

# Trabajos originales de la Facultad

---

CATEDRA DE TECNICA FISICA Y FISICO-QUIMICA APLICADA

Prof. Dr. J. M. CLAVERA

CATEDRA DE QUIMICA INORGANICA

FACULTAD DE CIENCIAS

Prof. Dr. J. DE D. LOPEZ GONZALEZ

*Ars Pharm.*, II, (n.º 2), 1961

## Adsorción de alcaloides por geles artificiales de Sílice - Alúmina

### I. ADSORCION DE BRUCINA

J. DE D. LOPEZ GONZALEZ y J. THOMAS GOMEZ

#### I. Introducción

Los adsorbentes utilizados en Farmacología y Toxicología responden a tres grupos de distinto carácter físico-químico. Adsorbentes con predominio de cargas residuales positivas, del tipo del hidróxido férrico, que sólo adsorben sustancias de naturaleza ácida, como el ácido arsenioso; adsorbentes con cargas residuales negativas, tales como el caolín y la arcilla, que retienen las sustancias básicas, alcaloides, colorantes básicos, gérmenes desarrollados en medios alcalinos, etc...; y adsorbentes de carácter mixto, que, como el carbón, adsorben todo tipo de sustancias, incluidas aquellas de carácter neutro, fenoles, alcoholes, aldehidos, cetonas, ésteres, etc. (1).

El adsorbente que generalmente ha sido más utilizado es el carbón, de distintas procedencias y en diferentes formas: Carbón activado ("Farmacopea Oficial Española", 9.ª edición), carbón activado oficial ("Codex Français", 7.ª edición), carbón vegetal ("Farmacopea Oficial Española", "Pharmacopea Helvetica", 5.ª edición, "British Pharmacopoeia", 1958), carbón vegetal granulado ("Farmacopea Oficial Española"), carbón adsorbente y carbón adsorbente granulado ("Pharmacopea Helvetica", 5.ª edición), carbón animal ("Farmacopea Oficial Española") y carbón animal purificado ("Codex Français", 7.ª edición).

El poder adsorbente del carbón medicinal es determinado, según la mayoría de las farmacopeas, frente al azul de metileno. La "British Pharmacopoeia" lo recomienda frente al azul de bromofenol. A. Girardet y R. Pahud

(2), llegan a establecer un método de valoración de su poder adsorbente con azul de metileno, de acuerdo con las leyes físico-químicas de la adsorción.

El caolín sólo se consigna en una forma en la "Farmacopea Oficial Española", en el "Codex Français" y en la "Pharmacopea Helvetica". La "British Pharmacopoeia" describe los siguientes: caolín pesado, caolín cataplasma y caolín ligero. Todas las formas de caolín corresponden a silicatos aluminicos hidratados naturales.

En cuanto a geles metálicos son los de aluminio los generalmente utilizados. Así, el gel de hidróxido aluminico, se describe en la "Farmacopea Oficial Española", en la "Pharmacopoeia of United States", 7.ª edición, en la "British Pharmacopoeia", 1958, etc... La "Farmacopea Oficial Española" describe también el hidróxido de aluminio seco.

Como adsorbente y neutralizante de los ácidos también se consigna el trisilicato magnésico. La 9.ª edición de la "Farmacopea Oficial Española" y la 7.ª de la "Pharmacopoeia of United States" describen un trisilicato de composición  $3 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{MgO} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

Como especialidades farmacéuticas, hay registradas infinidad de formas en el mercado nacional, constituídas por los adsorbentes antes citados, por asociaciones entre ellos o con otras sustancias de diversa actividad farmacológica. En este sentido se incluyen en la última edición del "Dedef" especialidades compuestas por carbón adsorbente, gel de silicato aluminico, ácido salicílico, y tartrato de albúmina (Carbofil); carbón activo, silicato aluminico, salol y polvo de belladona (Carbofanox); carbón animal, urotropina y benzonaftol (Carboformina); carbón vegetal activado y thiosulfato sódico (Carbón thiosulfato); carbón vegetal y carbonato cálcico (Carbón Til), etc...

Las sales de plata también se han asociado a los adsorbentes para unir la acción antiséptica a la adsorbente. Tal es el caso del Argocarbón (carbón con plata), y del Adsorgán (gel de  $\text{ClAg}$  y ácido silícico con un 10 por 100 de Argocarbón).

Los geles aluminicos han dado lugar, de igual manera, a diversísimas especialidades farmacéuticas, bien aisladamente (Alugel y Alucol), bien asociados los geles aluminicos al hidróxido magnésico (Alugel magnésico), al ácido acetil-salicílico (Alúminas), al carbón medicinal y plata (Adsorgán), etc.

También existen especialidades comerciales constituídas por silicatos de aluminio hidratados naturales (Caolinona).

Ultimamente se ha dado preferencia en Farmacología a los compuestos de aluminio, como adsorbentes y neutralizantes, y así, recientemente se consignan además del gel de hidróxido de aluminio, el fosfato, el carbonato básico y el dihidroaminoacetato de aluminio (3).

A la vista de los buenos resultados obtenidos con los compuestos de aluminio, hemos iniciado un estudio experimental de la adsorción de alcaloides tóxicos por parte de un gel de sílice-alúmina, sintetizado en la Facultad de Ciencias de Granada.

En el presente trabajo describimos los fenómenos de superficie entre el referido gel y soluciones acuosas de brucina.

## II. Materiales y métodos experimentales

### a) Adsorbentes

El gel de sílice-alúmina se ha preparado siguiendo las pautas indicadas por J. de D. López González y A. Mata Arjona (4), a partir de cantidades adecuadas de una muestra comercial de silicato sódico de 1,309 de densidad y de un contenido del 28,2 por 100 en peso de  $\text{SiO}_2$ , y de otra de aluminato sódico con un contenido de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de 3,72 por 100. La mezcla de ambas sustancias se realizó con fuerte agitación y en presencia de la suficiente cantidad de agua, con objeto de evitar la gelificación instantánea. La gelificación ulterior se provocó adicionando disolución normal de  $\text{ClNH}_4$  y agitando posteriormente.

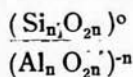
La disolución de aluminato sódico se obtuvo agregando una disolución sobresaturada de sulfato aluminico sobre otra de  $\text{NaOH}$  al 30 por 100 hasta el momento de aparición de precipitado de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . A través de esta disolución se hizo pasar corriente de aire exento de  $\text{CO}_2$  con objeto de precipitar el hierro que contuviera la disolución. Una vez decantada se filtró.

Los geles obtenidos por unión de ambas disoluciones se filtraron y secaron al aire, calentándolos después a  $150^\circ \text{C}$  durante dos horas. Se lavaron con agua destilada para eliminar sales y álcalis, y después con disolución normal de  $\text{ClNH}_4$ . Finalmente se hicieron repetidos lavados hasta la total eliminación de cloruros.

El análisis cuantitativo del gel dio el siguiente resultado :

$\text{SiO}_2$	—————	94,4	por 100
$\text{Al}_2\text{O}_3$	—————	5,28	por 100

La estructura de estos geles ha sido estudiada por Gutiérrez Ríos y Mata Arjona (5), quienes mediante estudios de difracción de rayos X, análisis térmico diferencial, valoración potenciométrica de la acidez y determinación de la superficie específica y capacidad de cambio de cationes de los mismos, llegan a la conclusión de que en la superficie de los tetraedros de aluminio tetracoordinado con oxígenos semejantes a los de la fase  $\alpha$ -cristobalita, ha de aparecer un exceso de carga negativa, debido a la trivalencia del ión aluminio :



Este exceso de carga negativa parece ser el fundamental responsable del carácter "ácido" que se le reconoce a estos geles y es la causa de la gran capacidad de adsorción de los mismos frente a sustancias de carácter básico.

### b) Adsorbato. Estructura y características.

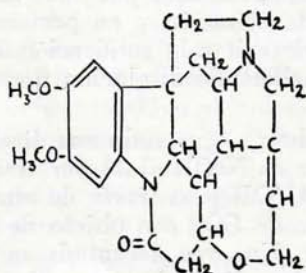
La brucina es un alcaloide que asociado a la estricnina se encuentra en la corteza del *Strychnos nux vómica* y en la del *Strychnos gaulteriana*

Las hojas del primero de estos vegetales contiene sólo brucina. Anhidra tiene un p.m. igual a 394,2.

Cristaliza con dos o cuatro moléculas de agua en el sistema monoclínico en prismas oblicuos cuadrangulares. La brucina con cuatro moléculas pierde agua con sólo exponerla al aire seco, y se anhidrizada totalmente en desecador de sulfúrico o calentándola a 100° C. La brucina anhidra funde a

178° C. Es levogira,  $[\alpha]_D^{20} = -80^{\circ}1'$

Un gramo se disuelve en: 0,8 cm<sup>3</sup> de metanol, 1,3 de etanol, 5 de cloroformo, 100 de benceno y 1.320 de agua. Su pH en soluciones acuosas es igual a 9,5;  $pK_1 = 6,04$ ;  $pK_2 = 11,70$ ;  $K_1 = 9,2 \cdot 10^{-7}$  y  $K_2 = 2,10 \cdot 10^{-12}$ .



Los ácidos sulfúrico, clorhídrico, oxálico y tartárico la disuelven y la transforman en sus correspondientes sales cristalizadas. La potasa, sosa, morfina y estricnina la desplazan de sus sales.

Con el ácido nítrico, en medio sulfúrico, adquiere coloración roja, debida a la formación de un compuesto quinónico a expensas de los grupos  $-OCH_3$ , y después amarilla, coloración que corresponde a la formación de un derivado nitrado de la quinona primitiva, compuesto llamado *cocatelina*, que con un reductor tal como el  $Cl_2Sn$  o el  $S(NH_4)_2$  pasa a violeta por originarse la *amatistina* (6) y (7).

#### e) Preparación de las disoluciones de brucina

Se han preparado disoluciones acuosas de brucina al 1, 0,75, 0,5, 0,25 y 0,10 por 100, a partir de brucina purísima Merck, desecada en vacío y calentada a 110° C. La cantidad apropiada de brucina se ha disuelto en 10 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico absoluto y luego se ha completado en matraz aforado hasta 1.000 cm<sup>3</sup>. Como se ha operado a pH diferentes, ha sido necesario ajustar la acidez por adición de cantidades variables de disolución N/10 de  $ClH$ , calculadas para cada caso. El pH se ha medido siempre con potenciómetro Pusi de electrodos de vidrio para un margen de 0 a 14, y con una aproximación de  $\pm 0,02$ .

#### d) Termostato

Se ha empleado termostato de quince litros de capacidad, lleno de agua, con regulador de mercurio, agitador eléctrico, y con una precisión de temperatura de  $\pm 0,5^{\circ} C$ .

#### e) Cantidades de disolución y de gel utilizados. Temperaturas y pH. Modo operatorio

En todos los casos se ha partido de dos gramos o de un gramo de adsorbente frente a 200 cm<sup>3</sup> o 100 cm<sup>3</sup> respectivamente de disolución ad-

cuada de brucina, colocados en matraz Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup> con tapón de vidrio. Con objeto de examinar si durante las experiencias hubo evaporación del disolvente se ha hecho siempre una prueba en blanco, comprobándose la uniformidad de concentración del adsorbato.

Se ha operado a las temperaturas de 0°, 37° y 60° C. Para la primera de dichas temperaturas se utilizó hielo comercial rodeando a una vasija que contenía los matraces Erlenmeyer dentro de agua destilada. Las medidas se comenzaron en el momento que el termómetro señalaba los 0° C, con una precisión de  $\pm 0,05^\circ$  C.

Siempre se ha medido escrupulosamente el pH de la disolución en cada caso particular, así como después de la adición del adsorbente y una vez transcurrido el tiempo apropiado para cada experiencia.

Una vez que la disolución alcanzó la temperatura deseada se adicionó el adsorbente y se agitó regularmente para lograr una total interposición. Se han estudiado las adsorciones al cabo de 1, 4, 16, 64 y 256 minutos. Transcurrido el tiempo conveniente se filtró la suspensión a través de placa de vidrio G3 provista de trompa de agua para vacío, procediéndose posteriormente a la valoración de la brucina en el filtrado. Esta valoración se ha hecho en todos los casos cuando la disolución alcanza los 15° C.

#### f) *Determinación de la brucina*

Las medidas de la concentración en brucina de las disoluciones utilizadas se han hecho a expensas de la coloración que ésta toma, en medio sulfúrico, por tratamiento con NO<sub>3</sub>H. Esta coloración es inicialmente roja, luego anaranjada, amarilla, y finalmente amarillo-verdosa. Con objeto de operar siempre en igualdad de condiciones la valoración colorimétrica se ha llevado a efecto al cabo de las cuatro horas.

Se empleó un fotocolorímetro Spekker de la firma Hilger, utilizándose un filtro de  $\lambda = 3.850-4.700$  A, para el que corresponde la máxima absorción.

En la tabla I se especifican las cantidades de cada uno de los reactivos utilizados, así como las densidades ópticas de las soluciones finales en distintos tiempos.

Tubo	Cm <sup>3</sup> de disolución de brucina al 1 por 100	Cm <sup>3</sup> de agua	Cm <sup>3</sup> de SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> de Pe=1,84	Cm <sup>3</sup> de NO <sub>3</sub> H de Pe=1,33	Densidades ópticas		
					4 h	24 h	48 h
I	2,0	6,0	1	0,5	0,592	0,580	0,540
II	1,8	6,2	1	0,5	0,542	0,523	0,508
III	1,6	6,4	1	0,5	0,510	0,482	0,456
IV	1,4	6,6	1	0,5	0,436	0,408	0,390
V	1,2	6,8	1	0,5	0,392	0,368	0,346
VI	1,0	7,0	1	0,5	0,333	0,302	0,298
VII	0,8	7,2	1	0,5	0,260	0,238	0,224
VIII	0,6	7,4	1	0,5	0,202	0,184	0,174
IX	0,4	7,6	1	0,5	0,139	0,118	0,106
X	0,2	7,8	1	0,5	0,063	0,044	0,035
Blanco	0	8,0	1	0,5	0,	0,	0,

Tabla 1.— Densidades ópticas correspondientes a sucesivas concentraciones de brucina al cabo de las 4, 24 y 48 horas.

Puede observarse que con el tiempo hay una disminución ligera en las densidades ópticas de las disoluciones, correspondiendo al cambio de color de las mismas del rojo al amarillo-verdoso. Este color se alcanza a las cuatro horas, y la disminución posterior no afecta apenas a los resulta-

dos experimentales cuando se opera siempre en igualdad de condiciones. Así se ha comprobado midiendo concentraciones de disoluciones testigo durante el desarrollo de las sucesivas experiencias. Por ello hemos optado por realizar las colorimetrías en el tiempo apuntado.

Los datos de la tabla I se han llevado a la gráfica de la figura 1, que posteriormente se ha utilizado para calcular por interpolación la concentración en brucina de las disoluciones medidas fotocolorimétricamente.

La interpolación gráfica viene en este caso afectada de un error de  $\pm 1$  por 100. Solamente se ha utilizado la parte recta de la gráfica para concentraciones comprendidas entre 0 y 1 mg por ocho cm<sup>3</sup> de disolución colorimetrada.

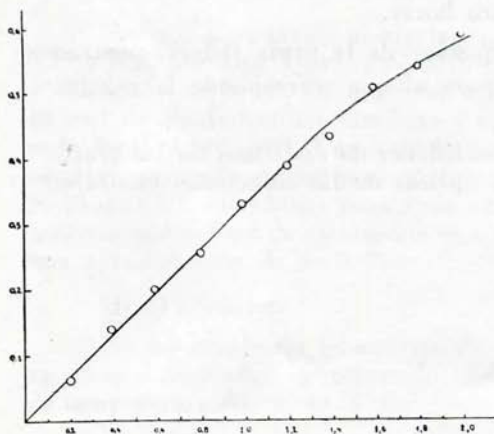


Figura 1.—En abscisas, mg de brucina contenidos en 8 cm<sup>3</sup> de la disolución standard. En ordenadas, densidades ópticas correspondientes

### III. Resultados experimentales

Independientemente de las medidas de adsorción frente al gel de sílice-alúmina se han realizado otras con carbón para análisis y tierra silícea calcinada, con objeto de establecer un criterio cuantitativo relativo de la adsorción por el gel. De acuerdo con ello se han obtenido los resultados consignados en las tablas II y III.

Tiempos	pH	Densidad óptica	% de adsorción
1'	6,60	0,	100
4'	6,80	0,	100
16'	6,80	0,	100
64'	6,80	0,	100
256'	6,80	0,	100
Blanco	6,70	0,330	—

Tabla II.—Valores de la adsorción frente a carbón animal para análisis Merck. 2 g de carbón frente 200 cm<sup>3</sup> de disolución de brucina al 0'5 por 1000, de un pH = 6,70, a la temperatura de 37° C.

Tiempos	pH	Densidad óptica	% de adsorción
1'	6,50	0,284	12
4'	6,50	0,283	13
16'	6,50	0,283	13
64'	6,50	0,283	13
256'	6,50	0,283	13
Blanco	6,70	0,330	—

Tabla III.—Valores de la adsorción frente a tierra silícea calcinada Schering-Kahlbaun 2 g de tierra silícea calcinada frente 200 cm<sup>3</sup> de disolución de brucina al 0,5 por 1000, de un pH = 6,70, a la temperatura de 37° C.

El agua destilada empleada en las experiencias tenía un valor medio de pH igual a 6,70, y 200 cm<sup>3</sup> de ella después de adicionarle 2 g. de gel de sílice-alúmina, poseían un pH igual a 7,82. En la tabla IV se resumen los datos obtenidos para la adsorción a distintas temperaturas y valores de pH de la disolución de brucina.

0° C			37° C			60° C			
<i>Disolución de brucina al 0,5 por 1000, de pH = 1,82</i>									
t	pH	Dens. ópt	% de ads.	pH	Dens. ópt	% de ads	pH	Dens ópt.	t
1'	2,20	0,250	23	2,20	0,206	37	2,20	0,218	32
4'	2,25	0,212	35	2,20	0,162	52	2,26	0,206	37
16'	2,28	0,162	52	2,25	0,134	59	2,24	0,148	55
64'	2,30	0,140	57	2,20	0,120	63	2,28	0,128	62
256'	2,28	0,136	59	2,20	0,092	72	2,26	0,114	66
Blanco	1,82	0,330	—	1,82	0,330	—	1,82	0,330	—
<i>Disolución de brucina al 0,5 por 1000, de pH = 6,84</i>									
1'	7,10	0,104	68	7,10	0,062	81	7,16	0,084	74
4'	7,16	0,082	75	7,10	0,060	82	7,14	0,078	76
16'	7,16	0,064	79	7,10	0,030	91	7,18	0,058	82
64'	7,20	0,058	82	7,15	0,029	92	7,10	0,048	85
256'	7,20	0,054	84	7,20	0,029	92	7,16	0,042	87
Blanco	6,84	0,330	—	6,84	0,330	—	6,84	0,330	—
<i>Disolución de brucina al 0,5 por 1000, de pH = 8,86</i>									
1'	8,56	0,084	74	8,60	0,056	83	8,62	0,062	81
4'	8,58	0,078	76	8,55	0,052	84	8,62	0,058	82
16'	8,60	0,062	81	8,60	0,036	88	8,64	0,054	84
64'	8,56	0,058	82	8,60	0,024	93	8,60	0,052	86
256'	8,60	0,058	82	8,60	0,024	93	8,56	0,052	86
Blanco	8,86	0,331	—	8,86	0,331	—	8,86	0,331	—

Tabla IV.—Valores de la adsorción en disoluciones de brucina al 0,5 por 1000 frente al gel de sílice-alúmina (2 g frente 200 cm<sup>3</sup> de disolución de brucina) a distintos pH y temperaturas

También se han medido las adsorciones del gel de sílice-alúmina frente a concentraciones variables de la disolución de brucina, y ésta a diferentes pH, manteniendo la temperatura a 37° C.

Los resultados se especifican en la tabla V.



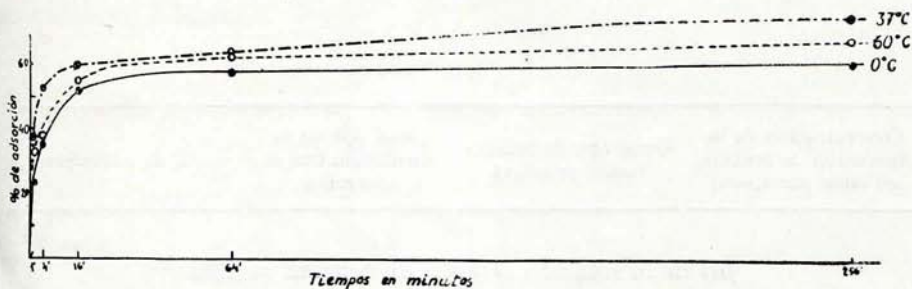


Figura 2.—Variación de la adsorción con el tiempo. Disoluciones de brucina al 0.5 por 1000, de pH = 1,82, a 0° C, a 37° C y 60° C.

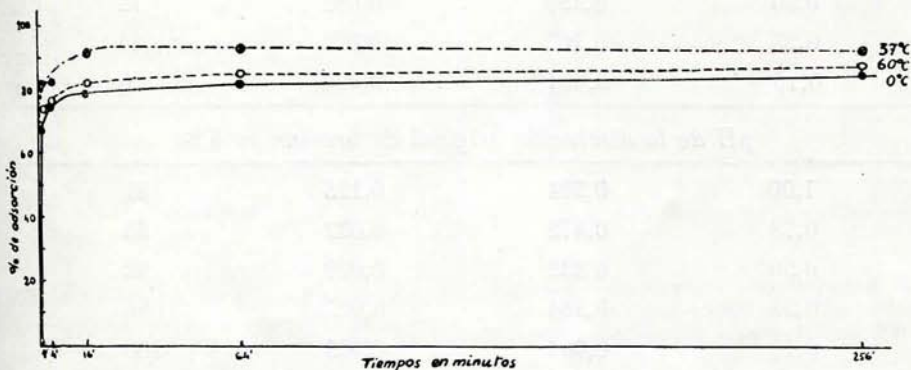


Figura 3.—Variación de la adsorción con el tiempo. Disoluciones de brucina al 0,5 por 1000 de pH igual a 6,84, a 0° C, a 37° C, y 60° C.

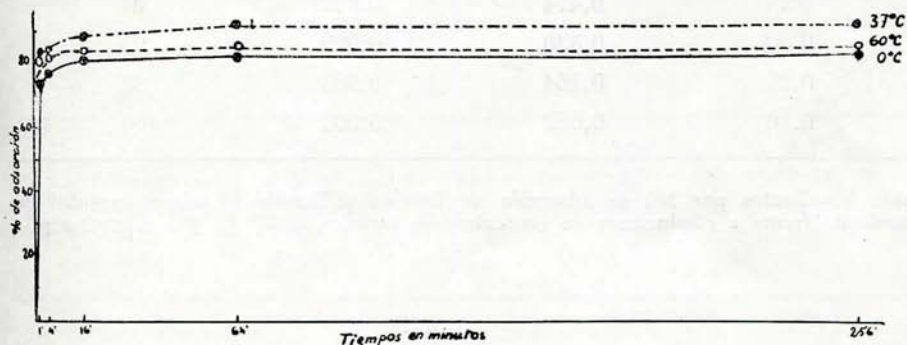


Figura 4.—Variación de la adsorción con el tiempo. Disoluciones de brucina al 0,5 por 1000, de pH igual a 8,85, a 0° C, a 37° C, y 60° C.

Concentración de la disolución de brucina (en tanto por 1,000)	Dens. ópt. de la disolución primitiva	Dens. ópt. de la disolución tras la adsorción	% de adsorción
<i>pH de la solución original de brucina = 1,82</i>			
1,00	0,594	0,304	53
0,75	0,472	0,182	62
0,50	0,330	0,092	72
0,25	0,162	0,025	84
0,10	0,064	0,000	100
<i>pH de la disolución original de brucina = 6,84</i>			
1,00	0,594	0,125	81
0,75	0,472	0,082	83
0,50	0,332	0,029	92
0,25	0,164	0,005	96
0,10	0,064	0,003	100
<i>pH de la disolución original de brucina = 8,85</i>			
1,00	0,594	0,118	82
0,75	0,474	0,072	84
0,50	0,330	0,029	93
0,25	0,164	0,003	98
0,10	0,062	0,002	100

Tabla V.—Tantos por 100 de adsorción de brucina utilizando la misma cantidad de adsorbente frente a disoluciones de concentración variable, a 37° C, y a diferentes pH.

Estos resultados se han llevado a las gráficas de la figura 5.

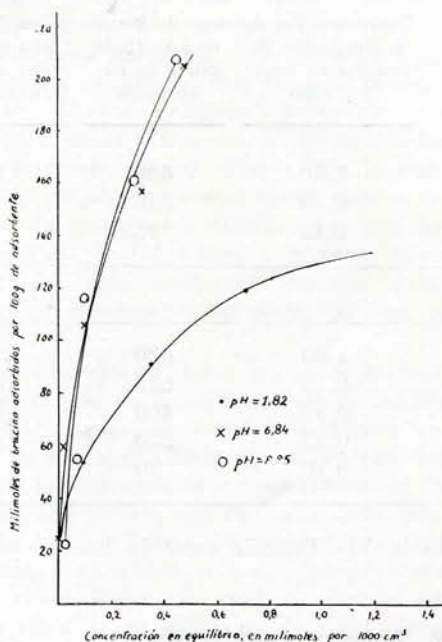
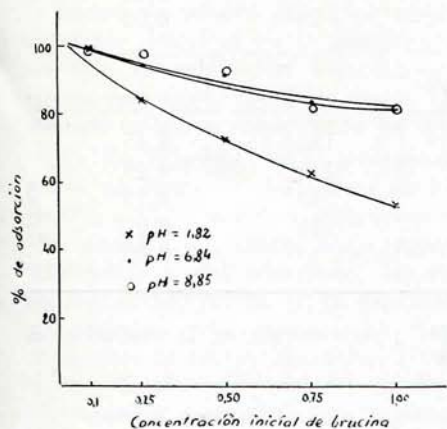


Figura 5.—Adsorción de brucina en función de la concentración de las disoluciones iniciales, a 37° C, y para diversos valores del pH

Figura 6.—En abscisas, concentración en equilibrio, en milimoles/1000 cm³. En ordenadas, milimoles de brucina adsorbida por 100 g. de adsorbente

Concentración de la disolución de brucina en tanto por 1000	mg de brucina adsorbida por g adsorbente	milimoles de brucina adsorbida por 100 g de adsorbente	Concentración en equilibrio	
			En mg/1000 cm³	En milimoles por 1000 cm³
<b>pH = 1,82</b>				
1,00	530	134	470	1,19
0,75	470	119	280	0,71
0,50	360	91	140	0,35
0,25	215	54	35	0,09
0,10	100	25	0	0
<b>pH = 6,84</b>				
1,00	810	205	205	0,48
0,75	620	157	157	0,32

Concentración de la disolución de brucina en tanto por 1000	mg de brucina adsorbida por g de adsorbente	milimoles de brucina adsorbida por 100 g de adsorbente	Concentración en equilibrio	
			En mg/1000 cm <sup>3</sup>	En milimoles por 1000 cm <sup>3</sup>
0,50	460	116	116	0,10
0,25	240	60	60	0,02
0,10	95	24	24	0,01
pH = 8,85				
1,00	820	208	180	0,45
0,75	635	161	115	0,29
0,50	460	116	40	0,10
0,25	220	55	30	0,07
0,10	90	22	10	0,02

Tabla VI.—Relación entre la brucina adsorbida y la existente en la disolución en equilibrio.

#### IV. Discusión y conclusiones

La adsorción de brucina por geles de sílice-alúmina, por nosotros preparados, es un proceso rápido, de tal forma que en todos los casos estudiados se ha conseguido, transcurridos aproximadamente unos quince minutos, una adsorción que oscila alrededor del 90 por 100 del alcaloide contenido en la disolución original, pero con la circunstancia de que la velocidad de esa adsorción disminuye con el pH. Transcurrido el primer minuto de observación solamente se adsorbe un 50 por 100 a pH igual a 1,8, mientras que durante el mismo tiempo se adsorbe un 85 por 100 a pH 6,84, y un 90 por 100 para un pH 8,85.

Por otra parte, la capacidad de adsorción de brucina aumenta notablemente al incrementar el pH, ya que según se deduce de la tabla VI y de la observación de la figura 6, a pH igual a 1,82 la saturación parece corresponder aproximadamente a unos 140 milimoles por 100 g de adsorbente. No nos ha sido posible determinar en estos dos últimos casos los valores correspondientes a la saturación por haber agotado el material adsorbente, que de haberse preparado en una segunda fase hubiese suministrado un sustratum de características físico-químicas no reproducibles totalmente.

A todos los valores de pH estudiados la cantidad de brucina adsorbida es muy superior a la capacidad de cambio del adsorbente. Quiere esto significar que las moléculas de brucina pudieran haberse adsorbido asociadas en cada posición de cambio, fenómeno que ha sido descrito recientemente para algunos colorantes orgánicos por C. H. Giles, J. J. Greczek y

S. N. Nakhwa (8), o que son adsorbidas además en zonas de la superficie del adsorbente que no corresponden a posiciones de cambio.

No se puede afirmar con seguridad que entre las moléculas de brucina se produzca un fenómeno de asociación en el seno del líquido problema, a pesar de que de la observación de la gráfica de la figura 1 pudiera entrecerse dicho hecho, incluso para concentraciones inferiores a las utilizadas en este trabajo. No se han realizado determinaciones directas de la concentración de brucina en las disoluciones estudiadas como consecuencia de la fuerte intensidad del color resultante de tratar esas disoluciones con los reactivos descritos en la parte experimental, de tal forma que para hacer sensible la valoración fotocolorimétrica ha sido necesario afectar diluciones con agua destilada hasta valores de concentración para los que se cumple satisfactoriamente la ley de Beer.

En relación con la temperatura se observa en todos los casos investigados un aumento del límite de adsorción con el incremento de la misma de 0°C a 37°C, y una disminución de 60°C (figuras 2, 3 y 4). El primer hecho pudiera explicarse si se tiene en cuenta que, dada la naturaleza del adsorbente y del adsorbato, las fuerzas fundamentales responsables de la retención de brucina en la superficie del adsorbente son de naturaleza preponderantemente química. La disminución del límite de adsorción al incrementar la temperatura hasta 60°C sería explicable si a esa temperatura se manifestase preponderancia de adsorción física, lo cual no puede ser lógicamente aceptado. Una alternativa para la explicación de este hecho podría ser la ya mencionada asociación de las moléculas de brucina que a esa temperatura de 60°C podría haber comenzado a destruirse lo que ya estaría de acuerdo con las consideraciones anteriores.

Para poder llegar a unas conclusiones más definitivas es necesario un estudio más exhaustivo del problema, lo que en la actualidad se está realizando, y que será objeto de una posterior comunicación.

En la figura 5 se han representado los fenómenos estudiados de tal forma que nos faciliten una idea aproximada de tipo cuantitativo de la adsorción que realiza el gel de sílice-alúmina frente a disoluciones de concentraciones próximas entre sí, en contraste con la total adsorción que ejercen otros adsorbentes, como el carbón activo, tal como se consigna en la tabla II. Estas diferencias pudieran apuntar un camino para la separación por adsorción de sustancias que estructuralmente próximas entre sí presenten fenómenos de adsorción diferenciables frente a los geles de sílice-alúmina.

## RESUMEN

La adsorción por parte de geles de sílice-alúmina de brucina contenida en disoluciones acuosas presenta un máximo valor para cifras altas del pH, así como para temperaturas próximas a los 37° C. A temperaturas inferiores y superiores a las citadas se presenta una disminución de la adsorción, lo que se pretende atribuir a fenómenos de asociación por parte de las moléculas de brucina disueltas.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) E. STARKENTEIN. *Tratado de Farmacología, Toxicología y Arte de recetar*, Editorial Labor, pág. 54.
- (2) A. GIRARDET y R. PAHUD, II, 534. 1958. *Pharmacia Mediterranea*.
- (3) New and Monofficial Drugs 1960, J. B. Lippincott Company, Philadelphia-Montreal, 1960, pág. 482.
- (4) J. DE D. LOPEZ GONZALEZ y A. MATA ARJONA, An. de Edaf. y Fisiol. Veg.: XVII, 93 (1958).
- (5) E. GUTIERREZ RIOS y A. MATA ARJONA, An. Real Soc. Esp. Fis. Quim. LVI (B), 881-96 (1960).
- (6) C. TORRES, *Tratado de Química Orgánica*, II, pág. 1.267, 1945.
- (7) The Merck Index, pág. 172, 1960.
- (8) C. H. GILES, J. J., GRECZEK y S. N. NAKHWA, *Journal of the Chemical Society*, 93-95, Enero, 1961.