

Universidad Nacional Autónoma de México
Universidad Femenina de México

CAPACIDAD AMORTIGUADORA DE LAS PARTES VERDES
DEL CHICHARO EN RELACION CON LAS CONCENTRA-
CIONES DE FOSFATOS Y PROTEINAS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A
MARIA ESTELA YEPEZ IZQUIERDO

México, D. F.

1 9 6 4



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

BIBLIOTECA DE CIENCIAS



CAPACIDAD AMORTIGUADORA DE LAS PARTES VERDES
DEL CHICHARO EN RELACION CON LAS CONCENTRA-
CIONES DE FOSFATOS Y PROTEINAS

TESIS PROFESIONAL

MARIA ESTELA YEPEZ IZQUIERDO

México, D. F.

1964

Dedico el presente trabajo a mis queridos padres, hermana, abuelos y demás parientes y amigos que me han brindado su apoyo. Lo dedico tambien a todos mis maestros especialmente a la Sra. Q.F.B. Ma. del Pilar R. de B. lausteguigoitia, que con sus enseñanzas y ejemplo ha hecho posible la culminación de mis estudios.

SUMARIO

- I.- INTRODUCCION
- II.- ANTECEDENTES
- III.- MATERIAL Y METODOS
- IV.- RESULTADOS
- V.- CONCLUSIONES
- VI.- BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

Las reacciones enzimáticas que se efectúan en las células vivas están íntimamente ligadas a la variabilidad de iones hidrógeno, por lo que se ha tratado de encontrar la relación que existe entre la capacidad amortiguadora de las células vegetales y sus concentraciones en fosfatos y proteínas, ya que es un hecho repetidamente comprobado el papel decisivo que ambos desempeñan como amortiguadores en una gran variedad de especies animales.

En los vegetales se ha señalado la influencia de los fosfatos como amortiguadores en términos generales, asociándolo a otros compuestos. En este aspecto las experiencias realizadas han tenido por objeto ver hasta qué punto llega tal influencia, variando las concentraciones en plantas, hasta donde fué posible, por procedimientos que se detallarán en el capítulo correspondiente.

El vegetal de experimentación que se usó en este trabajo fué el chícharo (*Pisum sativum*), que es una leguminosa de rápido crecimiento y cuyas características de tallo y hojas permiten fácilmente la extracción del jugo celular. Las determinaciones se llevaron a cabo en las partes verdes de la planta, debido a la importancia que tienen éstas en el metabolismo vegetal y, con objeto de variar las concentraciones de fósforo y de nitrógeno proteico, se la hizo crecer en dos medios distintos: agua destilada y tierra común.

ANTECEDENTES

Diversos experimentos realizados a mediados del siglo XIX - han demostrado en forma terminante que para el normal desarrollo de las plantas solo es necesario un número limitado de elementos.

Chivo y Tottinham⁽⁷⁾ han usado una solución forzada solamente por tres sales: NH_4PO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 con vestigios de una sal de hierro. Las plantas crecidas en estas soluciones se desarrollaban tan bien como en las suelos más fértiles y daban cosechas excelentes. Los elementos comunes usados en las soluciones nutritivas, son absolutamente necesarios para que el crecimiento vegetal se verifique con normalidad; cualquiera de ellos que se excluya provoca una detención en este proceso y finalmente la muerte.

Los elementos indispensables para las plantas, encontrados en las cenizas se pueden clasificar en dos grupos:

- a) no-metálicos: azufre y fósforo
- b) metálicos: potasio, calcio, magnesio y hierro.

El fósforo desempeña un papel fundamental en gran número de reacciones enzimáticas; es un constituyente invariable del núcleo celular y es, asimismo, esencial para la división de las células y para el desarrollo de los tejidos meristemáticos, en los cuales puede demostrarse su presencia utilizando como fertilizante fósforo radiactivo.

Las plantas lo absorben principalmente como ión ortofosfato monovalente H_2PO_4^- , que comúnmente se designa como ión fosfato. No todas las plantas tienen la misma capacidad para aprovechar los fosfatos: las gramíneas y leguminosas productoras de granos son más aptas que las especies de raíces profundas.

La naturaleza química de los fosfatos que contiene el suelo varía de conformidad con su reacción. Cuando el suelo es alcalino predomina el ión PO_4^{-3} , muy poco soluble y difícilmente aprovechable por las plantas, además si hay abundancia de cal, se forman fosfatos de calcio complejos, como la oxipatita $\text{[(PO}_4)_2 \text{Ca}_3] \text{CaO}$. A un pH moderadamente ácido los iones dominan con el HPO_4^{-2} y el $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ y a medida que aumenta la acidez, aumenta la presencia del ión más fácilmente aprovechable por las plantas: $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$. (10)

Gran parte de los iones $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ absorbidos por la planta, casi un 90%, se abandonan al estado de ión, desempeñando un papel de poca importancia en el proceso regulador de la concentración activa de iones, como sistema amortiguador. (7) Refiriéndose a la ecuación de Henderson-Hasselbalch: $\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{\text{sal}}{\text{ácido}}$ (2), los iones $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$, tienen una actuación como ácidos y los iones HPO_4^{-2} , como sal, constituyendo así el sistema amortiguador.

Se puede afirmar sin grave error que todas las semillas son ricas en fósforo. Fisiológicamente el hecho es muy importante porque este elemento está relacionado con los fenómenos de la germinación, durante los cuales participa en los críticos procesos iniciales de la vida, asegurando la conservación de las nuevas plantas. (10)

Los catalizadores o enzimas de las células son extremadamente sensibles a variaciones de acidez y pueden ser completamente inactivados por ligeros incrementos positivos o negativos en las concentraciones de iones hidrógeno. Así pues la acidez de las células varía dentro de límites muy estrechos. (3)

En investigaciones efectuadas para conocer los sistemas amortiguadores de las células vegetales se advierte que dichos sistemas son sumamente complejos. Toda la información actual obtenida referente a la acción amortiguadora vegetal, está basada sobre determinaciones hechas en jugo celular. (8)

Los ácidos orgánicos presentes en las plantas están combinados en mayor o menor grado con cationes minerales, constituyendo así un sistema amortiguador, que es de importancia no solamente en la determinación del pH de las células, sino además, suministrando alguna protección a éstas, frente a agentes externos, que de otro modo causarían alteraciones drásticas en el pH celular. (1)

Algunos de los ácidos principales del sistema amortiguador vegetal son: carbónico, fosfórico, cítrico, málico, tartárico y oxálico, (2). -- En los elementos ferenderos de bases en las sales que pueden servir como componentes del sistema amortiguador están: sodio, calcio, potasio, y magnesio.

Los ácidos de las células de la planta en adición a su función como amortiguadores pasivos, actúan como sistemas flexibles que cambian -- cualitativamente de una manera apropiada para resolver los problemas que pueden presentarse en la absorción de minerales. La operación del sistema ácido de la planta es particularmente importante en relación con la preservación del balance iónico durante la absorción de los minerales y la producción de aniones ácidos. (1)

Meyer y Anderson (3) se refieren al sistema carbonato y fosfato como dos de los amortiguadores importantes ya que tienen origen en las sustancias absorbidas por la planta del medio ambiente y de éstos el sistema fosfato es el único de los que se encuentran en las plantas que puede ser clasificado como sistema amortiguador de elementos minerales.

La mayoría de las sustancias mencionadas se encuentran en las vacuolas. Las sustancias responsables de la amortiguación en el protoplasma no son conocidas, sin embargo, se supone que las proteínas tienen dicho efecto. (5) Por lo que se refiere a la variabilidad, se ha visto que el protoplasma está más amortiguado que el jugo celular contenido en las vacuolas (6) ya que en algunos casos el pH puede ser marcadamente alterado por simple adición --

de CO_2 . (5)

Debe tenerse en cuenta que los procesos biológicos importantes se verifican en el protoplasma celular y que cualquier cambio de pH afectaría de una manera considerable su metabolismo. En cambio las vacuolas que actúan como almacenes de las sustancias de reserva, tienen una tolerancia a los cambios de pH y por lo tanto se necesitan una amortiguación constante.

Diversas experiencias se han llevado a cabo para determinar el pH de las células. Tanto Mayer y Anderson (6) como Jacobs Lovitt (7), usan el método de los colorantes donde es posible determinar el pH de la vacuola y del citoplasma independientemente, basándose en el cambio de color de los indicadores.

El pH del protoplasma es mucho más difícil de determinar debido en parte a la gran cantidad de ácido vacuolar que se mezcla con él. Es evidente que generalmente el protoplasma animal tiene un pH cerca de la neutralidad y tomando en cuenta los errores del método usado, se supone que el protoplasma vegetal tiene su pH casi neutro.

La suposición de que las proteínas son factores importantes en el sistema amortiguador está solidamente basada, por las características de la molécula proteica, ya que como se sabe pueden tener una carga positiva o negativa, según el medio en que se encuentren: si el medio es ácido con respecto a su punto isoelectrico, actuarán ellas como iones positivos, si es alcalino, serán iones negativos. Cuando en una proteína la disociación de iones iguales a la alcali : se dice que está en su punto isoelectrico, aunque este punto no corresponde necesariamente al pH de 7. Cada proteína tiene un diferente punto isoelectrico, aunque la mayoría de las proteínas de las células vegetales lo tienen generalmente del lado alcalino. (9)

MATERIAL Y METODOS

Con objeto de reducir las concentraciones de fósforo y de nitrógeno proteico en la planta de chícharo, se sembró y se le hizo crecer en agua destilada. La mayor parte de semillas sembradas no germinaron y las que lo hicieron tuvieron un crecimiento muy desigual, por lo general muy lento, sus hojas eran muy pequeñas y sus tallos muy delgados, presentando en pocos días clorosis en las partes inferiores. Cuando empezaban a secarse las hojas inferiores, se cortaron las plantas para extraer el jugo celular.

Como medio para obtener el jugo celular de las hojas y tallos del chícharo se usó un extractor: el jugo obtenido se puso frente a cantidades crecientes de soluciones .01N, .02N, .03N de ácido clorhídrico y de hidróxido de sodio, llevando a cabo las valoraciones de pH con un potenciómetro Beckman model G, Ser 7229.

La valoración del fósforo se llevó a cabo por medio del método volumétrico del fosfomolibdato. (11)

Reactivos:

- Ac. nítrico concentrado
- Ac. nítrico diluido al 5%
- Ac. nítrico .1N
- Fenolftaleína solución alcohólica al 1%
- Hidróxido de sodio .1N
- Nitrato de amonio
- Nitrato de potasio solución 1%
- Reactivo mofbídico (técnica original)

Técnica.- El jugo celular se calcinó con objeto de destruir la materia orgánica, las cenizas se disolvieron en agua acidulada con ácido nítrico. Se neutralizó y se agregaron de 2 a 3 ml de ácido nítrico concentrado y 10g. de nitrato de amonio; se calentó a 40°C mas o menos, agregándole 60 ml del reactivo de Mo-

isólato de amonio previamente filtrado y calentado a 50°C.

Se agitó por 5 minutos, dejándose en reposo en un baño de --
37°C por espacio de 15 minutos. Para filtrar el precipitado se usó papel espe--
cial para precipitados amarillos (Whatman No.7), se lavó una vez con ácido ní--
trico diluido (5%) y después con solución de nitrato de potasio al 1% hasta que
se dió reacción ácida. El papel con el precipitado se colocó en el mismo ma--
tras en que se llevó a cabo la precipitación, agregándole una cantidad medida -
de hidróxido de sodio .1N .

Se agitó hasta disolución del precipitado. El exceso de hi--
dróxido de sodio se tituló con ácido nítrico .1N en presencia de fenolftaleína

1 ml de NaOH .1N = 0.000135 g. de fósforo (11)

Para valorar las proteínas se usó el método de Kjeldahl-Gu--
nning-Arnold. (4)

Reactivos: Ac. clorhídrico .1N
 Ac. sulfúrico concentrado
 Hidróxido de sodio .1N
 Hidróxido de sodio solución 1N
 Rejo de nitrilo, solución alcohólica .2N

 Sulfato de cobre

 Sulfato de sodio

Técnica.- Se pesaron con exactitud alrededor de 5g. de jugo colular, colocá--
dose en el matras de Kjeldahl junto con .5g de sulfato de cobre, 5g de sulfato
de sodio y 25 ml de ácido sulfúrico concentrado. El matras se fijó en una po--
sición de 45° y se calentó lentamente hasta punto de ebullición.

Se colocó un embudo pequeño en la boca del matras con objeto
de condensar los vapores. La temperatura se aumentó ligeramente manteniendo --
una ebullición regulada hasta que la solución contenida en el matras quedó lí--
geramente azulada. (En algunos casos la solución queda completamente transparen--
te o amarilla). El matras se dejó enfriar lentamente y después se colocó en un

recipiente con hielo. Se agregaron 200 ml de agua destilada fría y se estratificó lentamente con 40 ml de lejía de sosa (1N), previamente enfriada sobre hielo.

El matraz se colocó en un sistema de destilación, en el que una vez fijado se agitó. El destilado se recibió en 50 ml de ácido clorhídrico .1N que contenía un indicador, (rojo de metilo al .2%). El extremo del refrigerante se colocó dentro de dicha solución con objeto de que el amoníaco desprendido se absorbiera con éste ácido.

El exceso de ácido clorhídrico se tituló con hidróxido de sodio .1N reportándose en gramos por ciento de nitrógeno. Para convertirlo en nitrógeno proteico se multiplica por el factor 6.25

Por lo general se hace un blanco, que tiene por objeto valorar el nitrógeno que pudieran tener los reactivos, para restarlo del resultado obtenido en el problema. El procedimiento es igual al descrito anteriormente y la muestra usada es un azúcar.

RESULTADOS

Las determinaciones se llevaron a cabo en 14 muestras de jugo celular, realizadas en cada una de ellas 25 determinaciones de pH correspondientes a cantidades crecientes de ácido clorhídrico (pH_1) y 25 determinaciones para cantidades crecientes de hidróxido de sodio (pH_2). Los límites de estas concentraciones fueron de .005 N. a .210 N.

Se emplearon tres concentraciones diferentes tanto de ácido clorhídrico como de hidróxido de sodio: .01N, .02N, .03N. Esto se hizo con el objeto de no obtener grandes volúmenes para las concentraciones superiores y al mismo tiempo disminuir en lo posible, los errores en las concentraciones inferiores.

El volumen de problema para todas las determinaciones fué de 2 ml.

Las determinaciones de pH fueron acompañadas por valoración de fósforo total y nitrógeno proteico.

TABLA No. 1

Sém.	Req.	pH ₁	pH ₂
1	.005	6.07	6.42
2	.010	5.85	6.64
3	.015	5.67	6.76
4	.020	5.65	6.98
5	.025	5.20	7.10
6	.030	5.06	7.28
7	.035	4.95	7.48
8	.040	4.76	7.60
9	.045	4.65	7.66
10	.050	4.54	7.82
11	.060	4.32	7.95
12	.070	4.09	8.11
13	.075	4.05	8.15
14	.080	4.07	8.25
15	.090	3.81	8.31
16	.100	3.65	8.41
17	.105	3.67	8.41
18	.120	3.46	8.55
19	.135	3.32	8.60
20	.140	3.35	8.65
21	.150	3.21	8.72
22	.180	3.00	8.75
23	.210	2.85	9.10

Proteínas 4.32 g/l
 Hicofere .007 g/l

Amortiguación alcalina .037
 Amortiguación ácida .051

pH inicial del jugo 6.21

TABLA No. 2

Mm.	Naq.	pH ₁	pH ₂
1	.004	6.19	6.47
2	.010	6.07	6.54
3	.015	5.67	6.02
4	.020	5.65	7.65
5	.025	5.63	7.51
6	.030	5.50	7.42
7	.035	5.35	7.63
8	.040	5.24	7.73
9	.045	5.19	7.60
10	.050	5.05	8.12
11	.060	4.90	8.25
12	.070	4.75	8.57
13	.075	4.72	8.50
14	.080	4.61	8.71
15	.090	4.56	8.84
16	.100	4.45	9.10
17	.105	4.39	9.35
18	.120	4.15	9.51
19	.135	4.05	9.29
20	.140	3.90	9.72
21	.150	3.79	10.23
22	.160	3.52	10.60
23	.210	3.36	10.60

Proteínas 3.22 g/l
 Fósforo .0139 g/l

Amortiguación alcalina .025
 Amortiguación ácida .057

pH inicial del jugo 6.13

TABLA No. 2

Edm.	Meq.	pH ₁	pH ₂
1	.005	5.77	6.10
2	.010	5.65	6.27
3	.015	5.55	6.39
4	.020	5.57	6.13
5	.025	5.23	6.79
6	.030	5.04	6.87
7	.035	4.91	7.11
8	.040	4.82	7.24
9	.045	4.65	7.30
10	.050	4.45	7.52
11	.060	4.31	7.67
12	.070	4.15	7.89
13	.075	4.08	7.81
14	.080	3.90	8.04
15	.090	3.81	8.10
16	.100	3.61	8.29
17	.105	3.61	8.19
18	.120	3.42	8.35
19	.135	3.37	8.44
20	.140	3.27	8.65
21	.150	3.25	8.65
22	.160	2.91	8.71
23	.210	2.85	8.90

Proteínas 4.06 g
 Fósforo .012 g

Amortiguación alcalina .057
 Amortiguación ácida .035

pH inicial del jugo 5.65

TABLA No. 4

Nº.	Req.	PH ₁	PH ₂
1	.005	6.75	6.60
2	.010	6.22	7.26
3	.015	6.04	7.37
4	.020	5.69	7.40
5	.025	5.62	7.35
6	.030	5.47	7.79
7	.035	5.56	8.10
8	.040	5.20	8.35
9	.045	5.15	8.47
10	.050	5.09	8.62
11	.060	4.92	8.89
12	.070	4.80	9.15
13	.075	4.45	9.15
14	.080	4.65	9.22
15	.090	4.52	9.45
16	.100	4.41	9.60
17	.105	4.52	9.65
18	.120	4.16	9.92
19	.135	3.97	10.15
20	.140	3.92	10.50
21	.150	3.75	10.59
22	.160	3.59	10.75
23	.210	3.28	10.95



Proteína 2.0 g/l
 Densidad .010 g/l

Amortiguación alcalina .015
 Amortiguación ácida .035

pH inicial del jugo 6.49

TABLA No. 5

Mo.	Mm.	pH ₁	pH ₂
1	.005	9.82	6.72
2	.010	9.55	7.19
3	.015	9.27	7.30
4	.020	4.78	7.49
5	.025	4.50	7.60
6	.030	4.19	7.92
7	.035	3.87	8.29
8	.040	3.74	8.19
9	.045	3.62	8.26
10	.050	3.52	8.26
11	.060	3.17	8.52
12	.070	2.97	8.77
13	.075	2.81	8.65
14	.080	2.90	8.75
15	.090	2.71	8.89
16	.100	2.63	8.94
17	.105	2.61	8.93
18	.120	2.52	8.90
19	.135	2.37	9.21
20	.140	2.31	9.32
21	.150	2.15	9.35
22	.180	2.13	9.65
23	.210	2.08	9.90

Proteínas 4.03 
 Fosforo .006 

Amortiguación alcalina .026
 Amortiguación ácida .027

pH inicial del jugo 5.95

TABLA No. 6

N ^o .	Req.	pH ₁	pH ₂
1	.005	6.07	6.42
2	.010	5.85	6.60
3	.015	5.67	6.76
4	.020	5.45	6.94
5	.025	5.29	7.13
6	.030	5.06	7.33
7	.035	4.95	7.49
8	.040	4.76	7.60
9	.045	4.60	7.66
10	.050	4.54	7.62
11	.060	4.32	7.93
12	.070	4.07	8.11
13	.075	4.09	8.15
14	.080	4.05	8.23
15	.090	3.81	8.31
16	.100	3.67	8.41
17	.105	3.65	8.41
18	.120	3.46	8.55
19	.135	3.32	8.60
20	.140	3.25	8.65
21	.150	3.21	8.72
22	.180	3.00	8.89
23	.210	2.67	9.00

Proteínas	4.5	Amortiguación alcalina	.037
Péctico	.0072	Amortiguación ácida	.051

pH inicial del jugo 6.2

TABLA No. 1

Edad.	Sexo.	PH ₁	PH ₂
1	.009	6.02	6.02
2	.010	6.96	6.67
3	.015	6.04	6.22
4	.020	6.62	7.25
5	.025	6.67	7.49
6	.030	6.72	7.22
7	.035	6.31	7.51
8	.040	6.32	8.32
9	.045	6.02	8.02
10	.050	6.07	8.32
11	.060	6.62	6.74
12	.070	6.21	6.61
13	.075	6.61	6.62
14	.080	6.62	9.31
15	.090	6.67	9.25
16	.100	6.62	9.22
17	.105	6.72	9.62
18	.120	6.22	9.62
19	.135	6.11	9.01
20	.140	6.11	10.62
21	.150	6.92	10.62
22	.160	6.02	10.22
23	.210	5.75	11.02

Proteínas 2.22
 Fosforo .077

Amortiguación alcalina .021
 Amortiguación ácida .044

PH inicial del jugo 6.12

Tabla No. 8

Vol.	Req.	pH-1	pH-2
1	.009	5.77	6.10
2	.010	5.65	6.27
3	.019	5.93	6.30
4	.020	5.77	6.45
5	.025	5.73	6.79
6	.030	5.04	6.67
7	.035	6.31	7.11
8	.040	4.82	7.24
9	.045	4.65	7.30
10	.050	4.45	7.52
11	.060	4.51	7.67
12	.070	4.13	7.89
13	.075	4.08	7.81
14	.080	3.90	7.05
15	.090	3.82	8.10
16	.100	3.61	8.29
17	.105	3.61	8.19
18	.120	3.42	8.36
19	.135	3.37	8.44
20	.140	3.27	8.69
21	.150	3.23	8.69
22	.160	2.91	8.72
23	.210	2.65	8.90

Proteínas 4.21 g/l
 Fosforo .013 g/l

Amortiguación alcalina .034
 Amortiguación ácida .035

pH inicial del jugo 5.63

TARLA No. 2

Nda.	Req.	pH ₁	pH ₂
1	.005	6.07	6.42
2	.010	5.86	6.62
3	.015	6.67	6.17
4	.020	5.45	6.87
5	.025	5.28	7.12
6	.030	5.06	7.29
7	.035	4.95	7.48
8	.040	4.76	7.49
9	.045	4.65	7.66
10	.050	4.54	7.83
11	.060	4.32	7.95
12	.070	4.09	6.06
13	.075	4.05	6.19
14	.080	4.07	6.33
15	.090	3.80	6.31
16	.100	3.65	6.41
17	.105	3.67	6.41
18	.120	3.47	6.55
19	.135	3.32	6.60
20	.140	3.24	6.65
21	.150	3.21	6.72
22	.160	3.00	6.85
23	.210	2.85	6.00

Proteínas 4.15 *ca*
 Fósforo .007 *ca*

Amortiguación alcalina .057
 Amortiguación ácida .071

pH inicial del jugo 6.2

TABLA No. 10

Núm.	Req.	pH ₁	pH ₂
1	.005	5.02	6.21
2	.010	5.55	6.00
3	.015	5.84	6.03
4	.020	5.69	7.29
5	.025	5.67	7.49
6	.030	5.39	7.50
7	.035	5.31	7.91
8	.040	5.22	8.02
9	.045	5.09	8.05
10	.050	5.07	8.38
11	.060	4.69	8.56
12	.070	4.81	8.81
13	.075	4.61	9.00
14	.080	4.69	9.11
15	.090	4.47	9.23
16	.100	4.45	9.52
17	.105	4.32	9.61
18	.120	4.25	9.69
19	.135	4.11	9.91
20	.140	4.11	10.20
21	.150	3.90	10.21
22	.180	3.81	10.71
23	.210	3.75	11.05

Proteínas 2.9 g
 Fosforo .095 g

Amortiguación alcalina .021
 Amortiguación ácida .044

pH inicial del jugo 6.11

TABLA No. 11

Ma.	Req.	pH ₁	pH ₂
1	.005	5.62	6.72
2	.010	5.55	7.15
3	.015	5.27	7.30
4	.020	4.78	7.49
5	.025	4.50	7.66
6	.030	4.19	7.92
7	.035	3.67	8.23
8	.040	3.74	8.19
9	.045	3.62	8.25
10	.050	3.52	8.28
11	.060	3.17	8.62
12	.070	2.72	8.77
13	.075	2.81	8.63
14	.080	2.90	8.75
15	.090	2.71	8.83
16	.100	2.63	8.93
17	.105	2.61	8.94
18	.120	2.52	9.10
19	.135	2.37	9.22
20	.140	2.51	9.32
21	.150	2.15	9.35
22	.160	2.13	9.63
23	.210	2.06	9.90

Proteínas 4.13 g
Fósforo .007 g

Amortiguación alcalina .025
Amortiguación ácida .0250

pH inicial del jugo 9.90

Tabla No. 12

Sis.	Meq.	pH ₁	pH ₂
1	.005	6.08	6.40
2	.010	5.87	6.64
3	.015	5.67	6.77
4	.020	5.45	6.69
5	.025	5.28	7.10
6	.030	5.06	7.29
7	.035	4.95	7.40
8	.040	4.76	7.60
9	.045	4.63	7.66
10	.050	4.54	7.83
11	.060	4.32	7.99
12	.070	4.09	8.08
13	.075	4.05	8.15
14	.080	4.07	8.23
15	.090	3.80	8.51
16	.100	3.65	8.41
17	.105	3.67	8.41
18	.120	3.47	8.55
19	.135	3.32	8.60
20	.140	3.25	8.55
21	.150	3.21	8.72
22	.180	3.00	8.82
23	.210	2.89	9.20

Proteínas 0.39 g
 Póscero .0082 g

Amortiguación alcalina .0515
 Amortiguación ácida .055

pH inicial del jugo 6.21

TABLA No. 11

N ^o .	Req.	pH ₁	pH ₂
1	.009	6.59	6.99
2	.010	6.22	7.15
3	.015	6.04	7.37
4	.020	5.68	7.69
5	.025	5.62	7.99
6	.030	5.47	7.79
7	.035	5.34	8.10
8	.040	5.20	8.33
9	.045	5.14	8.67
10	.050	5.09	8.62
11	.060	4.92	8.60
12	.070	4.80	8.19
13	.075	4.45	9.19
14	.080	4.45	9.32
15	.090	4.52	9.49
16	.100	4.61	9.60
17	.105	4.32	9.69
18	.120	4.15	9.22
19	.135	3.97	10.19
20	.140	3.92	10.60
21	.150	3.79	10.59
22	.160	3.39	10.79
23	.210	3.07	11.09

Proteínas 2.5 g
 Muestra .0025g

Amortiguación alcalina .050
 Amortiguación ácida .021

pH inicial del jugo 6.45

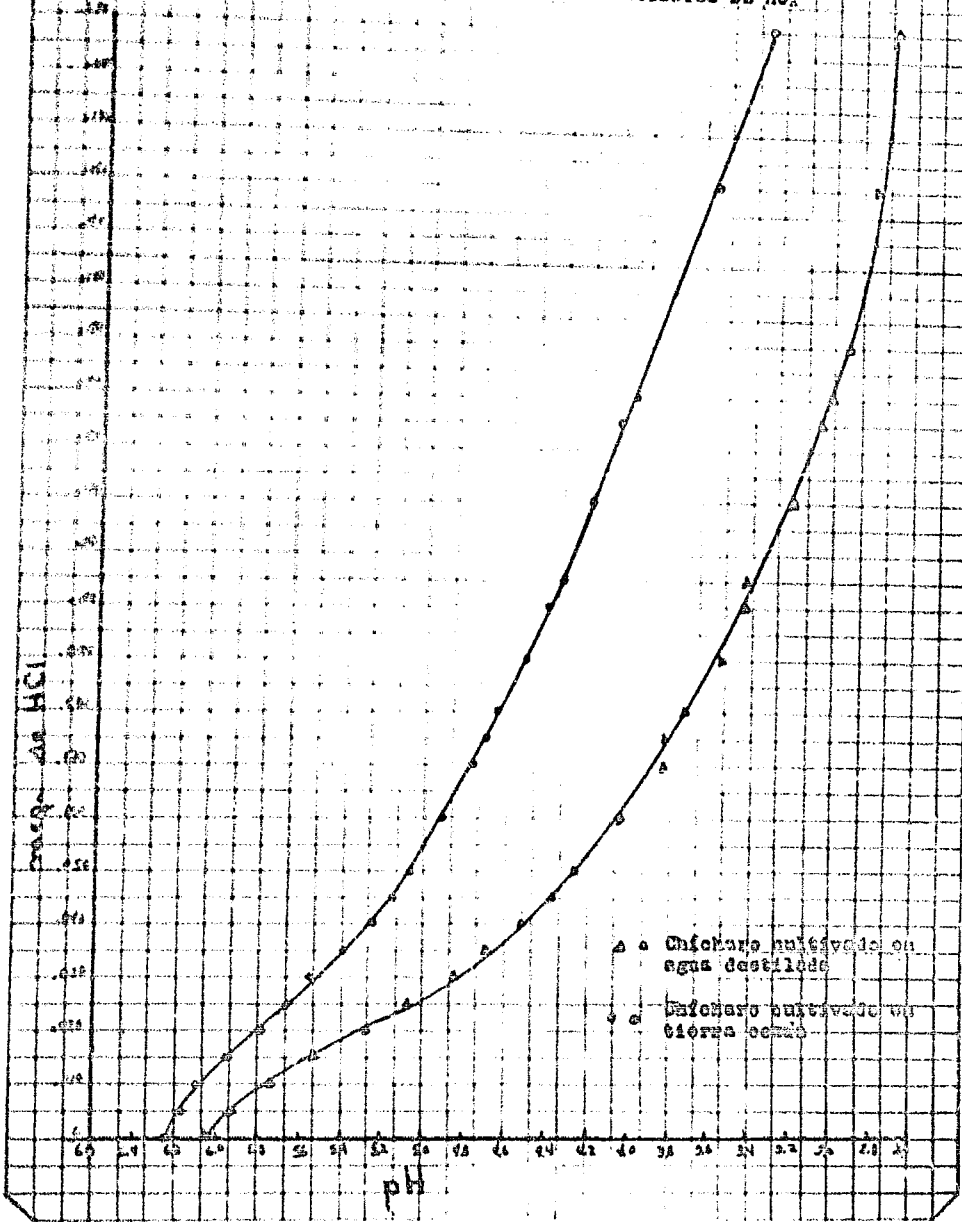
TABLA No. 14

Eda.	Mgq.	pH ₁	pH ₂
1	.005	6.19	6.47
2	.010	6.07	6.54
3	.015	5.87	6.62
4	.020	5.85	7.06
5	.025	5.63	7.31
6	.030	5.50	7.45
7	.035	5.35	7.65
8	.040	5.24	7.75
9	.045	5.19	7.80
10	.050	5.05	8.10
11	.060	4.90	8.26
12	.070	4.75	8.57
13	.075	4.72	8.50
14	.080	4.61	8.72
15	.090	4.56	8.84
16	.100	4.45	9.10
17	.105	4.59	9.01
18	.120	4.15	9.33
19	.135	4.05	9.31
20	.140	3.90	9.29
21	.150	3.59	9.72
22	.180	3.32	10.22
23	.210	3.26	10.60

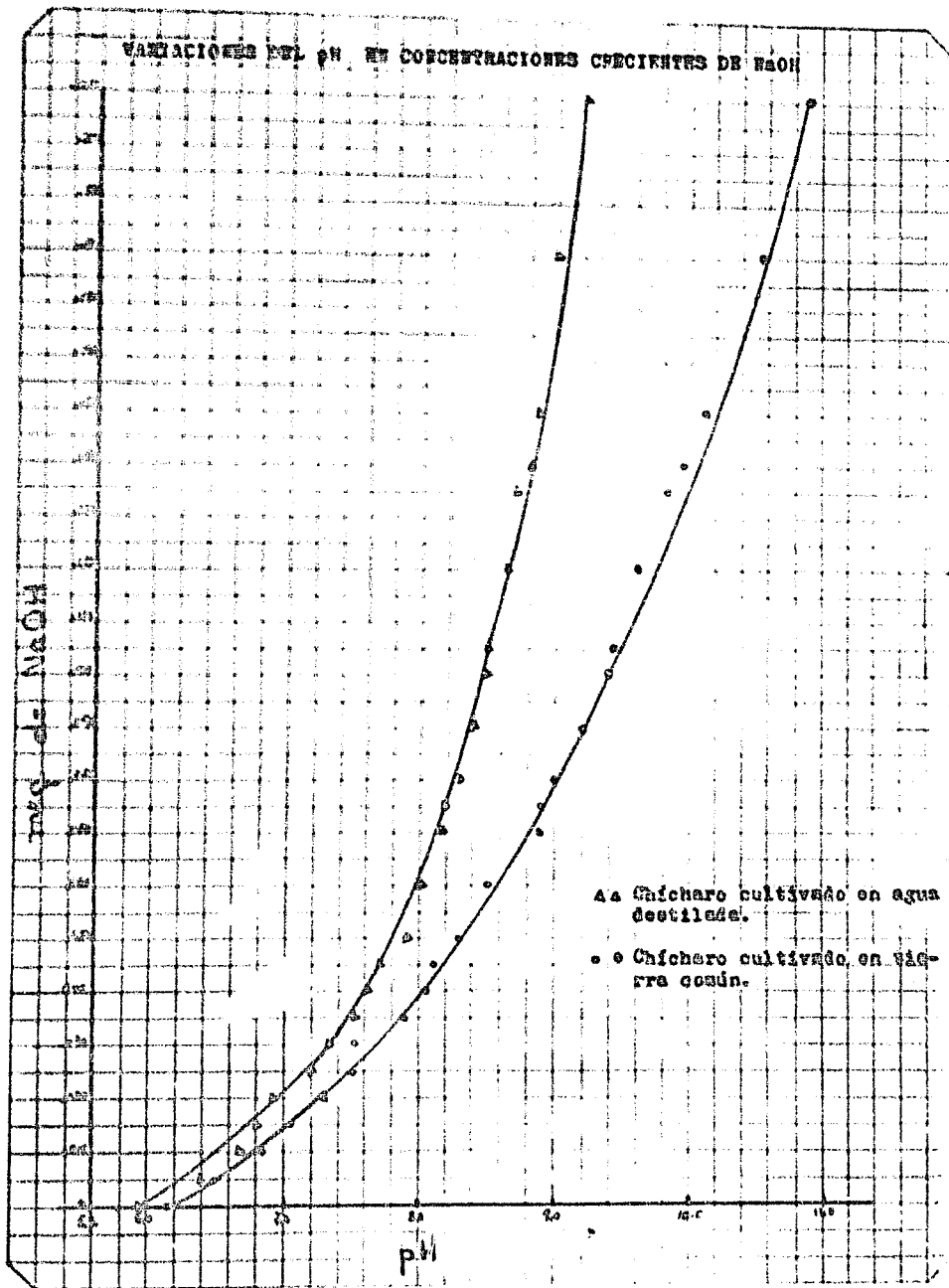
Proteínas 3.0
 Fósforo .012
 Amortiguación alcalina .025
 Amortiguación ácida .055

pH inicial del jugo 6.12

VARIACIONES DEL pH DE CONCENTRACIONES CRECIENTES DE HCl



VARIACIONES DEL pH EN CONCENTRACIONES CECICIENTES DE NaOH



La capacidad amortiguadora se determina mediante la ecuación:

$$\beta = \frac{\Delta B}{\Delta pH} \quad (6)$$

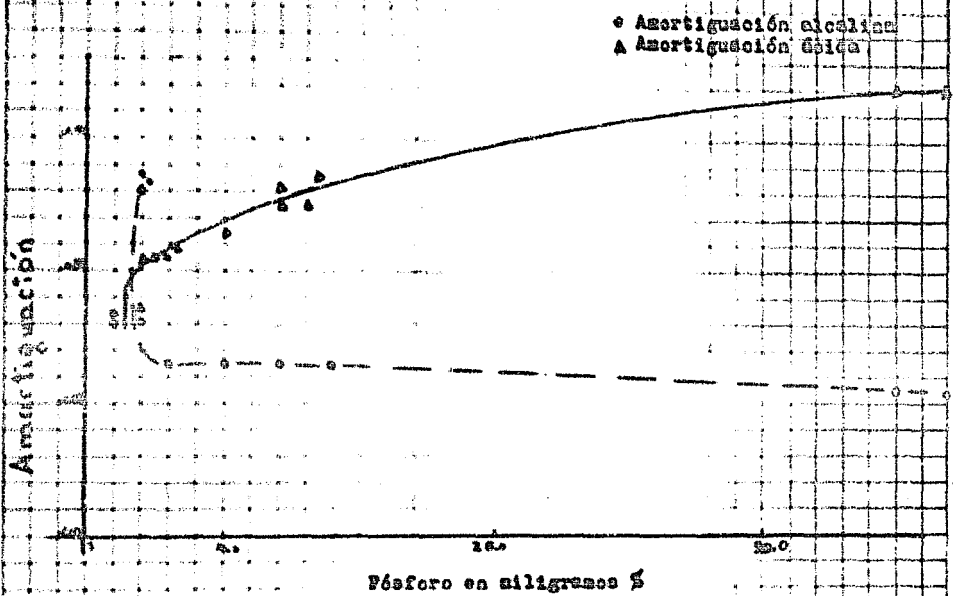
en donde ΔB es el incremento de iones OH^- ó de iones H^+

$$\text{Amortiguación alcalina} = \beta_{OH^-} = \frac{\Delta B}{\Delta pH}$$

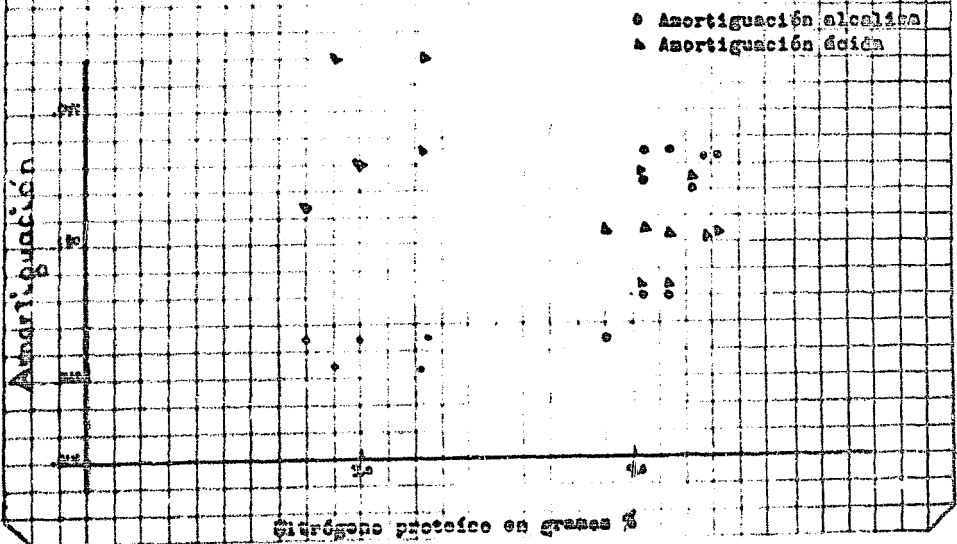
$$\text{Amortiguación ácida} = \beta_{H^+} = \frac{-\Delta B}{-\Delta pH}$$

En la capacidad amortiguadora con respecto a iones hidrógeno se considera que ΔB tiene un valor negativo ($-\Delta B$) puesto que el incremento positivo de ácido tiene un valor negativo considerado en términos de base. Igualmente ΔpH adquiere un valor negativo ($-\Delta pH$) ya que el pH disminuye.

CAPACIDAD AMORTIGUADORA MEDIA EN RELACION CON LA CONCENTRACION DE FOSFORO



CAPACIDAD AMORTIGUADORA MEDIA EN RELACION CON LA CONCENTRACION DE PROTEINAS



CONCLUSIONES

- 1.- La amortiguación para el ácido clorhídrico es superior en todos los casos a la obtenida para el hidróxido de sodio.
- 2.- El aumento de fósforo en plantas cultivadas en tierra produce una capacidad amortiguadora ácida superior, posiblemente debido al aumento de iones alcalinos en forma de fosfatos, siendo éstos los responsables de la amortiguación. La base de esta conclusión es la ecuación de Henderson-Hasselbalch, ya que un aumento de fósforo sin una variación paralela de pH inicial, implica el mantenimiento de la ecuación: $\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{sal}]}{[\text{ácido}]}$.
- 3.- Las plantas de chícharo cultivadas en agua destilada incrementan su capacidad amortiguadora para soluciones alcalinas, y muestran concentraciones menores de fósforo.
- 4.- Las plantas de chícharo cultivadas en agua destilada bajan su concentración en minerales, teniendo por lo tanto un ligero descenso en el pH, lo que hace suponer que la mayor parte del fósforo se encuentra formando sales ácidas, incrementando la amortiguación en la parte alcalina.
- 5.- Considerando que el incremento de fósforo, obtenido en plantas sembradas en tierra altera la amortiguación tanto ácida como alcalina y el hecho de que esto tenga lugar aún permaneciendo la concentración proteínica más o menos constante, le confiere una importancia mayor al papel que los fosfatos desempeñan en la amortiguación.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BOUHER JAMES, KRECKHOFF.- Plant Biochemistry.
Academic Press Inc., publishers. New York, 10 N.Y. pp 323. 1950
- 2.- CROCKFORD H.D. y S.P. SHIGNE.- Fundamentos de Fisico-química.
Compañía Editorial Continental S.A. México D.F. pp 500. 1961
- 3.- DOWDERS H.H.- The Chemistry of Living Cells.
Harper and Brothers Publishers. New York pp 949+X. 1955
- 4.- JACOBS H.B.- The Chemical Analysis of Foods and Food Products.
D. Van Nostrand Company, Inc., Princeton . 3a. Ed. pp 970+XXIV. 1958
- 5.- LEVITT JACOB.- Plant Physiology.
Prentice Hall, Inc., New York pp 172+VI. 1954
- 6.- MARTIN A.B. PH. D.- Physical Pharmacy.
Lea and Febiger, Philadelphia. pp 692. 1960
- 7.- MAKINOV NICOLAI A.- Fisiología Vegetal.
Versión española por Hissiker T. pp 433. 1952
- 8.- MEYER D.O. AND D.B. ANDERSON.- Plant Physiology.
D. Van Nostrand Company, Inc., Toronto. 2a. Ed. pp 786+VIII. 1952
- 9.- OTIS P. CURSIS AND DANIEL G. CLARK.- An Introduction to Plant Physiology.
Mac Crow-Hill, Book Company Inc., New York pp 752+XIII. 1950
- 10.- PELLETIER P.C.- El Fósforo Nutriente Vegetal.
Boletín de Guano y Fertilizantes de México, S.A. No. 29
Octubre-Noviembre-Diciembre pp 36. 1961
- 11.- WEINIG A.J. AND H.P. SHODER.- Technical Methods of Ore Analysis for Chemists and Collegeos.
John Wiley an Sons, Inc., Londres 11a. Ed. pp 323+X. 1948