

## EFECTOS DE LAS FASES DE LA LUNA SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE LA FLOTA ATUNERA—TROPICAL ESPAÑOLA

P. Pallarés, J. M. García Mamolar  
 Instituto Español de Oceanografía

## SUMMARY

In this paper we have analyzed the possible effects of the phases of the moon on the CPUE of yellowfin, skipjack and total CPUE of the Spanish tropical tuna fleet, from 1979 to 1982.

The results show that the yellowfin CPUE is related to the moon's phases, with a maximum CPUE between the last quarter and a minimum CPUE between the last quarter and the crescent moon.

The total fleet CPUE shows a similar, but slighter, relationship with the moon's phases. The maximum and minimum CPUE are for the same periods as for the yellowfin CPUE.

On the other hand, the skipjack CPUE does not show any relationship with the phases of the moon.

## RESUME

Ce document analyse les effets éventuels des phases lunaires sur les CPUE d'albacore, de listao et de l'ensemble de la flottille thonière tropicale espagnole durant la période 1979-1982.

Les résultats montrent qu'il existe une influence des phases de la lune sur la production d'albacore, qui présente un rendement maximum durant la deuxième moitié du premier quartier et un rendement minimum durant la première moitié du dernier quartier.

Le rendement total de la flottille est également touché par les phases de la lune, mais en quantité plus faible, maintenant les maxima et minima de l'albacore.

Au contraire, les rendements du listao ne semblent pas liés aux phases lunaires.

## RESUMEN

En este trabajo se han analizado los posibles efectos de las fases de la luna sobre las CPUEs de rabil, listado y total de la flota atunera tropical española, para el período 1979 - 82.

Los resultados muestran que existe una influencia de las fases de la luna sobre los rendimientos de rabil, apreciándose un rendimiento máximo en la segunda mitad de cuarto creciente y un rendimiento mínimo en la primera mitad de cuarto menguante.

El rendimiento total de la flota también se ve afectado por las fases de la luna, aunque en menor cuantía, manteniendo los máximos y mínimos del rabil.

Por el contrario, los rendimientos de listado no muestran ninguna relación con las fases de la luna.

## INTRODUCCION.-

De forma generalizada los pescadores creen que existe una cierta relación entre la aparición de cardúmenes de túnidos y las distintas fases de la luna.

En la bibliografía existen trabajos que relacionan tendencias en las capturas con factores ambientales cíclicos, aunque siempre referidos a stocks pelágicos de vida corta.

En este trabajo se ha estudiado la posible incidencia de las fases de la luna sobre la abundancia y/o capturabilidad de los stocks de rabil y listado y sobre el rendimiento total de la flota atunera española que faena en la zona atlántico-tropical, para el periodo histórico 1979 - 82.

## DATOS Y METODOS.-

Como datos de base se han tomado las capturas de rabil y listado, el esfuerzo total en días de pesca y el número de lances total y nulos informados en los libros de pesca de la flota atunera-tropical española, así como los calendarios de ciclos lunares correspondientes al periodo 1979 - 82.

El trabajo lo hemos realizado, sin diferenciar años, sobre el periodo en su conjunto.

Para la delimitación de las fases de la luna, tras barajar varias opciones, decidimos dividir cada fase en dos periodos de igual duración, lo que nos permitía realizar el estudio sobre una estratificación temporal más fina. De esta forma, tomando como ejemplo la primera fase de cuarto creciente de 1979 ( 5 enero - 12 enero), obtenemos un desdoblamiento de la fase en :

cuarto creciente 1	5 enero - 8 enero
cuarto creciente 2	9 enero - 12 enero

y así sucesivamente hasta obtener un total de ocho fases por ciclo.

A partir de los datos de base, calculamos las CPUEs de rabil, listado y total, el número total de lances y porcentajes de lances nulos respecto al total de lances por fases lunares.

Como primera prueba de análisis, sobre las CPUEs, aplicamos el Análisis de Varianza no paramétrico de Friedman, que analiza las variables por rangos. Aplicamos el test sobre las ocho fases en su conjunto, a partir de la hipótesis nula y para un nivel de significación del 5 %. Friedman (1937, p.686) a partir de los resultados de 56 análisis independientes de datos, evalúa que el poder de este test es de un 80 % con respecto al test paramétrico F.

Posteriormente, comparamos entre fases las CPUEs de rabil, listado y total, y el porcentaje de lances nulos, aplicando tests "t" sobre diferencias, para un nivel de significación del 5 %.

Por último, calculamos los coeficientes de correlación por fases lunares entre el número de lances totales y la CPUE total y entre el número de lances totales y el número de lances nulos.

## RESULTADOS.-

Las Tablas 1 a 7 y las figuras 1 a 6, muestran los resultados de los análisis realizados.

Los resultados obtenidos de las comparaciones de rendimientos, difieren entre especies y respecto a la CPUE total.

### Rabil.-

Los resultados del Análisis de Varianza no paramétrico de Friedman ( Tabla 4), muestran que existen diferencias significativas entre fases, correspondiendo el mayor sumatorio de rangos a la segunda mitad de cuarto creciente, mientras los sumatorios menores se sitúan entre la primera mitad de cuarto menguante y la primera de luna nueva.

Los resultados del test "t" (Tabla 1) nos cuantifican la significación de las diferencias entre fases, observando que existe un periodo de fluctuaciones significativas durante las fases de cuarto creciente y luna llena, con un fuerte aumento de la CPUE entre la primera mitad de cuarto creciente y su segunda mitad, seguido de un descenso significativo entre esta segunda mitad y la primera de luna

llena y entre esta mitad y la segunda de la misma fase.

Las fluctuaciones que se aprecian durante las fases de cuarto menguante y luna nueva no son significativas entre fases próximas, si bien se hacen significativas al compararlas con fases alejadas, resultando aumentos significativos entre la primera - segunda mitad de cuarto menguante y la primera mitad de cuarto creciente y aumentos también significativos entre la primera - segunda mitad de luna nueva y la segunda mitad de cuarto creciente, obviamente en sentido contrario se producen descensos significativos.

#### Listado.-

Ni los resultados del del test de Friedman ni los obtenidos al aplicar el test "t" entre fases próximas (Tablas 4 y 2 ) muestran diferencias significativas de CPUE entre fases.

Sin embargo, de las comparaciones entre fases alejadas resultan aumentos significativos entre la primera mitad de luna llena y primera - segunda mitad de cuarto menguante - primera mitad de luna nueva, y entre la segunda mitad de cuarto creciente y la segunda mitad de cuarto menguante.

#### Rabil y Listado.-

El Análisis de Varianza no paramétrico de Friedman no muestra diferencias significativas de CPUE total entre fases (Tabla 4 ).

Respecto a los resultados de los tests "t" sobre las diferencias entre fases próximas, solo muestran una disminución significativa de la CPUE total entre la segunda mitad de cuarto creciente y la primera de luna llena. De la aplicación del test entre fases más alejadas, resultan descensos significativos entre la primera mitad de cuarto creciente y segunda de luna llena - primera de cuarto menguante, y entre la segunda mitad de cuarto creciente y segunda mitad de luna llena - primera de cuarto menguante. (Tabla 3 ).

En lo que se refiere a los porcentajes de lances nulos respecto al total de lances, los resultados del test "t" muestran que no existen diferencias significativas de porcentajes entre fases.

Por último, los coeficientes de correlación obtenidos entre el número total de lances y la CPUE total (Tabla 7 ) muestran una correlación positiva entre ambos a lo largo de las fases del ciclo a excepción de la segunda mitad de luna nueva y segunda mitad de cuarto creciente. Los coeficientes obtenidos entre el número total de lances y número de lances nulos (Tabla 7 ) muestran una clara correlación positiva a lo largo de todas las fases del ciclo.

#### DISCUSION Y CONCLUSIONES.-

Respecto al rendimiento del rabil, parece claro que está relacionado con las fases de la luna, con un rendimiento máximo en la segunda mitad de cuarto creciente y un mínimo en la primera mitad de cuarto menguante, existiendo descensos de rendimiento importantes entre la segunda mitad de cuarto creciente y la primera de luna llena y entre esta mitad y la segunda de la misma fase. Descensos menos importantes se producen entre la segunda mitad de luna llena y la primera de cuarto menguante, mitad de fase a partir de la cual se inician aumentos progresivos en el rendimiento hasta un aumento más importante que se produce entre la primera y segunda mitad de cuarto creciente. (Fig. 3 y 6).

En lo que se refiere al rendimiento de listado, si bien se aprecia un mínimo en la primera mitad de la luna llena a partir del cual la CPUE aumenta paulativamente hasta alcanzar un rendimiento máximo en la segunda mitad de cuarto menguante, los resultados obtenidos no nos permiten relacionar el rendimiento para esta especie con las fases de la luna. (Fig. 2 y 5).

La evolución del rendimiento total de la flota a lo largo del ciclo lunar, presenta una imagen muy similar a la de la CPUE de rabil. (Fig. 1,4), marcando los mismos máximos y mínimos en la segunda mitad de cuarto creciente y primera de cuarto menguante respectivamente, sin embargo, la CPUE de listado incide amortiguando la imagen y reduciendo la significación de las diferencias, por lo que no podemos aplicar al rendimiento total las conclusiones extraídas para el rabil. No obstante podemos concluir que a partir de un nivel alto de rendimiento en la segunda mitad de cuarto creciente, se inicia una caída significativa del mismo que se continúa como tendencia hasta la primera mitad de cuarto menguante.

Los cambios significativos que se aprecian en los rendimientos a lo largo de las distintas fases de la luna, especialmente en el rendimiento de rabil, pueden explicarse, bien como cambios en la abundancia del stock, bien como cambios en la capturabilidad, relacionados con las fases de la luna.

Interpretarlos como cambios en la abundancia del stock, supondría considerar la CPUE como índice de abundancia presuponiendo una capturabilidad constante. Sin embargo, esta hipótesis nos parece harto dudosa dado que no encontramos bases que la justifiquen.

Por el contrario, la segunda hipótesis propuesta que asume un efecto de las fases de la luna sobre la capturabilidad, podría explicarse si consideramos que las fases de la luna inciden, como un factor más, sobre las migraciones verticales de los cardúmenes, modificando su accesibilidad al arte.

Si aceptamos esta hipótesis, los cambios en la capturabilidad no serían debidos a cambios en la eficacia de la flota ya que, la fuerte correlación existente entre el número total de lances y número de lances nulos y, como consecuencia, la constancia de los porcentajes de lances nulos a través de las distintas fases de la luna, nos muestran que la eficacia de la flota se mantiene constante a lo largo del ciclo lunar.

Por último, la correlación existente, a lo largo del ciclo lunar, entre el número total de lances y rendimiento total de la flota, podría explicarse bajo ambas hipótesis.

La extracción de conclusiones al respecto escapa al ámbito de este trabajo.

#### BIBLIOGRAFIA.-

- SLOBODAN REGNER & MIROSLAV GACIC (1974) : "The fluctuations of sardine catch along the eastern adriatic coast and solar activity". Act. Adriat. Vol. XV, 11.
- SIEGEL, S. (1956) : "Nonparametric statistics for the behavioral sciences". McGraw - Hill, Kogakusha Int. Std. Edit.
- ZAR, J.H. (1974) : "Biostatistical Analysis". Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, N.J.
- (1979, 1980, 1981, 1982) : "Almanaque Náutico". Inst. Hidrog. de la Marina. S. Fernando (Cadiz).
- BLAXTER, J.H.S. & HOLLIDAY, F.G.T. (1963) : "The behaviour and physiology of herring and other clupeids". Adv. Mar. Biol. I, 262-393.

	LN 1	LN 2	CC 1	CC 2	LLL 1	LLL 2	CM 1	CM 2
LN 1 (a)		$\bar{d} = -.1551$ $s^2 = 25.393$ $n = 49$ $t = 2.155$						
LN 2			$\bar{d} = -.482$ $s^2 = 21.605$ $n = 50$ $t = 7.333$	$\bar{d} = -1.904$ $s^2 = 37.725$ $n = 50$ $t = 2.192$				
CC 1				$\bar{d} = -1.422$ $s^2 = 24.607$ $n = 50$ $t = 2.027$				
CC 2					$\bar{d} = 2.753$ $s^2 = 17.576$ $n = 49$ $t = 2.753$			
LLL 1					$\bar{d} = .978$ $s^2 = 9.633$ $n = 49$ $t = 2.205$			
LLL 2			$\bar{d} = -1.078$ $s^2 = 13.033$ $n = 49$ $t = 2.089$			$\bar{d} = .445$ $s^2 = 5.982$ $n = 49$ $t = 1.273$		
CM 1			$\bar{d} = -1.522$ $s^2 = 15.280$ $n = 49$ $t = 2.726$			$\bar{d} = .445$ $s^2 = 7.240$ $n = 49$ $t = .446$		
CM 2	$\bar{d} = -.761$ $s^2 = 23.208$ $n = 49$ $t = 1.106$		$\bar{d} = -1.351$ $s^2 = 17.001$ $n = 49$ $t = 2.294$					

Tabla 1.- Resultados de la aplicación del test "t" sobre las diferencias de CPUE de rebil. Las diferencias se obtienen sustrayendo las CPUEs correspondientes a la fase lunar que aparece en la cabecera de las columnas de las correspondientes a la fase que aparece en la cabecera de las filas. Los valores críticos de t para 48 y 49 g.d.l. son 2.011 y 2.01 respectivamente, para un nivel de significación del 5%.

(a). Son abreviaturas de las fases lunares: Luna Nueva(LN), Cuarto Creciente(CC), Luna Llena(LLL), Cuarto Menguante(CM). Los números especifican si se trata de la primera o segunda mitad de la fase.

le 1.- Test "t" applied on differences of yellowfin CPUE between different moon phases. Differences are obtained subtracting CPUEs of the moon phase appearing in the heading of the corresponding column from CPUE in the heading of the corresponding row. Critical values for "t" at 95% significance level (48 and 49 d.of f.) are 2.011 and 2.01 respectively.

a). LN= New Moon, CC= First Quarter, LLL= Full Moon, CM= Last Quarter

	LN 1	LN 2	CC 1	CC 2	LLL 1	LLL 2	CM 1	CM 2
LN 1		$\bar{d} = .406$ $s^2 = 6.234$ $n = 49$ $t = 1.139$			$\bar{d} = .753$ $s^2 = 5.836$ $n = 49$ $t = 2.182$			
LN 2			$\bar{d} = -.246$ $s^2 = 6.876$ $n = 50$ $t = .663$					
CC 1				$\bar{d} = .159$ $s^2 = 3.650$ $n = 50$ $t = 1.451$				
CC 2					$\bar{d} = .159$ $s^2 = 3.419$ $n = 49$ $t = .603$			$\bar{d} = -1.074$ $s^2 = 11.394$ $n = 49$ $t = 2.226$
LLL 1	$\bar{d} = -.753$ $s^2 = 5.836$ $n = 49$ $t = 2.182$					$\bar{d} = -.396$ $s^2 = 2.599$ $n = 49$ $t = 1.719$	$\bar{d} = -718$ $s^2 = 4.901$ $n = 49$ $t = 2.271$	$\bar{d} = -1.233$ $s^2 = 8.820$ $n = 49$ $t = 2.905$
LLL 2						$\bar{d} = -.322$ $s^2 = 2.910$ $n = 49$ $t = 1.232$	$\bar{d} = -.837$ $s^2 = 7.181$ $n = 49$ $t = 2.186$	
CM 1						$\bar{d} = .718$ $s^2 = 4.901$ $n = 49$ $t = 2.271$		$\bar{d} = -.514$ $s^2 = 4.617$ $n = 49$ $t = 1.675$
CM 2	$\bar{d} = .480$ $s^2 = 7.758$ $n = 49$ $t = 1.205$			$\bar{d} = 1.074$ $s^2 = 11.39$ $n = 49$ $t = 2.226$	$\bar{d} = 1.233$ $s^2 = 8.82$ $n = 49$ $t = 2.905$	$\bar{d} = .837$ $s^2 = 7.181$ $n = 49$ $t = 2.186$		

Tabla 2.- Resultados de la aplicación del test "t" sobre las diferencias de CPUE de Listado, para un nivel de significación del 5%.

Table 2.- Test "t" applied to skipjack CPUE differences (95% significance level).

	LN 1	LN 2	CC 1	CC 2	LLL 1	LLL 2	CM 1	CM 2
LN 1		$\bar{d} = .249$ $s^2 = 34.727$ $n = 49$ $t = .296$						
LN 2			$\bar{d} = -.752$ $s^2 = 25.605$ $n = 50$ $t = 1.051$					
CC 1				$\bar{d} = -1.02$ $s^2 = 32.30$ $n = 50$ $t = 1.272$		$\bar{d} = 1.263$ $s^2 = 17.13$ $n = 49$ $t = 2.136$	$\bar{d} = 1.394$ $s^2 = 20.886$ $n = 49$ $t = 2.135$	
CC 2					$\bar{d} = 1.818$ $s^2 = 24.16$ $n = 49$ $t = 2.589$	$\bar{d} = 2.4$ $s^2 = 33.657$ $n = 49$ $t = 2.896$	$\bar{d} = 2.531$ $s^2 = 40.713$ $n = 49$ $t = 2.776$	
LLL 1						$\bar{d} = .582$ $s^2 = 3.586$ $n = 49$ $t = 1.135$		
LLL 2			$\bar{d} = -1.263$ $s^2 = 17.13$ $n = 49$ $t = 2.135$	$\bar{d} = -2.4$ $s^2 = 33.657$ $n = 49$ $t = 2.776$			$\bar{d} = .131$ $s^2 = 0.064$ $n = 49$ $t = 1.496$	
CM 1			$\bar{d} = -1.394$ $s^2 = 20.886$ $n = 49$ $t = 2.135$	$\bar{d} = -2.531$ $s^2 = 40.713$ $n = 49$ $t = 2.776$				$\bar{d} = -.684$ $s^2 = 10.2333$ $n = 49$ $t = 1.496$
CM 2	$\bar{d} = -.286$ $s^2 = 38.17$ $n = 49$ $t = .324$							

Tabla 3.- Resultados de la aplicación del tes "t" sobre las diferencias de CPUE total, para un nivel de significación de 5%.

Table 3.- Test "t" applied to total CPUE differences (95% significance level).

	LN 1	LN 2	CC 1	CC 2	LLL 1	LLL 2	CM 1	CM 2
RABIL = 26.78	201.5	214.0	240.5	276.0	235.0	214.0	202.0	186.0
LISTADO = 4.34	229.0	217.5	225.5	192.0	184.5	215.0	227.5	266.0
TOTAL = 8.36	206.0	218.0	250.0	249.0	217.5	209.0	201.5	213.0

Tabla 4.- Sumatorios de rangos y valores de  $\chi^2$  obtenidos mediante al Análisis de Varianza no paramétrico de Friedman.  $\chi^2_{.05} = 14.07$  para 7 g.d.l.

$$\chi^2 = \frac{12}{Nk(k+1)} \sum_{j=1}^k (R_j)^2 - 3N(k+1)$$

N = nº de filas = 49

k = nº de columnas = 8

R<sub>j</sub> = suma de rangos en la jth columna

g.d.l. = k-1 = 7

Table 4.- Sum of ranks and  $\chi^2$  values from the Friedman tow-way Analysis of Variance ( .05,7 = 14.07).

	LN 1	LN 2	CC 1	CC 2	LLL 1	LLL 2	CM 1	CM 2
% medio	33.65	34.00	36.09	36.75	35.52	36.27	34.96	34.85

Tabla 5.- Porcentajes medios de lances nulos respecto al total de lances.

Table 5.- Mean percentages of the number of sets without catch relative to the total number of sets.

	LN1 - LN2	N2-CC1	CC1-CC2	CC2-LLL1	LLL1-LLL2	LLL2-CM1	CM1-CM2	CM2-LN1
t <sub>05</sub>	.1464	1.0018	.3636	.7142	.4085	.5181	.0446	.5435

Tabla 6.- Valores de t obtenidos aplicando el test "t" sobre las diferencias en los porcentajes de lances nulos respecto al total de lances. Los valores críticos de t para 48 y 49 g.d.l. son 2.011 y 2.01 respectivamente.

Table 6.- Test "t" applied to differences in percentage of sets without catch in relation to total number of sets.  $t_{.05,48} = 2.011$  and  $t_{.05,49} = 2.01$ .

	Nº TOTAL LANCES-CPUE TOTAL	Nº TOAL LANCES-Nº LANCES NULOS
LN 1	.6874	.7641
LN 2	.3765	.7199
CC 1	.6940	.8179
CC 2	.4982	.7280
LLL 1	.6399	.8062
LLL 2	.7238	.7111
CM 1	.6975	.7966
CM 2	.6452	.7893

Tabla 7.- Coeficientes de correlación.

Table 7.- Correlation coefficients.

	LN 1	LN 2	CC 1	CC 2	LLL 1	LLL 2	CM 1	CM 2	
CPUE RABIL	$\bar{x}$	4.04	4.18	4.66	6.08	4.53	3.56	3.11	3.28
	$s^2$	23.38	17.05	11.33	28.72	10.15	5.78	4.08	8.15
CPUE LISTADO	$\bar{x}$	2.87	2.44	2.68	2.29	2.12	2.51	2.84	3.35
	$s^2$	6.60	5.22	8.93	4.23	3.42	4.61	5.03	9.42
CPUE TOTAL	$\bar{x}$	6.91	6.61	7.36	8.39	6.65	6.07	5.94	6.62
	$s^2$	28.17	19.22	14.10	18.00	12.27	9.11	8.81	16.23
Nº TOTAL LANCES	$\bar{x}$	66.29	55.00	72.50	68.14	71.27	58.29	57.29	50.76
	$s^2$	1393.71	654.33	949.48	831.06	1379.78	793.46	949.08	626.86
Nº LANCES NULOS	$\bar{x}$	21.31	17.12	25.48	24.82	25.78	20.14	20.06	17.92
	$s^2$	169.47	66.84	184.01	209.66	334.89	109.92	227.48	141.74

Tabla 8.- Valores medios y varianzas de CPUEs, número total de lances y número de lances nulos para las distintas fases de la luna.

Table 8.- Mean values and variances of CPUEs, number of total sets and number of sets without catch for the different moon phases.

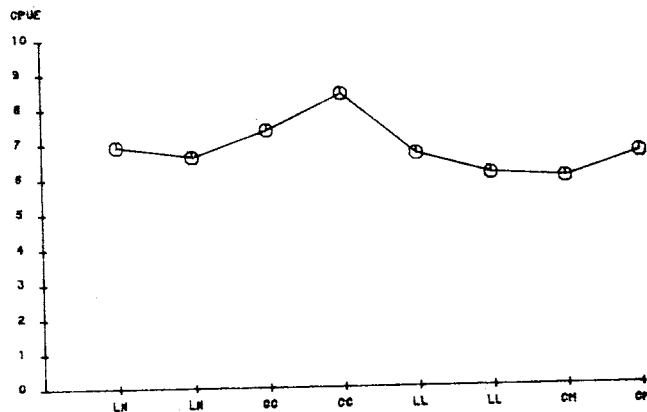


Fig. 1.- Rendimiento medio de la flota a lo largo del ciclo lunar.

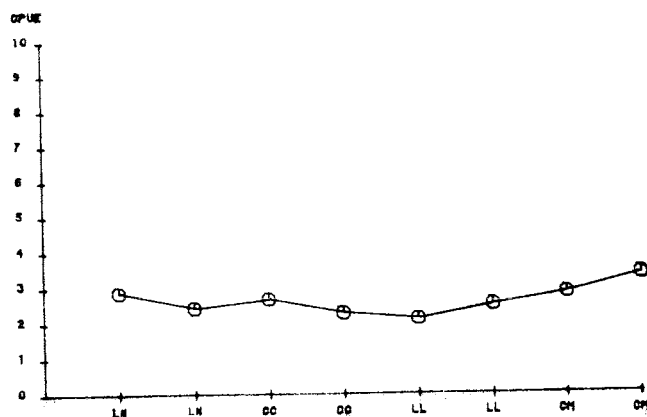


Fig. 2.- Rendimiento medio de listado a lo largo del ciclo lunar.

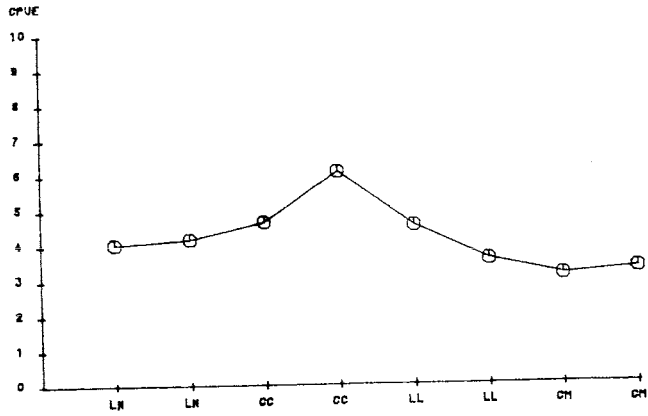


Fig. 3.- Rendimiento medio de rabil a lo largo del ciclo lunar.

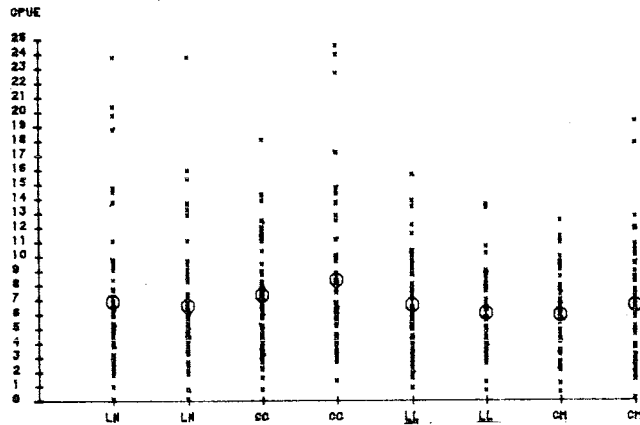


Fig. 4.- CPUEs totales en las distintas fases de la luna.

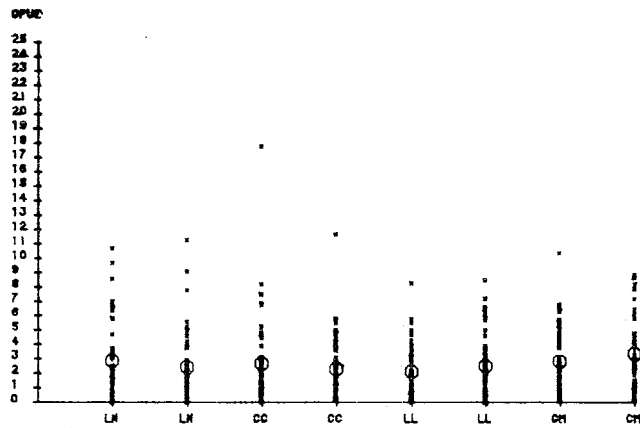


Fig. 5.- CPUEs de listado en las distintas fases de la luna.

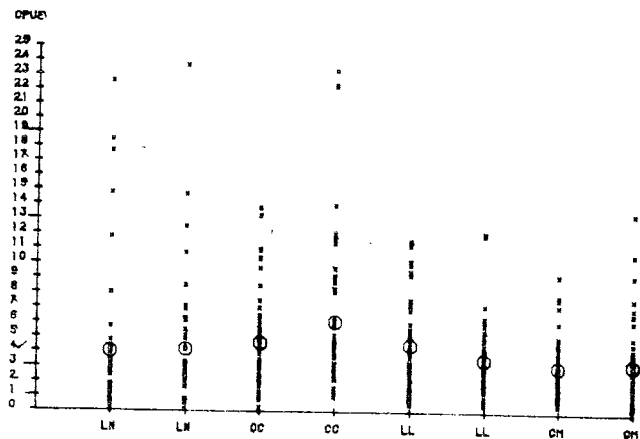


Fig. 6.- CPUEs de rabil en las distintas fases de la luna.