin embargo, dichas tasas deben ser considerablemente altas debido, entre otros, a los siguientes factores:

- La longevidad, en la mayoría de los casos, no debe sobrepasar los dos años.
- Es una especie que, como la mayoría de los cefalópodos, se encuentra a niveles tróficos intermedios sufriendo por lo tanto altas tasas de depredación, especialmente durante los estadios de vida juvenil.
- Se ha observado la existencia de un pronunciado canibalismo en la especie, común también en otras varias especies de cefalópodos.

En general, las tasas de mortalidad natural para cefalópodos han sido estimadas indirectamente basándose en la longevidad de las especies. No ha sido posible aplicar otros métodos de estimación de mortalidad, especialmente aquellos basados en estructuras poblacionales, debido a problemas derivados de dificultades para determinar las edades con suficiente exactitud.

Así, los métodos indirectos que hacen uso de información fisiológica en lugar de medidas poblacionales parecen ser los más adecuados para la estimación de M.

Las tasas de mortalidad natural (M) deben variar entre máximos y mínimos, dependiendo del estadio de vida en que se encuentren los individuos. Los máximos corresponderían a las primeras etapas larvarias y juveniles; posteriormente, a edades mayores, especialmente durante y después del desove. Sin embargo, si la longevidad de la especie en estado natural se mantiene relativamente constante, entonces podría suponerse que la población de calamares está sometida a una tasa de mortalidad natural constante, la cual genera la longevidad observada y cuyo efecto es, por lo tanto, similar a la distribución temporal de las tasas reales de mortalidad natural que se desconocen.

Taylor (1958), supone que la edad máxima que pueden alcanzar los individuos de una población es aquella en la cual han alcanzado el 95 por ciento de largo asintótico ( $L_{\infty}$ ), según la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy:

$$\text{Esto es } \frac{L_t}{L_{\infty}} = 0.95 = 1 - e^{-k(t-t_0)}$$

de donde se despeja t, quedando que la edad máxima es igual a:

$$t = t_0 + \frac{2.9957}{k}$$

la tasa de mortalidad natural (M) la estima como:

$$M = \frac{2.9957}{t}$$

Por otra parte, Allen (1971) suponiendo que la supervivencia es exponencial y que genera una misma longevidad a través del tiempo, ha desarrollado un método de estimación de M para poblaciones en estado virgen como.

$$Z = M = \frac{1}{t}$$

donde t es la edad máxima a la que puede sobrevivir una especie.

De la información sobre crecimiento se ha observado que el calamar gigante *Dosidicus gigas*, podría vivir hasta un máximo de 20 a 24 meses (Ehrhard, et al. 1982).

Según Taylor y con los parámetros de k y  $t_0$  determinados para dos cohortes, se obtiene que con  $k = 0.198673$  y  $t_0 = 0.6128$  los calamares vivirían un mínimo de aproximadamente 14.5 meses y para valores de  $k = 0.1562$  y  $t_0 = -0.1118$  un máximo de 19 meses.

En estas condiciones, usando los valores de t observados y calculados, las tasas de mortalidad natural (M) según los dos métodos mencionados serían:

	(t)	(M)
Allen	20 - 24 meses	0.0417 - 0.050
Taylor	13 - 19 meses	0.2066 - 0.1577

Si se considera que una edad máxima de 14.5 meses está muy por abajo de la edad estimada según los estudios de crecimiento, y considerando el estado "virgen" de la población, la mortalidad natural (M) debería estar comprendida entre los valores de 0.0417 y 0.1577 por mes 0.5 - 1.89 por año).

## ANÁLISIS DEL STOCK

## Estimado de De Lury

De Lury (1947) desarrolló un método basado en el concepto de emplear los decrementos en la CPUE y el esfuerzo acumulativo para estimar el tamaño de la población inicial ( $N_0$ ) y coeficiente de capturabilidad ( $q$ ).

El modelo asume que la población es cerrada, la capturabilidad es constante para la población de individuo a individuo y también constante a través del tiempo, los periodos son cortos y la mortalidad natural es cero durante ellos.

Braaten (1968) desarrolló, además, el método que permite ajustar el esfuerzo que remueve la captura hacia el centro de los intervalos de tiempo.

El ajuste a la ecuación de De Lury es:

$$\ln(C/f)_i = \ln q N_0 - q \left( \sum_{j=1}^{i-1} f_j + \frac{f_i}{2} \right)$$

donde C = captura en números  
f = esfuerzo de pesca  
q = coeficiente de capturabilidad  
 $N_0$  = tamaño de la población inicial

Esta ecuación es un modelo de regresión lineal

donde  $Y_i = \ln(C/f)$  y  $X_i = \left( \sum_{j=1}^{i-1} f_j + \frac{f_i}{2} \right)$ . El intercepto  $a = \ln q N_0$  y la pendiente  $b = q$ , estos

TABLA 1. Datos usados en el Análisis de De Lury

	Mes	Edad	Captura en números	CPUE	$\ln CPUE$	$\sum_{j=1}^{i-1} f_j + \frac{f_i}{2}$
Cohorte I	Ene.	3	20 718	39.31	3.6716*	263.5
	Feb.	4	10 592	41.38	3.7227*	655.0
	Mar.	5	77 037	89.27	4.4916	1214.5
	Abr.	6	116 884	85.81	4.4522	2327.0
	May.	7	135 047	66.72	4.2005	4020.0
	Jun.	8	163 908	20.71	3.0308	8988.5
	Jul.	9	358 029	42.25	3.7506*	17152.5
Ago.	10	211 269	46.36	3.8365*	23638.5	
Cohorte II	Feb.	3	15 494	60.52	4.1030*	128.0
	Mar.	4	109 844	127.28	4.8464*	687.5
	Abr.	5	226 207	166.08	5.1125	1800.0
	May.	6	289 856	143.20	4.9643	3493.0
	Jun.	7	530 616	67.05	4.2055	8461.5
	Jul.	8	950 800	112.98	4.7273*	16625.0
	Ago.	9	453 396	99.46	4.6001*	23111.5
Sep.	10	206 083	52.04	3.9520	27370.0	
Cohorte III	Mar.	3	67 612	78.34	4.3611*	431.5
	Abr.	4	298 020	218.81	5.3882	1544.0
	May.	5	350 837	173.33	5.1552	3237.0
	Jun.	6	1917 495	242.32	5.4903	8205.5
	Jul.	7	383 956	45.62	3.8205	16369.5
Cohorte IV	Mar.	2	46 890	54.33	3.9951*	431.5
	Abr.	3	202 163	148.43	5.0001	1544.0
	May.	4	369 310	182.46	5.2066	3237.0
	Jun.	5	936 110	118.30	4.7732	8205.5
	Jul.	6	298 678	35.49	3.5693	16369.5

\* Datos no usados en el análisis de regresión.

son estimados a través de un procedimiento común de mínimos cuadrados.

El tamaño de la población inicial es estimado como:

$$N_0 = \frac{ea}{-b}$$

Los datos usados para el análisis, consisten en la estandarización total del esfuerzo de pesca mensual y en la captura total mensual en números estimados de los desembarques en peso (Ehrhardt. *et al.* 1982), y las distribuciones de frecuencia en peso. Las distribuciones se obtienen de relaciones de longitud tal como se expresa en el trabajo de crecimiento (Ehrhardt. *et al. op. cit.*). Estas mismas relaciones fueron usadas para obtener el número de individuos capturados en cada clase de longitud. El número de individuos capturados de las diferentes cohortes fueron obtenidos del número de individuos por clase de longitud y la relación longitud-edad de las diferentes cohortes.

En la Tabla 1, se presentan los datos arreglados por cohortes y por mes.

Para el análisis de regresión, algunos datos de las cuatro cohortes se eliminaron ya que presentan variaciones significativas, posiblemente por reclutamiento a la pesquería o efectos de migración, reflejándose esto en los estimados de la CPUE.

Los estimados finales para la población ( $N_0$ ) se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2

Cohorte	Población inicial ( $N_0$ ) en números	Coefficiente de capturabilidad	$r^2$
I	3 211 738	0.0000268	0.94
II	5 047 434	0.0000353	0.94
III	3 180 778	0.0001094	0.87
IV	2 338 373	0.0001269	0.99

No se cuenta con información padres-reclutas del stock para este periodo que permita justificar las diferencias en tamaños iniciales ( $N_0$ ) de cada cohorte. También por la alta tasa de mortalidad natural al inicio de su ciclo de vida estos valores de  $N_0$  estarían por debajo de los reales.

### ANALISIS DE COHORTES

Los métodos de análisis de cohortes han sido desarrollados por varios autores entre los que podemos mencionar a Fry (1949), Jones (1961),

Murphy (1965), Gulland (1965), Tomlinson (1970) y Pope (1972). La información básica requerida en la mayoría de ellos es un vector de capturas en número de individuos para una cohorte dada, una estimación de los rangos de mortalidad natural ( $M$ ) y un estimado inicial independiente de la tasa de mortalidad por pesca ( $F$ ).

En el presente análisis se usa una solución hacia atrás para la ecuación de captura dada por Murphy (*op. cit.*). El procedimiento consiste en la estimación de la tasa de explotación  $E$  para el periodo anterior  $i$  con valores conocidos de  $F$  y  $M$  con la expresión:

$$x E_i = \frac{F_i}{F_i + M} (1 - e^{-(F_i + M)})$$

Entonces, estimando

$$\frac{x E_i}{x R_{i-1}} = x E_{i-1} e^{(F_{i-1} + M)}$$

donde

$$x R_{i-1} = \frac{x C_i}{x C_{i-1}}$$

la relación de captura en número de la cohorte  $x$  en periodo  $i-1$  y  $i$ .

Dado que

$$x E_{i-1} e^{(F_{i-1} + M)} = \frac{F_{i-1}}{F_{i-1} + M} (e^{(F_{i-1} + M)} - 1)$$

Entonces  $F_{i-1}$  del lado derecho de la ecuación es estimada iterativamente. Este valor es entonces usado como un valor  $F$  inicial para el periodo  $i-2$ , y así sucesivamente hasta el último periodo por ser analizado.

Los estimados de la población son obtenidos para cada periodo de tiempo como:

$$\frac{x C_i}{x E_i}, \text{ una vez que el vector } F \text{ ha sido obtenido.}$$

Los datos usados en el análisis de captura, en número por cohortes, es el estimado en la sección anterior. Los valores iniciales de  $F$  para cada una de las cohortes fueron estimados independientemente como  $F = qf$ , donde  $q$  es el estimado correspondiente del análisis de De Lury y  $f$  es el esfuerzo de pesca observado para el periodo considerado. El

TABLA 3. Análisis de Cohortes

 $M = 0.08$ 

	Mes	Número de animales		F	Biomasa (kg)	
		Captura	Población		Captura	Población
Cohorte I	Ene.	20 718	4 663 713	0.0037	16 489	3 701 645
	Feb.	10 592	4 289 250	0.0017	18 595	7 513 379
	Mar.	77 037	3 952 751	0.020	193 130	9 875 925
	Abr.	116 884	3 576 597	0.034	352 158	10 772 820
	May.	135 047	3 191 247	0.045	602 610	14 198 410
	Jun.	163 908	2 816 266	0.062	921 684	15 799 030
	Jul.	358 029	2 443 452	0.165	2 321 825	15 835 500
	Ago.	211 269	1 912 501	0.122	1 540 993	13 933 600
Cohorte II	Feb.	15 494	6 640 056	0.0015	10 309	4 415 026
	Mar.	109 844	6 120 357	0.018	110 939	6 171 789
	Abr.	226 207	5 549 015	0.043	284 675	6 981 871
	May.	289 856	4 906 792	0.063	614 403	10 399 530
	Jun.	530 616	4 252 982	0.138	1 371 409	10 954 000
	Jul.	950 800	3 419 931	0.340	3 581 693	12 870 960
	Ago.	453 396	2 247 055	0.235	1 907 190	9 443 804
Sep.	206 083	1 639 876	0.140	927 388	7 346 624	
Cohorte III	Mar.	67 612	4 248 058	0.016	28 101	1 766 012
	Abr.	298 020	3 859 208	0.083	250 301	3 238 465
	May.	350 837	3 278 749	0.117	478 588	4 470 071
	Jun.	1 917 495	2 692 478	1.326	2 914 035	4 081 953
	Jul.	383 956	659 787	0.921	726 820	1 247 105
Cohorte IV	Mar.	46 890	2 599 956	0.018	8 413	434 862
	Abr.	202 163	2 357 247	0.93	87 273	1 004 135
	May.	369 310	1 982 769	0.215	206 576	1 106 392
	Jun.	936 110	1 476 234	1.064	351 886	551 463
	Jul.	298 676	470 243	1.068	265 489	417 157

valor de  $q$  de las cohortes I y IV fueron usados para estimar un valor inicial de  $F$  para grupos remanentes de enero, febrero y septiembre, no tomados para los ajustes de crecimiento.

La población estimada en números y biomasa

por cohortes y meses, así como sus correspondientes estimaciones de tasas de mortalidad instantánea por pesca, están dadas en la Tabla 3. Las sumatorias de todas las cohortes se presentan en la siguiente tabla.

Mes	Población total		Captura total	
	Número	Biomasa	Número	Biomasa
Ene.	17 286 682	7 850 443	43 316	147 044
Feb.	18 730 610	15 251 511	37 857	104 233
Mar.	16 921 122	18 248 588	301 383	340 618
Abr.	15 342 067	21 997 291	843 274	974 407
May.	13 359 557	30 174 403	1 145 050	1 902 177
Jun.	11 237 960	31 386 446	3 548 129	5 559 013
Jul.	6 993 413	30 370 722	1 991 461	6 895 828
Ago.	5 202 705	25 076 166	664 664	3 448 183
Sep.	7 970 887	26 735 249	1 578 186	2 349 602

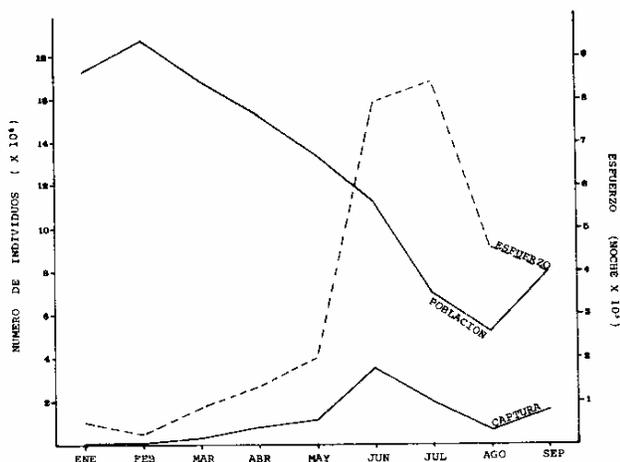


FIG. 6.

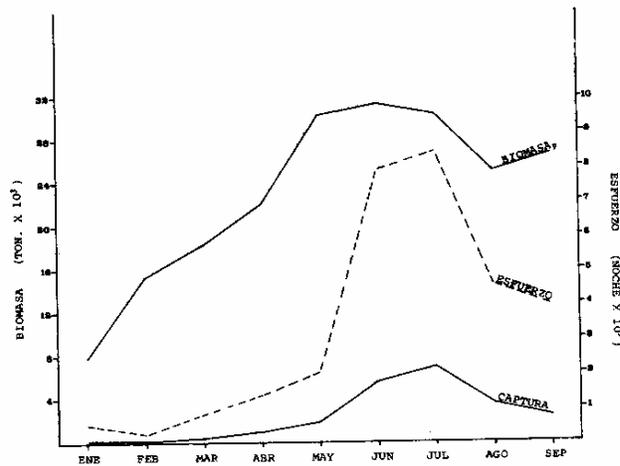


FIG. 8.

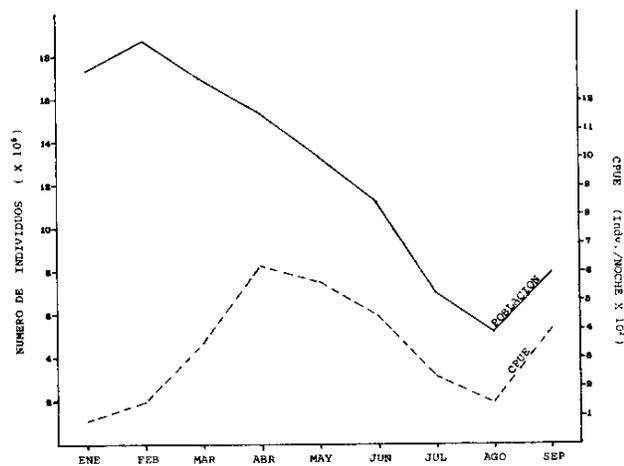


FIG. 7.

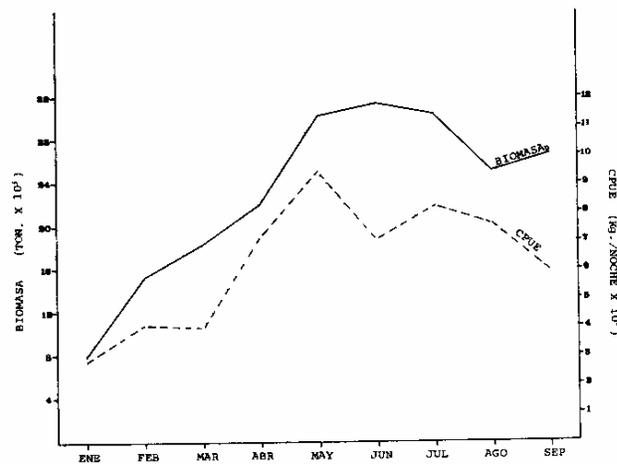


FIG. 9.

Las Figuras 6 y 7 muestran la población total en números, captura en número, esfuerzo y CPUE. Las Figuras 8 y 9 dan la biomasa total de la población, captura en peso, esfuerzo y CPUE.

En la Figura 6 se ve que los meses de máximo esfuerzo se presentan cuando el tamaño de la población en número de individuos es de 60 y 37.34 por ciento con respecto al máximo presente en febrero, mes en el cual, aunque ya se encuentran las cuatro cohortes, la III y la IV aún no alcanzan su talla de reclutamiento a la pesquería, cosa que sucede hasta el mes de marzo.

En las últimas dos Figuras (8 y 9) se puede observar que la máxima biomasa de la población ocurre de

mayo a julio, y los máximos en esfuerzo y captura en peso se presentan durante junio y julio. Así, hay un desfase de un mes del óptimo. La CPUE en peso no da un buen índice de abundancia de la población, ya que cuando ésta alcanza su máximo en biomasa la CPUE disminuye. Por el contrario, la CPUE en números (Figura 7), refleja muy bien un declive en la población después que se alcanza el reclutamiento total, durante mayo.

Las tasas de explotación, expresadas en términos del número de calamares capturados, durante un periodo dividido por la población al inicio de aquel tiempo se anotan enseguida.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP
.0025	.0020	.0178	.0550	.0857	.3157	.2848	.1278	.1980

Los valores promedio de  $F$  durante el periodo de máximo esfuerzo y por cohortes se incluyen a continuación:

Cohorte			
1	2	3	4
0.099	0.183	0.788	0.782

#### CONCLUSIONES

El stock de calamar gigante en el Golfo de California es claramente un stock único compuesto por multicohortes. Estos componentes migran separadamente en algunas ocasiones, pero coinciden en el tiempo. Su reclutamiento a las principales zonas de pesca durante la época del estudio ocurre alrededor de mayo. De mayo a septiembre el stock presenta las mayores densidades, así como una situación óptima para la pesquería.

Las cohortes crecen a diferentes tasas, dependiendo de su fecha de nacimiento; probablemente sus tasas de mortalidad natural sean igualmente diferentes, aun cuando no sea posible medir este último efecto.

Los esquemas de administración del stock son difíciles de definir, a menos que la pesquería esté regulada en términos de la cohorte menos productiva. Puesto que *D. gigas* es una especie de rápido crecimiento y ciclo de vida corto, resulta esencial obtener un mejor conocimiento de su potencial de reproducción antes de dar consejos sobre los niveles de pesca.

Al mismo tiempo, se desconoce la dinámica general de migración oceánica de la especie; por ello, las fluctuaciones notables en la disponibilidad anual de biomasa pueden afectar, considerablemente, el esquema de inversiones de la pesquería.

Las investigaciones futuras deben conducir al mejor entendimiento de esta dinámica y su relación con las características oceanográficas que prevalecen en el o los ecosistemas en que *D. gigas* habita en forma temporal. Por otra parte, se deduce que los comportamientos de las cohortes pueden diferir en función del tiempo y espacio en que se encuentran las distribuciones, como tal pueden estar sujetas a características biológicas diferentes en cuanto a reproducción, crecimiento y mortalidad.

Debido a lo anterior se considera que las investigaciones tendrían que llevarse a cabo en forma de exploraciones permanentes dentro de las aguas de jurisdicción mexicanas, y, al mismo tiempo, intercambiar conocimientos y experiencias con progra-

mas de investigación que realicen otros países en cuyas aguas habite la especie. Así, este estudio es un primer intento localizado en la investigación sobre la biología y dinámica de población de *D. gigas*.

#### APENDICE I

##### Fase I – (Inmadurez)

Las estructuras sexuales son difíciles de notar. Cuando se distinguen, están pobremente desarrolladas. Glándulas nidamentales delgadas y transparentes. Testículos de un color blanco fibroso o semi-transparentes. Oviductos no aparentes. No se presentan huevos ni espermatozoides.

##### Fase II – (Transición)

Las estructuras sexuales se pueden apreciar aun en individuos de tallas chicas, en las hembras, se encuentran huevos semitransparentes alrededor del ovario, las glándulas nidamentales adquieren un leve color blanco lechoso, oviductos poco aparentes. En el macho, los testículos presentan un color blanco, duro al tacto, es posible distinguir el órgano espermatozoidal. Espermatozoides pequeños en el saco de Needham (espermatozoidal).

##### Fase III – (Maduros)

Los órganos han aumentado considerablemente su tamaño, los oviductos se encuentran llenos, ocupando aproximadamente un tercio de la cavidad del manto, los huevos en su conjunto presentan un color naranja intenso, glándulas nidamentales totalmente blancas, con tamaño casi proporcional al de los oviductos. En el macho, el saco espermatozoidal completamente lleno de espermatozoides lo que le da una apariencia fibrosa. Los testículos se notan perfectamente en la parte posterior central de un color blanco, de consistencia dura al tacto. El órgano espermatozoidal y el pene son perfectamente distinguibles.

##### Fase IV – (Desovando)

Los oviductos se encuentran contraídos con pliegues en forma espiral debido a su volumen anterior, ya que acaban de liberar los óvulos, en su interior se pueden ver huevos maduros heterogéneamente. Las glándulas nidamentales también contraídas, semivacías, presentando espermatozoides vacíos adheridos en la corona tentacular.

En el macho el saco espermatozoidal está flácido semitransparente pero conserva su longitud, espermatozoides remanentes en su interior. Pene y testículos de color blanco lechoso. El órgano espermatozoidal contraído contra el saco espermatozoidal.

Fase V – (Agotados)

Los órganos reproductores entran en un aparente estado de reabsorción. Las glándulas nidamentales reducen su tamaño encontrándose casi vacías. Se encuentran algunos huevos maduros de color

naranja en la parte inferior de los oviductos. Los ovarios no reducen su tamaño. Los testículos conservan su tamaño y apariencia, (color blanco, consistencia dura), saco espermatofórico contraído, en ocasiones se presentan espermatozoides residuales.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, K. R., 1971. Relation between production and biomass. J. Fish. Res. Bd. Canada, 28 (10) :1573-1581
- ARNOLD, G. P. 1979. Squid. A review of their biology and fisheries. Lab. Leaflet, MAFF Direc. Fish. Res. Lowestoft (48) 37 pp.
- BRAATEN, D. O., 1968. Robustness of the De Lury Method MSc. Thesis. University of Washington, 96 pp.
- CLARKE, M. R., 1966. A review of the systematics and ecology of oceanic squids. Adv. Mar. Biol., 4:91-300.
- DE LURY, D. B., 1947. On the estimation of biological populations Biometrics 3:145-167.
- EHRHARDT, N. M., P. S. JACQUEMIN, F. GARCIA, G. GONZALEZ, J. M. LOPEZ, J. ORTIZ, A. SOLIS N. 1981. On The fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in The Gulf of California, Mexico. The Cephalopod Workshop. Queenscliff, Victoria, Australia. March. 9-13.
- EHRHARDT, N. M., A. SOLIS, P. S. JACQUEMIN, F. GARCIA, G. GONZALEZ, J. ORTIZ y P. ULLOA. 1982. Crecimiento del Calamar Gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980. Ciencia Pesquera (3) : 33-39.
- EHRHARDT, N. M., P. S. JACQUEMIN, G. GONZALEZ, P. ULLOA, F. GARCIA, J. ORTIZ y A. SOLIS. 1982. Descripción de la Pesquería de Calamar Gigante *Dosidicus gigas* durante 1980 en el Golfo de California. Flota y Poder de Pesca. Ciencia Pesquera (3) : 41-60.
- FITCH, J. E., 1968. Foods habits of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*. Abstract.
- FRY, F. E. J., 1949. Statistics of a lake trout fishery. Biometrics. 5: 27-67.
- GULLAND, J. A., 1965. Estimation of mortality rates. Annex to report article Fish, Working Group Int. Comc. Explor. Sea., CM. 3: 9 p.