

**Teodoro Salguero Z.**

## **Reacción química de la sangre humana**

### **SUS MODIFICACIONES**

En los organismos animales, la sangre posee una débil reacción alcalina que es «igual en todos los individuos y casi constante 'en todos los períodos de la vida y aún en condiciones morbosas», dice el doctor Marrío Gozzano. La constancia de esta reacción, permite, sin embargo, sus oscilaciones tan pequeñas, que no podían ser evidenciadas, ni por los más delicados métodos de investigación in vitro, hasta hace poco empleados; de ahí que, investigadores como el Dr. Henderson le consideraron como una constante biológica, que varía únicamente, según él, en los moribundos. Esta afirmación, al decir del Dr. Bigwood; es demasiado absoluta, pues él, ha constatado claramente, sirviéndose de métodos modernos, que la epilepsia esencial se acompaña de un cierto grado de alcalosis humoral. Van Slyke y Cullen, Mendeleef, etc., han encontrado también variaciones del pH sanguíneo que indican acidosis en el curso de las nefritis, de los síndromes cardíaco renales descompensados (con edemas), en el curso del embarazo, y especialmente en los accidentes de eclampsia, en los shock anafilácticos, proteicos, traumáticos, en las anestésias quirúrgicas, en el surmenaje muscular, la atrepsia, la neumonía, la tuberculosis pulmonar extensa; las anemias graves, en los regímenes dietéticos inmoderados, en las alturas etc. Todas estas acidosis reconocen patogenias diferentes: así, en la atrepsia se habla de una pérdida de bases por t. -intestino; en los renales se cree que se debe a una eliminación renal insuficiente, etc. Han constatado también acidosis en

la diabetes sacarina, enfermedad del metabolismo hidrocarburo, en la que se produce acumulación de ácidos cetónicos que no pueden ser quemados por el mismo organismo, ácidos que juegan en esta enfermedad un papel importante, sí no como tóxicos directos, al menos como testigos de la acidosis. En fin, múltiples son las investigaciones realizadas en este sentido, y hoy ya se habla de un síndrome de acidosis y de un síndrome de alcalosis.

## Síndrome de Acidosis

En el síndrome de acidosis se agrupan todos los estados patológicos, en el curso de los cuales se constata un trastorno del metabolismo de los cuerpos acetónicos y cuyos síntomas son: trastornos respiratorios (respiración profunda), trastornos digestivos (anorexia, vómitos incoercibles, diarrea), trastornos nerviosos (vértigos somnolencia, coma). Síndrome que es completo en la acidosis diabética o acidosis-cetosis. Se encuentra también, aunque incompleto, en el coma urémico, en el coma hepático, en el curso de algunos embarazos, etc. En este síndrome los ácidos que se constatan, especialmente los cetónicos, no actúan como tales sino más bien por su función ácida que aumenta la concentración hidrogeniónica de la sangre, es decir que baja su pH; y esta acidosis pone a los diferentes coloides de la sangre muy cerca de su punto isoeléctrico.

Es necesario tener presente que al principio de este síndrome, la acidosis es compensada y gran parte de los síntomas clínicos que en ella se constatan, como la respiración profunda, el ritmo de Kussmaul, los vómitos y diarreas ácidas, etc., tienen el valor de un máximo esfuerzo defensivo del organismo que aleja así los ácidos que posee en exceso. En este caso de acidosis compensada, el pH de la sangre no está disminuido en una intensidad que pueda ser apreciada por nuestros métodos de investigación; ella es revelada por la disminución de la reserva alcalina evaluada en el aire alveolar del pulmón; y, por las variaciones de la constante de Has-selbach evaluadas en la orina.

Posteriormente, cuando la acidosis está descompensada, es entonces cuando podemos encontrar valores de pH san-

guineo que llegan a 7,10 y 7,05 pero con un pronóstico mortal como lo comprueba la experiencia y la ciencia. Recordamos ya que el punto isoeléctrico de los coloides de la sangre, de los homocitos intra y extracelulares estaba en la zona de la acidez, y la experimentación de laboratorio nos indica que conforme un coloide se acerca a su punto isoeléctrico, su estabilidad es menor, su tendencia a la floculación es mayor, menor su conductibilidad eléctrica por cataforesis, menor también la permeabilidad de la membrana celular, menor la viscosidad del medio que la rodea, etc., factores todos estos que disminuyen los fenómenos vitales de reacción del ser viviente con el medio ambiente y que en último término traen la muerte de estos seres.

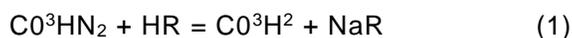
## Síndrome de Alcalosis

Por otra parte tenemos el síndrome de alcalosis constatado en los epilépticos y en la tetania por insuficiencia paratiroidea.

*El pH en condiciones normales es una constante biológica.* —En un organismo normal el pH de la sangre es verdaderamente una constante biológica que admite pequeñísimas variaciones instantáneas, a pesar de que múltiples causas tienden a separarle de su valor normal. La constancia de esta reacción de la sangre es debida a mecanismos reguladores, sobre todo a la presencia en ella misma de un sistema químico especial formado por ácidos y bases débiles y por sus respectivas sales, sistema que tiene la propiedad de oponerse rápidamente a toda causa que tiende a alterar el equilibrio ácido-básico del organismo. Estos sistemas de combinación química son\*los sistemas reguladores intrínsecos, amortiguadores o tapones de seguridad de los franceses. Pero no son los únicos que mantienen constante el pH de la sangre y todos los órganos de la economía y en especial el pulmón, hígado y riñón son otras tantas válvulas de seguridad que mantienen constante el equilibrio ácido-básico del organismo.

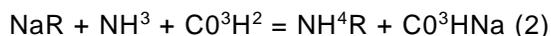
## Sistema Intrínseco

En la sangre son el ácido carbónico y los bicarbonatos, (especialmente bicarbonato de sodio) los que regulan su pH. Los bicarbonatos son sales formadas por un ácido débil y fácilmente son descompuestos por otro ácido cualquiera HR, (R — radical ácido) originándose así el ácido carbónico y otra sal sódica NaR.



El ácido carbónico espontáneamente se disocia en agua y anhídrido carbónico. Este anhídrido actúa sobre el bulbo, centro respiratorio de una exquisita sensibilidad para reaccionar a las variaciones del  $\text{CO}_2$  de la sangre; de modo que, cuando aumenta la concentración de este anhídrido, aumenta el número e intensidad de las respiraciones, aumenta por consiguiente la ventilación pulmonar y el  $\text{CO}_2$  es eliminado por el pulmón.

Por la misma reacción (1) se forma una sal sódica NaR, extraña al organismo, por lo que será eliminada por el riñón en la orina. Pero no toda la sal NaR es eliminada en la orina, tal cual (cloruro de sodio = NaCl, por ejemplo), sino que, una parte se combina con el amoníaco  $\text{NH}_3$  que el riñón fabrica incitado por la misma sal, y con una parte del ácido carbónico  $\text{CO}_3\text{H}_2$  formado por la reacción anterior (1) y así se forma una sal  $\text{NH}_4\text{R}$  soportable por el organismo y se regenera el bicarbonato de sodio de la sangre, como lo indica la reacción (2). La sal  $\text{NH}_4\text{Cl}$ —Cloruro amónico por ejemplo, es eliminada por el riñón.



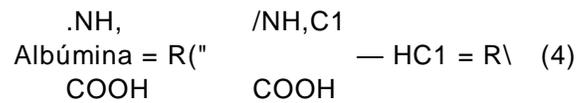
*Origen de la reserva alcalina:*

El origen de la reserva alcalina de la sangre está en la descomposición del cloruro de sodio (NaCl) que se hace en

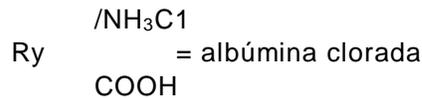
ella misma cuando aumenta la tensión de su anhídrido carbónico (Ley de la acción de las masas). Esta descomposición origina bicarbonato de sodio y ácido clorhídrico, (reacción (3)) lo que se ha comprobado in vitro e in vivo:



El ácido clorhídrico formado, extraño para el organismo, no puede permanecer en la sangre, por lo que los hematíes absorben una parte de cloro para formar una albúmina clorada y dejan el sodio que con el agua del plasma forman sosa. Otra parte del ácido clorhídrico se combina con las albúminas del suero sanguíneo, originando también albúminas cloradas: (4)



Las albúminas en general son sustancias anfóteras o anfólicas, es decir que a la vez poseen una función base representada por el grupo amínico  $\text{NH}_2$ , y una función ácida, representada por el radical  $\text{COOH}$  ácido monovalente, de modo que, cuando están en presencia de un ácido, reaccionan como bases, formando por adición con el ácido, una albúmina clorada.



De este modo las albúminas de la sangre funcionan también como amortiguadores que se oponen a la ruptura de su equilibrio ácido básico.

De todo lo expuesto, se deduce que hay sistemas y órganos de regulación del equilibrio ácido básico de la sangre. Los sistemas de tapones o amortiguadores, son intrínsecos de la sangre, y hacen una regulación provisional de su pH. La regulación extrínseca y definitiva se hace preferentemente por tres órganos, pulmón, riñón e hígado.

El pulmón elimina el  $\text{CO}_2$  proveniente de la descomposición de los bicarbonatos, por la presencia de un ácido HR en la sangre. El  $\text{CO}_2$  de la sangre actúa, según

unos, sobre la neuroma bulbar, excitándola; otros creen que es el mismo ácido extraño, el clorhídrico frecuentemente, el que actuando como sobre los hematíes, los excita y aumenta el intercambio pulmonar. Por consiguiente, toda dificultad de ventilación pulmonar, tiende a llevar la reacción de la sangre hacia la acidosis.

*Riñón*—Es el emunctorio encargado de eliminar en la orina los ácidos extraños al organismo, ácidos que, a pesar de estar diluidos, son nocivos porque tienden a aumentar la concentración hidrogeneónica de la sangre, cuyos peligros expuse anteriormente. Las causas que tienden a acidificar la sangre son múltiples y constantes, siendo la principal el metabolismo celular, cuyos productos de excreta, son todos ácidos y deben ser expulsados inmediatamente, para no comprometer en forma irreparable la integridad de los tejidos.—Los ácidos que se forman son minerales y orgánicos (ácido sulfúrico:  $\text{SO}_4\text{H}_2$ ; ácido clorhídrico:  $\text{CLH}$ ; ácido fosfórico:  $\text{PO}_4\text{H}_3$ ; ácido láctico:  $\text{COOH} - \text{CHOH} - \text{COOH}$ , producido por el trabajo muscular, etc.). Parte de estos ácidos es utilizada y neutralizada por los hematíes y albúminas de la sangre; pero otra parte, sobre todo cuando están en exceso, es eliminada por el riñón, el cual, para no ser lesionado por dichos ácidos, elabora amoníaco que los neutraliza. Diariamente el pulmón elimina de 20 a 40 grs. equivalentes de ácido, mientras que el riñón no elimina más que un décimo de gramo.

El ácido fosfórico formado en el organismo como producto del metabolismo núcleo proteico, reacciona con el sodio proveniente del cloruro de sodio descompuesto por los hematíes, y que está como sosa en la sangre formando un fosfato disódico ordinariamente: (4)



Cuando aumenta la acidez, este fosfato reacciona con el agua que contiene el plasma sanguíneo y forma fosfato ácido monosódico que se va en la orina y sosa cáustica que neutraliza el resto de ácido sanguíneo: (5)



En la uremia con acentuada insuficiencia renal, no se forma amoníaco y hay una acidosis mineral a la que inculpan los graves síntomas que se observan en ella.

*Hígado*.—Las albúminas y las grasas de la alimentación, así como la de nuestros propios tejidos, sufren bajo la influencia del metabolismo celular una serie de fenómenos químicos que les transforman a las albúminas, en ácidos amínicos y a las grasas en ácidos grasos.

La mayor parte de estos ácidos sirven para la reconstrucción de nuestros tejidos; otra parte es degradada progresivamente en el curso de nuestras combustiones. Como consecuencia, el hígado forma ácido diacético y B— oxibutírico especialmente, los que enseguida son eliminados por el riñón y por la piel en el sudor. El mismo hígado, a expensas de estos ácidos y especialmente del ácido láctico proveniente del trabajo muscular, reconstruye la glucosa que pierde. Cuando hay gran producción de ácido láctico, su exceso se va en la orina como lactato amónico.

Por esto se comprende cómo, cuando el hígado está malo no tiene él suficiente glucógeno, no puede trabajar y los ácidos ya mencionados inundan la sangre y se van por el riñón como ácido diacético y B— oxibutírico compensándose en esta forma a la acidosis.

Se ha probado que en los sujetos normales, la dieta vegetariana rica en sales alcalinas y alcalino-térreas da lugar a la formación de carbonatos en la sangre; de ahí que esta alimentación es seguida de la eliminación de una orina alcalina, al contrario de lo que sucede con el régimen cárneo y albuminóideo en general. Por consiguiente, si al diabético se le impide la alimentación vegetariana y se le indica régimen proteico, se formarán ácidos orgánicos y una vez agotada la reserva glucogénica de su hígado por falta de nuevos aportes de vegetales, vendrá la acidosis. Estos ácidos al principio serán eliminados por el riñón combinados por el amoníaco, cuya tasa es de 0,70 grs. que es la normal, sube a 7 y 8 en 24 horas. Pero llegará un día en que se hará insuficiente el riñón y producirá menos amoníaco, se eliminarán menos ácidos y tendremos que el diabético pasará así, de una acidosis compensada a una acidosis descompensada, reconocible por la determinación del pH de su sangre.

Entre las causas que tienden a llevar el equilibrio ácido- básico hacia la alcalosis, está normalmente la digestión gástrica durante la cual se elimina mucho ácido clorhídrico, lo que trae como consecuencia una disminución de la concentración hidrogeniónica de la sangre. En cambio, la digestión intestinal, produciendo jugos digestivos básicos, tiende a lle-

var a la sangre hacía la acidosis. De aquí se deduce que en condiciones fisiológicas normales, estos dos fenómenos pueden equilibrarse cuando intervienen en el proceso digestivo con igual intensidad. En caso contrario, favorecen la acidosis o la alcalosis.

Con todos estos antecedentes se ve claramente que sí en verdad el equilibrio ácido-básico de la sangre está expuesto diariamente a desviarse en un sentido o en otro (acidosis o alcalosis), hay un sistema complicado y excesivamente eficaz que se opone a estas desviaciones, siempre que el funcionalismo orgánico sea normal. En el curso de muchas enfermedades se alteran estos órganos reguladores del equilibrio ácido básico de la sangre y hay para sospechar que en ellas se rompa este equilibrio, presentándose primero una acidosis o una alcalosis compensadas y luego descompensadas, cuando la enfermedad progresa, y reconocible por la determinación del pH sanguíneo.

Sí se desea en estos casos controlar un desequilibrio de la reacción de la sangre, debemos investigar sus estigmas en la sangre misma, en la orina y en el aire de los alveolos pulmonares. Todos los investigadores concuerdan al manifestar que una investigación hecha sólo en la sangre o sólo en la orina etc., no permite evidenciar el desequilibrio en las acidosis o alcalosis compensadas. En cambio, el pH de la sangre parece de mucha importancia en estos síndromes, cuando están descompensados, por su alto valor, pronóstico.

## **EL pH DE LA SANGRE**

### **Nociones Físico - químicas sobre el pH**

El dosaje de acidez o de alcalinidad de una solución puede expresarse de dos maneras diferentes: 1.º, determinar cuantitativamente el ácido o la base, expresando los valores obtenidos mediante la terminología química, es decir, el tanto por ciento o por mil de ácido o de álcali que posee la mencionada solución; 2.º, determinar su intensidad, es decir, su grado de acidez o de alcalinidad, de acuerdo con las

concentraciones de iones ácidos ( $H^+$ ) o de iones básicos ( $OH^-$ ) que posee la solución.

Para Berthollet dos cuerpos en presencia y susceptibles de reaccionar (ácidos y bases de una solución), lo hacen hasta alcanzar cierto equilibrio (entre los cuerpos que se descomponen en el primer miembro de la igualdad que representa esta reacción, con los cuerpos que se combinan y que constituyen el segundo miembro de esta igualdad química), la reacción química se detiene automáticamente cuando este equilibrio se ha alcanzado. Fundados en esta afirmación, en 1867 Gulber y Waage demostraron que la velocidad de una reacción es proporcionada al producto de la concentración de los cuerpos puestos en presencia. Así, por ejemplo, en la reacción:



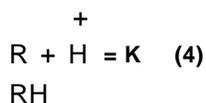
El vapor de agua actuando sobre el hierro calentado al rojo, produce óxido de hierro ( $= FeO$ ) e hidrógeno ( $= H_2$ ).— Sí esta reacción se verifica en un aparato cerrado, el  $H_2$ , retenido puede actuar sobre el óxido de hierro para reducirlo a hierro metálico  $= Fe$ , con formación de agua. En este momento se dice que hay equilibrio entre las velocidades de descomposición del agua del primer miembro con las velocidades de recomposición del agua en el segundo miembro.

Más tarde, en 1887 Arrhenius emitió la hipótesis de la división o de la disociación de las moléculas de las sustancias minerales solubles en átomos o grupos atómicos cargados de electricidad, es decir en iones (electropositivos: los metales y el hidrógeno, y electronegativos: los metaloides y el radical  $OH^-$  oxidrilo).

Con este nuevo concepto se hicieron numerosos estudios<sup>s</sup> y trabajos muy interesantes para la biología y para la fisiología patológica. Se vio que lo interesante en una disolución es conocer la cantidad de moléculas disociadas en iones que posee y no la cantidad de moléculas no disociadas que posee dicha solución y que pueden descomponerse en determinadas condiciones. Se comprobó también que la cantidad de iones que posee una disolución acuosa salina, ácida o básica, es función del título de la concentración de la disolución, de la naturaleza de la molécula considerada y de la temperatura de la disolución. Un ácido es tanto más enér-

gico, cuanto mayor número de iones H posee por unidad de volumen de su disolución, y una base es también tanto más

fuerte, cuanto mayor número de OH posee por unidad de volumen de su disolución. De aquí se deduce que la acidez real se mide por la riqueza de iones libres que posee una disolución. Si RH representa un ácido, éste es tal porque se disocia en iones R y H<sup>+</sup>. La ley de la acción de las masas permite escribir la fórmula (4) en donde K = coeficiente de disociación, es característico para cada ácido y constante para una determinada temperatura:



Esto nos permite definir la acidez iónica y la acidez de titulación o total.

La acidez iónica o actual responde a la medida del hidrógeno ionizado que hay en una disolución.

La acidez total o de titulación corresponde a la suma del hidrógeno *ionizable* con el hidrógeno *ionizado*. Esta acidez total se determina siempre que en la práctica se emplea un álcali, porque conforme éste neutraliza el hidrógeno ionizado, nuevas moléculas de ácido se disocian para mantener constante su coeficiente K.

Lo que decimos de los ácidos se aplica exactamente a las bases.

Todos los cuerpos tienen su constante K de disociación que indica la proporción que existe entre la cantidad de moléculas ionizadas y de moléculas no disociadas de una disolución.—El agua H-O-H representa el prototipo de los cuerpos químicamente neutros, porque al disociarse su molécula

"H —

lo hace por su constitución química en H y (OH) que coexisten y anulan sus funciones (H igual función ácida, más

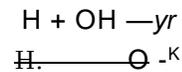
OH igual función base).

Mediante la pequeñísima conductibilidad eléctrica, se prueba que el agua posee una constante de disociación.

La reacción:

es reversible; de modo que si por cualquier causa disminuyen los iones del primer miembro, el agua del segundo miembro se disocia para volver a alcanzar el equilibrio anterior y viceversa.

Luego, aplicando la ley de acción de las masas podemos escribir la igualdad:



Esta constante K es muy débil y a 18° es igual a:

$$K = 0,000.000.01 = 10^{-7}$$

Esta cifra indica que de cualquiera cantidad de agua, una diez millonésima parte de ella está disociada en H y en OH. Es decir, que, si tenemos 10 millones de litros de agua, un solo litro estará disociado en iones H y (OH).

Para no escribir con muchas cifras estas constantes de disociación, Sørensen invita a representarlas en forma de potencia de base de 10 y luego suprimir la base 10 de esas potencias y cambiar de signo a su exponente. Es a este exponente hecho positivo que lo denominamos pH. Luego el pH de una disolución es el logaritmo de un número tomado como denominador del número 1 y él indica proporcionalmente la concentración de hidrógenos de esta disolución. Ejemplo: si tomamos una disolución de ácido clorhídrico con un pH igual 3, éste 3 es el logaritmo del número 1.000 y este número debe estar como denominador de 1; por consiguiente, el pH 3 — a 1/1.000, lo que significa que de todo el ácido puesto en disolución, sólo (1/1.000) una milésima parte está ionizada.—En resumen, el pH es el exponente de una potencia de base 10, cambiado de signo y que representa el coeficiente de disociación de un líquido, o sea su riqueza en H (hidrogeniones).

El agua tiene pues un pH = 7, y todo líquido que tenga un pH = 7 será neutro. Todo líquido acuoso que tenga un pH menor que 7, será ácido y todo líquido que tenga un pH mayor que 7, será alcalino:

pH = 7 = neutro pH <

7 — ácido pH > 7 =

alcalino.

## **pH DE LA SANGRE**

### **Su determinación**

Los trabajos de Van Slike y Cullen sobre la reserva alcalina de la sangre, han indicado que su pH oscila entre estrechos límites que van desde 7,30 a 7,40 en las personas normales. Esta diferencia de valores no corresponde más que a una modificación excesivamente débil de la alcalinidad sanguínea libre, ya que pH 7,40 equivale en sosa cáustica a 2 centésimas de miligramo por litro y pH 7,30 equivale a una y media centésimas de miligramo por litro de sangre.

Para hacer la determinación del pH, he seguido la técnica siguiente:—1.º Toma de la muestra de sangre.—La sangre debe sacarse al abrigo de aire para evitar toda pérdida de anhídrido carbónico, lo que traería como resultado una variación del pH. Se la aspira de la vena del codo valiéndose de una jeringuilla de 27 c.c. provista de tubuladura excéntrica y que contenga de 2 a 3 c.c. de aceite de vaselina neutra, evitando introducir burbujas de aire a la jeringuilla. Para la punción se toman las precauciones habituales. Para aspirar hay que esperar que desaparezca la ectasia debido a la ligadura, porque ella determinaría acidosis; asegurarse también que el brazo esté en resolución muscular completa.

La sangre así extraída es repelida por medio de una aguja larga o por medio de un tubo de caucho lavado y lleno de aceite de vaselina neutra, en otro tubo especial de cuello estrangulado, de una capacidad de 10 c.c. aproximadamente; en este tubo de vidrio neutro se ha colocado de antemano 1 c.c. de una solución de oxalato neutro de potasio al 1%, al que se le ha desecado en estufa; luego, en el mismo tubo se coloca 1 a 2 c.c. de aceite de vaselina neutro. En este aceite se hace sumergir la aguja o el tubo de

la jeringuilla, lo que permite operar al abrigo del aire el trasvasamiento de la sangre contenida en la jeringuilla. Se termina la operación llenando el tubo con aceite de vaselina neutra, luego se lo cierra con un tapón de caucho perforado al que se lo empuja hasta que contacte con el aceite, por último se optura el orificio del tapón por medio de una varilla de vidrio neutro. Estas precauciones evitan toda huida del anhídrido carbónico. Al tubo así preparado se lo agita algunas veces con el objeto de que se mezcle bien la sangre con el oxalato de potasio. Entonces se le pone a centrifugar: el plasma sanguíneo queda en la parte superior y el éx en éste en el que se determina la medida del pH.

Para efectuar la extracción de la sangre hay necesidad de imponer al individuo reposo completo, lo menos por unos 15 minutos y hay que asegurarse también que no haya hecho el paciente en la media hora anterior a la prueba ningún esfuerzo físico importante.

\*

*Técnica:*

Para hacer la medida del pH hay procedimientos electro-métricos y colorimétricos. El primero requiere un aparato especial para la medida del potencial eléctrico de los iones.

*o Método colorimétrico:*

Hay que preparar los reactivos siguientes:

Solución A) es una solución de sosa vígesín normal (N/20), que se prepara con agua bidestillada neutra.

Solución B) es una solución de rojo de fenol al 0,20 grs. por litro.—Para preparar esta solución hay que moler finamente en un mortero de ágata 0,20 grs. de rojo de fenol, con 11, 4 c. c. de sosa 20' normal. Una vez bien molido trasvasar a un vaso aforado de 20 c.c., enjaguar el mortero con un poco de agua bidestillada neutra, incorporar esta agua al matraz aforado y completar el volumen de 50 c.c. con agua bidestillada neutra. Se tiene así una solución madre al 4 por mil. Estos 50 c.c., después de removido el balón, se los trasvasa a otro balón aforado de 1.000 c.c., se lava unas 3 o 4 veces el balón de 50 c.c. con algunos centímetros cúbicos de agua neutra que se los incorpora al balón de 1.000 c.c. Por último, se completa con agua neutra el volumen hasta 1.000

c.c. y se tiene una solución de 0,20 grs. de rojo de fenol por litro. Hay que conservar esta solución en un frasco de vidrio neutro (el vidrio de uso corriente es alcalino) obturado con un tapón de caucho al que lo atraviesa un pipeta de vidrio neutro graduada en décimas de c.c.

Solución C) es una solución que contiene 9 grs. de cloruro de sodio químicamente puro en un litro de agua bidestillada hervida, en la cual se ha puesto también 30 a 40 c.c. de una solución centínormal (N/100) de sosa cáustica para tener un pH igual 7,4, lo que se puede comprobar con uno de los tubos patrones de que vamos a hablar después. A esta solución hay que repartirla en tubos neutros de unos 24 a 25 c.c. de capacidad, semejantes a los tubos patrones y en los que se pone 20 c.c. de esta solución en cada uno de ellos, recubriendo el líquido con una ligera capa de aceite de vaselina neutra.

Solución D) comprende dos soluciones fosfatadas: a y b.

a) es una solución (N/15) quincuagésima normal de fosfato monopotásico  $\text{PO}_4\text{KH}_2$ ) que contiene por lo tanto 9,078 grs. por litro de agua bidestillada neutra.

b) solución (N/15) de fosfato disódico  $\text{PO}_4\text{Na}_2\text{H}_2\text{O}$ ) que contiene 11,876 grs. por litro de agua bidestillada neutra. Esta solución debe presentar un pH igual a 9,24.

*Preparación de los tubos patrones:*

1. °— Escoger 17 tubos de ensayo de un diámetro de 16 a 17 milímetros en su parte inferior, de tinte idéntico y de vidrio neutro. Introducir en cada uno de ellos 10 c.c. de la mezcla de fosfato A) y B) en la forma siguiente:

Solución A)	Solución B)	pH.
c. c.	c. c.	
3,89	6,11	7
3,61	6,39	7,05
3,34	6,66	7,10
3,08	6,92	7,15
2,80	7,20	7,20
2,56	7,44	7,25
2,32	7,68	7,30
2,11	7,89	7,35
1,92	8,08	7,40

Solución A) c. c.	Solución B) c. c.	pH.
1,75	8,25	7,45
1,59	8,41	7,50
1,43	8,57	7,55
1,30	8,70	7,60
1,18	8,82	7,65
1,06	8,94	7,70
0,95	9,05	7,75
0,85	9,15	7,80

2.º—En cada uno de estos tubos poner también medio c.c. de rojo de fenol: taparlos con tapón de caucho y cerrarlos a la lámpara. Mezclar bien el contenido. Se tiene así una gama de tubos patrones correspondientes a pH ya determinados como indica la repartición anterior.

*Técnica de la determinación:*

Es a 38°C. que el pH de la sangre debe determinarse.

*Operación:*

1. º—Tomar 2 tubos de los que contienen 20 c.c. de la solución C);

2. º—Por medio de una pipeta de 2 c.c. graduada al décimo, poner en dichos tubos 1 c.c. de plasma sanguíneo en cada uno de ellos, para lo cual hay que absorber en cada vez una cantidad de plasma igual a 1 y medio c.c., de tal manera que la capa de plasma que se hará penetrar en el tubo de la solución C) será cubierta por una capa de plasma de por lo menos medio c.c. que será arrojada cuando el primer c.c. haya penetrado en el tubo. Esta operación se verifica colocando la punta de la pipeta en la masa del aceite de la vaselina. Por último, introducir en uno de los dos tubos un c.c. de rojo de fenol. Mezclar con un agitador cuyo extremo sea plano, cuidando de no agitar el tubo mismo;

3. º—Después de 5 minutos comparar el tinte del tubo con el tinte de los tubos de la gama de patrones, valiéndose de un comparador de vidrio despulido en el que se colocan los tubos en este orden: 1.º urrtubo con agua destilada; 2.º tubo

con plasma a valorar y con indicador; 3.º tubo de la gama de patrones; y 4.º plasma a valorar sin indicador.

Esto nos da el pH de la sangre a la temperatura  $t$  que se opera. Hay que transportarla a la temperatura  $38^{\circ}\text{C}$  que tiene la sangre circulante. Esta corrección se hace mediante la siguiente fórmula:

pH a la temperatura de  $38^{\circ}$  igual pH a la temperatura  $t$  menos  $0,01 (38 - t)$ .

## CASUISTICA

Siguiendo esta técnica he investigado el pH en cuatro sujetos normales.

Al primero, Sr. F. S., le hice la determinación de su pH después del desayuno. pH = 7,20 a la temperatura  $t = 14^{\circ}\text{C}$ .

Corrección:  $7,55 - 0,01 (38 - 14) = 7,31$

pH a  $38^{\circ} = 7,31$

2. °—Sr. A. G., de 23 años de edad.

Alangasí. Soltero. Estudiante. Estado de salud bueno.

pH a  $t = 760$ ;  $t = 17^{\circ}\text{C}$ .

Corrección:  $7,70 - 0,01 (38 - 17) = 7,39$ .

Esta determinación fué hecha una hora después que el paciente almorzó. Al mismo le practiqué al día siguiente otra determinación, pero en ayunas, obteniendo un pH = 7,35, ya corregido.

3. °—Sr. G. J., 22 años de edad.

Ibarreño. Soltero. Estudiante. Buen estado de salud.

La determinación de su pH le hice al mismo tiempo que al sujeto anterior; es por lo tanto en las mismas condiciones. Su pH, corregido, me dió un valor también de 7,35,

4.°—Sr. E. C. De 21 años de edad. Guayaquileño. Soltero. Estudiante. Estado de salud bueno.

Determinación después del desayuno. pH a  $15^{\circ}\text{C} = 7,60$

Corrección:  $7,60 - 0,01(38 - 15) = 7,35$

En estos cuatro casos tenemos tres resultados iguales que dan un pH de 7,35. La determinación verificada al Sr.

S. fué hecha después de un reposo de 5 minutos solamente.

Por falta de pacientes no he podido hacer una determinación en mayor número de sujetos normales, para poder sacar alguna conclusión. Sin embargo, observamos que el pH de todos estos sujetos está dentro de los límites normales de oscilación (7,30-7,40). La diferencia de 0,10 entre estos dos valores límites equivale a un medio centesimo de miligramo de sosa cáustica por litro de sangre.

#### *Casos patológicos:*

##### Determinación del pH en casos de epilepsia:

A pesar de las numerosas investigaciones, la patogenia de la epilepsia tiene muchos puntos oscuros. Muchas hipótesis han surgido de acuerdo con las observaciones clínicas y anatomoclínicas realizadas. Las investigaciones anatomo-clínicas han tratado de establecer la localización encefálica de las crisis epilépticas, emitiendo la teoría bulbar, cerebelosa, cortical, etc., centros sobre los cuales unos hablan de fenómenos de excitación, otros de fenómenos de inhibición (de ésta o aquella región). Una gran serie de investigaciones se han dirigido a estudiar las modificaciones extra cerebrales, principalmente las alteraciones del recambio o metabolismo. Se ha emprendido en el estudio del metabolismo de las sales y de las sustancias orgánicas en general, de las constantes físico-químicas y de la crisis sanguínea; el estudio del tono del sistema nervioso vegetativo y del equilibrio de las glándulas endocrinas; estudios todos que nos han dado una notable contribución de conocimientos sobre las modificaciones fisiológicas que acompañan a la crisis convulsiva epiléptica; pero, mucho más se ignora sobre la causa de estas crisis. Así: por qué un epiléptico, después de muchos meses de aparente bienestar, sin ninguna causa ocasional apreciable, presenta una violenta crisis convulsiva? Por qué en ciertos períodos de tiempo la crisis se hace más frecuente hasta terminar en el estado de mal epiléptico? Y por qué también de improviso desaparecen las crisis? Con todos estos antecedentes podemos pensar que la periodicidad de las manifestaciones epilépticas, la alternación de los estados de aparente bienestar con estados de inquietante gravedad están ligados a modificaciones profundas de muchas funciones del organismo.

La bioquímica parece dar las mayores esperanzas para explicar todas estas interrogantes, sin desconocer, sin embargo, la importancia de las investigaciones anteriores (alteracio-

nes de la citoarquitectura del cerebro, anomalías de la base del cerebro, etc.), que son insuficientes para explicar la íntempesitividad y la periodicidad de la epilepsia.

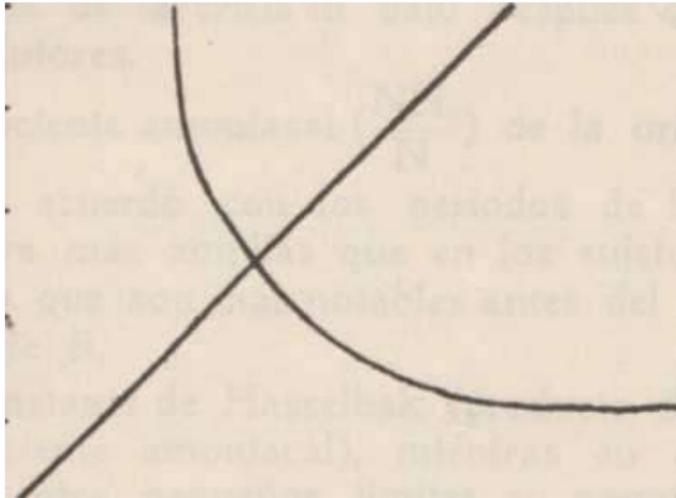
En el mismo campo bioquímico las numerosas modificaciones observadas, pueden considerarse como consecuencias, antes que como causas de la enfermedad. Las modificaciones del tubo digestivo que talvez tienen el valor de causa determinante de la crisis, no son siempre constantes, o por lo menos no son idénticas en todos los casos. El desequilibrio del sistema nervioso vegetativo, tan frecuentemente encontrado en las manifestaciones epilépticas, parece que debería tener una participación no despreciable en la provocación de la crisis convulsiva y de sus equivalentes, pero no podemos afirmar que sea la causa o al menos la primera y sola causa determinante, ya que numerosas modificaciones acompañan a este síndrome; por otra parte, las modificaciones del sistema vago-simpático artificialmente provocadas, no siempre bastan para desencadenar la crisis epiléptica, ni la parálisis del vago es suficiente para alejarla. Buscaíno emite la hipótesis de que la crisis epiléptica se debería a un schok anafiláctico provocado por las proteínas de origen tiroideo químicamente individualizadas. Esta hipótesis tampoco puede aplicarse a todos los casos.

Actualmente varios científicos franceses, americanos, han dirigido sus investigaciones al equilibrio ácido-básico en los epilépticos, obteniendo resultados lisonjeros aunque no concordantes.—Hasselbach, Rígwood, Bís-gafrd, Nowíg, Schoróder, Raflín, etc., estudiando la concentración hídrosge-niónica de la orina (que diariamente oscila entre pH4,8 y

pH 7,4) y la constante de Hasselbach ( $\Delta^3 \times 100$ ) que se

determina en la orina, han observado que en los epilépticos existe un desequilibrio entre estos dos valores que normalmente están en relación recíproca y cuyas variaciones al ser representadas según sistema de coordenadas, dan una hipérbole y sostienen que la crisis convulsiva es debida a un estado de alcalosis demostrable por el examen sistemático de la orina. Tal hipótesis que permitiría aclarar muchos puntos oscuros del problema, es confirmada en varias observaciones de carácter clínico (la crisis colvulsíva provocada por la hiperípnea experimental determina un estado de alcalosis notable).

10  
9  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1



Hiperbole contruica con los datos de la constante de Hasebach, en un sujeto normal

*de Ciencias Médicas*

Con estos antecedentes el Dr. M. Gozzano ha emprendido una serie de estudios y experiencias sobre casos de epilepsia y llega a estas conclusiones:

1. El pH de la orina de los epilécticos se comporta diferente del pH de los sujetos normales. A veces se comprueba una sorprendente fijeza de este pH que se mantiene constantemente alto en unos y constantemente bajo en otros individuos durante todo el día y por muchos días seguidos. En otros epilécticos varía muy irregularmente y que sus oscilaciones no guardan relación ni con los períodos de digestión ni con los de la crisis convulsiva. No ha observado un pH alto antes de la crisis ni bajo después de ella como afirman otros autores.

2. El cuociente amoniacal  $\frac{\text{NH}}{\text{NH}_3}$  tiene sus

oscilaciones, de acuerdo con los períodos de la digestión, pero casi siempre más amplias que en los sujetos normales. Desplazamientos que son más notables antes del acceso convulsivo y durante él.

3. La constante de Hasselbak (producto del pH urinario por el cuociente amoniacal), mientras en el individuo normal oscila entre pequeños límites y permite trazar la hipérbole de la figura (i), en los epilécticos sufre fuertes variaciones, cuyo trazado da una curva muy irregular o una hipérbole desplazada hacia arriba y a la izquierda o hacia abajo y a la derecha.

4. En los epilécticos existe, con toda probabilidad, un disturbio de la regulación del equilibrio ácido básico, el cual podrá ser demostrado por el estudio paralelo en estos individuos de la reserva alcalina y pH de la sangre y de los mecanismos que lo regulan: pH de la orina y tensión del ácido carbónico en el área pulmonar.

Sostiene que la pérdida o la introducción de ácidos en la sangre es inmediatamente corregida por los tapones de seguridad que ella posee. Para neutralizar un exceso de ácidos, posee una reserva alcalina en forma de bicarbonatos. A esta primera corrección provisional del exceso de ácido, sigue la eliminación definitiva, por expulsión del organismo a estos ácidos. El  $\text{CO}_2$  volátil se va por el pulmón, los ácidos fijos se van por el riñón. Luego la sangre reconstruye su reserva alcalina como se indicó anteriormente. Si el aporte excesivo de ácidos a la sangre es constante, su pH se mantiene

constante a expensas de su reserva alcalina que por esto disminuye (acidosis compensada). Si la producción de ácidos sobrepasa un cierto límite, los emucorios devienen insuficientes, la reserva alcalina no puede compensar más y el pH de la sangre baja produciendo una acidosis manifiesta o descompensada de breve evolución hacia la muerte.

En caso de alcalosis, el organismo primero se defiende disminuyendo la eliminación de ácido carbónico, para neutralizar el exceso de álcali, luego elimina definitivamente el exceso de álcali por el riñón, (alcalosis compensada de Van Slyke). Si el acumulo de álcali es excesivo, se tiene la alcalosis descompensada que se evidencia por el aumento del pH de la sangre y que trae la terminación fatal después de breve plazo.

*Observaciones realizadas en Quito.*

Siguiendo la técnica ya iniciada, he practicado la determinación del pH de la sangre en 16 epilépticos, cuyos casos son los siguientes:

1. °—F. M., quiteño, de 20 años de edad, soltero, no puede trabajar en nada por su enfermedad.

A. H.: su padre es alcohólico. Su madre murió con ataques. Tiene dos hermanos sanos.

A. P.: dice no haber tenido ninguna enfermedad. Recuerda que hace más de dos años fué estropeado por un toro, a consecuencia de lo cual le vinieron los ataques epilépticos de que padece y que hoy son diarios.—Los estados mental y físicos del enfermo están bastante deprimidos. Su campo intelectual es muy estrecho, su carácter es insinuante pero impulsivo a la vez. Hay amnesia para los hechos recientes, los anteriores recuerda con mucho detalle. En el Hospicio se le ha diagnosticado epilepsia esencial.

Valor de su pH en ayunas y a 16°C de temperatura = 7,70.

pH a 38° = 7,70 — 0,0 í (38 — 16) = 7,48. Alcalosis.

2. °—F. D. Colombiano, de 45 años de edad. Agricultor, casado, tiene 3 hijos sanos.

A. H. Su padre reumático, murió de avanzada edad. Su madre es sana. Familiares todos sanos.

A. P. Recuerda haber tenido sarampión, gripes y cólicos intestinales. Dice que sufre de ataques desde hace 30

años. Le empezaron cuando muchacho sin que conozca la causa; sólo notó que la crisis convulsiva se le presentaba cada vez que tomaba alcohol o que se trasnochaba. Ingresó al Hospicio porque sus ataques se le hicieron diarios. Con la vida reglamentada que hoy lleva, dice que los ataques se le presentan sólo cada 7, 10 o 15 días.

Diagnóstico puesto en el Hospicio: epilepsia esencial. pH de su sangre a 14°C de temperatura y en ayunas: 7,60. pH a 38° = 7,60—0,01 (38—14) 7,35. Toma de sangre un día después del ataque.

3. °—S. V. Ibarreño, de 33 años de edad. Sastre. Padre alcohólico. Estado mental malo. Amnesia acentuada, expresión estúpida. Carácter obediende y suave. Dice que sufre ataques desde que nació, ahora son diarios.

Diagnóstico del Hospicio: epilepsia esencial.

pH a 14°C de temperatura y después de almuerzo: 7,80

pH a 38° = 7,80 — 0,01 (38 — 14) = 7,56

4. °—I. S. G. Choteño, 40 años de edad. Chacarero. Casado, tiene 4 hijos, de los que hoy no sabe nada. No da cuenta de ningún miembro de su familia que lo dejó de muy tierno en manos de personas extrañas.

A. P. Recuerda que tuvo viruela, sarampión, fiebre tifoidea, paludismo, dolores articulares, blenorragia. A veces espectorada con pintas de sangre. Hoy se le hinchán los pies que siempre están fríos. Estado mental regular. Su memoria está algo debilitada. Sufre de ataques epilépticos desde muchacho. Actualmente dice que está próximo al ataque, ya que éstos se le presentan cada semana, entre el martes o miércoles, y hoy es lunes.

Diagnóstico del Hospicio: epilepsia esencial. pH a 14°C

después de almuerzo: 7,80 pH a 38° = 7,80 — 0,01 (38 — 14) = 7,56

5. °—E. L. Quiteño. De 19 años. Sastre. Soltero, dice que su padre es alcohólico y que sufre de los mismos ataques epilépticos. Su madre es sana, lo mismo que sus seis hermanos.

En el interrogatorio hecho demuestra grande presión mental. Dice que sufre de ataques desde hace algunos años. La cuasa de esto dice que es una caída de la barra, caída que le produjo la fractura del brazo y de la frente también, cuyas huellas conserva. Los ataques epilépticos le dan pasando un día.

La toma de la sangre le practicó unas horas antes del tiempo que según él, debe venirle el ataque.

pH a 13°C y después del almuerzo, igual a 7,80 pH a 38° = 7,80 - 0,01 (38 — 13°) = 7,55

6. °—A. G. B., de Cotacachí, 13 años de edad. Agricultor. Padre alcohólico y madre y seis hermanos sanos.

Estado mental: regular.

Dice que sufre ataques epilépticos diarios, desde que murió una hermana suya, hacen 8 años. Diagnóstico: epilepsia esencial.

La toma de sangre la practicó algunas horas antes del ataque epiléptico.

pH 14°C y después del almuerzo, igual a 7,55 pH a 38° = 7,55 — 0,01 (38 — 14) = 7,31. Murió después de pocos días en el curso de un ataque (le hicieron una punción lumbar).

7. °—J. C. S. Q. de G. Natural de Calderón, de 25 años de edad. No puede trabajar en nada. No da cuenta de las enfermedades de sus familiares, ni de sus enfermedades anteriores. Se presenta alegre y satisfecho, obsesionado por la idea del matrimonio.

Dice que sufre ataques epilépticos, desde cuando era pequeño.

Diagnóstico: epilepsia esencial.

Toma de la sangre después de almuerzo, una hora antes del tiempo en que me indican que le da el ataque.

pH a 13°C, después de almuerzo, 7,75 • pH a 38°C = 7,75 — 0,01 (38 — 13) = 7,50

8. °—J. T. Guayllabamba. 20 años de edad. Dice que no trabaja en nada. No conoce a su familia, porque no se ha criado con ellos. No da cuenta de las enfermedades por las que se le interroga, a pesar de tener un regular estado mental.

Dice que sufre ataques epilépticos desde tierno, que sabe que una tía suya murió con los mismos ataques. Sus crisis epilépticas son hoy poco frecuentes y no periódicas. pH a 15°C, después de almuerzo, 7,60 pH a 38° = 7,60 — 0,01 (38 — 15) = 7,37

9. °—R. E. V. Quiteño. 65 años de edad. Trabaja de Ayudante de los Ingenieros, casado, tiene 4 hijos sanos. Un pariente sufre de los mismos ataques epilépticos.

Sus ataques, dice, que le empezaron desde temprana edad, sin causa ninguna; que luego se le hicieron tan frecuentes que le obligaron a refugiarse en el Hospicio, Actualmente dice que le vienen cuando pasa la luna. Carácter agrable, estado mental normal.

Diagnóstico: epilepsia esencial. pH a 12°C, 7,65

pH a 38° = 7,65 — 0,01 (38 — 12) = 7,39 J. V. No se puede obtener ningún dato, porque se resiste a contestar a toda pregunta. Se le ha diagnosticado epilepsia esencial. Sus ataques epilépticos poco frecuentes, no son periódicos.

pH a 15°C, después de almuerzo, 7,65 pH a 38° = 7,65 — 0,01 (38 — 15) = 7,42.

10. —M.

B. Quiteña, 20 años de edad. Haceres domésticos. Sufre de ataques epilépticos diarios. El momento de la toma de sangre se encuentra en estado comatoso. Se le ha diagnosticado epilepsia.

pH a 14° en ayunas 7,80

pH a 38° = 7,80 — 0,01 (38 — 14) = 7,56

11. —M.

G. Chillo gallense. 30 años de edad. Cocinera. Casada. Hijos sanos. Padre alcohólico. Dice que últimamente se le han presentado los ataques epilépticos. El examen clínico indica síntomas de lesión vertical cerebral e insuficiencia del riñón.

pH a 14°C 7

pH a 38°C = 7,43 — 0,01 (38 — 14) = 7,19 Diagnóstico:

Epilepsia sintomática.

12. —P.

T. Cayambeña. 60 años de edad. Costurera, viuda, con 4 hijos sanos. Su enfermedad se diagnostica como epilepsia jacksoniana.

pH a 12°C, 7,70

pH a 38° = 7,70 — 0,01 (38 — 12) = 7,44.

13. —A.

M. Cayambeño. 20 años de edad. Peón. Soltero. Sufre de ataques epilépticos desde cuando tenía 7 años de edad, debido a una caída de caballo que le dejó inconsciente y que después de algunas horas le produjo el ataque epiléptico. Dice que hoy estos ataques le dan cada 3 o 4 días, pero que antes eran diarios.

pH a 15°C, antes de almuerzo, 7,70 pH a 38° = 7,70 — 0,01 (38 — 15), 7,47.

14. —M.

A. Quiteña. 18 años de edad.

El momento de la toma de la sangre, para su examen, se encuentra en estado de semicoma, apenas balbucea para contestar algunas preguntas. En el hospital se le diagnostica de epilepsia. Se encuentra en un verdadero mal estado. pH a 14°C, 7,80

pH a 38° = 7,80 — 0,01 (38 — 14) = 7,56.

15. —S.B. E. Otavaleña. 33 años de edad. Haceres domésticos. Soltera. Dice que toda su familia goza de buena salud. Ella sufre de cefalea permanente, de vértigos continuos que le hacen caer en estado de contractura, pero no pierde el conocimiento. Sufre también de fugas. Dice que la enfermedad le ha empezado desde hace poco tiempo como consecuencia de un golpe en la cabeza, cuya huella conserva.

Se le diagnostica de epilepsia sintomática por lesión de la corteza cerebral.

a í?°C 7

$$\text{pH a } 38^\circ = 7,55 - 0,0 \text{ í } (38 - 12) = 7,29.$$

16. —P. J. Ambateño. 21 años de edad. No puede trabajar. Los datos suministrados por el paciente son contradictorios y parecen carecer de verdad. Dice que sufre de ataques epilépticos desde hacen muchísimos años. Su estado mental está muy alterado. Es incapaz de razonar. Amnesia muy acentuada.

La toma de sangre se la practica después de almuerzo, un día antes del ataque epiléptico que se le presenta más o menos cada tres días. pH a 14°C, 7,80

## CONCLUSIONES

1°.—El pH de la sangre en casi todos los casos indica alcalosis. Sí en algunos es normal, es talvez porque la toma de sangre se ha hecho poco tiempo después de la crisis convulsiva.

2°.—Como valor máximo he encontrado un pH, 7,56, que en todos los casos ha indicado inminencia de crisis epiléptica o un estado de mal comicial.

3°.—En los casos de epilepsia sintomática por lesión cortical, tumor, hemorragia, etc., el pH está dentro de los límites normales.

4°.—Se encuentran epilépticos cuyo pH es normal, pero en éstos la crisis convulsiva ha desaparecido y parecen estar sanos.

5°.—En dos casos de epilepsia jacksoniana he constatado una ligera acidosis, atribuible al mal estado de sus ríñones en estos dos pacientes.

En resumen, la alcalosis sanguínea parece en todos los casos examinados la causa determinante del ataque epiléptico, estando éste tanto más próximo cuanto más alto es el valor de su pH. La crisis convulsiva parece jugar en cierto modo un papel defensivo en pro de la mantención del pH, ya que después de ella su valor es normal o indica ligera acidosis.

En dos casos de uremia comprobada, he encontrado acidosis con un pH = 7,25 en el un caso y de 7,20 en el otro caso, clínicamente más grave, con 1 gr. de úrea por litro de sangre.