

ARTICULOS ORIGINALES

Excitabilidad Iterativa y Actividad Rítmica de los Músculos Estriados. Contracción Prosténica *

Por J. Hernando Ordóñez

Profesor de Fisiología

Observada primero por Stschenow (1868) al estudiar la producción del reflejo espinal por excitación de un nervio centrípeto, este autor encontró un hecho muy importante, al comprobar que un choque de inducción, ineficaz por su débil intensidad si se aplica aislado, puede llegar a excitar si se aplican varios estímulos iguales. Setschenow llamó adición a este fenómeno, y lo relacionó con "la propiedad que tienen los centros nerviosos de conservar durante algún tiempo *bajo forma latente* los estímulos que le llegan".

Por otra parte, Engelmann (1870) independientemente de los trabajos de Setschenow, encontró que un músculo liso (uretere), estimulado con choques de inducción, no responde y, hecho importante, observa que estos mismos choques repetidos se hacen eficaces y dice que "este resultado es debido al poder de adición de la musculatura lisa".

Los trabajos de Richet (1879) sobre la musculatura del cangrejo por medio de choques de inducción observó que "excitaciones aisladas no provocan ningún movimiento en el músculo, en tanto que excitaciones muy aproximadas, y de la misma intensidad, provocan un movimiento"; explica el fenómeno como *adición latente*, por acumulación de excitaciones aparentemente ineficaces. Encuentra además del tétanos, una contracción rítmica añadida, en el músculo de las pinzas, a la cual denominó *tétanos rítmico*, fenómeno que indudablemente tiene relación con la *contracción prosténica*, que estudiaremos más adelante.

* Trabajo realizado en el Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional.

Resultados análogos fueron observados por von Bash (1880) en el corazón de la rana, Engelmann (1882) en el bulbo aórtico de la rana, Sertoli (1883) en el retractor del pene del perro, Steinach (1908) en infusorios, plantas, gusanos, músculos de varios moluscos, músculos estriados de rana curarizados, para llegar a la generalización del fenómeno y concluir que "todo plasma irritable es capaz de adición en grados diversos", y enunciar su ley que dice que "el poder de adición es tanto mayor cuanto más lenta sea la manera de reaccionar la substancia".

Vienen luego los memorables trabajos del profesor Lapicque sobre lo que él denomina la *adición indirecta*, por excitación sobre el nervio, y *adición directa*, por excitación sobre el músculo, y creando el concepto moderno de la excitabilidad por estímulos repetidos, a la cual denominó *excitabilidad iterativa*. En efecto, Lapicque hace entrar en juego todos los factores que intervienen en esta variedad de excitabilidad, a saber: la intensidad, la frecuencia y el intervalo, la cronaxia del órgano, y la duración de cada estímulo, factores que no habían tenido en cuenta los autores que con anterioridad habían estudiado el mismo tema. Para ello emplea el dispositivo ideado por él para estimulación con descargas de condensadores; el cilindro dentado, el iterator de Walter, aparatos que permiten regular a voluntad la frecuencia, la intensidad y la duración de la excitación. La estudia tanto en músculos lisos como en algunos músculos estriados de la rana y lo lleva a establecer expresiones matemáticas, a manera de leyes generales de la excitabilidad, tal por ejemplo

$$V = A \left(1 + \frac{T}{t} \right)$$

donde V es el valor liminar de la excitabilidad; A, la reobase; T la cronaxia; t, la duración del estímulo (desde ahora anoto que en esta fórmula no aparece el factor frecuencia y número de los estímulos). Tengo que hacer algunas observaciones más a fondo sobre este mismo tema, pero las dejo para una publicación posterior.

Hoy quiero señalar un caso particular de excitabilidad iterativa, que no ha sido señalada con anterioridad a mis estu-

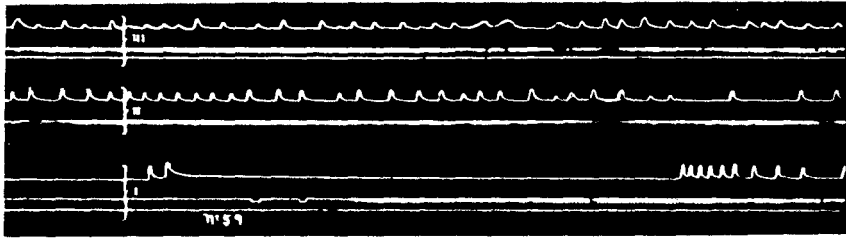


FIGURA 1. — Músculo gastrocnemio de la rana “*Hyla labialis*”, estimulado directamente con choques de inducción dadas por el carrete de Du Bois-Reymond. Electrodoos comunes. Animal descerebrado. Nervio ciático seccionado; 70 excitaciones por segundo aproximadamente. En el trazado I se fué aumentando la intensidad hasta obtener la respuesta muscular. Los trazos II y III son continuación del anterior.

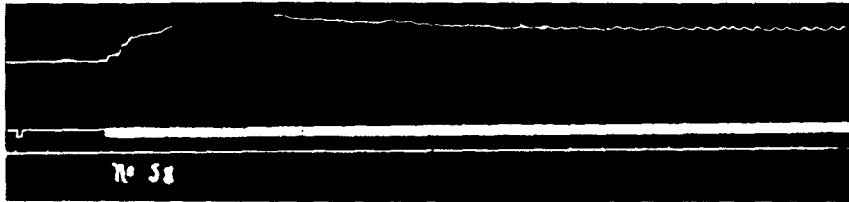


FIGURA 2. — Músculo gastrocnemio de *Hyla labialis*. Excitación directa. Carrete de Du Bois-Reymond, dando 112 choques por segundo aproximadamente. Se obtiene una contracción rítmica añadida al tétanos (de ahí su nombre), de una frecuencia de 260 por minuto; esta frecuencia se va retardando progresivamente.

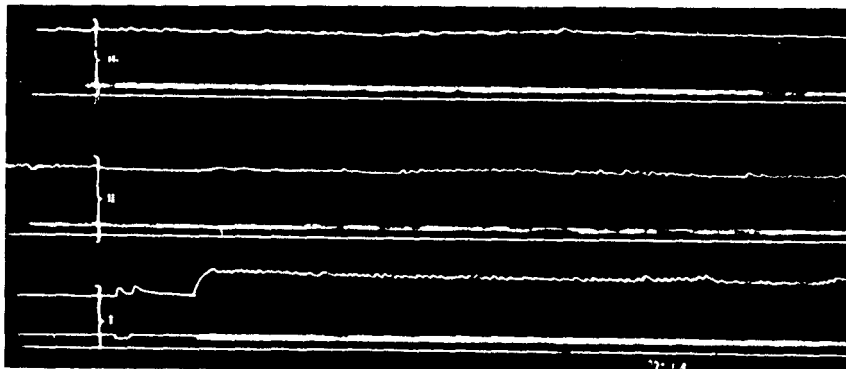


FIGURA 3. — Rana *Hyla labialis*. Las mismas condiciones experimentales de las anteriores. Contracción prosténica, variedad tetánica. Las líneas rectas que aparecen en el centro fueron ocasionadas por disminución de la intensidad de la excitación.

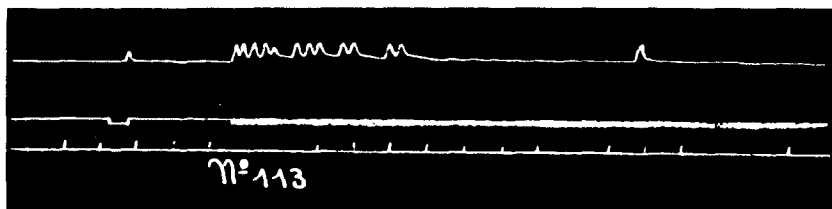


FIGURA 4. — Condiciones experimentales de las anteriores. Nervio ciático seccionado. Excitación directa; frecuencia 52 por segundo. Contracción prosténica con ligero grado de tétanos. El ritmo se retarda, hasta desaparecer.

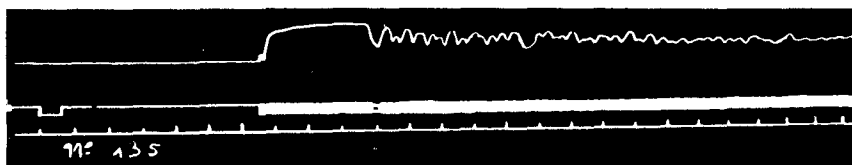


FIGURA 5. — *Hyla labialis*. Condiciones experimentales de las anteriores. Ciático seccionado. Contracción prosténica, variedad tetánica. En todas estas gráficas la intensidad de la excitación tetanizante es la misma de las dos excitaciones aisladas previas; en este caso no hay respuesta muscular ni al cierre ni a la apertura del circuito.

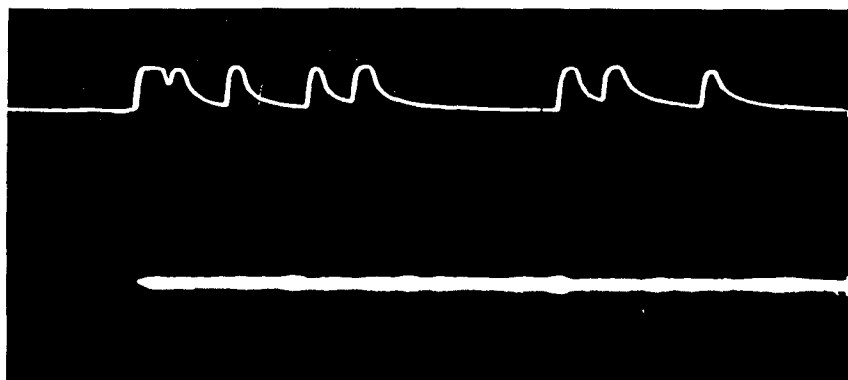


FIGURA 6. — Músculo gastrocnemio de *Rana esculenta* (Laboratorio de Fisiología de la Sorbona). Excitación directa; carrete de Du Bois-Reymond. Contracción prosténica, variedad rítmica.

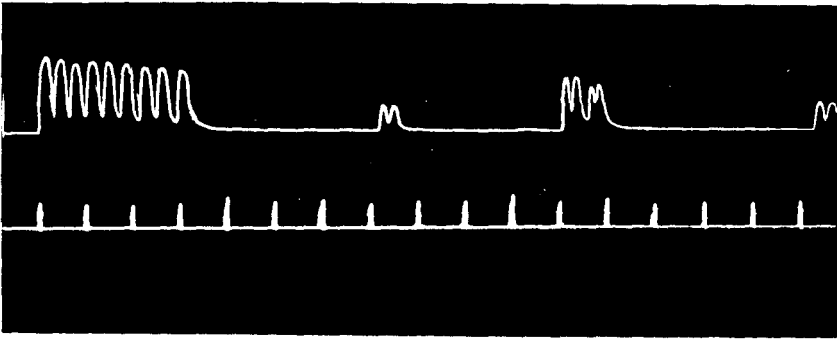


FIGURA 7. — Músculo gastrocnemio de la rana *Hyla labialis*. Excitación directa por descargas de condensadores (100 por segundo) por medio del dispositivo de Lapicque, 3 voltios; R y R' 5000 W; 100 V. D. por segundo; 0.050 de microfaradio. Tiempo en segundos. Electrodo comunes. Contracción prosténica, variedad rítmica.

FIGURA 8. — Trazado I miograma del gastrocnemio respondiendo con contracción prosténica a la excitación que se inició en A con descargas de condensadores, 400 por segundo, y con 0.02 de microfaradio. Excitación directa. Electrodo de plata. Medula seccionada. Sapo *Bufo marinus*. Trazados III y VI, tiempo en segundos, cronógrafo de Jacquet. Trazados IV y V, continuación de I y II, sin haberse interrumpido la excitación; se puede apreciar que el ritmo se va retardando. Descargas de condensadores por el conmutador rotatorio de la Casa Palmer. Las figuras 9, 10 y 11 fueron tomadas en las mismas condiciones experimentales.

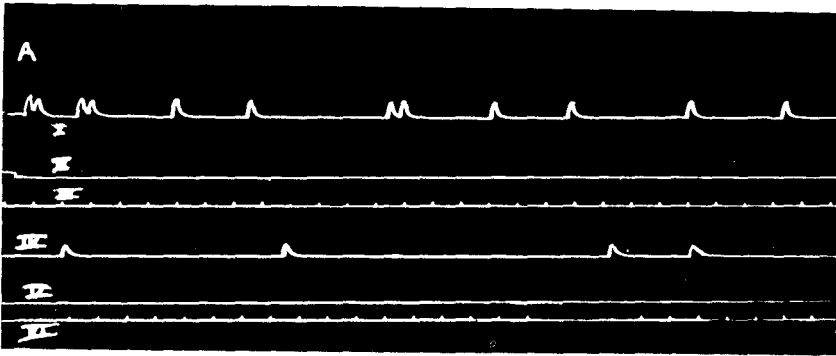


FIGURA 8. — Trazado I miograma del gastrocnemio respondiendo con contracción prosténica a la excitación que se inició en A con descargas de condensadores, 400 por segundo, y con 0.02 de microfaradio. Excitación directa. Electrodo de plata. Medula seccionada. Sapo *Bufo marinus*. Trazados III y VI, tiempo en segundos, cronógrafo de Jacquet. Trazados IV y V, continuación de I y II, sin haberse interrumpido la excitación; se puede apreciar que el ritmo se va retardando. Descargas de condensadores por el conmutador rotatorio de la Casa Palmer. Las figuras 9, 10 y 11 fueron tomadas en las mismas condiciones experimentales.

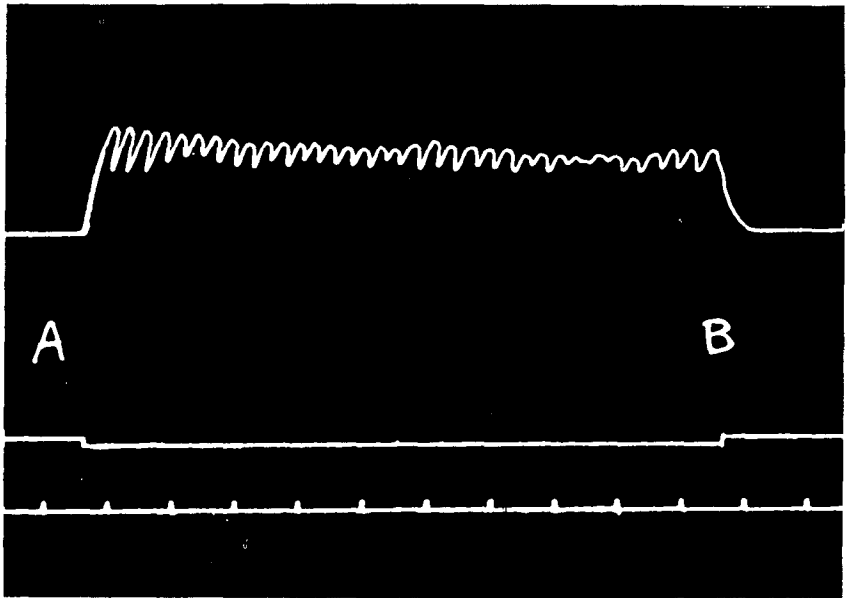


FIGURA 9. — Trazado I miograma de contracción prosténica, variedad tetánica. La excitación se inicia en A y se suspende en B, recibiendo el músculo 400 descargas de condensadores por segundo todo el tiempo. Intensidad 0.03 de microfaradios. Sapo Bufo marinus.

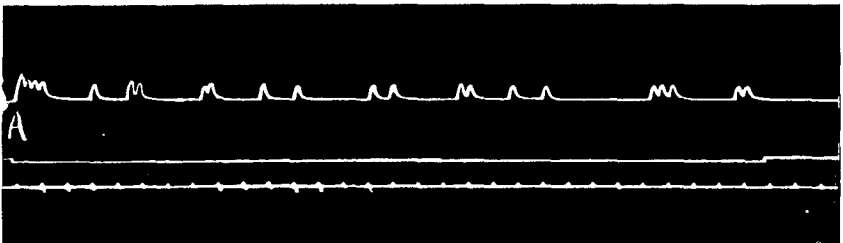


FIGURA 10. — Las mismas condiciones experimentales anteriores. La excitación se inicia en A. En el miograma se aprecia que el ritmo trata de acelerarse y de retardarse periódicamente. Frecuencia. 440 p. s.; intensidad 0.015 de microfaradios. Sapo Bufo marinus.

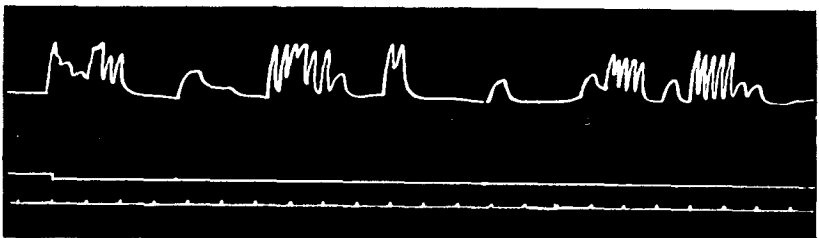


FIGURA 11. — Las mismas condiciones experimentales anteriores. Frecuencia 400 p. s.; intensidad 0.02 de microfaradio. Se nota en el miograma que el ritmo se acelera y se retarda periódicamente de una manera más marcada que en la figura 10. Sapo Bufo marinus.

dios sobre el particular. Se trata de la excitabilidad iterativa, por estimulación directa del músculo gastrocnemio de la *Rana esculenta*, *Hyla labialis*, y del sapo *Bufo marinus*, por medio de choques de inducción con el carrito de Du Bois-Reymond, descargas de condensadores (dispositivo de Lapicque y del conmutador rotatorio de la casa Palmer (de Londres), y por medio de estimulación electrónica (estimulador modelo 751 de Arthur H. Thomas).

Al excitar directamente el gastrocnemio de la rana encontré (1932) una nueva variedad de contracción muscular, al lado de las ya conocidas. Se trata de una serie de sacudidas rítmicas, las cuales aparecen a veces solas, como si se tratase de un corazón, tal como aparece en las figuras 1, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 14 y 16; otras veces aparece una mezcla de tétanos al cual se le agregan sacudidas rítmicas, como puede apreciarse en las figuras 2, 3, 5, 9, 11, 13, 15 y 17. A esta variedad de contracción llamé provisionalmente *contracción prosténica* (de *prósthētos*, añadido). Hasta donde llega mi conocimiento, ningún autor había señalado esta variedad de contracción en un músculo estriado, tal como el gastrocnemio de la rana. La única publicación similar es el trabajo de Richet (1879) sobre músculo de las pinzas del cangrejo, músculo de cronaxia larga. Este autor encontró que este músculo presentaba un tétanos y a éste se le agregaban una serie de sacudidas, por lo cual lo llamó *tétanos rítmico*. Debo llamar la atención sobre el hecho de que Richet no encontró la variedad puramente rítmica que yo he estudiado, ni precisó su causa, en fin, no hizo sino señalar la existencia del fenómeno, sin profundizar su estudio. Más tarde Romanes (1880) encontró el mismo fenómeno en algunas medusas; De Varigny (1886) en algunos crustáceos (*Pagurus ambulatus*, *P. callidas*, *Portunus puber*), moluscos (*Eledone moschata*, *Sepia officinalis* y en la medusa *Rhizostoma cuvieri*. Todos estos trabajos se refieren al tétanos rítmico de Richet y fueron hechos en músculos de contracción lenta, de cronaxia larga, de poder de acumulación de excitaciones mayor. Es curioso observar por qué se olvidó este fenómeno, pues los textos y revistas modernas no lo mencionan, en tanto que a fines del siglo pasado fué un fenómeno bastante conocido, llegando inclusive a figurar en algunos textos de Fisiología como el de De Varigny.

Hasta el momento he podido obtener la contracción prostética en tres clases de ranas: en Bogotá, en la *Hyla labialis*; en la *Rana esculenta* en París, y últimamente en el sapo *Bufo marinus* de nuestros climas calientes. En todos estos animales se presenta dicha contracción con los mismos caracteres.

Entre las causas posibles se han estudiado las siguientes:

El estado de nutrición del animal; pueden estar recién capturados o llevar algún tiempo en el laboratorio. El estado de los centros nerviosos; pueden estar descerebrados, con la medula destruida, con el nervio ciático seccionado, o puede estar la medula y el ciático íntactos. Se han utilizado electrodos comunes unas veces y otras electrodos impolarizables; se ha observado que con estos aparece mejor y dura más tiempo la contracción rítmica. La fatiga muscular tiene influencia, pues cuando el músculo está fatigado no aparece, o dura muy poco tiempo; por lo demás, el músculo se fatiga muy poco con esta clase de contracción. Hasta el momento he obtenido la contracción prostética con excitación directa, aunque también he obtenido esbozos de ella con excitación indirecta. A este respecto debo confesar que no me he propuesto buscarla con excitación indirecta.

En cuanto al estímulo empleado, he estudiado los choques de inducción dados por el carrete de Du Bois-Reymond, descargas de condensadores y estímulo electrónico. Con el carrete de Du Bois-Reymond la contracción prostética que se obtiene es de corta duración, y es a veces difícil hallarla; indudablemente ello se debe a que no podemos regular la frecuencia, ni variar la duración de los estímulos, y a que hay pequeñas irregularidades entre los distintos choques. Sin embargo, con estos choques la hallé por primera vez en la rana *Hyla labialis* y en la *Rana esculenta*. Con esta excitación aparecen tomadas las gráficas de las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Posteriormente estudié, por insinuación del profesor Lapique, en la Sorbona, el efecto de las descargas de condensadores, empleando su dispositivo (gráfica 7) y recientemente empleé el conmutador rotatorio de la Casa Palmer, tal como puede verse en las gráficas 8, 9, 10 y 11.

En el presente trabajo quiero señalar el empleo de estimulación electrónica, por medio del estimulador electrónico de la

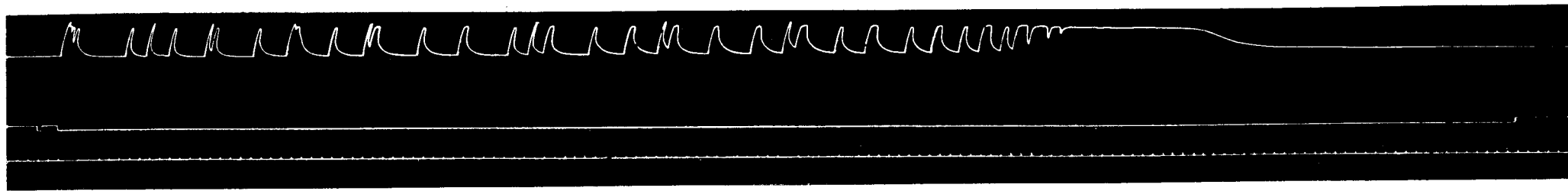


FIGURA 12. — Contracción prosténica, variedad rítmica. Sapo Bufo marinus; descerebrado; electrodos de plata; excitación directa. Estimulación electrónica, de 1 sigma de duración; frecuencia 120 por segundo; voltaje 0.1 (con 150 v. de fuente) y de ésta un valor de 4 del control "fine". Músculo gastrocnemio. Tiempo en segundos. El descenso de la línea del medio indica el momento en que se inicia la excitación tetanizante; el ascenso de esta línea indica el momento en que termina.

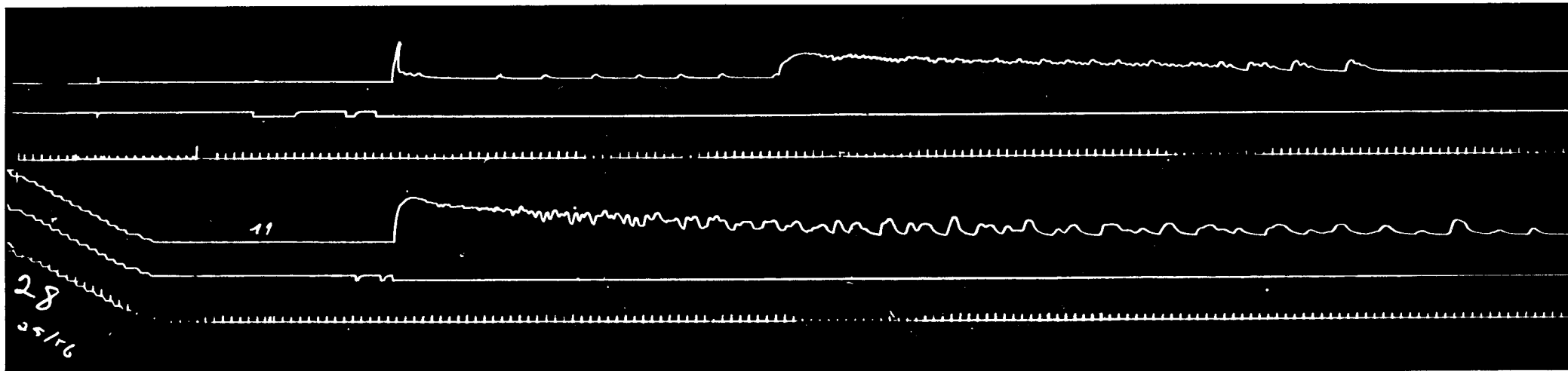


FIGURA 15. — Condiciones experimentales de la anterior. Estimulador electrónico. No se puede dar el voltaje exacto porque el que entra en el estimulador no

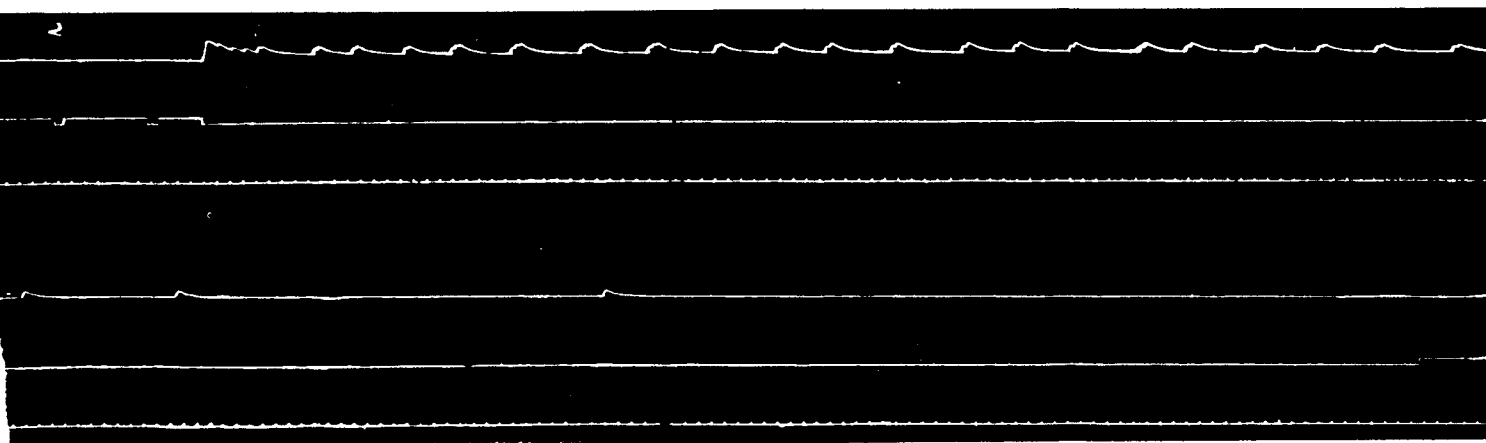


FIGURA 16. — Músculo gastrocnemio de Bufo marinus; descerebrado; electrodos impolarizables de Lapicque; excitación directa; miógrafo de Starling. Croaxia del músculo 1.29 sigmas (método de los condensadores). Estimulador electrónico; V en 0.1; fine en 2; frecuencia 120 p. s.; duración de cada estímulo 0.5 sigma.

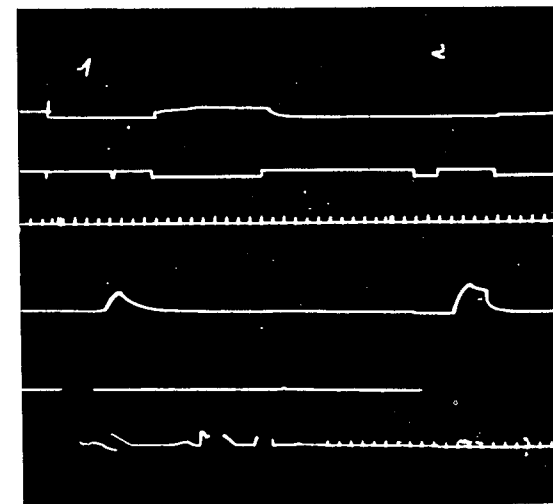


FIGURA 17. — Condiciones experimentales de la anterior. Con "fine" en 9, duración 0.5 sigma y frecuencia 120 p. s. Continúa del anterior (en la figura no aparece toda la duración del estímulo). Dudablemente hay aquí fenómenos de polarización del

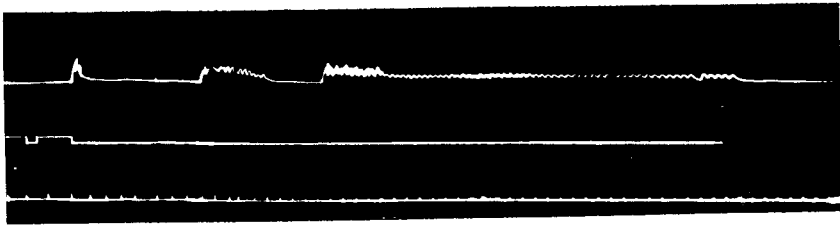


FIGURA 13. — Sapo Bufo marinus; descerebrado; músculo gastrocnemio; electrodos de plata, excitación directa. Estimulador electrónico. Cronaxia 1 sigma y 812. Estimulación: 0.2 sigmas; frecuencia 120; intensidad 2, de 15 voltios.

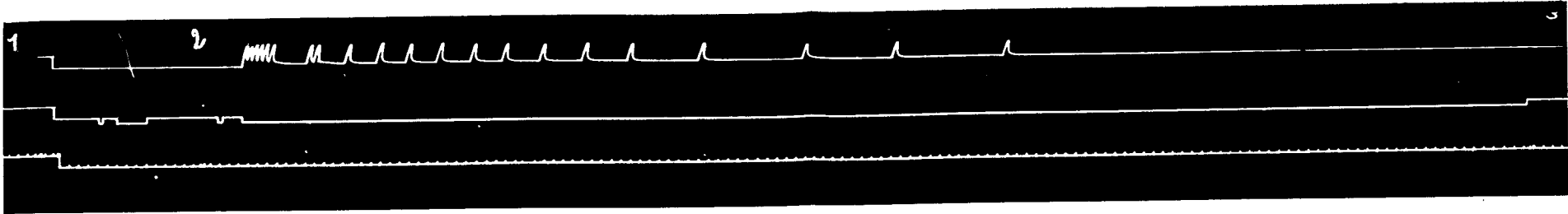
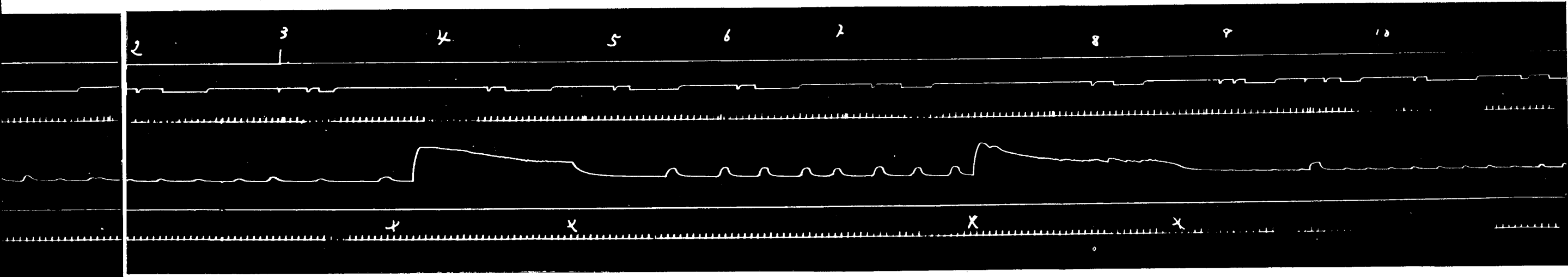


FIGURA 14. — Músculo gastrocnemio de Bufo marinus. Sapo descerebrado. Electrodo impolarizable de Lapicque. Excitación directa. Cronaxia 0.777 sigmas; rebase 0.24V. Estimulación con 120 por segundo; duración 0.2 de sigma; voltaje 0.48 V; excitación descendente en 1 y con las mismas condiciones, pero excitación ascendente. Se aprecia que con la excitación descendente no contesta, en tanto que con la ascendente aparece la contracción prosténica, variedad rítmica pura.



es constante. En 1 se excita con frecuencia 60 p. s; duración 1 sigma "fine" en 4 (con V en 0.1). Se mide después la rebase y da 3.5 con cronaxia 2 sigmas. Se continúa el experimento con los siguientes valores para la excitación:

(Continuación de la leyenda de la Figura Nº 15)

	Frecuencia P. S.	Duración (Sigmas)	Intensidad (fine)
En 2	2	1	4
En 3	60	1	3.5
En 4	60	2	3.5
En 5	120	2	3.5
En 6	240	2	3.5
En 7	60	5	3.5
En 8	60	10	3.5
En 9	120	10	3.5
En 10	120	0.2	7
En 11	120	0.5	7

Todo esto con excitación descendente; en X se invierte el sentido.

rior. Se mide "grosso modo" la cronaxia con el mismo estimulador electrónico y se obtiene rebase 5 (de fine, con V en 0.1) y cronaxia 0.5 sigma. Excitación ascendente al frecuencia 120 p. s. se obtiene la contracción prosténica, la cual dura 6 minutos 50 segundos y se termina, como puede apreciarse en la parte inferior del trazado, el cual es con parte izquierda, por la longitud de la gráfica). En X se invierte la excitación y se hace descendente; al final, en la otra X se vuelve a invertir el sentido de la excitación. Inmúsculo, puesto que los electrodos son impolarizables.

Casa Arthur H. Thomas Co., modelo 751, aparato que permite graduar los estímulos en su intensidad, frecuencia y duración, a voluntad, lo mismo que emplear corriente continua, invertir el sentido de la corriente, etc. Con esta estimulación fueron tomadas las gráficas 12 a 17, en las cuales puede apreciarse las diferentes variedades de contracción rítmica. Con este estimulador he encontrado un nuevo factor, a saber, la dirección de la corriente, como puede apreciarse en las gráficas 14, 17 y 18. Según estos experimentos, parece que la mejor manera de obtener la contracción prosténica es con corrientes ascendentes. La frecuencia que he empleado está entre 60 y 240 excitaciones por segundo, siendo la de 120 la que más he empleado. La intensidad de cada estímulo ha sido superior a la reobase, pero de duración menor de la cronaxia. La frecuencia de las sacudidas musculares está entre unas 6 y 150 por minuto.

DISCUSION

Considerada así la contracción prosténica vemos que sigue en líneas generales las leyes de la excitabilidad iterativa. En efecto, la amplitud de acumulación de las excitaciones depende: a) del intervalo de los estímulos; b) de la cronaxia del músculo o nervio; c) de la duración de los estímulos. Todo esto se cumple en el caso de la contracción prosténica, pues ya vimos que se necesitan estímulos de duración menor de la cronaxia (con una intensidad y duración igual a la cronaxia aparece la variedad tetánica y tétanos perfecto).

Respecto de la frecuencia, vimos que entre 50 y 500 estímulos por segundo es la que hemos empleado, sin que hayamos visto que tenga mayor influencia. A este respecto recordemos que M. y Mme. Chauchard y después Lapique encontraron que el voltaje liminar sigue primero una recta para los intervalos largos; que luego disminuyen ambos y al final el voltaje liminar se hace constante aunque los intervalos se acorten.

Nos queda por aclarar un factor, seguramente el más importante: Se trata de saber por qué aparecen sacudidas rítmicas. Porque todo lo que hasta ahora han estudiado los autores se refiere a una sola sacudida. La explicación que podemos dar es relativamente sencilla: Supongamos (siguiendo a Lapique)

que cada estímulo produce una excitación igual a 1; naturalmente esta excitación baja y cuando llega el estímulo siguiente queda una fracción igual a $1/q$ de la excitación anterior. En el momento de la segunda excitación el músculo tendrá una excitación igual a $1 + 1/q$. Para la tercera excitación tendrá $(1 + 1/q) 1/T$, sea $1 + 1/q + 1/y^2$. Para un número de estímulos se tendrá: $1 + 1/g + 1/g^2 \dots + 1/qn-1$; con esta excitación se tendrá la respuesta muscular. Esto para explicar la primera respuesta muscular. Si queremos explicar la segunda podremos decir que al contraerse el músculo se acabó toda la excitación, que tiene un valor de cero. Esta hipótesis explicaría la variedad rítmica pura. En el caso de la variedad tetánica tendremos que admitir que después de la primera respuesta muscular el músculo no se "descargó" de toda la excitación, o sea que le quedó un valor x , mayor que cero, pero menor que el valor $1 + 1/g + 1/g^2 + 1/qn-1$. Vendría entonces otro problema, o sea saber por qué unas veces el músculo, al contraerse, pierde toda excitación latente, "se descarga", y por qué otras veces retiene una parte de ella. Sería cuestión de cantidad de excitación: el músculo al contraerse perdería una cantidad z , definida, de excitación. Si el estímulo es mayor que este valor z , por ejemplo $a + z$, entonces al perder la cantidad z , le quedaría el valor a , que quedaría almacenado, para acumularse con los estímulos siguientes. (Nótese que hablamos de estímulo y de excitación como de dos entidades diferentes, pues en realidad lo son).

Como se ve, el fenómeno de la acumulación de las excitaciones (adición latente) sigue una progresión geométrica, lo cual explica bien los fenómenos que suceden, pues tiende a un valor finito y además explica que si no se alcanza el umbral con un número limitado de estímulos, no se lo obtendrá jamás, lo cual está de acuerdo con la práctica.

RESUMEN

Se hace un estudio sobre la historia de la excitabilidad iterativa.

Se relaciona la excitabilidad iterativa con la contracción prosténica.

Se describen los caracteres de esta variedad de contracción muscular, a saber: contracción rítmica que aparece en el músculo gastrocnemio de varias clases de ranas (*Hyla labialis*, *Rana esculenta*, *Bufo marinus*); excitación directa; la excitación repetida puede ser choques de inducción, descargas de condensadores, estimulación electrónica; la frecuencia de los estímulos usada ha estado entre 50 y 500 por segundo; la duración de los estímulos debe estar por debajo del valor de la cronaxia; con intensidad reobase no aparece la contracción prosténica; los electrodos pueden ser o no impolarizables. Hay dos clases de contracción prosténica una caracterizada por ondas rítmicas solas, y otra en que hay un tétanos y a éste se le agregan las sacudidas rítmicas; la variedad rítmica pura aparece con menor intensidad de los estímulos; con excitación ascendente aparece mejor la variedad rítmica. La frecuencia de las sacudidas está entre unas 6 y unas 150 por minuto.

SUMMARY

The history of the hiterative excitability is reported.

It is pointed out the possible relation between the iterative excitability and the prosthenic contraction.

The history of the hiterative excitability is reported. is a rhythmic contraction that appears in the muscle gastrocnemius of the frog (*Hyla labialis*, *Rana esculenta*, *Bufo marinus*), with direct excitation; this repeated estimation may be induction shocks, condenser discharges or electronic stimulators; the frequency of the stimulus may vary from 60 to 500 per second; the duration of the stimulus must be less than the chronaxie; with intensity of rheobase it does not appear the prosthenic contraction; the electrodes may or may not be impolari-zables; there are two kinds of prosthenic contraction: one characterized by rhytmic contractions only, and another one characterized by tetanus plus rhythmic contractions; the rhythmic variety appears with less intensity of the stimulus the frequency of the twitches may vary from 6 to 150 per minute.

RESUME

On fait l' étude de l' histoire de l' excitabilité itérative. On rapproche cette excitabilité de la contraction prosthénique.

On décrit les propriétés de cette variété de contraction musculaire, lesquelles sont les suivantes: ils' agit d' une contraction rythmique du muscle gastrocnémien de la grenouille (*Rana es-* par des stimulus repetés, d' une fréquence de 50 a 500 par second; ces stimulus peuvent être des chocs d' induction, des décharges de condensateurs ou des stimulus electronics; la durés de ces stimulus doit être moindre de la chronaxie et d' une intensité plus haute que celle de la rhéobase. Les electrodes pouvant être ou pas impolarizables. Il y a deux variétés de contraction prosthénique: l' une caractérisée par des secousses rythmiques, et l' autre qui est une mélange de tétanus au quel s' ajoutent des secousses rythmiques; la variété rythmique pure apparait avec une intensité moindre et de préférence avec excitation ascendente. La fréquence des stimulus varie de 6 a 150 per minute, environ.

BIBLIOGRAFIA:

- 1 — ORDOÑEZ J. H.: Sobre una contracción rítmica hallada en el músculo gastronemio de la rana durante un tétanos perfecto. Contracción prosténica. Rev. Fac. Med. 2: 331-354, 1933.
- 2 — ORDOÑEZ J. H.: Contracción prosténica. II. Su causa. Rev. Fac. Med. 3: 91-118, 1934.
- 3 — ORDOÑEZ J. H.: Contracción prosténica. III. Influencia de la intensidad de la excitación tetanizante. Rev. Fac. Med. 3: 277-287, 1934.
- 4 — ORDOÑEZ J. H.: Fisiología general de la contracción prosténica. Tesis de grado. Bogotá, 1935.
- 5 — RICHET CH.: Contribución a la Physiologie des centres nerveux et des muscles de l' écrevisse Oich. Physiol. Norm. et Path. 6: 262-294, 1879.
- 6 — RICHET CH.: De l' excitabilité rythmique des muscles et de leur comparaison avec le coeur. C. R. Ac. 89: 792, 1879.
- 7 — ROMANES M.: Phyl. Trans. Royal Soc., 1 parte, p. 161, 1880 (Cit. por de Varigny).

- 8 — H. de VARIGNY: Sur le tétanos rythmique chez les muscles d' invertébrés. Arch. Physiol. Norm. et Path. 7: 151-171, 1886.
- 9 — SAMOJLOFF, A.: Ueber den utermaximalen Tetanus der quer gestreiften Muskeln Arch. F. Physiol. 512-526, 1898.
- 10 — BASLER A.: Ueber den Einfluss der Reizstarke auf die Tetanus curve des Froshartorius, Archs. ges. Physiol. 105: 334-364, 1904.
- 11 — SANOJLOFF A.: Ueber die rythmische Tatigkeit des quergestreiften Muskels Nach Versuchen von Herrn. P. M. Pheophiliktogg. Arch. f. Physiol. 145-161, 1907.
- 12 — ESGUERRA A. MATALLANA A. y MONTES G.: Bases fisiológicas experimentales para el estudio de la patogenia de los temblores en la enfermedad de Parkinson. Rev. Fac. Med. Bogotá, 13: 35, 1944.
- 13 — HAKIM, S.: Sobre movimientos rítmicos en Biología. Estudio experimental. Tesis de grado. Bogotá, 1948.
- 14 — LAPICQUE L.: Dispositif pour les excitations rythmiques par décharges de condensateurs. C. R. Soc. Biol. 71: 727, 1911.
- 15 — LAPICQUE L.: L'Excitabilité en Fonction du Temps. Presses Universitaires de France. Paris. 1926.
- 16 — LAPIQUE LOUIS: L' Excitabilité Itérative. Hermann & Cie. París. 1936.
- 17 — ORDOÑEZ J. H.: Sobre la excitabilidad directa del músculo estriado por descargas rítmicas de condensadores. Rev. Fac. Med. 6: 463, 1938.
- 18 — ORDOÑEZ J. H.: Sobre el oscilograma catódico de las descargas rítmicas de condensadores empleadas para obtener la contracción prosténica. Rev. Fac. Med. Bogotá, 9: 82, 1940.
- 19 — ORDOÑEZ J. H. Contracción prosténica en el sapo Bufo Marinus por descargas de condensadores. An. Soc. Biol. Bogotá. 7: 104, 1956.