



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DEL DESARROLLO ONTOGENICO DEL CRANEO DEL LOBO MARINO MACHO DE CALIFORNIA

(*Zalophus californianus californianus*, LESSON 1828)

(**PINNIPEDA: OTARRIIDAE**).

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

FERNANDO TOVAR AGUILAR



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

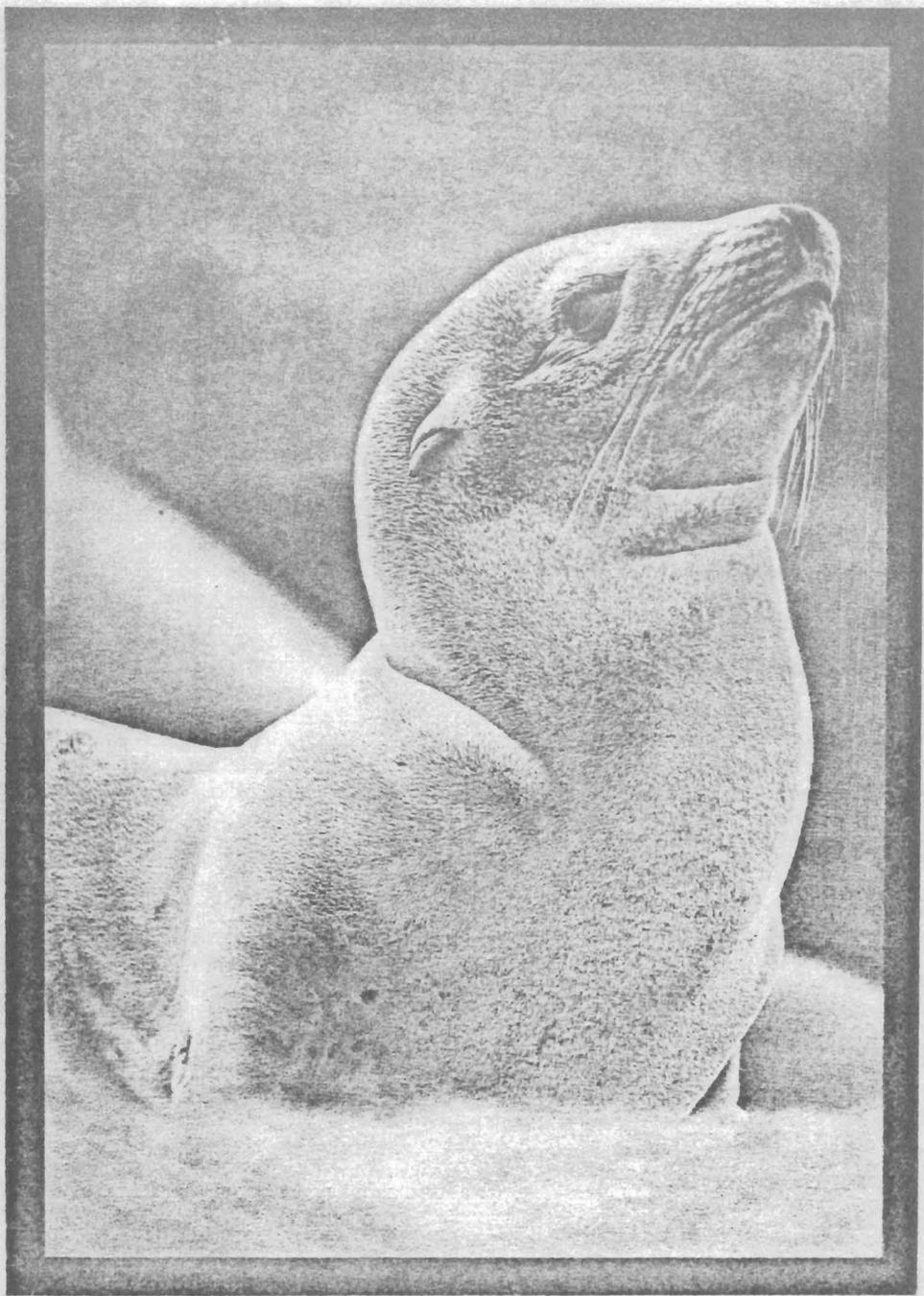


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



A mi querida madre : Trinidad Aguilar. A.
que con su esfuerzo y cariño supo orientarme
por el camino del éxito, sin reparar en
adversidades.

A mis hermanos :

Juan a quien quiero mucho y admiro.

Alejandra, a Josefina, Cruz, Arturo,

Ignacio, con mucho cariño.

A todos mis sobrinos:

Con afecto y agradecimiento.

A mi novia : Norma Rosa García.

Con mucho cariño y afecto.

A mis amigos :

Con respeto y cariño.

AGRADECIMIENTOS

Agradesco de la manera mas cordial a mi director de tesis Juan Pablo Gallo. R. quien además de ser un excelente maestro es un apreciable amigo en todo momento. De igual forma agradezco a David Auriolés por la ayuda y asesoría que me brindo y por su fina amistad. Agradesco a mis sinodales Guillermina Urbano por su apoyo y revisión del trabajo, a Juan Madrid V. por toda la ayuda proporcionada, a Patricia Fuentes M. por sus orientaciones y predisposición.

Agradesco a todos mis compañeros del laboratorio por su apoyo y compañía durante el trabajo : Beatriz Alessio, Janitzio Egido, Arturo Gonzalez, Sergio Méndez y Alberto Estrella.

Agradesco a Oscar Sánchez por ser un excelente compañero y maestro, por su ayuda desinteresada y por la revisión del trabajo.

Agradesco la ayuda brindada por el personal de la Unidad de Computo del Instituto de Fisiología Celular, principalmente a Sergio Guzman y Rocio Aguilar y a la memoria de Federico Fernández.

INDICE

RESUMEN	I
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	7
OBJETIVOS	10
I. - MATERIAL Y METODO	11
I.1. - DESCRIPCION DEL MATERIAL OSEO	11
I.2. - TECNICA PARA DETERMINAR LA EDAD	12
I.3. - MODELO DE CRECIMIENTO DE von Bertalanffy	13
I.4. - USO DE ALGUNAS MEDIDAS DEL CRANEO	14
I.5. - AJUSTE DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO	15
I.6. - OBTENCION DE LOS PARAMETROS DE LA ECUACION DE von Bertalanffy	16
I.7. - MODELO DE CRECIMIENTO ALOMETRICO DE Sergeant (1962)	17
RESULTADOS	22
DISCUSION	47
CONCLUSIONES	55
LITERATURA CITADA	57

RESUMEN

Se presenta una breve diagnosis del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*, Lesson 1829), así como las proporciones de incremento en peso y talla de la especie, desde que nace hasta que alcanzar las grandes tallas cuando son adultos. Se menciona el carácter sexual secundario del macho del lobo marino, que es la cresta sagital.

Se menciona la distribución geográfica de las tres subespecies del lobo marino de California, para la subespecie de California se detalla su rango de distribución, así como las áreas de reproducción.

Se aportan datos sobre el crecimiento que presenta el cráneo del lobo marino, frabricandose la curva de desarrollo ontogénico obtenida con las medidas craneanas.

Se analizan las curvas de crecimiento calculadas con el modelo de crecimiento de von Bertalanffy y comparandolas con las curvas de crecimiento que se obtuvieron con los datos reales de las medidas del cráneo. Se comparan los resultados de las curvas de crecimiento empleando dos formas de utilizar los datos; una es arreglando los datos de menor a mayor, y la otra es utilizar los datos tal y como se obtuvieron, para conocer si existen diferencias de los resultados al usar uno u otro metodo para calcular la mejor curva de crecimiento del cráneo del lobo marino de California.

Por ultimo se proporcionan datos sobre las velocidades de crecimiento que presentan la longitud condilobasal y la anchura

cigomática en el desarrollo del cráneo, mencionando el tipo de crecimiento que tienen de acuerdo con el modelo de crecimiento alométrico utilizado por Sergeant (1962) : Crecimiento Heterogónico Negativo, Heterogónico Positivo, e Isogónico.

INTRODUCCION

El lobo marino de California (*Zalophus c. californianus*) es un Otárido de talla mediana con marcado dimorfismo sexual. Los machos adultos pesan entre 200 y 300 kg y tienen una longitud de 200 a 250 cm, mientras que las hembras adultas pesan de 50 a 100 kg y miden de 150 a 200 cm. Estos machos adultos del género *Zalophus* caen en el rango de talla del género *Callorhinus* (Scheffer, 1958 : 141-142), pero las diferencias entre el macho y la hembra son un tanto menos extremas en *Zalophus* que en *Callorhinus*.

Al nacer los animales (edad cero), los cachorros tienen longitudes que oscilan entre 60 y 85 cm aproximadamente, siendo su peso de 6 a 12 kg. El crecimiento de las hembras es simple, sin grandes variaciones en la velocidad de incremento en la longitud o peso. Aproximadamente, por cada año en edad que aumenta, incrementa 10.4 cm en longitud y 10.3 kg en peso, hasta alcanzar una edad correspondiente a 10 años, llegando a una talla aproximada de 180 cm y un peso de 105 kg. En los machos, la talla promedio al nacer es casi la misma que la de las hembras, pero pronto experimentan un desarrollo más acelerado, por lo que a los 7 años o antes, alcanzan las tallas máximas de las hembras. La velocidad de crecimiento instantáneo varía considerablemente, regularmente alcanzan la velocidad máxima de incremento instantáneo de peso a los 7 años de edad (Lluch, 1969 b).

Los machos adultos generalmente son pardos y las hembras son color pardo tostado, hay una variación considerable en el pelaje de los machos adultos, que va de un pardo claro a un pardo oscuro. Los cachorros son de un pelaje gris oscuro al nacer y empiezan a mudar a un pardo quemado a los seis meses de edad. En las hembras el pelaje es muy oscuro cuando esta mojada (Lluch, 1969 b).

Los machos adultos presentan como caracter sexual secundario una cresta sagital en el cráneo, la ubicación de esta cresta se manifiesta externamente por un ligero abultamiento de pelo ligero en la parte superior de la cabeza. En un estudio realizado en las Islas Galapágos con *Z. c. woolebaeki* se observó que el abultamiento de la cresta sagital no era muy prominente aunque ésta se encuentra presente.

Esta cresta puede tener 4 cm de altura la cuál comienza a desarrollarse en animales de 5 años y termina su crecimiento a los 10 años de edad (Orr et al., 1970).

Al nacer los animales (edad cero), los cachorros tienen longitudes que oscilan entre 60 y 85 cm aproximadamente, siendo su peso de 6 a 12 kg.

El crecimiento de las hembras es simple, sin grandes variaciones en la velocidad de incremento en longitud o peso. Aproximadamente, por cada año en edad que aumenta, incrementan

10.4 cm en longitud y 10.3 kg en peso, hasta alcanzar una edad correspondiente a 10 años, llegando a una talla aproximada de 180 cm y un peso de 105 kg.

En los machos, la talla promedio al nacer es casi la misma que las hembras, pero pronto experimentan un desarrollo más acelerado, por lo que a los 7 años o antes, alcanzan las tallas máximas de las hembras. La velocidad de crecimiento instantáneo varía considerablemente, regularmente alcanzan la velocidad máxima de incremento instantáneo de peso a los 7 años de edad. En un período de 13 años, alcanzan una talla media de 225.48 cm y un peso de 392.15 kg. El incremento diferencial de longitud-peso es también considerable, inicialmente son mayores los incrementos en longitud y posteriormente los de peso (Lluch, 1969 b).

El lobo marino de California (*Zalophus c. californianus*) se distribuye en el Océano Pacífico Nor-oriental, desde la Columbia Británica en el Canadá, hacia el sur tan lejos como el farallón de Mazatlán y las Islas Marias, en México (Nelson, 1899; Cowan y Guiguet, 1956; Peterson y Bartholomew, 1967; Lluch, 1969; Orr *et al.*, 1970; King, 1983; Le Boeuf *et al.*, 1983). Aún así se han encontrado individuos solitarios en dispersión tan al sur como la Isla la Roqueta del Puerto de Acapulco, en el Estado de Guerrero, México (Gallo y Ortega, 1986). Su área de reproducción abarca el grupo de islas del Canal de California en la vecindad de los Angeles; las principales colonias reproductoras en este grupo se encuentran

en la Isla Santa Bárbara, Isla San Clemente, Isla San Nicolás e Isla San Miguel, esta última es la zona de reproducción más al norte, aunque ocasionalmente las crías nacen en las Islas Farallón (King, 1983); en el sur se reproducen a lo largo de la Costa Oeste de Baja California hasta la Isla Margarita y en ciertas islas del Golfo de California tales como los Islotes, San Pedro Nolasco, San Pedro Mártir, San Esteban, Granito, Angel de la Guarda, San Jorge, El Rasito, y el Farallón de Topolobampo (Aurióles, 1982; Le Boeuf, 1983).

Como su nombre sugiere, esta especie ocurre en aguas californianas y de Baja California. Actualmente presenta dos subespecies, una en las Islas Galápagos *Zalophus c. wollebaeki* (Sivertsen, 1828), se encuentra ahí como un remanente de una población que habitó el ecuador hace cinco millones de años durante la última gran glaciación. La Población actual total se ha estimado de 20,000 a 50,000 animales (Brosset, 1963 in King, 1983).

La segunda subespecie *Zalophus c. japonicus* (Peters, 1868), actualmente no se conoce su existencia, solo se sabe por rumores que aún se encuentra en algunas islas coreanas (Rice y Scheffer, 1968; Nishiwaki, 1973). Existen registros de *Zalophus c. c.* en las Islas Británicas, en las aguas de la Península de Florida y el Caribe Mexicano, los cuales son individuos escapados de acuarios, como el macho y la hembra jóvenes que escaparon de Isla Mujeres en 1983 (Hewer, 1974; Gallo com. per., 1988).

En base a estudios se ha encontrado que en la población del lobo marino se presenta una distribución en las loberas por sexo y por edad, esta distribución ha resultado ser desproporcionada y siempre constante en cualquier lobera estudiada, es decir, que se encuentra un mayor número de hembras adultas que el correspondiente a machos adultos y subadultos, sumados juntos (Aurióles y Alvarado, 1985). Se han discutido las posibles causas de esas diferencias de acuerdo con las hipótesis propuestas para explicar una mayor mortalidad de machos que de hembras en otáridos; una de ellas es que existe una migración invernal de machos subadultos en la parte sur de Baja California (Aurióles et al., 1983). La reproducción en el lobo marino, como en muchos otros animales esta relacionada con la migración. Cada verano la población del lobo marino se incrementa notablemente en las loberas reproductoras, con el fin de reproducirse (Aurióles, Fox y Romero, 1979).

Los estudios de crecimiento generan información sobre las tallas y pesos que corresponden a edades determinadas de individuos que pertenecen a una población determinada. Normalmente esta información es discreta en tiempo y se hace necesario realizar estudios de forma tal de lograr estudiar la progresión del crecimiento en forma continua a través de todas las edades de dichos individuos. En estas circunstancias, y puesto que es casi imposible observar el crecimiento en vivo y continuamente de todos los integrantes de una población, se

requiere expresar dicho proceso mediante un modelo matemático que no solo dé una buena representación de los datos en forma simple, sino que también pueda ser usado para estudios analíticos acerca del crecimiento (Nelson, 1981).

Los patrones de crecimiento pueden tomar un número de formas diferentes los cuales pueden ser el resultado de diferencias en los tipos de procesos fisiológicos involucrados. En este sentido, son muchas las funciones matemáticas empíricas que pueden ajustarse a dichos patrones, comenzando desde un simple polinomio a complejas funciones que incluyen parámetros tanto biológicos como ambientales.

Sin embargo, una curva de crecimiento que relacione matemáticamente el tamaño individual con el tiempo, debe ser lo suficientemente simple, ajustarse a un rango amplio de patrones de crecimiento y con esto ser útil para propósitos puramente descriptivos, y lo que es más importante, que sus parámetros tengan algún significado fisiológico. Una función de crecimiento que satisface los requerimientos esenciales expuestos más arriba es aquella desarrollada por Ludwig von Bertalanffy (1930) (Nelson, 1981).

ANTECEDENTES

Se han realizado numerosas investigaciones para determinar la edad de los otáridos en base a estudios anatómicos de los dientes caninos contando los anillos de crecimiento de los mismos y ha sido comparada y descrita con la de otros pinípedos por Scheffer (1958); Kenyon y Fiscus (1963); King (1964 y 1972); Scheffer y Kraus (1964); Orr et al., (1970); Aurióles (1989).

En *Callorhinus ursinus* se ha demostrado que cada estria corresponde a un año de vida del animal (Scheffer, 1958), señalándose una edad máxima de 26 años. En *Zalophus californianus* se registro un máximo de 13 estrias dentarias en los machos y 11 en las hembras (Scheffer, 1958). Si se acepta que cada estria representa un año debe concluirse que, al menos en la población muestreada, los animales viven un lapso que corresponde a la mitad aproximada de la edad alcanzada por el lobo fino de Alaska (*Callorhinus ursinus*)., si en cambio se llegase a demostrar que alcanzan la misma edad, debe concluirse que cada estria corresponde a 2 años de edad (Lluch, 1969 b).

En un estudio realizado por King (1964) para esta especie, señala una edad máxima de 14 a 15 años, donde estos surcos de la superficie de la raíz dentaria (se ha demostrado por experimentos de marcado) muestran la edad del animal en años., a juicio de este autor, cada surco corresponde a un año

de vida del animal.

Scheffer y Wilke (1953), con una serie de edades conocidas de los cráneos de *Callorhinus*, tomaron solo dos medidas del cráneo, la longitud condilobasal y la anchura mastoidea. Ambas medidas indican que el cráneo del macho está en crecimiento aún a los trece años de edad, en cambio en la hembra éste crecimiento se ha detenido alrededor de los 7 años. Para los cráneos de las hembras estas medidas no mantienen la misma proporción de desarrollo a una determinada edad, ya que resulta obvio que disminuya la proporción del crecimiento de estas medidas entre los tres y cuatro años, dado que es cuando las hembras pueden estar gestando sus primeras crías.

Por lo tanto, la forma del desarrollo trazado por Scheffer y Kraus (1964), en los estados de dentición de *Callorhinus* donde encontraron que el cráneo del macho de 8 o 9 años de edad es tan grande como los adultos de mayor edad, aunque la longitud y la anchura se incrementan significativamente después de los 9 años de edad, esto como un resultado del crecimiento de los procesos premaxilar y mastoideo. El cráneo de la hembra no parece crecer en longitud y altura después de los 6 años de edad.

En estudios realizados por Lluch (1969 b) se pudo establecer el momento en que se alcanza la madurez sexual en *Zalophus californianus*, las hembras empiezan a reproducirse a

los 6 años de edad, y continúan multiplicándose hasta los 11 años., para los machos encuentro que son dominantes a partir de los 8 años de edad, aunque las clases dominantes es la de 11 años, que declina después rápidamente.

Las medidas de los cráneos de *Eumetopias jubatus* y la edad conocida de los dientes, han demostrado que : "La proporción del crecimiento tiende a nivelarse después de los 8 años en las hembras y 10 años en los machos" (Fiscus, 1961). La madurez sexual de las hembras se alcanza a los 3 años y en los machos entre los 5 y 6 años de edad (Mathisen, 1960).

De acuerdo con un estudio realizado por Orr et al., (1970) se pudo establecer que no existen diferencias significativas de las medidas craneales entre dos muestras poblacionales del lobo marino de California, una de la Costa de California y otra del Golfo de California, lo que ha sido constatado por Aurióles (com. pers. 1986).

Las diferencias de tamaño entre los sexos de algunas especies de pinípedos ha sido aprovechada para hacer estudios al respecto como el que realizó Crespo (1984), donde muestra que existe dimorfismo sexual de los dientes caninos de *Otaria byronia* y el Lowry y Folk (1986), para determinar el sexo del lobo marino de California por medio de los dientes caninos.

El desarrollo del cráneo ha sido empleado por muchos investigadores para obtener alguna indicación de la edad.

Los primeros estudios que se llevaron a cabo como los de Linsey (1937, 1938); Hamilton (1939 b); Bertram (1940); y el de Doutt (1942), se abocaron a los patrones de desarrollo de los fócidos. Estos autores mencionan muy poco el crecimiento excepto para decir que el rostro crece más rápido que el cráneo. Esto puede ser constatado haciendo un análisis de la proporción del cierre de las suturas del cráneo; en éste se detiene primero el crecimiento, ya que se ha fusionado antes que las suturas del rostro.

OBJETIVOS

-Determinar la edad de cada uno de los cráneos de los lobos marinos, contando los anillos de crecimiento en las capas de dentina de los dientes caninos, para conocer la estructura de edades de la muestra estudiada.

-Determinar el ajuste de la curva de desarrollo ontogénico del lobo marino macho de California, utilizando el modelo de crecimiento de von Bertalanffy.

-Establecer si la longitud y la altura de la cresta sagital sirven para determinar la curva de desarrollo ontogénica del lobo marino macho de California.

-Con base en el modelo de crecimiento predecir las edades de los lobos marinos empleando para ello la longitud condilobasal y la anchura cigomática en la ecuación de von Bertalanffy.

-Conocer la velocidad o rapidez del desarrollo de las estructuras del cráneo involucradas en este estudio, empleando el modelo de crecimiento alométrico de Sergeant (1962).

MATERIAL Y METODO

Se midieron y examinaron los cráneos de 120 individuos machos de lobo marino de California *Zalophus californianus*, pertenecientes a las colecciones científicas del Centro de Investigaciones Biológicas de la Paz Baja California Sur (CIB), y del Laboratorio de Mastozoología del Instituto de Biología de la UNAM. A estos cráneos se sumaron los datos de las medidas de 34 cráneos que realizó Orr et al (1970), para obtener un total de 154 cráneos en la muestra.

El material óseo con que se trabajó fue colectado desde el año de 1975 a 1986, en islas y loberas tanto del Golfo de California como del Pacífico Mexicano (tabla I y figura 1).

Para el análisis estadístico se tomaron las siguientes medidas craneales : Longitud Condilobasal (LCB), Anchura Cigomática (AC), Anchura Mastoidea (AM), Altura de la Cresta Sagital (ACS), Longitud de la Cresta Sagital (LCS). (fig. 2)

A cada uno de los cráneos se les extrajo un diente

canino, tomando de preferencia los caninos superiores y cuando no había disponibles se tomó el inferior; para determinar la edad de cada diente se utilizó la técnica de corte y pulido longitudinal empleando para ello un esmeril de banco con piedra fina, posteriormente se pulieron utilizando lijas de agua en varias graduaciones hasta terminar con la más fina. Después de haber hecho esto se quitaron todos los residuos de polvo con una solución de ácido fórmico al 10% durante 6 hrs, finalmente con la ayuda del microscopio estereoscópico y algunas veces a simple vista se contaron bandas o anillos de crecimiento. La técnica de conteo de bandas en dientes caninos ha sido empleada por algunos autores que también han trabajado con otras especies de pinnípedos, tal como lo hizo Scheffer (1960); Spalding (1964); Scheffer y Kraus (1964); Orr *et al* (1970); y Auriolés (1988).

Se debe tomar en cuenta que la edad obtenida del conteo de las capas de dentina en los dientes caninos, es una edad aproximada del individuo, (edad dentaria), esto implica un cierto grado de error cuando se calcula la curva de crecimiento ontogenica (*Gallo com pers*), por otro lado, al realizar medidas craneales también implica tener un cierto grado de error en una misma medida, cometida por el investigador; entonces el posible error de la edad calculada y el error de las medidas del cráneo son las que en un momento dado hacen que haya diferencias entre las curvas reales y las obtenidas con el modelo de crecimiento.

Para conocer el mejor ajuste de la curva de crecimiento se emplearon los datos reales en dos formas, es decir, en una de ellas se tomaron los datos tal y como se obtuvieron, llamando a esta forma el método de los datos no ordenados, y la segunda forma de emplear los datos fue ordenandolos de menor a mayor; y de esta manera tener los dos metodos y observar con cuál de los dos se puede hacer el mejor ajuste de la curva de crecimiento utilizando el modelo de crecimiento de von Bertalanffy.

Se emplearon las medidas de la longitud condilobasal y la anchura cigomática, como las más adecuadas para conocer la curva de desarrollo que presenta el lobo marino de california, ya que estas medidas son las que mayor información proporcionan para conocer el desarrollo del lobo marino

La justificación de emplear solo algunas medidas craneales se basa en el hecho de que se pretende conocer el desarrollo que presenta el cráneo através de la vida del animal, lo cual se puede lograr utilizando unicamente ciertas medidas craneanas como son la longitud condilobasal, la anchura cigomática, y las medidas de la cresta sagital como son la altura y la longitud. Por que de realizar demasjadas mediciones no se utilizarían adecuadamente, por que al parecer estas se emplearían para hacer taxonomia, que es lo que no pretendemos en este estudio.

Una vez conocida la edad aproximada por medio de los

dientes caninos, los cráneos se agruparon en clases de edad de 1 a 15 años, y se calculó por clase de edad la Media Aritmética (\bar{X}) y la Desviación Estandar (SD), las que fueron graficadas contra la edad.

Otras medidas que también se utilizaron son la longitud y la altura de la cresta sagital, para conocer la tendencia de desarrollo que presenta ésta. Se calculó el índice de desarrollo de la cresta sagital (altura sobre longitud), obteniéndose la media por clase de edad, la cuál fué utilizada para graficarse contra la edad, la longitud condilobasal, y la anchura cigomática donde se aprecia el comportamiento con las variables mencionadas.

A continuación se prosiguió a realizar el ajuste de los datos de la longitud condilobasal y la anchura cigomática empleando el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy; para determinar la mejor curva de crecimiento del lobo marino de California, se empleó la siguiente fórmula:

$$L_x = L_{max} \left[1 - e^{-k(t - t_0)} \right]$$

En donde L_x es la longitud que se quiere conocer a un tiempo dado.

L_{max} es la longitud máxima que puede alcanzar la especie, cabe mencionar que nunca se alcanza esa talla.

"e" es el logaritmo de Napier, es una constante del modelo de crecimiento, $e = 2.71$.

K , es la tasa instantanea de crecimiento, es la que nos indica con que velocidad se esta desarrollando el individuo.

t , es el tiempo.

t_0 , es el tiempo hipótetico al cual el organismo tiene una talla cero, y se dice que es hipótetico por que cuándo nace ya tiene una talla dada.

Los procesos de determinación de los parámetros de las expresiones de crecimiento, consisten en ajustar dichas expresiones a los valores observados mediante una selección de parámetros los cuales hacen que la curva expresada por la función de crecimiento pase tan próxima como sea posible a la mayoría de los puntos.

Existen varios procedimientos para la determinación de los parámetros L máx, k y t_0 de la ecuación de von Bertalanffy. Entre los autores que han contribuido con el desarrollo de dichos parámetros están : Ford (1933), Walford (1946), Beverton y Holt (1957) entre otros.

En general todos los métodos de estimación de los parámetros L max, k y t_0 pueden dividirse en dos grandes categorías según se haga uso o no de criterios de optimización.

Obtención de los parámetros L max y K .

El método consiste en graficar las longitudes medias correspondientes a las edades 1 a t en el eje de las X y las

mismas longitudes, pero de las edades 2 a t+1 en el eje de las Y. En la mayoría de los casos la información graficada para intervalos constantes de tiempo, genera una línea recta. Donde esta recta corta a la línea de 45 grados (pendiente igual a 1) define el valor de L max, puesto que en este punto $l_t = l_{t+1}$ y bajo las suposiciones del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, esto ocurre cuando la curva ha alcanzado la asíntota en el infinito. En este caso $l_t = l_{t+1} = L_{max}$.

De esta forma la gráfica de l_{t+1} contra l_t , se presenta como una ecuación cuyos parámetros pueden estimarse por mínimos cuadrados. Los valores de los parámetros de la ecuación de crecimiento se estiman como:

$$k = - \ln m$$

$$L_{max} = \frac{b}{1-m}$$

Obtención del parámetro T_0

Este método se utiliza para estimar k y t_0 dado un estimado de L max por el método anterior. Se realiza una regresión lineal en que :

$$Y = \ln \left[1 - \frac{l_t}{L_{m\acute{a}x}} \right], \text{ y " X " = } t$$

El intercepto (ordenada al origen) esta dado por $b = k t_0$ y la pendiente $m = - k$. De estas relaciones se estima t_0

como $t_0 = b / -m$. (Nelson, 1981).

Una vez que se realice el mejor ajuste de los datos, se proseguirá a conocer que tan buena es la curva de desarrollo obtenida con el modelo de crecimiento, graficando la curva teórica junto con la curva real y sus desviaciones estandar, y visualizar de esta manera si la curva teórica cae dentro de las desviaciones de la curva real, juzgando que tan bueno es el ajuste.

Para conocer la rapidez del desarrollo que presentan las estructuras craneales en el lobo marino de California, se empleo el modelo de crecimiento alométrico que utilizo Sergeant (1962), el cual originalmente ha sido utilizado con medidas externas del cuerpo, y que en el presente estudio se emplea con medidas craneales.

La rapidez (o forma) de crecimiento se determina en base a los coeficientes de crecimiento (m) de la fórmula para las estructuras involucradas. En el presente trabajo se determinara la rapidez de crecimiento del arco cigomático. Cabe destacar que este procedimiento compara la rapidez de crecimiento de la estructura en cuestión con respecto al crecimiento de la longitud condilobasal. Si m es mayor que 1 la estructura presenta un "crecimiento heterogónico positivo" es decir, que la anchura cigomática crece con mayor rapidez que la longitud condilobasal; si $m = 1$ el "crecimiento es isogónico" (que crecen con la misma rapidez), y por último, si

m es menor que 1 el "crecimiento es heterogónico negativo", por lo que la anchura cigomática crece más lentamente que la longitud condilobasal. La fórmula para obtener el coeficiente de crecimiento es la siguiente :

$$m = \left[\frac{x_2 - x_1}{x_1} \right] \left[\frac{y_1}{y_2 - y_1} \right]$$

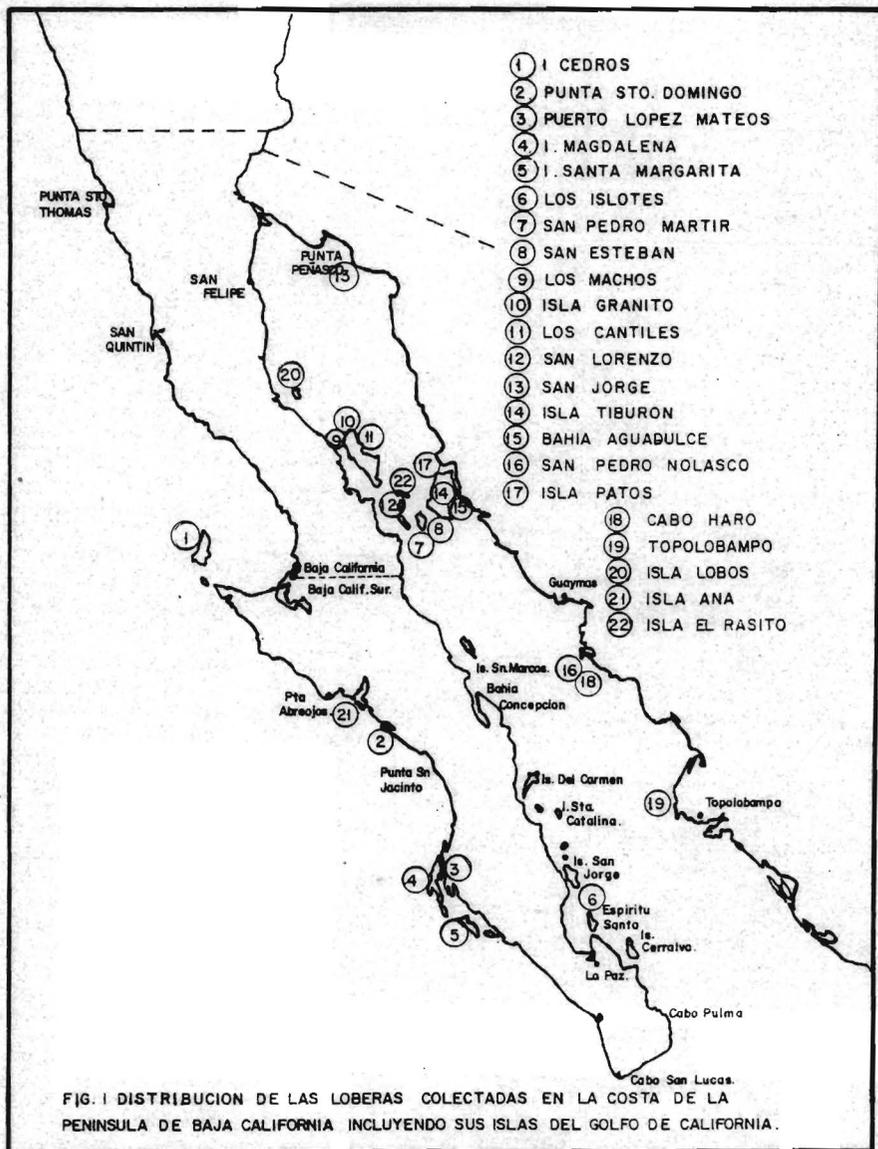
x_1 y x_2 son las medidas de alguna dimensión particular del cuerpo de las pequeñas y grandes respectivamente (En este caso son las medidas de la anchura cigomática

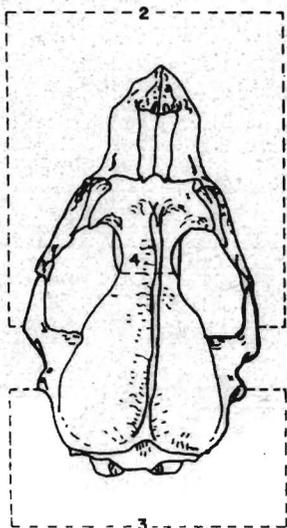
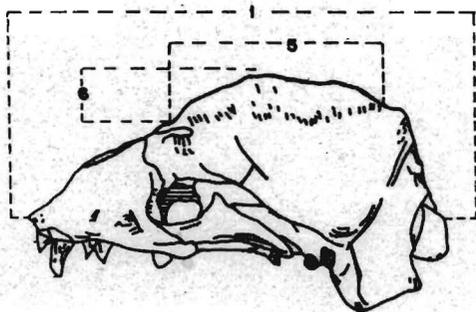
y_1 y y_2 son los valores de las medidas de la longitud condilobasal.

m = Coeficiente de Crecimiento.

CLAVE	LOCALIDAD	LOBERAS REPRODUCTORAS	LOBERAS NO REPRODUCTORAS	OTROS
IC	ISLA CEDROS	*		
PSD	PUNTA SANTO DOMINGO	*		
PLM	PUERTO LOPEZ MATEOS			*
IM	ISLA MAGDALENA		*	
ISM	ISLA SANTA MARGARITA	*		
LI	ISLA LOS ISLOTES	*		
SPM	ISLA SAN PEDRO MARTIR	*		
SE	ISLA SAN ESTEBAN	*		
AG	LA ANGEL DE LA GUARDA	*		
IG	ISLA GRANITO	*		
LC	ISLA LOS CANTILES	*		
SL	ISLA SAN LORENZO		*	
SJ	ISLA SAN JORGE	*		
IT	ISLA TIBURON			*
BA	BAHIA AGUADULCE			*
SPN	LA SAN PEDRO NOLASCO	*		
IP	ISLA PATOS		*	
CH	CABO HAROS		*	
T	TOPOLOBAMPO		*	
IL	ISLA LOBOS		*	
IA	ISLA ANA		*	
IR	ISLA PASITA	*		

TABLA I. Localidades donde se colectó material oseo para el presente estudio, la parte marcada como otros indica que son playas que no son loberas.





- 1) LONGITUD CONDILO - BASAL
- 2) ANCHURA CIGOMATICA
- 3) ANCHURA MASTOIDEA
- 4) ANCHURA MINIMA INTERORBITAL
- 5) LONGITUD DE LA CRESTA SAGITAL
- 6) ALTURA DE LA CRESTA SAGITAL

FIGURA 2. MEDIDAS REALIZADAS EN EL CRANEO DEL LOBO MARINO DE CALIFORNIA *Zalophus californianus californianus* (LESSON, 1828).

RESULTADOS

Conociendo la edad de los cráneos del lobo marino macho, lo cuál representa una parte importante de este estudio, fue posible conocer la estructura de edades de la muestra estudiada. El total de la muestra se agrupó en clases de edad que van desde un año de edad hasta 15 años, que es la edad máxima reportada para la especie (King, 1964), y la cual se corroboró en el presente trabajo.

Como muestran las tablas II y III de la longitud condilobasal y de la anchura cigomática, a cada clase de edad se le calculó la media (\bar{x}), desviación standar (s), y el porcentaje por clase de edad en la muestra, es decir, qué porcentaje representa de la muestra estudiada. Además se presenta graficamente la frecuencia por clase de edad de la mortalidad en el macho del lobo marino en el Golfo de California (figuras 3 y 4).

A continuación se graficó la media de la longitud condilobasal y de la anchura cigomática contra la edad, para conocer el desarrollo ontogénético del lobo marino, resultando una curva típica de crecimiento, lo que indica que tipo de crecimiento presenta el cráneo a través de toda la vida del animal, como se observa en las figuras 5 y 6.

Por otra parte, las medidas de la longitud y la altura

de la cresta sagital se emplearon para calcular el índice de desarrollo de la misma; este índice se calculó dividiendo la altura entre la longitud de la cresta sagital. Al igual que otras medidas se calculó la media del índice de desarrollo de la cresta sagital para cada clase de edad, el cuál se graficó contra la edad, para apreciar el comportamiento que muestra éste índice de la cresta sagital con la edad (ver figura 7).

También fue conveniente conocer cómo se comportan la longitud y la altura de la cresta sagital con respecto a la edad, para esto se hizo una grafica donde se aprecia el comportamiento que tiene cada una de las medidas de la cresta sagital. De esta manera se hizo una comparación del desarrollo que tienen la longitud y la altura de la cresta sagital, a partir de la edad de 5 años, que es cuando comienza a manifestarse el desarrollo de esta cresta. (Ver figuras 8 y 9).

En la utilización del modelo de crecimiento se emplearon las medidas craneales de la longitud condilobasal y la anchura cigomática, ya que estas medidas son las que mayor información proporcionan para conocer el desarrollo del crecimiento del lobo marino de California.

Para hacer el mejor ajuste de la curva de crecimiento se emplearon dos metodos, A) el de los datos ordenados de menor a mayor, y B) el de los datos no ordenados.

Ajuste de la curva de desarrollo para la longitud condilobasal empleando los datos ordenados.

Mediante el modelo de Ford-Walford se obtuvieron los parámetros de L_{max} y K mediante un ajuste por mínimos cuadrados de L_t vs L_{t+1} .

$$\begin{aligned}r^2 &= 0.99 & k &= 0.196 \\m &= 0.82 & L_{max} &= 29.5 \\b &= 5.25\end{aligned}$$

Con el modelo de Beverton-Holt se obtuvo el parámetro de T_0 por mínimos cuadrados de la relación : t vs $\ln \left(1 - \frac{L_t}{L_{max}} \right)$

$$\begin{aligned}r^2 &= -0.97 & t_0 &= -3.45 \\m &= -0.201 \\b &= -0.69\end{aligned}$$

Conociendo los valores de t_0 , k , y L_{max} se pueden sustituir en la fórmula de von Bertalanffi, y al hacer las predicciones con el modelo se obtienen los siguientes resultados :

$$Lx = 29.5 \left[1 - 2.71^{-0.19 (t - (-3.45))} \right]$$

Edad (años)	Longitud Condilobasal (cm)
1	17.16
2	19.36
3	21.16
4	22.65
5	23.86
6	24.87
7	25.69
8	26.37
9	26.92
10	27.38
11	27.76
12	28.07
13	28.32
14	28.53
15	28.70

Ver Fig. 10

Ajuste de la curva de desarrollo para la Anchura cigomática empleando los datos ordenados.

Mediante el modelo de Ford-Walford se obtuvieron los parámetros de L_{max} y K mediante un ajuste por mínimos cuadrados:

$$\begin{aligned} r^2 &= 0.98 & k &= 0.113 \\ m &= 0.89 & Amáx &= 17.9 \\ b &= 1.88 \end{aligned}$$

Con el modelo de Beverton-Holt se obtuvieron los valores siguientes :

$$\begin{aligned} r^2 &= -0.98 & l_0 &= -6.10 \\ m &= -0.113 \\ b &= -0.69 \end{aligned}$$

Conociendo los valores de t_0 , k y A_{\max} se pueden sustituir en la fórmula de von Bertalanffi, y al hacer las predicciones con el modelo se obtienen los siguientes resultados :

$$A_x = 17.9 \left[1 - 2.71^{-0.113 (t - (-6.10))} \right]$$

Edad (años)	Anchura Cigomática (cm)
1	9.70
2	10.56
3	11.32
4	12.01
5	12.62
6	13.17
7	13.66
8	14.10
9	14.50
10	14.85
11	15.17
12	15.45
13	15.71
14	15.93
15	16.14

Ver fig. 11

Ajuste de la curva de desarrollo la Longitud Condilobasal empleando los datos no ordenados.

Con el modelo de Ford-Walford se obtuvieron los siguientes valores :

$$\begin{aligned}
 r^2 &= 0.97 & L_{\max} &= 28.64 \\
 m &= 0.79 & k &= 0.23 \\
 b &= 5.93
 \end{aligned}$$

Con el modelo de Beverton-Holt se obtuvieron los valores siguientes :

$$r^2 = -0.92 \quad t_0 = -2.09$$

$$m = -0.27$$

$$b = -0.57$$

Con los valores de t_0 , k y $L_{\text{máx}}$ se pueden sustituir en la fórmula de von Bertalanffi, y al hacer las predicciones con el modelo se obtienen los siguientes resultados:

$$L_x = 28.94 \left[1 - 2.71^{-0.21 (t - (-2.2))} \right]$$

Edad (años)	Longitud Condilobasal (cm)
1	14.61
2	17.50
3	19.80
4	21.62
5	23.07
6	24.22
7	25.13
8	25.85
9	26.42
10	26.88
11	27.24
12	27.53
13	27.76
14	27.94
15	28.08

Ver Fig. 12

Ajuste de la curva de desarrollo para la anchura cigomática empleando los datos no ordenados.

Con el modelo de Ford-Walford se obtuvieron los valores siguientes :

$$r^2 = 0.96 \quad A_{\text{máx}} = 16.95$$

$$m = 0.87 \quad k = 0.136$$

$$b = 2.17$$

Con el modelo de Beverton-Holt se obtuvieron los siguientes valores :

$$r^2 = -0.91 \quad t_0 = -1.72$$

$$m = -0.22$$

$$b = -0.38$$

Conociendo los valores de t_0 , k , y $L_{\text{máx}}$ se pueden sustituir en la fórmula de von Bertalanffi, y al hacer las predicciones con el modelo se obtienen los siguientes resultados :

$$Ax = 16.95 \left[1 - 2.71^{-0.13(t - (-3.27))} \right]$$

Edad (años)	Anchura Cigomática (cm)
1	7.46
2	8.67
3	9.72
4	10.64
5	11.44
6	12.14
7	12.75
8	13.28
9	13.75
10	14.16
11	14.51
12	14.82
13	15.09
14	15.33
15	15.53

Ver fig. 13

Los resultados obtenidos con el modelo de crecimiento alométrico, que compara la velocidad de desarrollo del arco cigomático con respecto a la velocidad de desarrollo de la longitud condilobasal, se presenta resumida en la tabla IV, en donde se muestra el crecimiento que presentan dichas estructuras de acuerdo a las premisas del modelo.

El crecimiento que mostro la longitud condilobasal y la anchura cigomática entre cada año de vida fue medido como un incremento en centímetros y también tomado como un porcentaje de acuerdo al 100 % de crecimiento mostrado en la vida de los individuos, este incremento entre clases de edad se resume en la tabla VI.

el crecimiento que presenta la longitud condilobasal y la anchura cigomática entre cada año de vida fue medido como crecimiento en centímetros y también en porcentaje de acuerdo al 100 % de crecimiento mostrado en la vida de los individuos este crecimiento se muestra en las figuras 14 y 15.

EDAD	NUMERO DE CRANEOS MEDIDOS	(X) LONGITUD CONDILOBASAL	DESVIACION ESTANDAR	PORCENTAJE POR CLASE DE EDAD
1	5	17.82	1.51	3.52
2	6	19.95	2.39	4.22
3	6	21.86	2.06	4.22
4	14	23.34	1.34	9.85
5	15	24.09	1.22	10.56
6	15	24.53	1.55	10.56
7	17	25.52	2.28	11.97
8	9	26.72	1.98	5.63
9	12	27.3	1.83	8.45
10	12	27.46	2.34	8.45
11	12	28.4	0.82	8.45
12	7	28.34	1.35	4.92
13	5	29.12	0.37	3.52
14	2	27.55	0.07	1.40
15	5	28.22	0.89	3.52
TOTAL	142			

TABLA II. Promedios de la longitud condilobasal por clase de edad, con sus respectivos porcentajes con respecto al total de la muestra estudiada.

EDAD	NUMERO DE CRANEOS MEDIDOS	(X) ANCHURA CIGOMATICA	DESVIACION ESTANDAR	PORCENTAJE POR CLASE DE EDAD
1	8	9.64	0.69	5.29
2	7	10.41	0.57	4.63
3	7	10.77	0.95	4.63
4	14	12.32	0.82	9.27
5	14	12.43	0.59	9.27
6	17	12.94	0.81	11.25
7	18	13.45	1.69	11.92
8	9	14.17	1.73	5.96
9	11	14.27	1.35	7.28
10	13	15.39	1.52	8.6
11	14	15.36	0.83	9.27
12	7	16.15	0.76	4.63
13	5	16.32	1.19	3.31
14	2	15.45	0.07	1.33
15	5	16.04	0.49	3.31
TOTAL	151			

Tabla III. promedios de la anchura cigomática por clase de edad, con sus respectivos porcentajes con respecto al total de la muestra.

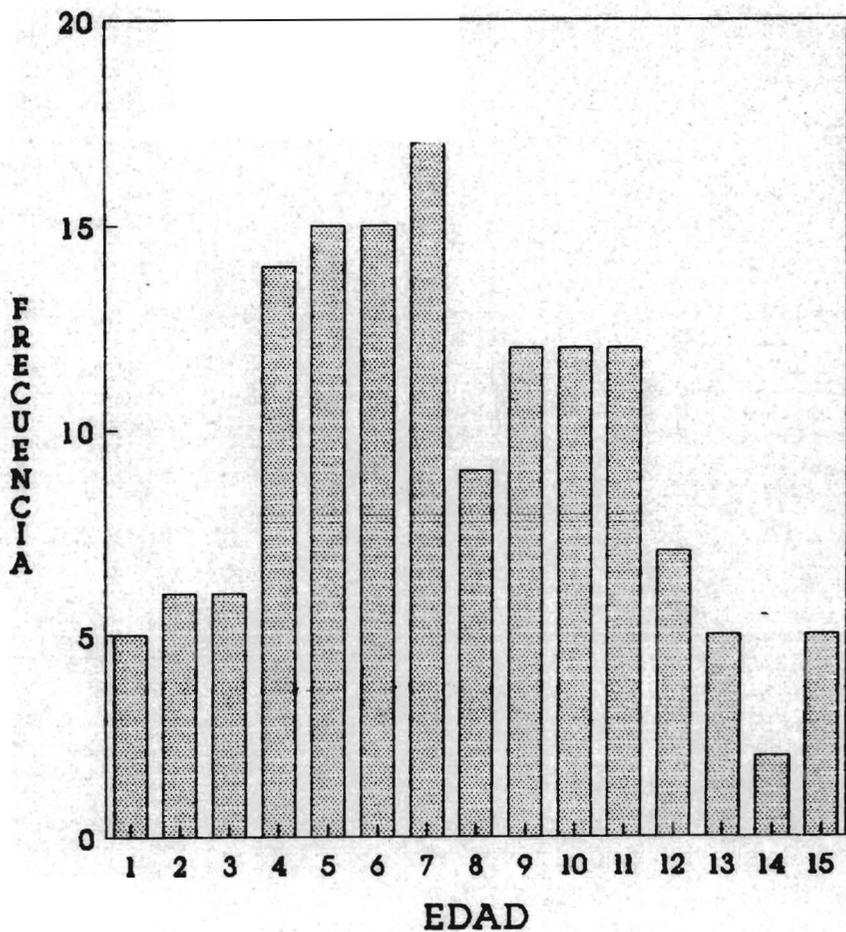


FIG. 3. FRECUENCIA DE CRANEOS POR CLASE DE EDAD DE LA LONGITUD CONDILOBASAL EN EL MACHO DEL LOBO MARINO DE CALIFORNIA.

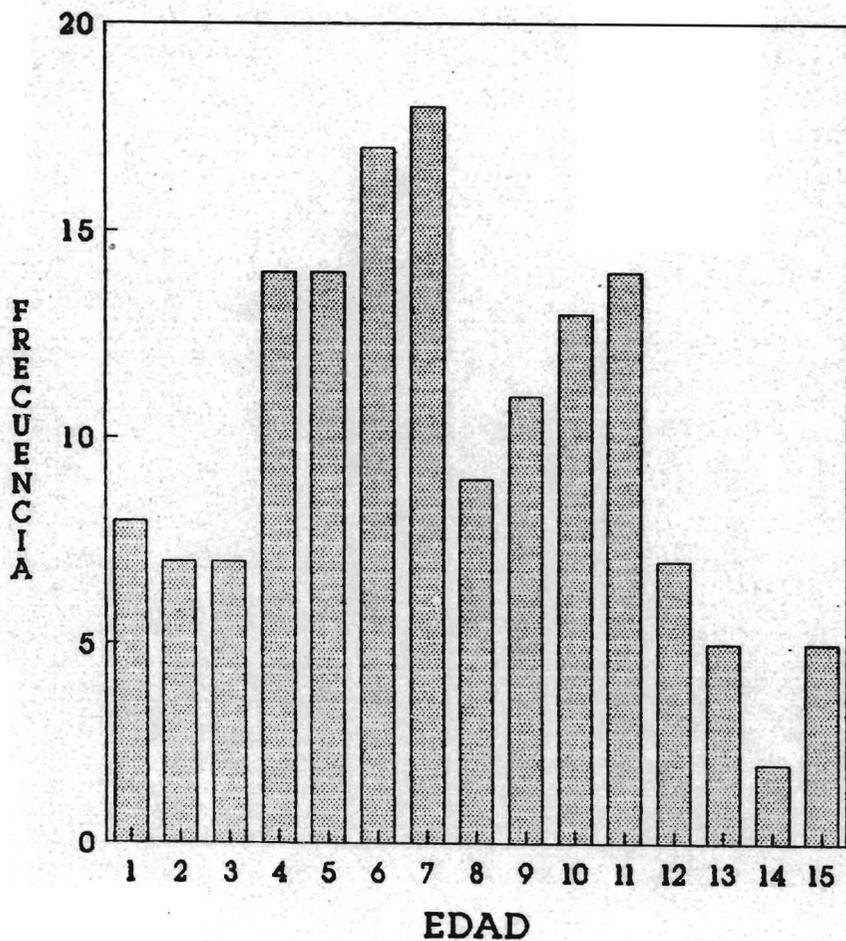
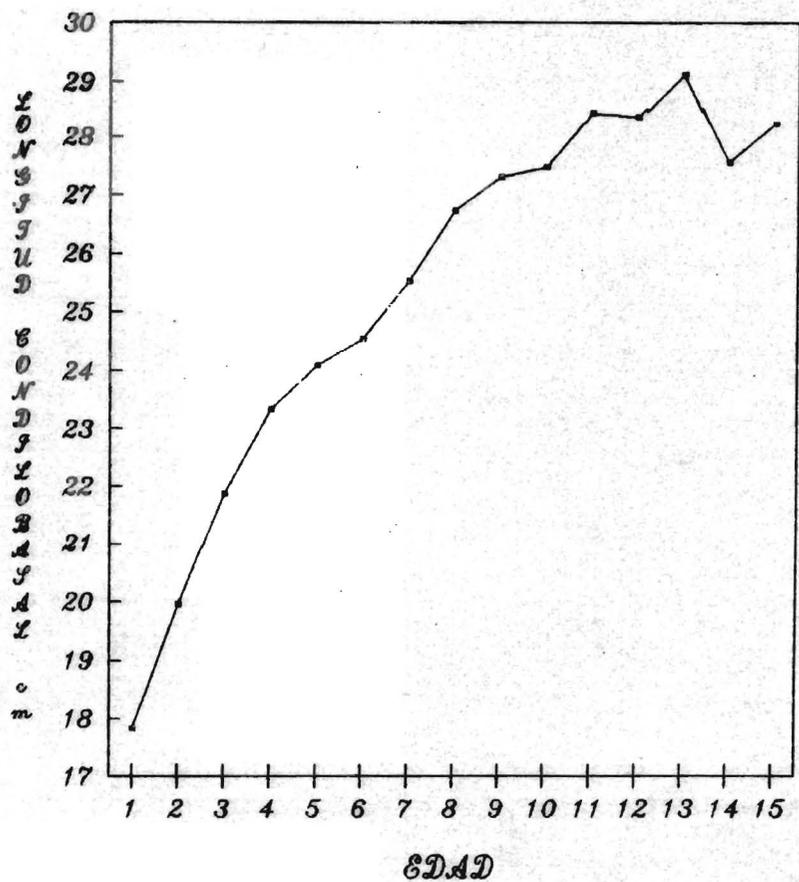
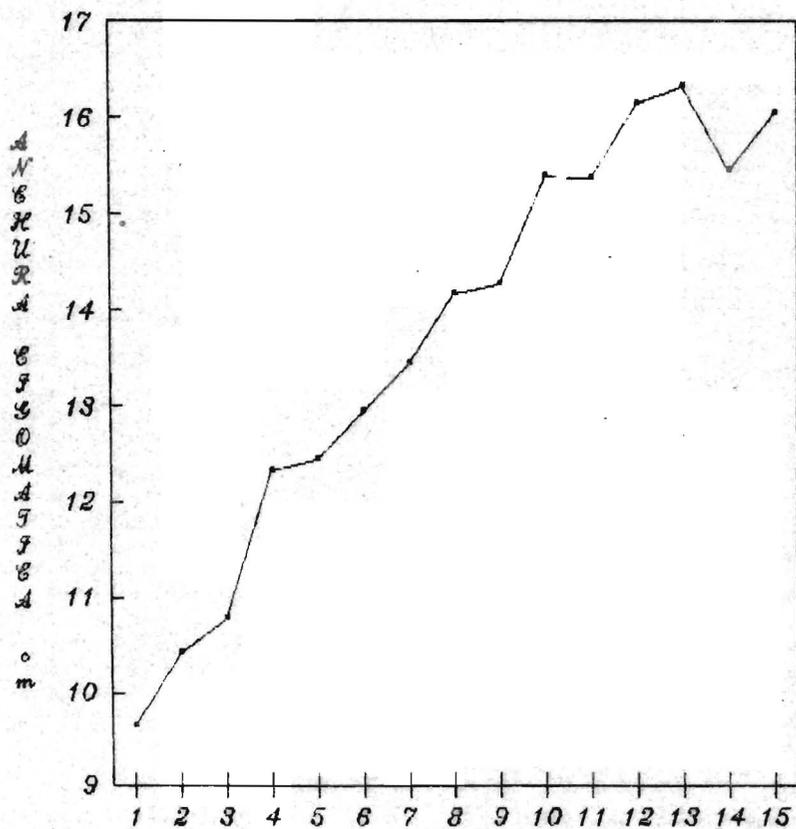


FIG. 4. FRECUENCIA DE CRANEOS POR CLASE DE EDAD DE LA ANCHURA CIGOMATICA EN EL MACHO DEL LOBO MARINO DE CALIFORNIA.



999.5 SERIOLA DE CRECIMIENTO DE LA LONG.
CONDORZOLA DE LOS MARES DEL OESTE DE CALIFORNIA.



EDAD

SECCION DE ESTADISTICA DE LA ANEXA
 ESTADISTICA DEL CENSO MEXICO DE CALIFORNIA
 MEXICO.

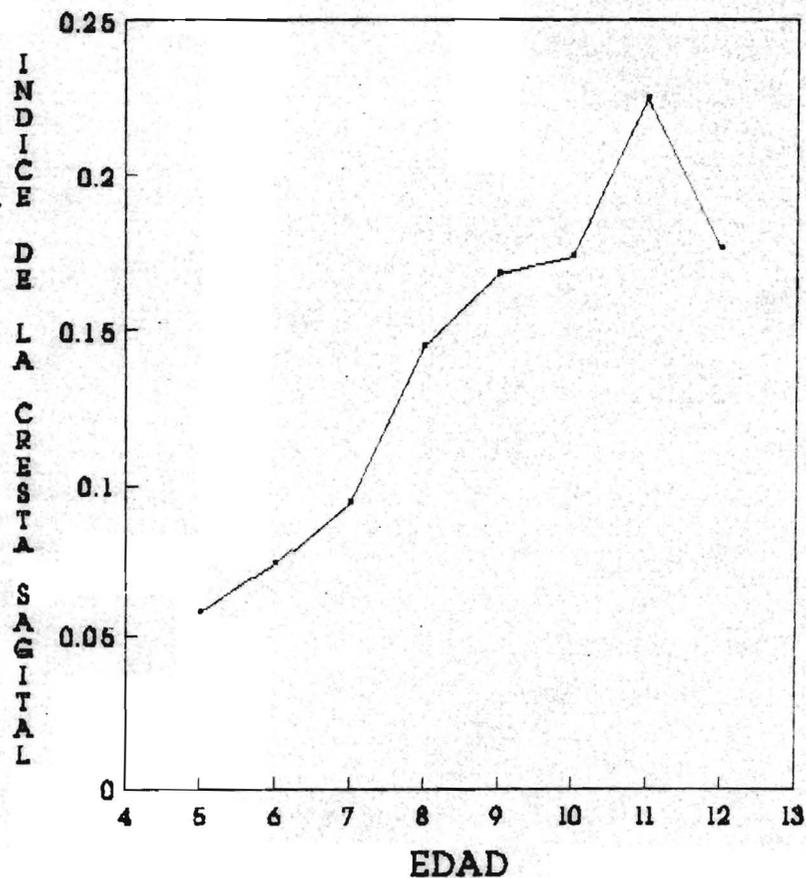


FIG.7 RELACION ENTRE LA EDAD Y EL INDICE DE LA CRESTA SAGITAL EN EL MACHO DEL LOBO MARINO DE CALIFORNIA.

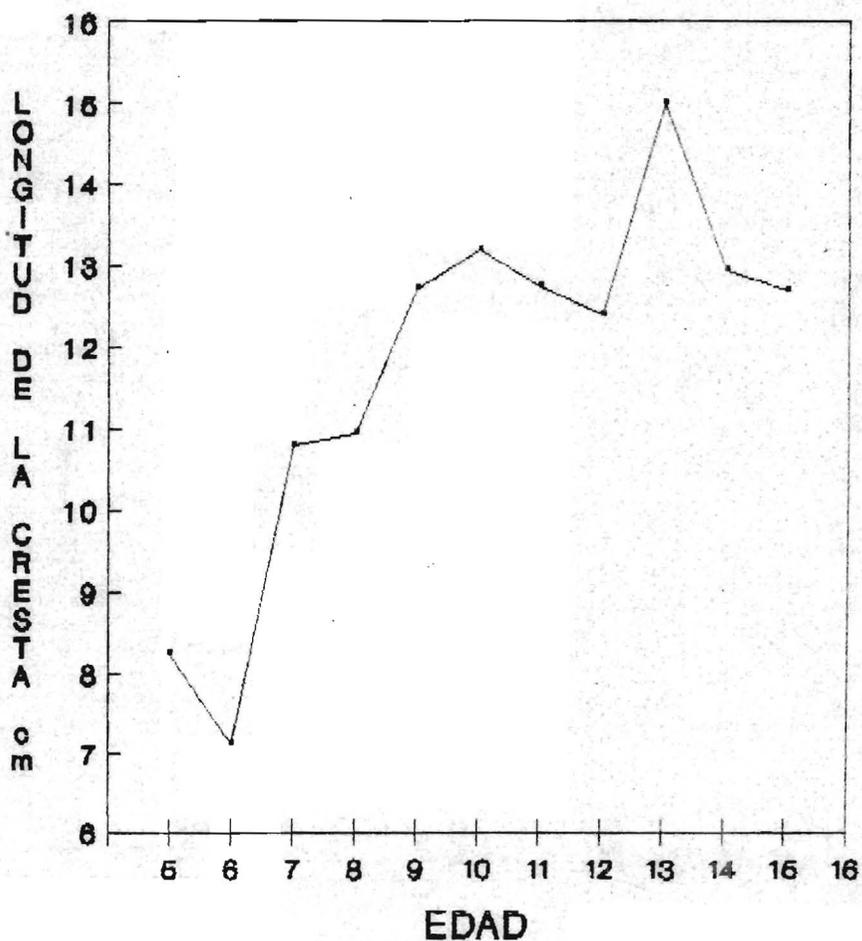


FIG.8. CURVA DE CRECIMIENTO DE LA LONG.
DE LA CRESTA SAGITAL EN EL LOBO MARINO
MACHO DE CALIFORNIA.

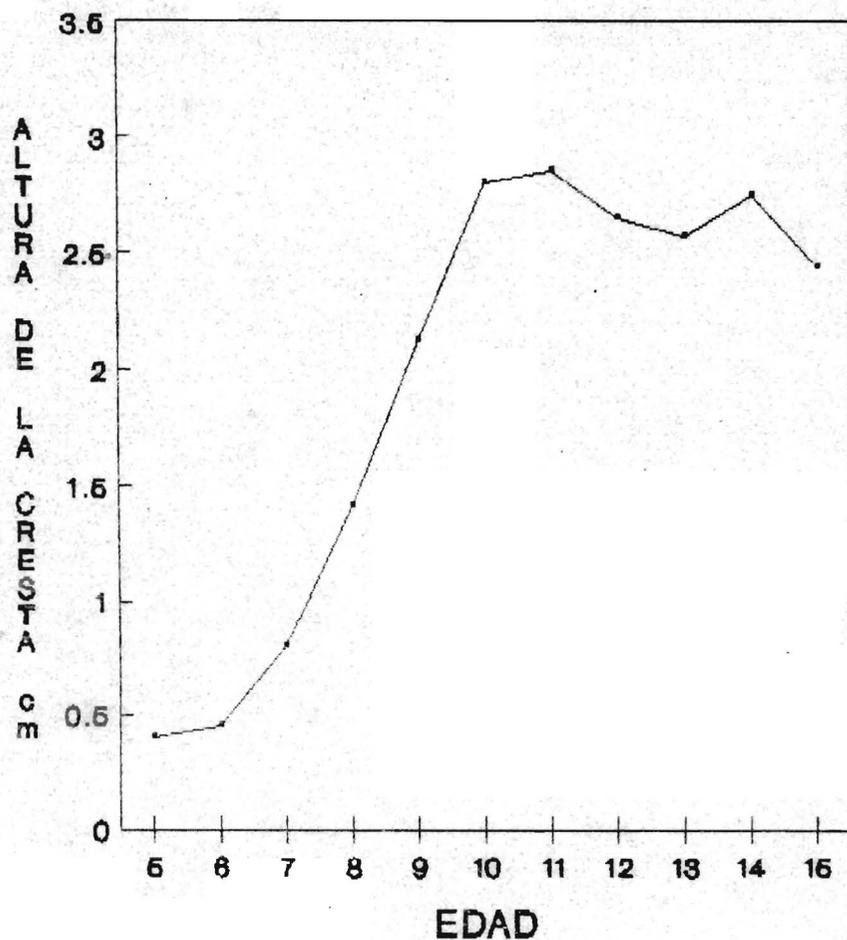


FIG.9. CURVA DE CRECIMIENTO DE LA ALTURA DE LA CRESTA SAGITAL EN EL LOBO MARINO MACHO DE CALIFORNIA.

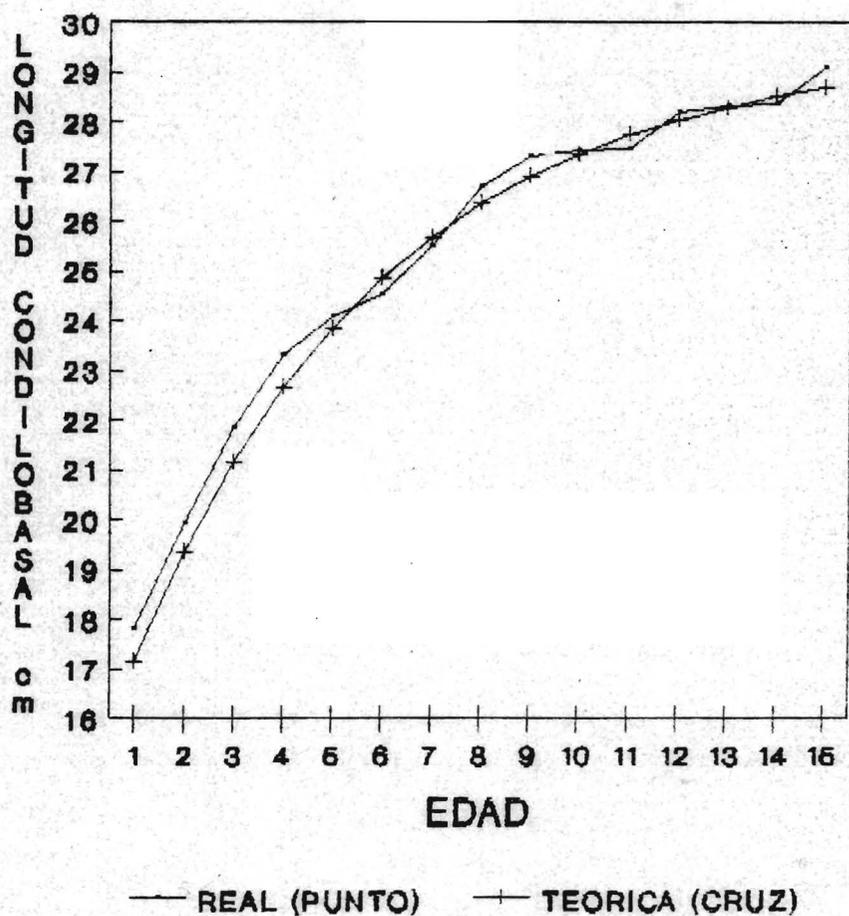


FIG. 10. CRECIMIENTO MOSTRADO POR LA LONGITUD CONDILOBASAL EN EL LOBO MARINO MACHO DE CALIF. CON LOS DATOS ORDENADOS.

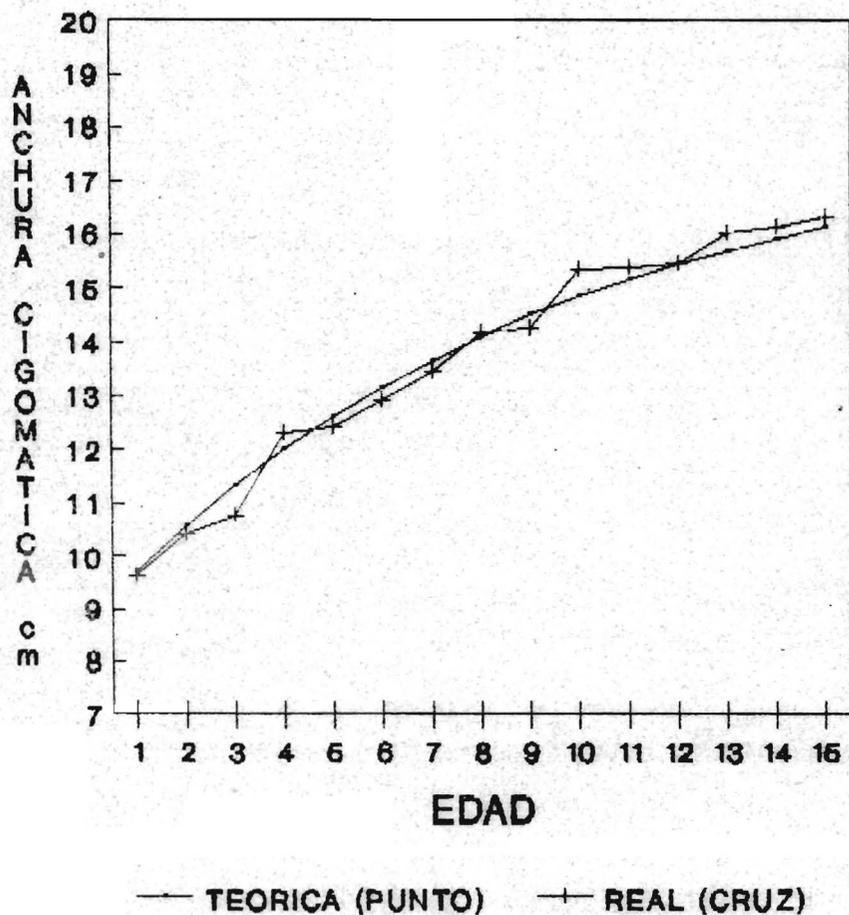


FIG. 11. CRECIMIENTO MOSTRADO POR LA ANCHURA CIGOMÁTICA EN EL LOBO MARINO MACHO DE CALIF. CON LOS DATOS ORDENADOS.

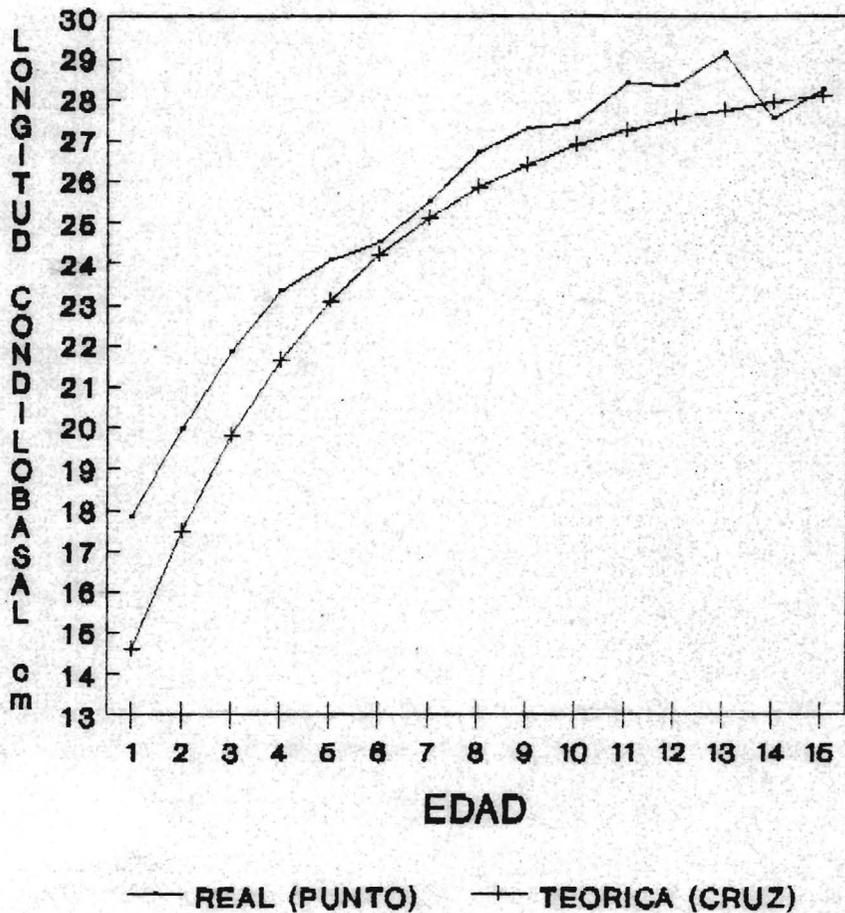


FIG. 12. CRECIMIENTO MOSTRADO POR LA LONGITUD CONDILOBASAL DEL MACHO DEL LOBO MARINO CON LOS DATOS NO ORDENADOS.

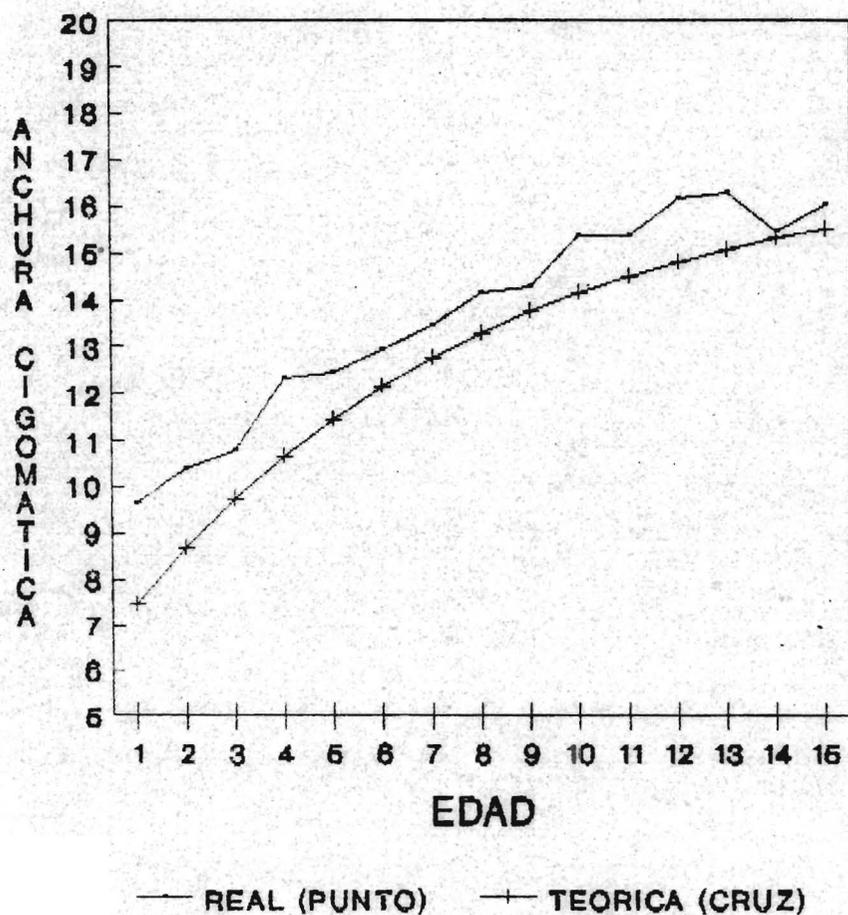


FIG.13. CRECIMIENTO MOSTRADO POR LA ANCHURA CIGOMÁTICA EN EL LOBO MARINO MACHO DE CALIF. CON LOS DATOS NO ORDEN.

CLASES DE EDAD	TIPO DE CRECIMIENTO	
1-2	HETEROGONICO NEGATIVO	(HN)
2-3	HETEROGONICO NEGATIVO	(HN)
3-4	HETEROGONICO POSITIVO	(HP)
4-5	HETEROGONICO NEGATIVO	(HN)
5-6	HETEROGONICO POSITIVO	(HP)
6-7	HETEROGONICO POSITIVO	(HN)
7-8	HETEROGONICO POSITIVO	(HP)
8-9	HETEROGONICO NEGATIVO	(HN)
9-10	HETEROGONICO NEGATIVO	(HN)
10-11	HETEROGONICO NEGATIVO	(HN)
11-12	HETEROGONICO NEGATIVO	(HN)
12-13	HETEROGONICO NEGATIVO	(HN)
13-14	ISOGONICO	(I)
14-15	HETEROGONICO POSITIVO	(HP)

TablaIV. Crecimiento de la anchura cigomática y de la longitud condilobasal empleando el modelo de crecimiento Alométrico

EDAD	(X) LONGITUD CONDILOBASAL	CRECIMIENTO (cm)	CRECIMIENTO PORCENTUAL	(X) ANCHURA CIGOMÁTICA	CRECIMIENTO (cm)	CRECIMIENTO PORCENTUAL
1	17.82	2.13	18.84	9.64	0.77	11.52
2	19.95	2.13	16.9	10.41	0.36	5.38
3	21.86	1.48	13.09	10.77	1.55	23.2
4	23.34	0.75	6.63	12.32	0.11	1.64
5	24.09	0.44	3.89	12.43	0.51	7.63
6	24.53	0.99	8.76	12.94	0.51	7.63
7	25.52	1.2	10.61	13.45	0.72	10.77
8	26.72	0.58	5.13	14.17	0.1	10.77
9	27.3	0.16	1.41	14.27	1.09	16.31
10	27.46	0.09	0.79	15.36	0.03	0.44
11	27.55	0.67	5.92	15.39	0.06	0.89
12	28.22	0.12	1.06	15.45	0.59	8.83
13	28.34	0.06	0.33	16.04	0.11	1.64
14	28.4	0.72	6.37	16.15	0.17	2.54
15	29.12			16.32		

TABLA V. Crecimiento para la longitud condilobasal y la anchura cigomática mostrando el crecimiento en centímetros entre cada año de vida, y este mismo expresado como un porcentaje del crecimiento total.

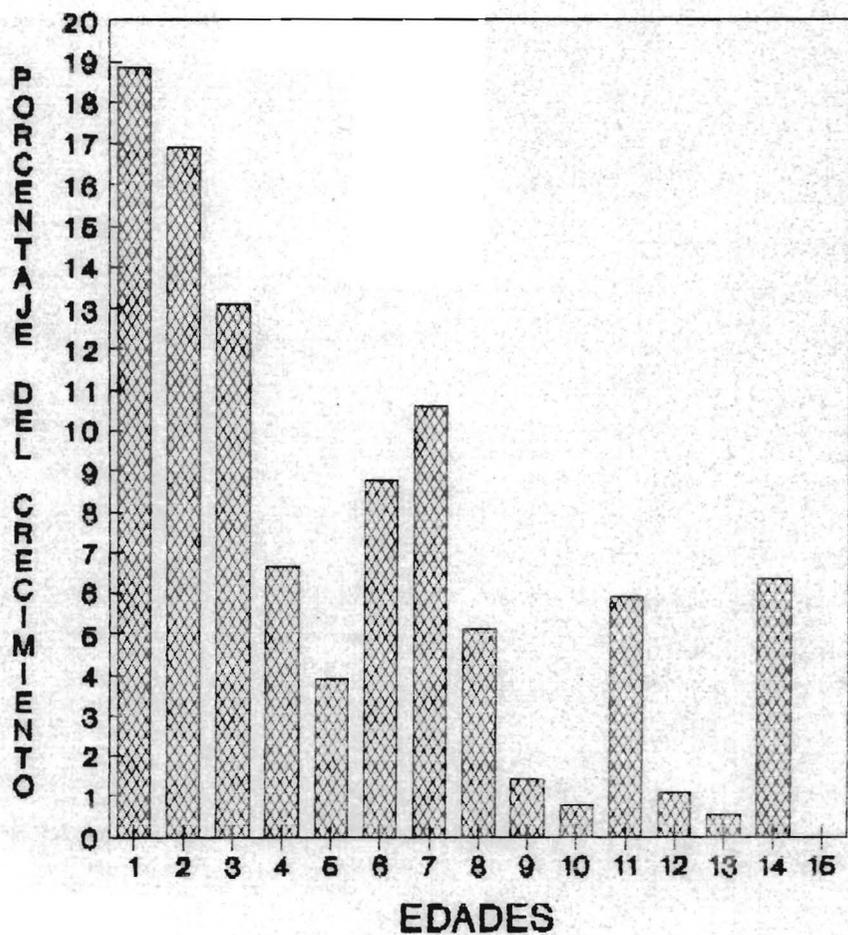


FIG.14. CRECIMIENTO PORCENTUAL DE LA LONGITUD CONDILOBASAL EN EL LOBO MARINO MACHO DE CALIFORNIA.

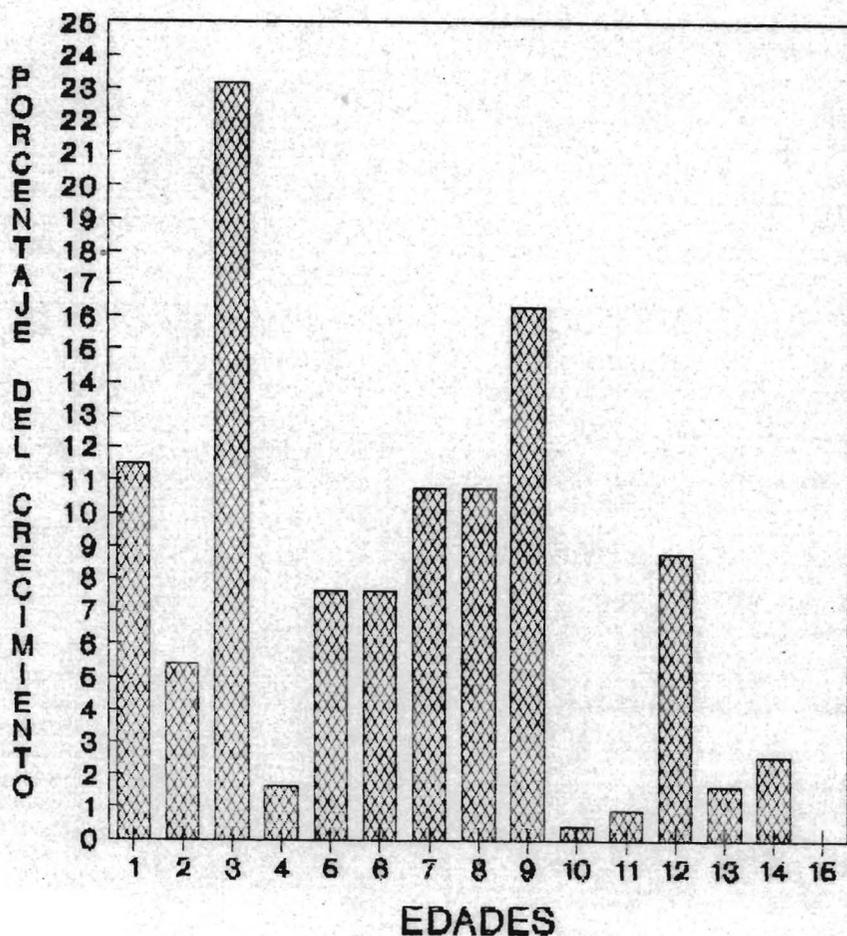


FIG.16. CRECIMIENTO PORCENTUAL DE LA ANCHURA CIGOMÁTICA EN EL LOBO MARINO MACHO DE CALIFORNIA.

DISCUSION

La distribución por clase de edad en los cráneos de los machos del lobo marino en el Golfo de California y en la Costa de Baja California se presentó con diferencias muy marcadas entre las primeras y las últimas clases de edad con respecto a las de edad media como son las de 6 y 7 años; posiblemente la diferencia pueda ser causada por la falta de un muestreo anual y estacional, al menos para una parte de la muestra estudiada, aunque las causas puedan ser de otra índole hay que tenerlas en cuenta.

En la muestra estudiada la frecuencia de cráneos por clase edad para los primeros tres años es reducida, presentando un pico entre los 4 y 7 años, volviendo a presentar un segundo pico entre los 9 y 11 años (ver fig. 5 y 7, ver tablas II y III). Los machos sufren altas tasas de mortalidad reflejadas en dos periodos, primero cuando los machos son subadultos, entre 4 y 7 años, y el segundo entre 9 a 12 años; el primer incremento en la mortalidad de los machos puede reflejar el riesgo que implica la dispersión. Los machos del lobo marino se unen a temprana edad a los grupos migratorios a edades entre 4 y 5 años (Mate, 1975) y de ahí en adelante sufren un incremento en la mortalidad, que se extiende hasta edades de 5 a 7 años. Mientras estos machos consiguen llegar a adultos, posiblemente la experiencia adquirida incrementa la sobrevivencia y resulta en una

disminución de la mortalidad, a la edad de 8 años en el Golfo de California (Aurioles, 1988).

El segundo pico de mortalidad en machos, basado en la frecuencia de clases de edad de cráneos, en colecciones puede ser relacionado con la combinación de la tensión por factores como la migración y la conducta de la actividad reproductora, cuando los machos luchan vigorosamente por territorios. Los continuos ayunos para los dos primeros meses, la gran cantidad de energía expendeda para mantener el territorio, y los efectos de acumulación de heridas durante los encuentros agresivos tienden debilitar al macho, siendo más susceptible a infecciones, enfermedades y depredadores, estas causas incrementan la probabilidad de mortalidad (Aurioles, 1988).

Los resultados obtenidos en el presente estudio y los que obtuvo Aurioles (1988) para la proporción de mortalidad en machos del lobo marino de California son bastante parecidos en cuanto a la tendencia general de la mortandad natural en el macho del lobo marino.

El crecimiento individual mostrado por el lobo marino de California se presenta en las figuras 5 y 6, la curva de crecimiento se estableció a partir de la edad de un año, ya que no se obtuvieron datos de animales recién nacidos, el crecimiento, manifiesta una continuidad hasta alcanzar una edad de 13 años, posteriormente disminuye bruscamente la proporción de crecimiento que había mostrado hasta entonces.

Las curvas de crecimiento mostradas por la longitud condilobasal y la anchura cigomática presentan los mismos patrones de crecimiento. La caída de la curva de crecimiento en las dos últimas clases de edad puede ser debida a la falta de cráneos en las edades donde el crecimiento se ve disminuido, teniendo en cuenta que en una curva de crecimiento una vez alcanzado el crecimiento máximo, este tiende a volverse asintótico y luego a bajar ligeramente, pero no en forma abrupta como lo muestran las curvas de crecimiento antes mencionadas, por tal razón se atribuye dicha disminución aparente del crecimiento a la falta de datos.

El crecimiento que muestra la cresta sagital evidenciado por el desarrollo de la misma, tiene una relación proporcional con la edad del animal, por que entre más viejo es el animal, el índice de desarrollo que presenta es mayor, como se observa en la figura 8, el crecimiento que muestra la cresta sagital es continuo hasta la edad de 11 años, bajando de manera drástica a los 12 años de edad, para los restantes años no se presenta el crecimiento por falta de datos más confiables. Este índice de desarrollo se graficó contra la edad obtenida en la lectura de las capas de crecimiento en los dientes caninos.

Lo que se podría esperar es que a mayor edad el animal presentaría una longitud y una anchura craneales mayores que uno de menor edad, y por consiguiente se espera la misma

relación para la cresta sagital, siendo grande a edades mayores, aunque esto no siempre se cumple.

La cresta sagital como la describe Orr et al (1970) comienza a desarrollarse a partir del quinto año de vida; en el presente estudio se encontraron algunos cráneos con una edad estimada de 4 años, presentando una pequeña cresta sagital. Para conocer la relación entre la longitud y la altura de la cresta sagital, estas se graficaron contra la edad, como se observa en las figuras 8 y 9; a longitudes mayores le corresponden alturas de la cresta sagital mayores por lo menos hasta una edad de 13 años que es cuando alcanza su máximo desarrollo. En los siguientes años se refleja una reducción de la cresta sagital, por lo que se ha considerado conveniente tener presente una posible reabsorción de la cresta sagital a partir de una edad de 12 años en adelante (Auriol, *com. pers.*).

El empleo del modelo de crecimiento para las medidas craneales del lobo marino de california se hizo con el propósito de conocer lo mejor posible la curva de crecimiento que muestran la longitud condilobasal y la anchura cigomática, ya que son las medidas que nos brindan una clara y precisa información del desarrollo que tiene el cráneo a lo largo de la vida del animal.

La curva teórica de crecimiento de la longitud condilobasal (fig. 10) corresponde a la ajustada con el modelo

de crecimiento de von Bertalanffi utilizando el método de los datos ordenados, como puede verse entre las curvas teórica y real, no hay diferencias significativas, lo que indica que es muy confiable la predicción de la curva de crecimiento hecha con el modelo. Los parámetros de la ecuación del modelo como son k , L_{max} , y t_0 , biológicamente brindan información que es muy importante tener en cuenta para entender el desarrollo de la curva de crecimiento, así tenemos que la k es la tasa instantánea de crecimiento para la especie a que se está refiriendo; la L_{max} , es la longitud condilobasal máxima que puede alcanzar la especie según lo ajustado con el modelo de crecimiento, y t_0 es el tiempo hipotético en que el animal tiene una talla igual a cero, que se consideraría en el nacimiento, por lo que dicho parámetro no tiene un significado biológico. Estas curvas nos muestran que cuando los animales son juveniles, presentan los mayores incrementos en el crecimiento y a medida que pasa el tiempo la proporción de crecimiento disminuye, y aunque nunca deja de hacerlo, dicho crecimiento tiende a volverse asintótico y no sobrepasa la L_{max} obtenida con el modelo.

El crecimiento que presenta la anchura cigomática, comparando la curva teórica y la curva real se muestran en la figura 11; la curva superior corresponde a la real y la inferior a la curva teórica, calculada con el modelo de crecimiento. Estas curvas a pesar de estar un poco desfasadas; se considera que la curva teórica refleja en buena parte el desarrollo que tiene la anchura cigomática. En

ambas curvas podemos constatar, que a edades muy tempranas, se presentan los mayores incrementos en el crecimiento, volviéndose más pequeños estos incrementos al aumentar la edad, y luego llegar a la asíntota de la curva de crecimiento.

En el ajuste de las curvas de desarrollo empleando el método de los datos no ordenados se observa que no existen diferencias significativas con el método de los datos ordenados, siendo que con ambos métodos se calcularon unas curvas bastante confiables del desarrollo craneal del lobo marino de california.

Para la longitud condilobasal la curva superior corresponde a la real y la inferior a la curva teórica, también en este caso la curva calculada con el modelo de crecimiento se aproxima bastante a la curva real; siendo muy confiables los valores obtenidos; como en las dos curvas obtenidas anteriormente estas muestran el mismo patrón de desarrollo para el cráneo, es decir los incrementos mayores se presentan cuando son jóvenes y después disminuye el desarrollo volviéndose casi nulo muy cerca de la asíntota de la curva (ver fig.12).

El ajuste para la curva de crecimiento de la anchura cigomática con el modelo de crecimiento (ver fig. 13) también es bastante buena, ya que no está muy distante de los datos reales, aunque la curva teórica quedo por debajo de la curva real no deja de mostrar el crecimiento que tiene la anchura en

el desarrollo del cráneo y en la vida del animal.

Cabe mencionar que no se encontraron diferencias en cuanto a los resultados obtenidos empleando cualquiera de los métodos de datos ordenados y no ordenados, designados en la metodología

De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de las curvas reales y las curvas teóricas del desarrollo de la longitud condilobasal y de la anchura cigomática en el cráneo del lobo marino de California, se observa que las diferencias entre las curvas son pequeñas y por lo tanto el ajuste con el modelo de crecimiento es bastante confiable de acuerdo con los datos reales.

El crecimiento que presenta la longitud condilobasal y la anchura cigomática entre cada año de vida se muestra gráficamente en las figuras y se resume en la tabla V. El crecimiento que presentan estas estructuras siempre se encuentra alternado, es decir, en alguna etapa de la vida crece más la longitud que la anchura y en otras crece más la anchura. Haciendo la descripción del crecimiento con una base anual, quedaría como sigue: Los dos primeros años de vida crece más la longitud condilobasal que la anchura cigomática, y en los siguientes años hasta la edad de 14 años se presenta una alternancia del crecimiento de estas dos estructuras craneales, aunque en algunos casos para la misma estructura se repite el crecimiento en años consecutivos.

Los resultados obtenidos con el modelo de Crecimiento Alométrico se discuten a continuación. Durante los tres primeros años el cráneo presenta un crecimiento más lento en la anchura cigomática con respecto a la longitud condilobasal, es decir, el crecimiento que se observa es heterogónico negativo; la proporción de crecimiento es mayor para la longitud del cráneo en este periodo de tiempo. A partir del tercer año y hasta alcanzar una edad de 9 años se presenta una alternancia anual en el crecimiento craneal, esto indica que en un año crece más rápido la anchura cigomática con respecto a la longitud condilobasal y al año siguiente presenta un crecimiento más rápido para la longitud con respecto a la anchura (se da una alternancia de los crecimientos heterogónico positivo y heterogónico negativo). (ver tabla IV).

En el siguiente periodo, a partir de los 10 años y hasta los 13 años, el cráneo vuelve a presentar un crecimiento más rápido en la longitud condilobasal (crecimiento heterogónico negativo), aunque esto sucede no indica que la anchura del cráneo deje de crecer, ya que lo sigue haciendo, pero con menor rapidez. Para el siguiente año (a la edad de 14 años) se presenta un tipo de crecimiento que no se había presentado, el crecimiento isogónico, donde la proporción del crecimiento para ambas estructuras es la misma; y por último a la edad de de 15 años el cráneo mostró un crecimiento heterogónico positivo, lo que indica que en este año creció más rápidamente la anchura cigomática.

CONCLUSIONES

El conocer el desarrollo que presenta un organismo dado, es sin duda un hecho que requiere un estudio completo de la biología de la especie en cuestión, y que sin embargo esta en estrecha relación con la edad del individuo.

Para conocer la curva de desarrollo del lobo marino fue indispensable conocer la edad de los organismos, ya sea de manera experimental o en forma indirecta como es el caso de la lectura de los anillos de crecimiento de los dientes caninos, que es una edad aproximada de la edad real.

Las curvas de desarrollo ontogénico del cráneo del lobo marino de California que se obtuvieron con los datos de las medidas craneanas y las obtenidas con el modelo de crecimiento, reflejan con apego a la realidad el desarrollo que tiene el organismo.

Las curvas de desarrollo de la longitud condilobasal, de la anchura cigomática, y de la cresta sagital, indican que aún hay crecimiento a los trece años de edad, lo que manifiesta que el crecimiento no se detiene sino únicamente disminuye al aumentar la edad.

El establecer la velocidad de crecimiento que presentan las diferentes estructuras del cráneo, es simplemente con la

intención de tener una visión más amplia del desarrollo que va teniendo al ir creciendo el animal. Así el modelo de crecimiento alométrico empleado por Sergeant (1962), es de gran utilidad para conocer la proporción del crecimiento de los organismos, no importando que estructuras se deseen medir.

El empleo de algunos modelos matemáticos para conocer el desarrollo, es una herramienta bastante usada en la biología, ya que tienen la ventaja de ser muy confiables cuando se desea establecer la curva de desarrollo de alguna especie en particular.

LITERATURA CITADA

→ Aurióles, D., Fox, C., y Romero, R. 1979. Censo poblacional del lobo marino (*Zalophus californianus*) en la Isla Islotes, B.C.S. Informe General de Labores 1979. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur. 167-183.

→ Aurióles, D., Fox, C., y Romero, R. 1979. La población del lobo marino (*Zalophus californianus*) en el Golfo de California. Informe de labores 1979. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur. 185-198.

→ Aurióles, G. D. 1982. Contribución al conocimiento de la conducta migratoria del lobo marino de California (*Zalophus californianus*). Tesis de Licenciatura de Biología Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. p.p

→ Aurióles, D., Sinsel, F., Fox, C., Alvarado, E., y Maravilla, O. 1983. Winter migration of subadult male California Sea Lion (*Zalophus californianus*) in the Southern Part of Baja California. J. Mamm. 64 (3): 513-518, 1983.

→ Aurióles, D., Fox, C., Sinsel, F., y Grayeb, Tanos. 1984 Prey of the California Sea Lion (*Zalophus californianus*) in the Bay of La Paz, Baja California Sur, México. J. Mamm. 65(3): 519-521.

→ Aurióles, D. y Alvarado, E. 1985. Dispersión o Mortalidad ? un análisis de las diferencias de abundancia entre machos y hembras adultos del lobo marino en México. Universidad Autónoma de Baja California Sur La Paz B.C.S. X Reunión Inter. para el estudio de los Mamíferos Marinos.

→ Aurióles, D., y Llinas, J. 1987. Western Gulls as a Possible Predator of California Sea Lion Pups. The Condor. The Cooper Ornithological Society. 89 : 923 - 924.

→ Aurióles, D., y Sinsel, F. 1988. Mortality of California Sea Lion pups at Los Islotes, Baja California Sur, México. J. Mamm, 69(1): 180-183.

→ Aurióles, G. D. 1988. Behavioral Ecology of California Sea Lions in The Gulf of California. Tesis de doctorado, Universidad de California, Santa Cruz. pp 141-175.

→ Bartholomew, G. A. 1967. Seal and sea lions populations of the California Islands. Proc. Symp. Biol. California Islands, Santa Bárbara, California. pp. 229-244.

→ Bertram, G. C. 1940. The biology of the Weddel and Crabeater Seals. Brit. Grahamland Exp. Rep. London, 1 (1), pp. 1-139.

→ Beverton, R. J. H. y Holt, S. J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. U. K. Min. Agr. and Fish., Fish Invest. Ser. 2 (19): 1 - 533.

→ Bigg, M. A. 1973. Census of California sea lions on Southern Vancouver Island, British Columbia, J. Mamm. 54(1), 285-287.

→ Bonnell, M. L., Le Boeuf, M., Pierson, M. O., Dettman, D. H. y Farrrens, G. D. 1978. Pinnipeds of the Southern California Bight. Pag. 28-186 Vol III, Part 1, 535 pp. in Norris, K. S., Le Boeuf, B. and Hunt Jr, G.L. (eds) Marine Mammal

and Seabird Surveys of the Southern California Bight Area, 1975-1978. Bureau of Land Management, Dept. of Interior Contract. AA 550-CT7-37, Government Printing Office, Wash. D.C.

→ Bryden, M. M. 1972. Growth and Development of Marine Mammals. Vol 1. pp 1-79. Academic Press. Londres-Nueva York.

→ Carrick, R. Csordas, S. E. y Ingham, S. E. 1962. Studies on the southern elephant seal *Mirounga leonina* (L). C.S.I.R.O. Wildlife Research, 7(2): 89-206.

→ Committee on Marine Mammals. 1967. American Society of Mammalogist Standard Measurements of Seals. J. Mamm. 48(3): 459-462.

→ Cowan, I. M. y Guiquet, C. J. 1956. The mammals of British Columbia, Br. Columbia Prov. Mus. Handbook 11, 1-413.

→ Crespo, A. E. 1984 Dimorfismo sexual en los dientes caninos y en los cráneos del lobo marino del Sur, *Otaria flavescens* (shaw) (Pinnipedia, Otariidae). Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales e Instituto Nac. Invest. de las Ciencias Nat. ISSN 0373- 9066-Zoología, Tomo XIII, No. 25, Agosto 1984.

→ Daniel, W. Wayne. 1987. Bioestadística. Tercera Edición. Edit. LIMUSA. 667 pp.

Ehrhardt, M. N. 1981. Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. III parte de parámetros poblacionales. FAO-CJICIMAR. La Paz B.C.S. pp. 39-78.

- Fiscus, H. C. 1961. Growth in the Steller Sea Lion. J. Mamm. 42: 218-223.
- Fry, D. H. 1939. A winter influx of sea lions from lower California. Calif. Fish. and Game. 25: 245-250.
- Ford, E. 1933. An account of the herring investigation conducted at Plymouth during the years from 1924-1933. J. Marine Biol. Assn. (19) : 305 - 384.
- Gallo, J. P. y Ortega, A. 1986. The first report of *Zalophus californianus* in Acapulco, México. Mar. Mamm. Sci, 2(2):158.
- Hamilton, J. E. 1934. " Discovery ". Rep. 8, 269-318.
- Hamilton, J. E. 1939b. " Discovery ". Rep. 18, 239-264.
- Hancock. D. 1970. California sea lion as regular visitant of the British Columbia Coast. J. Mamm. 51 : 614.
- Harrison, R. J. y King, J. E. 1965. Marine Mammals. Hutchinson Univ. Library. Londres.,
- Hewer, R. H. 1974. British Seals. Collins St. James's Place London. pp. 256.
- Hall, E. R. 1981. The Mammals of North America. Second Edition. Jhon Wiley. Nueva York. Vol. 2. pp.1056-1072
- Kenyon, K. W. y Fiscus, C. H. 1963. Age determination in the hawailian monk seal. J. Mamm. 44 (2): 280-282.
- Keith, O. E., R. S. Condit., B. J. Le Boeuf. 1984.

California Sea Lions Breeding at Año Nuevo Island, California. J. Mamm. 65 (4) : 895.

→ King, J. E. 1964. Seals of the World. The British Museum (Natural History) London, 154 pp.

→ King, J. E. 1972. Observations of Phocid Skulls. in Harrison, R. J. (1972). Functional Anatomy of Marine Mammals. pp. 91-115.

→ King, J. E. 1983. Seals of the World. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press. Ithaca, N.Y. 240 pp. 2a Edit.

→ Laws, R. M. 1956. The elephant seal (*Mirounga leonina* (Linn)) 3 VOL. Sci. Repts. No. 8, 13 y 15 Falkland Islands Dependencies. Survey.

→ Le Boeuf, B. J. 1978. Summary of marine mammal and seabird survey of the Southern California Bight Area. 1975-1978. Vol III Pinnipedia Nat. Tech. Inf. Serv. U.S. Dept. Comm. Springfield Illinois. 28-186.

→ Le Boeuf, B., Aurioles, D., Condit, R., Fox, C., Giniser, R., Romero, R., and Sinsel, F. 1983. Size and distribution of the California Sea Lion Population in Mexico. J. Mamm. Vol. 43 (7) pp 77-85.

→ Lima, M. y Batallas, M. L. 1984. Análisis estadístico sobre las relaciones craneales en el lobo sudamericano *Arctocephalus australis* (Zimmerman, 1783). Departamento Científico y Tecnológico Gerencia de Loberías y Curtiembre. ILPE 10 pp.

→ Lindsay, E. G. 1962. The Belvedere Expedition to The Gulf of California. Trans. of the San Diego Society of Natural History. Vol. 13 pp. 1-44.

→ Linsey, A. A. 1937. The Weddel Seal in the Bay of Whales, Antarctica. J. Mamm. 18 (2), 127-144.

→ Linsey, A. A. 1938. Notes on the Crab-Eater Seal. J. Mamm. 19 (4) : 456-461.

→ Lowry, S. M. y Folk, L. R. 1986. Sex Determination of the California Sea Lion (*Zalophus californianus*) From Canine Teeth. National Marine Fisheries Service. Southwest Fisheries Center. La Jolla. C.A.

→ Lowry, S. M., y Oliver, W. C. (1986) The food habits of California Sea Lion, *Zalophus californianus*, at San Clemente Island, California, September 1981 Through March 1983. National Marine Fisheries Service. Southwest Fisheries Center. La Jolla C.A.

→ Lluch, B. D. 1969a. Crecimiento y Mortalidad del Lobo Marino de California (*Zalophus californianus californianus*). An. Esc. nac. Cien. biol. Mex. 18: 167-189.

→ Lluch, B. D. 1969 b. El Lobo Marino de California (*Zalophus californianus californianus*) (Lesson, 1828) Allen, 1880. Observaciones sobre su Ecología y Explotación. Inst. Mex. de Rec. Nat. Renov. México, D.F. 69 pp.

→ Mate, B. 1975. Annual Migrations of the sea lions *Eumetopias jubatus* and *Zalophus californianus* along the Oregon Coast. Rapp. P. V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 1969. 455-461

→ Mate, B. 1977. Aerial censusing of the Pinnipeds in the eastern Pacific for assessment of population numbers, migratory distributions, rookery, stability, breeding effort and recruitment Final Report; U.S. Marine Mammals Comm. Contract. MMSAC001, Washington, D.C.

→ Nelson, E. W. 1899. General account of the islands, with reports on mammals and birds. In "Natural History of the Tres Marias Islands, México", (Ed. E.W.Nelson, L.Stejneger, M.J.Rathbun and J.M.Rose.). N. Am. Fauna 14, 1-97. U.S. Dept. Agriculture, Washington D.C.

→ Niggol, Karl. 1960. Early mortality in Fur Seals According to Sex. J. Wildl. Manag. 24 (4): 428-429.

→ Nishiwaki, M.(1973). Status of the Japanese sea lion. In "seals". 80-81. I.U.C.N. Publ.New Series. Suppl. Paper.No 39. U.I.C.N. Morges, Switzerland, 176 pp.

→ Odell, K. D. 1981. California Sea Lion *Zalophus californianus* (Lesson, 1828). in Handbook of Marine Mammals, Vol.1 The Walrus, Sea Lion, Fur Seals and Sea Otter. Ridway and Harrison, Ed.

→ Orr, R. T., Schonewald. J., Kenyon, K. W. (1970). The California Sea Lion : Skull Growth and Comparison of Two Populations. Proc. Calif. Acad. Sci. 37 (11) : 381-394.

→ Peterson, S. R., Batholomew, A. G. 1967. The Natural History and Behavior of the California Sea Lion. Special Publication No 1. The American Society of Mammalogists. 79 pp.

→ Ralls, K., R. L. Brownell, Jr., J. Barlow. 1980. Differential Mortality by Sex and Age in Mammals, with Specific Reference to the Sperm Whale. Rep. Int. Whal. Comm. (Special ISSUE 2) pp. 233-243.

→ Rand, R. W. 1949. Studies of the Cape Fur Seal. 1. Age grouping in the female pp 1-15. 3. Age grouping in the male pp 1-23. Department Agriculture, Guano Island Administration Progress Report, Cape Town.

→ Rice, D. W., Kenyon, W., Lluch, B. D. (1965). Pinniped Populations at Islands Guadalupe, San Benitos and Cedros, in 1965. San Diego Soc. Nat. Hist. Vol. 14 pp. 74-84.

→ Rice, D. W., Scheffer, V. B. (1968). A list of the Marine Mammals of The World. Special Sci. Rept. Fisheries, No. 579 U. S. Dept. of Commerce, Washington. D. C.

→ Ricker, W. E. 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Fish. Res. Board of Canada Bull. 119: 1-533.

→ Scheffer, V. B. 1950. Growth layers on the Teeth of Pinnipedia as an Indication of Age. Science. September 15, 1950. pp 309-311.

→ Scheffer, V. B. 1958. Seals, Sea Lions, and Walruses, (A Review of the Pinnipedia) Stanford University Press. Stanford California. 179 pp.

→ Scheffer, V. B., y Kraus, S. B. 1964. Dentition of the Northern Fur Seal. Fish. Bull. 63 (2): 293-342.

→ Sergeant, E. D. 1962. On the External Characters of the Blackfish or Pilot Whales (Genus *Globicephala*). J. Mamm., 43(3): 395-413.

→ Spalding, D. J. 1964. Age and Growth of female Sea Lions in British Columbia. J. Fish. Res. Board. Canadá. 21 (2): 415-417.

→ Von Bertalanffi, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. Human Biology, 10 (2) : 181-213.

→ Walford, L. A. 1964. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol. Bull. 90 (2) : 141-147.

→ Ximenes, I., Lima, M., Ponce de León, A., Batallas, L. M., y Malek, A. 1984. Estudio estadístico de las relaciones cráneas en el "lobo fino" sudamericano, *Arctocephalus australis* (Zimmerman, 1783). Montevideo.