



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

AGUA

SUS ASPECTOS FISIOLÓGICOS EN EL ORGANISMO  
MEDICIÓN Y ALTERACIONES

*Tesis Profesional*

Que para obtener el título de:  
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

P r e s e n t a :

MARIA DEL CARMEN BENITEZ HERRERA

53



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.

LAS Tesis  
AGE \_\_\_\_\_  
FECHA 1926  
PROC. U+ 3B



QUIMICA

Jurado asignado  
originalmente  
según el tema

PRESIDENTE: Ramón Guevara Estrada

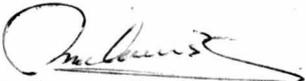
VOCAL: María Elena Bustamante Calvillo

SECRETARIO: Guadalupe Leticia Carrasco Rivera

1er. SUPLENTE: Josefa Piedras Ross

2do. SUPLENTE: Luz María Hernández

El tema se desarrolló en el Laboratorio 301 de la Facultad de -  
Química.

  
Sustentante: María del Carmen Benítez Herrera

Asesor:

  
Ramón Guevara Estrada.

QFB

A mis queridos Padres:

Que con su amor y comprensión  
me ayudaron de una u otra manera  
a realizar una de las metas de  
mi vida

A mi querido Esposo:

Que con amor y entusiasmo  
me animó para lograr una de  
mis finalidades

## CONTENIDO

	página
INTRODUCCION	3
I.- ANTECEDENTES HISTORICOS	4
II.- FISIOLOGIA Y PATOLOGIA	6
a).- Propiedades fisicoquímicas y relación biológica	6
b).- Fuentes de agua	9
Endógena y Exógena	9
Agua Potable	10
Absorción de agua	18
c).- Contenido acuoso corporal	18B
d).- Excreción de agua, principales vías	18C
e).- Balance acuoso	22C
f).- Compartimientos acuosos corporales	23
g).- Mecanismos de regulación normal	28
h).- Mecanismos de regulación de la sed	61
i).- Efectos de sobrehidratación	64
j).- Efectos de deshidratación	66
k).- Efectos de la pérdida del líquido <u>ex</u> tracelular en la economía y dinámica capilar	69
III.-ANALISIS DEL CONTENIDO ACUOSO EN DIVERSOS COMPARTIMIENTOS	
Técnicas y Fundamento	70
IV.= RESULTADOS E INTERPRETACION	86
V.- RESUMEN DE CONCEPTOS	100
VI.- CONCLUSIONES SOBRE LA INCLUSION DEL TEMA EN EL PROGRAMA REVISADO, EN EL FORMATO - REVISADO	105
VII.-BIBLIOGRAFIA	117

## INTRODUCCION

El agua, siendo el compuesto más abundante de la Naturaleza y del que los seres vivos están constituidos principalmente, representa tal importancia para nosotros, que ha debido ser incluido como tema en el Curso de Análisis Químicos Clínicos que se imparte dentro de la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo, orientación Bioquímico Microbiológico en la Facultad de Química.

El tema que a continuación se va a desarrollar es un ejemplo de la simultanea complejidad y simplicidad de la Naturaleza. Por que el agua es mucho más compleja en su comportamiento de lo que parecería probable, considerando su simple fórmula molecular. Sin embargo, es en su fórmula donde podemos entender su comportamiento complejo y el de las soluciones acuosas.

Los Capítulos que a continuación se van a desarrollar de acuerdo a las necesidades del curso, ampliando los temas para tener una mayor información, compendiada de la bibliografía -- consultada, enfocando la fisiología del agua en nuestro organismo, su metabolismo y su patología; tomando además el aspecto clínico, su cuantificación o medición y la interpretación de los resultados obtenidos.

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES HISTORICOS

Si por evolución de la vida apareciera en el Universo, en un planeta frío y pudiera existir amoniaco líquido o ácido fluorhídrico como disolvente para su citoplasma - el metabolismo sería excesivamente lento, pero esto sólo es teoría con este tipo de sistemas, que son difíciles de poder pensar que la vida surgiría completamente.

Por otra parte, solamente el nitrógeno y fluor com- parten con el oxígeno la electronegatividad necesaria pa- ra unirse con el hidrógeno, la clave para ser posible di- solventes del citoplasma.

En un planeta caluroso solamente el agua llena es- tos requisitos, debido a que el agua es el único compues- to que tiene un amplio rango de temperatura entre su pun- to de congelación y el punto de ebullición.

Es en el agua donde la vida comienza y la vida conti- núa. El protoplasma nació en un medio salino, todas las - formas de vida animal existen en un medio salino, ya sea en el agua o provistos de una piel permeable o impermeable.

Se han adaptado formas simples de vida a soluciones concentradas, considerando que la célula es un organismo- complejo contenida en una envoltura bañada continuamente por solución salina.

Es definitivamente importante la concentración del- sodio en el líquido extracelular en los vertebrados. La - carne de pescado y aves es marcadamente uniforme, refleja una adaptación ligera y probable de la composición del -- mar, en el Cámbrico, cuando los prevertebrados primitivos entraron al agua, los vertebrados y los reptiles encontra- ron condiciones de vida muy diferentes, entre ellos el a- gua y contenido de elementos en el agua del mar.

De aquí que el desarrollo de la evolución de los vertebrados, el medio ambiente de electrolitos y ósmosis de sus células viene de una primitiva regularización. A excepción de los invertebrados marinos, cuyas células están bañadas -- con un líquido osmóticamente igual que el del mar, y los e--lasmobranquios que además tienen urea para mantener un equilibrio osmótico con el agua de mar.

Es evidente pues, la importancia del mecanismo de la --homeostasia o sea los métodos de regulación de la concentración del contenido acuoso y de electrolitos en un organismo, por lo que fué necesario que los organismos tuvieran que reconstituir dentro de su piel y sus tejidos la cantidad de --alimentos y agua necesarios para realizar sus funciones biológicas.

Por lo anterior es que los organismos tuvieron que vivir en un área donde estuvieran presentes los elementos necesarios que afortunadamente, la tierra fué bien abastecida con ellas.

## CAPITULO II

### FISIOLOGIA Y PATOLOGIA

Antes de pasar a la fisiología y patología del agua dentro del organismo, haremos una revisión rápida de las propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas y relación-biológica del agua, con el fin de conocer el comportamiento del agua en nuestro organismo y del papel que desempeña en el mismo.

#### a) PROPIEDADES FISICOQUIMICAS Y RELACION BIOLOGICA:

El agua es la única sustancia que posee propiedades físicas y químicas que permite que se lleven a cabo reacciones que necesitan gran cantidad de calor a bajas temperaturas. Es por eso que el citoplasma contiene de 70% á 90% de agua.

Su gran característica para los organismos vivos es su capacidad para disolver sustancias, considerándose el disolvente universal, lo que permite la formación de una gran variedad de soluciones verdaderas y coloides, medio en el que las reacciones químicas se realizan con mayor rapidez, lo que no ocurre cuando están en estado sólido.

Hay sustancias dentro del citoplasma que son más o menos solubles en el agua, siendo este el medio ideal para acarrear los nutrimentos y eliminar productos de desecho.

La gran capacidad de solubilizar se debe a su estructura molecular. La molécula es fuertemente polarizada debido a la electronegatividad alrededor del protón. Debido a esta polarización cada molécula de agua está rodeada de cuatro moléculas de agua, (figura 1)

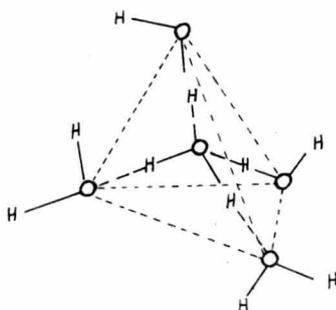


Fig. 1

En este arreglo, un átomo de oxígeno es el centro de un tetraedro formado por los átomos de oxígeno de las otras cuatro moléculas en el hidrógeno de otra y está representada así: H---O --- que se conoce como puente de hidrógeno. La energía necesaria para romper este tipo de unión es mucho menor que la energía necesaria para romper un enlace covalente H-O.

Estos puentes de hidrógeno son uno de los principales factores que explican las propiedades aparentemente anormales del agua.

Existen compuestos que pueden compararse con el agua, ya sea debido a sus propiedades como disolventes o porque tienen el mismo número de electrones, pero que poseen el punto de ebullición más bajo que la del agua, también el calor de vaporización y capacidad calorífica son inferiores, como podemos ver en la siguiente tabla:

Substancia	Punto de fusión (°C)	Punto de ebullición (°C)	Calor de vaporización (cal/g)	Capacidad calorífica (cal/g)
Agua	0	100	540	1.000
Etanol	-114	78	204	0.581
Metanol	- 98	65	263	0.600
Acetona	- 95	56	125	0.528
Acetato de etilo	- 84	77	102	0.459
Cloroformo	- 63	61	59	0.226
Amoníaco	- 78	- 33	325	1.120
Ac. Sulfhídrico	- 83	- 60	132	-
Ac. Fluorhídrico	- 9	19	360	-

La elevada constante dieléctrica del agua provoca ionización, hecho que facilita la realización de las reacciones químicas e influye en su velocidad. Su tensión superficial sumada a la propiedad anterior es muy importante desde el punto de vista biológico, en donde toma parte en muchas reacciones, como son:

Hidrólisis, oxidación, reducción, directamente e interviene en muchas otras reacciones, sobre todo enzimáticas.

Existen otras propiedades como la capacidad calorífica del agua, la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura del agua de  $15^{\circ}\text{C}$  a  $16^{\circ}\text{C}$  establece el valor de la caloría, es el más alto entre todos los disolventes (etanol 0.58, metanol 0.6) solamente el amoníaco tiene un gasto de calor -- más alto. Mientras mayor sea el calor específico de una sustancia, menos cambios de temperatura experimenta, debido a -- que cuando se le proporciona calor es absorbida una determinada cantidad, propiedad que le permite al agua conservar prácticamente constante la temperatura de los organismos vivos.

Su calor de vaporización (calorías absorbidas por gramo vaporizado) es el requerido para pasar un gramo de líquido a gas a la misma temperatura, siendo un valor de 539 calorías -- para convertir un gramo de agua líquida a  $100^{\circ}\text{C}$  a agua en forma de vapor, y más alto a bajas temperaturas. Más de dos y medio de veces se necesita para evaporar un gramo de agua que -- de un gramo de alcohol.

Cuando transpiramos, el agua se evapora en la superficie de nuestro cuerpo, se siente fresco, esta propiedad es indudablemente de gran importancia para que los animales efectúen -- la regulación mecánica de su calor.

El elevado calor de fusión (80 cal/g), comparado con --- otros disolventes, es de gran interés para estabilizar el medio biológico. Aún cuando el agua celular raramente se congela en los organismos superiores, el calor liberado por el ---

agua al congelarse es uno de los factores que disminuyen esa amenaza durante el invierno. Así un gramo de agua debe perder 80 veces más calor al congelarse a  $0^{\circ}\text{C}$ , que si lo hace cuando va disminuyendo la temperatura de  $1^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}\text{C}$ , justamente antes de congelarse.

Otra propiedad fisicoquímica importante del agua, desde el punto de vista biológico, es que a los  $4^{\circ}\text{C}$  posea su máxima densidad. Esto hace que se expanda al solidificarse y por lo tanto el hielo es menos denso.

Biológicamente el agua es un buen aislante del calor y - al mismo tiempo un control en la pérdida de calor en el cuerpo animal. El calor requerido para pasar un gramo de agua a - temperatura ambiente es de 0.6 Kcal. Dubois encontró que la - pérdida de agua por vaporización por piel y pulmones en condi - ciones normales de temperatura y humedad es de 680 g/día. La pérdida de calor asociado con esta vaporización representa al - rededor de una cuarta parte de la pérdida total por día.

Otros medios de pérdida de agua, incluye radiación y con - ducción; como cuando la temperatura sube hasta los  $37^{\circ}\text{C}$ , que es la temperatura del cuerpo, de esta manera es inefectivo y la pérdida de calor por vaporización de agua es proporcional - mente mayor.

Fisiológicamente tiene una acción lubricante el agua y - es importante en relación con las funciones fisiológicas, co - mo el deglutir y en el papel de los líquidos internos del --- cuerpo (líquido sinovial, peritoneal, pleural, etc.).

#### b) FUENTES DE AGUA:

El agua para nuestro organismo se puede considerar de -- dos fuentes, endógena y exógena.

El agua exógena constituye toda el agua que se consume - ingerida como bebida y como parte de los alimentos.

El alimento puede ser definido como una substancia que -

cuando es absorbido por el organismo, puede ser usado para la construcción de nuevos tejidos o substituir los viejos y así como transportar minerales y vitaminas para el organismo. Se ha pensado también que el agua es un alimento, debido a que el cuerpo está constituido en  $2/3$  partes de agua, es obvio que sea un alimento muy importante. Experimentos que se han hecho con animales, se encontró - que pudieron vivir más de 100 días sin alimento orgánico y, sin embargo, no pudieron vivir más de 5 a 10 días sin agua.

Mucha del agua que ingerimos está contenida en los alimentos, la fruta y verduras contienen de 80% - 90% de agua, la leche contiene 87%, y así varios alimentos contienen diversos porcentajes.

El agua endógena se produce por el metabolismo, y es producida durante la oxidación de los alimentos, por ejemplo: 100 gramos de carbohidratos producen oxidación 55 -- gramos de agua, 100 gramos de lípidos, por la misma vía, producen 106 gramos de agua y 100 gramos de proteínas producen 42 gramos de agua.

El agua endógena producida por oxidación metabólica comprende la circulación intestinal de agua, como son: saliva (500 - 1500 ml de agua); jugo pancreático (700 - 3000 ml de agua): jugo digestivo (1000 - 5000 ml de agua) con un total de 3000 - 11500 ml de agua.

Al beber agua, esta contiene grandes cantidades de sales minerales en solución, surgiendo el concepto de agua potable que se considera el agua exógena necesaria para nuestro organismo, acompañada de cantidades específicas de sales y gases disueltos, para aclarar este concepto ampliaremos el tema en la forma siguiente, ya que es de gran importancia para el desarrollo y funciones biológicas.

## AGUA POTABLE:

No cualquier agua se puede considerar como agua potable. Debe llenar ciertas características físicas, químicas y biológicas para que se pueda considerar como tal.

El agua potable se considera como fuente principal de agua exógena necesaria para el organismo; también debe llenar los requisitos necesarios para que se considere como alimento.

En la siguiente tabla se muestran los valores máximos de sustancias tóxicas que se permite contener al agua para que se considere potable, al menos en nuestro país, por la legislación sanitaria actual, que se clasifican como sigue:

DA = Su uso se emplea para el abastecimiento para sistemas de agua potable e industria alimenticia con desinfección únicamente.

DI= Abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (coagulación; sedimentación y filtración) e industrial.

Límite máximo en miligramos por litro (también expresada como partes por millón):

Clasificación	DA	DI
Arsénico	0.05	0.05
Bario	1.00	1.00
Boro	1.00	1.00
Cadmio	0.01	0.01
Cobre	1.00	1.00
Cromo hexavalente	0.05	0.05
Mercurio <sup>3</sup>	0.005z	0.005z
Plomo	0.05	0.05
Selenio	0.01	0.01
Cianuro	0.20	0.20
Fenoles	0.001	0.001
Substancias activas al azul de metileno (detergentes)	0.50	0.50

Clasificación	DA	DI
Extraíbles con cloroformo	0.15	0.15
Plaguicidas:		
Aldrín	0.017	0.017
Clordano	0.003	0.003
D.D.T.	0.042	0.042
Dieldrín	0.017	0.017
Endrín	0.001	0.001
Heptacloro	0.018	0.018
Epóxido de heptacloro	0.018	0.018
Lindano	0.056	0.056
Metoxicloro	0.035	0.035
Fosfatos orgánicos con carbamatos.	0.100	0.100
Toxafeno	0.005	0.005
Herbicidas totales	0.100	0.100
Radioactividad	Picocuries por litro	
Beta	1.000	1.000
Radio - 226	3	3
Estroncio	10	10
pH	6.5 á 8.5	5.0-9.0
Temperatura (0°C)	Condiciones naturales más 2.5 (a)'	Condiciones naturales más de 2.5 (a)'
Bacterias coliformes por 100 ml	200 fecales (b)'	1000 fecales (b)'
Aceites y grasas (mg/100ml)	0.76	1.0
Sólidos disueltos(mg/100ml)	1000	1000
Turbiedad (Unidades de Turbiedad Jackson)	10	condiciones naturales.
Color (escala platino cobalto)	20	(f)'
Olor y sabor	ausente	(g)'
Nutrientes: nitrógeno y fosfato	(c)'	(c)'

Clasificación	DA	DI
Materia flotante	ausente	ausente
Substancias tóxicas	(d)'	(d)'

- (a)' = Máximo 30°C excepto cuando sea causada por condiciones naturales.
- (b)' = Este límite, en no más de 10% del total de las -- = muestras mensuales (5 mínimo), podrá ser mayor a -- 2000 coliformes.
- (c)' = No deben existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización.
- (d)' = El criterio con respecto a substancias tóxicas es -- el siguiente:  
Ninguna substancia tóxica sola, o en combinación -- con otras, estará presente en concentraciones tales que conviertan el agua en inadecuada para el uso -- específico a que se destinen.
- (e)' = No será permitido color artificial que no sea coagu- lable por tratamiento convencional.
- (f)' = Removible por tratamiento convencional.

El agua que hoy usamos como bebida es sometida a uno o más de los siguientes procesos de purificación, dependiendo de las impurezas que contenga;

- 1.- Aereado, que consiste en la dispersión del agua en el aire o en dejarla descender en capas delgadas por una serie de peldaños para que la luz solar y el oxígeno puedan eliminar la mayoría de las bacterias presentes.
- 2.- Filtración, que consiste en el colado del agua a través de un tamiz apropiado separando así las substancias que están en suspensión.
- 3.- Purificación química, que incluye la cloración y la ozonización, o sea la incorporación de productos químicos que suprimen los organismos patógenos acarreados por el agua.
- 4.- Coagulación, que consiste en la adición de alumbre u -

- otras sustancias que forman masas gelatinosas que atrapan el material fino en suspensión en el agua.-
- 5.- Desmineralización, que consiste en hacer pasar el agua por tanques que contienen resinas sintéticas en las que se efectúa un intercambio iónico.
  - 6.- Destilación, que consiste en la evaporación y condensación del agua, dejando como residuo las impurezas sólidas.

Cuando las diferentes sustancias se encuentran en proporciones variables pueden modificar considerablemente las propiedades, efectos y usos del agua.

El exceso de carbonatos y bicarbonatos, de calcio y magnesio, producen incrustaciones en la tubería además de causar la dureza del agua. El exceso de sales (cloruros y sulfatos), produce sabor desagradable y limita su uso, algunas de las cuales actúan como laxantes en personas no acostumbradas a ingerir algún exceso.

El hierro tiñe el agua, le da un sabor desagradable y se incrusta en la tubería.

Los nitratos en concentraciones superiores de 50 mg por litro, pueden producir alteraciones sanguíneas en niños de corta edad.

Los fluoruros arriba de 1.5 mg/litro suelen provocar la aparición de manchas oscuras en los dientes, y por otro lado su ausencia predispone a la caries.

La turbidez es objetable para la apariencia y también por que las sustancias que la producen, crean problemas en el lavado de ropa, en la fabricación del hielo, de refrescos y otros usos.

Las sustancias como el plomo, arsénico y cromo, -- suelen ser tóxicos.

El agua potable debe estar libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humano, se consi-

dera que está libre de gérmenes cuando la investigación bacteriológica resulta de la siguiente forma:

- a) Menos de 20 organismos de los grupos Coli y Coliformes por litro de muestra.
- b) Menos de 200 colonias bacterianas por ml de muestra, en placa de agar incubada a 37°C por 24 horas.
- c) Ausencia de colonias bacterianas licuefacientes de gelatina; cromógenos o fétidos en la siembra de un - mililitro de muestra incubada a 20°C por 48 horas.

Los métodos que se emplean para las investigaciones físicas, químicas y bacteriológicas, serían los que fije la Secretaría de Salubridad y Asistencia, así como los que sugiera la Organización Mundial de la Salud.

Las fuentes de abastecimiento se clasifican como:

- a) ATMOSFERICAS.- Las aguas de lluvia están menos expuestas a contaminaciones con bacterias y parásitos. Estas aguas deben colectarse en épocas de lluvia y almacenarse durante la sequía.
- b) SUPERFICIALES.- Las aguas de ríos, deshielos, lagos, lagunas y embalse.
- c) SUBTERRANEAS.- Las aguas subterráneas se localizan en una zona con cavidades conectadas entre sí. Están constituidas por el agua de precipitación (lluvia, granizo o nieve) que se filtra a través de la tierra. Comprende dos zonas, la de saturación y la de aereación, separadas por el nivel friático. Las aguas de la zona de saturación constituyen fuentes subterráneas de abastecimiento.

Almacenamiento: tiene como objeto disponer de agua como reserva. La localización de los depósitos se hará tomando en consideración la presión necesaria para el agua para llegar a todos los puntos de la red de distribución. Por lo tanto se situarán en lugares naturales, o tendrán que elevarse en forma artificial y controlarse con sistemas de bombas.

Cualquiera que sea el tipo de almacenamiento, deberá ser cubierto para evitar la contaminación del agua

y ser protegidas de escurrimiento de agua de lluvia.

Protección de agua potable: Esto se logra utilizando sustancias químicas que actúen como desinfectantes, como el cloro o alguno de sus derivados, como los hipocloritos de sodio o calcio, es el método generalizado por las múltiples ventajas que ofrece: efectivo, económico y de fácil control.

La protección a los tanques de abastecimiento de las grandes ciudades y poblaciones, emplea el gas cloro, mientras que para abastecimientos medianos se emplean los hipocloritos. El manejo del gas cloro debe estar encomendado a personas entrenados para ello, por el cuidado que este implica.

Los hipocloritos se fabrican comercialmente con diferentes concentraciones, son poco estables, deben guardarse en envases color ambar cerrados y en lugares secos. Se preparan soluciones diluidas de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$g = \frac{C \times L}{\% \text{ cloro} \times 10}$$

g = gramos de hipoclorito  
L = litros de agua  
C = miligramos por litro o ppm deseados

Las soluciones deberán prepararse cuando menos cada cuatro o cinco días.

Control de cloración: El cloro generalmente se aplica después de filtrada el agua para obtener una desinfección adecuada, por lo que deben estar en contacto cuando menos -- 20 minutos. Transcurrido este tiempo el agua se considera potable. La dosificación correcta se comprobará mediante -- pruebas bacteriológicas y determinación de cloro residual.

Pueden ser contaminantes del agua:

- a) Físicas: color, turbidez, olor y sabor.
- b) Químicas: Todas las sales disueltas en ella, como son -- las de calcio, fierro, cloruros, sulfatos y algunos otros elementos en proporciones superiores a las aseptadas
- c) Bacteriológicas: las aguas friáticas están muy expuestas

a la contaminación de bacterias y parásitos por la facilidad de filtración hasta ellas de contenido de letrinas, pozos negros, fosas sépticas y depósitos de basura.

El arrastre de bacterias o párasitos depende entre otros factores, de la inclinación del terreno, del nivel de las aguas subterráneas y de la permeabilidad del suelo, de tal manera que desde el punto de vista sanitario deben determinarse las distancias máximas de migración y de la dirección de las corrientes subterráneas.

Los análisis físico-químicos y bacteriológicos de las aguas, se deben apegar a las normas establecidas por el Reglamento Federal de la Dirección de Ingeniería Sanitaria sobre obras de provisión de agua potable, y a las disposiciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud.

Para el lavado, desinfección y preservación de almacenamiento de cisternas, en sus diferentes tipos, así como el agua de las mismas, hay varios procedimientos a seguir:

- a) Procedimiento físico.- Por ebullición.
- b) Procedimiento químico.- La adición de productos químicos como permanganato de potasio, de calcio, hipoclorito de sodio y de calcio, cloramina, cloraceno, yodo, bromo, cal u ozono.
- c) Procedimiento físico-químico.- Rayos ultravioleta.

Los que se aplican comercialmente son: la cloración la ozonización y los rayos ultravioleta.

La limpieza de los depósitos y cisternas puede hacerse por medios propios, pero teniendo en cuenta siempre las precauciones que esto implica.

La periodicidad con que se lleve a cabo la limpieza y desinfección de las cisternas se hará en un inter-

valo no mayor de 12 meses, pero esto depende también del estado de suciedad que presenten las aguas.

#### ABSORCION DE AGUA:

La absorción del agua y electrolitos en la mucosa intestinal, parecen ser pasivos. Evidentemente el movimiento global es de entrada a la célula. En el intestino delgado, la base física de este fenómeno es en primer lugar la enorme superficie. Merced a sus pliegues y vellocidades, considerablemente aumentados por las microvellocidades y los pliegues de la membrana - citoplásmica de las células de la mucosa.

La segunda característica física relacionada con la absorción de líquidos es el gran número de poros - diminutos de la membrana celular. Sin embargo, esta - mucosa difiere de las demás por su polaridad: absorbe por sucara luminal excreta por su cara serosa. Parece existir también una diferencia de estructura. Muchos - poros de la membrana en contacto con el contenido intestinal son tan pequeños que los iones sodio casi no pueden pasar por ellos. Del otro lado de la membrana del lado seroso, los poros son menos numerosos, pero mayores. Es por eso que resulta fácil regular la entrada - de sodio por el lado de la luz intestinal. La entra-da de agua a la célula es isosmótica y depende del paso de iones, en particular porque el tamaño del ión - sodio es casi igual poro. En realidad parece existir - un gradiente de tamaño de poro, que disminuye en las - regiones distales. Los poros más grandes suelen encontrarse en el intestino delgado alto, donde dejan pasar substancias de peso molecular hasta de 180. También - es interesante el hecho de que la hormona antidiurética actúa sobre los poros intestinales en forma opuesta a como lo hace el riñón; o sea reduce el tamaño - del poro del intestino, principalmente en el intesti-no delgado alto.

Algunos motivos para llegar a la conclusión de que el agua es absorbida por simple difusión o por ósmosis, son las siguientes:

- 1.- Una solución hipertónica o hipotónica introducida en el intestino delgado se vuelve muy pronto isotónica, lo que demuestra difusión muy rápida a través de la membrana para establecer el equilibrio osmótico entre los líquidos intersticiales e intestinales.
- 2.- Cuando ocurre absorción activa de glucosa o electrolitos, disminuye la concentración del contenido intestinal y aumenta la de los líquidos intersticiales; esto produce arrastre de agua a través de la membrana para mantener la isotonía de ambos compartimientos.

Este es otro ejemplo de la absorción osmótica.

Así pues los simples principios de la difusión - pueden explicar la absorción del agua o sea que a medida que los electrolitos y los elementos nutritivos son - absorbidos, los líquidos intersticiales se vuelven hipotónicos, lo cual origina que el agua sea absorbida por ósmosis.

Absorción en el intestino grueso.- Cada día pasan del intestino delgado al intestino grueso unos -- 500 ml de quimo; casi toda el agua y electrolitos absorbidos por el minúsculo colon se excretan con las materias fecales unos 50 a 100 ml de líquido.

La mucosa del intestino grueso es capaz de absorber activamente el sodio. Este fenómeno tiene como consecuencia la aparición de un potencial eléctrico intenso en la membrana que ocasiona el paso del cloro y otros aniones de la luz del colon a los líquidos intersticiales. Estos mecanismos explican el - porqué la pérdida de NaCl por las heces sea la mínima, luego la absorción del sodio y cloro provoca --- absorción de agua por fenómenos osmóticos; a su vez

es mínima la pérdida de agua en las heces.

Cuando una zona del intestino grueso está muy irri-  
tado, como encaso de gastroenteritis con infección bacte-  
riana considerable, por ejemplo, la mucosa secreta ade-  
más la solución viscosa y normal del moco, grandes canti-  
dades de agua y electrolitos, así se diluyen las substan-  
cias irritantes y se acelera el tránsito apareciendo co-  
mo consecuencia diarreas.

c) CONTENIDO ACUOSO CORPORAL:

El agua constituye la substancia cuantitativa más im-  
portante y abundante del organismo, con un promedio total  
de 61.4% del peso total del  cuerpo. La cantidad presente-  
disminuye con la edad, según se observa en la siguiente-  
tabla:

Embrión de dos meses	97%
Embrión de tres meses	94%
Embrión de cuatro meses	92%
Embrión de cinco meses	85%
Embrión de nueve meses	79%
Recién nacido	69 a 77%
Adulto: mujer	44 a 65%
hombre	50 a 73%

En cada órgano la distribución del  agua es muy diver-  
sa, sus valores límites se encuentra, entre los dientes y  
huesos con 5% a 37% de agua, y la materia gris con 82% a  
94%. Las excreciones y secreciones desde 86% en la bilis,  
hasta un 99.5% en la saliva. Las personas delgadas poseen  
mayor cantidad de agua (arriba del 70%) que las personas  
obesas (cerca del 50%) debido a que el tejido adiposo  con  
tiene muy poca agua, por su característica hidrofóbica.

d) EXCRECION DE AGUA:

Las principales vías de eliminación son: pulmones; piel; riñones; intestino; en la leche materna, en mujeres lactantes y ocasionalmente en las lágrimas. De acuerdo con el recuadro siguiente en el que se expresa como milímetros de agua.

Vía de pérdida	Medio Ambiente	Caluroso	Práctica de ejercicio.
Insensible	piel	350	350
	pulmones	350	650
Orina	1 400	1 200	500
Sudor	100	1 400	5 500
Heces	200	200	200
Total	2 400	3 400	6 700

La pérdida insensible de agua es por difusión a través de la piel y por evaporación pulmonar, se llama así debido a que la persona no se da cuenta de que está eliminándola, ni cuando esta abandona el cuerpo; está influenciada por el reposo, por el clima, presión de vapor del medio ambiente ( 400 ml/día ); en reposo cuando se está en decúbito sin fiebre ni transpiración visible ( 800 a 1 000 ml/día ), en la misma posición - con fiebre y accesos de sudoración ( 2 000 ml/día ).

La pérdida media de agua por difusión a través de la piel es de unos 400 ml/día, esta cantidad la pierde incluso una persona nacida con falta congénita de glándulas sudoríparas. En otras palabras las moléculas acuosas en realidad atraviesan las células de la piel, por fortuna, la capa queratinizada de la piel actúa como protector y evita una pérdida mucho mayor. Cuando dicha capa desaparece, como ocurre después de quemaduras, la intensidad de evaporación puede aumentar hasta alcanzar 3 a 5 litros al día. La pérdida puede valorarse de acuerdo a circunstancias precisas de reposo, clima templado, sin fiebre ni transpiración visible ( 8 a 10 litros/día ); reposo a la sombra, acostado sin fiebre ni transpiración visible ( 800 a 1 000 ml/día ); misma posición con fiebre y sudoración excesiva ( 2 000 ml/día ), está asociado a la pérdida pulmonar como se indicó en el párrafo anterior.

Eliminación por la orina.- de 600 a 1 600 ml - al día. El volumen urinario disminuye con la pérdida-

por la piel, pulmones e intestino y viceversa.

El volumen urinario varía con la dieta, un elevado contenido de proteínas produce grandes cantidades de urea y otros productos, requiriendo por lo tanto más agua para eliminarlas, siendo no el caso con dietas elevadas de carbohidratos y lípidos.

Eliminación por sudor.- Ya perceptible totalmente como se indicó en párrafos anteriores.

Eliminación por diferentes regímenes alimenticios.- mixto de 6 a 250 ml de agua al día; vegetariano, 370 ml de agua al día; y carne de 54.5 a 64 ml de agua al día. Que están influenciadas por alteración de las vías eliminatorias.

Eliminación por heces fecales.- Una deposición normal contiene alrededor de 75% de agua, o sea 4 ml de agua por 100 calorías de alimentos ingeridos.

Otra forma de medir la pérdida de agua es: en kcal/ml, alcanzando un 24% de la total. Suponiendo que el calor de vaporización del agua es de 0.58 Kcal/ml a --- 37 °C, puede calcularse la pérdida extrarrenal de agua sin transpiración exagerada con la siguiente fórmula:

$$\text{ml de agua evaporada} = 0.42 \times \text{Kcal consumida}$$

Así con un consumo de 2,000 Kcal, por ejemplo, cabe esperar una pérdida de agua del orden de 825 ml por piel y pulmones.

La eliminación de agua por cualquiera de las vías anteriores, está sujeta a una o más de las variaciones siguientes: clima, estado de reposo, ejercicio, fiebre, ali

mentación, presión de vapor del medio ambiente, estado patológico de la persona, etc.

Además, la eliminación por diferentes vías, excepto la pulmonar, va generalmente acompañada de pérdida de electrolitos, principalmente de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ . La concentración de electrolitos en sudor varía ampliamente, vá desde 12 hasta 120 meq/litro, de las cuales corresponden al  $\text{Cl}^-$  de 8 á 80 meq/litro; a  $\text{K}^+$  de 5 á 30 meq/litro, la pérdida del  $\text{Na}^+$  en particular se acompaña de la reducción del volumen plasmático y otros líquidos extracelulares.

Los efectos del agua y los iones no pueden considerarse separados, ya que son factores con estrechas relaciones mutuas.

Las formas de pérdida de agua en las que no hay la eliminación paralela de los electrolitos, son:

Ingestión insuficiente, por falta de agua.

Pérdida renal excesiva: debido a los efectos de alguna enfermedad que afecta la función de reabsorción renal.

Pérdida renal, cuando se secreta orina diluída, en volumen de 5 a 20 litros/día, sus efectos se estudiarán en el apartado i), más adelante.

Pérdida pulmonar: en casos de fiebre alta y continua.

Pérdida por vía intestinal: en los casos de diarrea que se presentan ocasionalmente en lactantes.

Las pérdidas conjuntas de agua y electrolitos, son por varias causas, como sigue:

Vómitos y diarreas de larga duración, aisladas o combinadas.

Sondas de aspiración y fístulas externas, drenaje por aspiración del contenido gástrico.

Poliuria y otros padecimientos renales con pérdida y/o alteraciones de las funciones del riñón.

## Sudoración excesiva.

Alteraciones cerebrales, endócrinas, que pueden ejercer selectivos sobre el tipo de electrolitos que se pierda.

Durante la privación del agua la tonicidad del líquido extracelular sube y se secreta al máximo la hormona antidiurética. La orina formada es fuertemente hipertónica; el agua ha sido reabsorbida en contra de las fuerzas nacientes progresivas osmóticas.

La concentración de la orina es de 1.4 osmoles/litro, - la absorción del agua no puede ir más allá debido a que el - potencial osmótico de la concentración urinaria es la máxima accesibilidad para la actividad de las células del túbulo.

La hormona antidiurética no tendría ningún valor para - el cuerpo al menos de existir un sistema concomitante que regule la secreción de dicha hormona. Para ello, las neuronas especiales del hipotálamo anterior localizadas en los nú- - cleos supraópticos o cerca de ellos denominado osmorreceptores, responden específicamente a los cambios de concentra- - ción del líquido extracelular. Los osmorreceptores son célu- - las especializadas, cada una de las cuales contiene una gran cavidad llena de líquido intracelular - normal, y cada una de las cuales enestado normal, - emite continuamente impul - sos nerviosos. Cuando la osmolalidad de los líquidos extracelulares se ha - ce muy baja, la ósmosis - hacia el interior de las cámaras líquidas de los - osmorreceptores se hin- -



chan, con lo cual se redu - ce la secreción de la hor -

Fig. 2 Control de la osmolalidad del líquido extracelular por el sistema de osmorreceptores.

mona y grandes volúmenes de agua se pierden con la orina, --

hasta que la osmolalidad del líquido extracelular vuelva a la normalidad. Inversamente al aumentar la osmolalidad en el líquido extracelular, sale el agua de los receptores que se encogen y aumentan la frecuencia de las descargas e incrementa la resorción de agua por los túbulos renales mientras siguen perdiéndose solutos en la orina.

El sistema osmorreceptor es suficientemente activo para que un aumento de concentración de unos pocos miliosmoles en el líquido extracelular origine intensa retención de agua o una disminución similar origine pérdida rápida de la misma.

También influyen en el metabolismo del agua las hormonas de la corteza suprarrenal, del tipo de la desoxicorticosterona y aldosterona. Esta hormona al provocar la retención de sodio por el organismo, determina también la retención del agua, produciéndose el fenómeno contrario cuando falta.

Si disminuye la ingestión de agua, de sodio, o de ambos, se observa una reducción compensadora de la excreción de agua y sodio. La excreción de potasio se regula indirectamente, por competición entre iones hidrógeno y potasio frente a los mecanismos de reabsorción.

Además, parece controlar la distribución de los líquidos en el organismo, pues en la insuficiencia suprarrenal aumenta el líquido intracelular a expensas del intersticial y del plasmático.

También tienen influencia en el metabolismo del agua la adrenalina por su acción vasoconstrictora y la tiroideas, cuya hormona al aumentar el metabolismo basal aumenta la eliminación de agua por la piel y el pulmón.

Si bien puede ingerirse agua, que no contiene prácticamente sales, en cuanto penetra al organismo actúa como disolvente de ellas y esta es la razón por la cual el metabolismo del agua está ligado con la de los electrolitos

tos. Como vimos, los riñones juegan un papel importante en el mantenimiento del balance acuoso. El volumen mínimo de orina formada depende de los solutos disueltos. - En un adulto con dieta normal excreta de 800 á 1100 --- mOsm/día.

En pacientes con hiponatremia o hipernatremia tienen dificultad para excretar la orina. La medida de la eliminación osmolal nos puede ayudar en la evaluación - de la hipernatremia, hiponatremia, poliuria y funcionamiento renal.

La eliminación de agua libre es obtenida por la -- substracción de eliminación osmolal de la orina fluída en ml/minuto. Cuando el agua libre es excretada, la osmolalidad urinaria debe ser menor que la del plasma. En un sujeto normal, el agua es conservada durante la prueba de concentración y la eliminación de agua libre cae menos de 0.9 ml/minuto. En el mismo sujeto, el agua es excretada libremente durante la prueba de dilución y la eliminación de agua libre sube más de 3.2 ml/minuto.

Los defectos para la formación de agua libre pueden ser causados por:

- 1.- Excesiva reabsorción de sodio isotónico en los túbulos proximales, dejando sodio insuficiente para una reabsorción no isotónica en la asa de Henle ascendente.
- 2.- Disminución del filtrado glomerular.
- 3.- En secreción inapropiada de la hormona antidiurética.

e).- BALANCE ACUOSO:

La cantidad de agua requerida por el organismo está determinada por la cantidad necesaria para dar el volumen y concentración osmótica apropiada a los líquidos corporales y para compensar el agua perdida por riñones piel, pulmones e intestino.

Aunque el intercambio diario de agua en el organismo

mo es considerable, su contenido se mantiene bastante constante y una disminución del 15% al 20% si se produce de -- una manera rápida conduce a la aparición de trastornos graves.

El aporte hídrico corporal comprende las siguientes - fracciones:

- 1.- La que se toma en forma de bebida, comprende entre 500 ml y 1500 mililitros al día.
- 2.- El agua que contienen los alimentos ingeridos, que representa de dos tercios a tres quintos del peso de los mismos y cuyo valor varía entre 800 ml y 1000 ml al --- día.
- 3.- El agua metabólica de las combustiones del organismo - que transforman el hidrógeno de los alimentos en agua, representa de 250 ml a 350 ml al día. La oxidación o - el metabolismo del agua es proporcional a los valores caloríficos de los alimentos. Una cantidad de 100 g a 40 g de agua por 1000 calorías.

El balance acuoso en un adulto a temperatura ambiente se observa en los valores dados en la siguiente tabla, en -- ml de agua/24 horas:

Procedencia del agua	ml de ingestión		Organo Excreción	ml de excreción	
	Oblig.	Facult.		Oblig.	Facult.
Bebidas	600	600	Riñones	600	600
Alimentos	700	0	Piel	400	0
Oxidación de Alimentos	300	0	Intestino	400	0
			Pulmones	400	0
Subtotal	1600	600		1600	0
Total	2200			2200	

El ingreso total de líquido, incluyendo los sintetizados por la economía, suele ser un promedio de 2200 ml al día.

Como vemos en la tabla, para el balance acuoso se necesita la ingestión obligatoria de 1 600 ml, y excretar la cantidad de 1 600 ml; un hombre sano de 70 kg requiere 2.0 a - 2.5 litros/día de agua, que es balanceada entre la pérdida - insensible de 1.5 a 2.0 litros/día y la de 1.0 a 1.5 litros/día perdidos por la orina.

El volumen mínimo de ingestión es de 1 500 ml de agua - al día, con lo cual se tiene una pérdida insensible de 900 ml y 600 ml de pérdida por la orina; el volumen máximo que se - puede ingerir es de 20 litros al día.

Una baja sensible de agua ingerida se presenta durante la inanición, ya que la excreción por la orina se reduce. - Durante la inanición el agua proviene de la oxidación de los componentes químicos en diferentes tejidos.

En condiciones normales la sed regula exactamente la - aportación de agua según las necesidades reales del organismo. La sensación de sed depende de diversos factores, como el contenido de agua en las células (subordinado a su vez a la concentración de electrolitos en el agua extracelular), el volumen del plasma (mantenimiento de la circulación sanguínea) etc.

#### f) COMPARTIMENTOS ACUOSOS CORPORALES:

El contenido y distribución del agua en el organismo - varía con la edad, el sexo y las proporciones relativas del tejido graso, conectivo y muscular.

El agua de los tejidos está dividida en dos compartimientos principales que están constantemente intercambiando:

- 1.- Intracelular: formado por el agua que se encuentra en el interior de las células y representa arriba del 50% del peso total del cuerpo o 35 litros.
- 2.- Extracelular: es el agua que se encuentra fuera de las células, y su vez dividida en:
  - a).- Agua intravascular, sistema vascular o plasma, representa del 5 al 7% del peso.
  - b).- Líquido intersticial, este incluye la linfa en contacto con la superficie externa de las células, -- las secreciones celulares y las sustancias que se están transportando. Es el "intermediario" fundamental, que lleva los productos de desecho de las células y el bióxido de carbono hasta el plasma, -- para su excreción, y recibe del plasma las cantidades necesarias de alimentos, agua, oxígeno y electrolitos para mantener la constancia de las composiciones del líquido intracelular, representa el 15% del peso total o 10 litros en un adulto.
  - c).- Líquidos trancelulares, son los líquidos separados del plasma por otro epitelio además del epitelio capilar. Incluye líquidos articulares, cefalorraquídeo, líquidos oculares, líquidos serosos, jugos digestivos y orina del tracto urinario. Estos participan más activamente del metabolismo del agua que los líquidos relativamente inmóviles de tejido conjuntivo, cartílago y hueso.

agua intracelular 55.0	Linfa intersticial 20.0	tejido conectivo denso 7.5%
	plasma 7.5%	hueso 7.5%
		líq. trancel. 1.25%

Fig. 3

Distribución del agua, expresada en porcentaje del contenido total de agua del organismo.

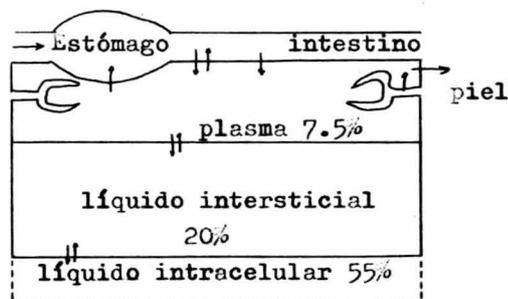


Fig. 4

Distribución de los líquidos entre los compartimientos corporales.

CONSTITUYENTES DE LOS LIQUIDOS EXTRACELULARES E INTRACELULARES.- Las cantidades de las diversas sustancias disueltas se representan en miliequivalentes o milimoles/litro. Sin embargo, las moléculas proteínicas son muy voluminosas - en comparación con los iones pequeños mucho más numerosos.-- Por lo tanto en términos de masa, las proteínas y los no electrolitos comprenden casi el 90% en el plasma, alrededor del 60% en el líquido intersticial y alrededor del 97% en el líquido intracelular.

Refiriéndonos a la figura 5, es evidente que el líquido extracelular, tanto del plasma como del líquido intersticial contienen grandes cantidades de iones sodio, cloro, bicarbonato; pero solo cantidades pequeñas de potasio, calcio, magnesio, sulfato, fosfato y de ácidos orgánicos; además el plasma contiene grandes cantidades de proteína, mientras que el líquido intersticial la contiene en muy poca cantidad.

El líquido extracelular recibe el nombre de medio interno del cuerpo y su composición es regulada en forma muy precisa, de manera que las células quedan bañadas continuamente con un líquido que contiene los electrolitos y elementos nutritivos adecuados para asegurarse la persistencia de la función celular.

El líquido intersticial representa un líquido amortiguador de pH entre plasma y líquido intracelular. Si el plasma es sometido a bastantes variaciones repentinas en su composición por la continua absorción del intestino, la interposición del líquido intersticial entre el plasma y líquido intracelular ayuda al mantenimiento de la composición del líquido intracelular. De esta forma los riñones tienen la oportunidad de compensar por el cambio del plasma antes de que se reduzcan seriamente por el líquido intracelular.

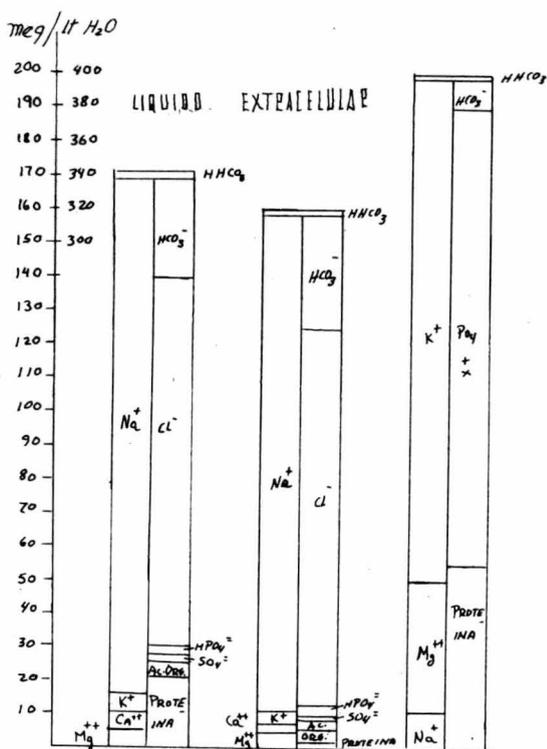


Fig. 5

Composición de electrolitos del plasma sanguíneo, líquido intersticial y líquido celular.

CONSTITUYENTES DEL LIQUIDO INTRACELULAR.- De la figura se deduce que el líquido intracelular sólo contiene pequeñas cantidades de sodio y cloruro y casi nada de iones cálcico; pero contiene grandes cantidades de potasio y fosfato y proporciones moderadas de magnesio y sulfato, todos ellos presentes en cantidades muy pequeñas en el líquido extracelular. Además las células contienen cantidades elevadas de proteína, aproximadamente cuatro veces más que el plasma.

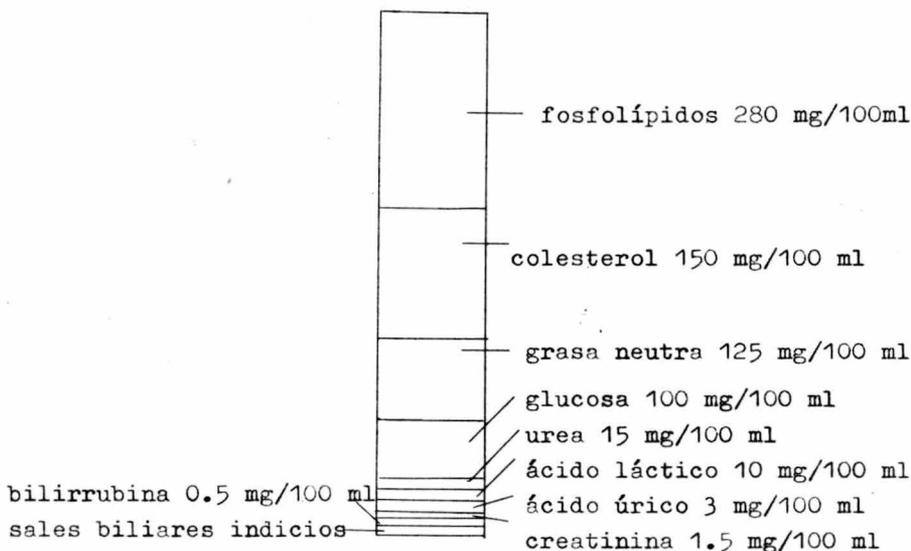


Fig.6  
Componentes del líquido extracelular no electrolítico

El agua intracelular es una fracción constante en la masa corporal del peso total del cuerpo menos el contenido de grasa y esqueleto. La grasa de reserva está libre de agua. Si un individuo pesa 74 Kg y tiene 44 litros de agua total, constituye el 60% de peso corporal. Si el individuo aumenta de peso a 80 Kg mediante la acumulación de grasa, el volumen de agua constituirá únicamente el 55% del peso corporal.

El contenido de agua en los tejidos individuales del cuerpo puede ser determinado directamente por análisis; esto constituye una pequeña fracción ( 10% en músculo) del líquido intersticial.

En la mayoría de los órganos incluyendo músculo - estriado, cardíaco, músculo visceral, cerebro y pulmones - el contenido de agua es de 75 - 80% del peso total; en hígado y en piel es de 70% y en hueso lo más bajo es de 20%.

g) MECANISMOS DE REGULACION NORMAL:

Las tres fracciones más importantes del agua corporal, líquido intracelular, líquido intersticial y plasma sanguíneo, están separadas por membranas semipermeables que, sin embargo, permiten la comunicación entre ellas, el agua pasa libremente de un compartimiento a otro.

El equilibrio acuoso entre el interior de las células del líquido extracelular depende de la presión osmótica de las partículas (moléculas y iones), y de la concentración de los electrolitos modificados por las diferentes permeabilidades de las membranas a los iones.

1.- DE LA CONCENTRACION OSMOTICA: veremos primeramente los principios básicos de ósmosis. Cuando una membrana está situada entre dos compartimientos líquidos, permeable al agua pero no a algunos solutos disueltos, y si la concentración de sustancias no difusibles es mayor en un lado de la membrana que en el otro, pasará agua a través de la misma hacia el lugar donde la concentración es mayor, llamándose esto, ósmosis.

La ósmosis resulta de los movimientos de las moléculas en las soluciones de cada lado de la membrana. Cada molécula a cada lado de la membrana tiene igual actividad porque la temperatura es la misma en ambos lados. Sin embargo, el soluto no difusible en un lado desplaza

algunas de las moléculas de agua, con lo cual disminuye su concentración, en consecuencia, la actividad química de las moléculas de agua contra la membrana en un lado es menor que en el otro, de manera que hay menos moléculas de agua chocando contra cada poro por segundo en el lado de soluto que en el lado de agua pura.

La ósmosis de las moléculas de agua pueden contrarrestarse aplicando un gradiente de presión contra la membrana semipermeable. La presión necesaria para anular completamente la ósmosis recibe el nombre de presión osmótica.

Los iones no difusibles causan ósmosis y presión osmótica absolutamente igual que las moléculas no difusibles. Además cuando una molécula se disocia en dos o más iones, cada uno de ellos ejerce individualmente una presión osmótica.

La capacidad de los solutos de causar ósmosis se expresa en osmoles. Un osmol equivale al peso molecular en gramos de sustancia disuelta no difusible y no ionizable. En general el osmol constituye una unidad excesivamente grande para expresar la actividad osmótica de las soluciones corporales. En consecuencia, suele expresarse en miliosmoles.

El mantenimiento del equilibrio osmótico entre los líquidos intracelulares y los extracelulares se ilustra de la siguiente manera:

Se coloca una célula (figura 6A), en una solución con una osmolalidad mucho menor que la del líquido intracelular. En consecuencia, empieza rápidamente la ósmosis de agua desde el líquido extracelular hacia el intracelular, haciendo que la célula se hinche y se diluya el líquido intracelular mientras se concentra el extracelular. Cuando la célula alcanza dilución suficien-

te para igualar la concentración de líquido en el lado externo, cesa la ósmosis (figura 7B). Por lo contrario si se coloca una célula en una solución que tiene concentración mucho mayor por fuera, (figura 7C), que en su interior. Esta vez por ósmosis, pasa agua desde el exterior diluyendo líquido extracelular, mientras se concentra el intracelular. Por consecuencia, la célula disminuye de volumen hasta que las dos concentraciones son iguales (figura 7D).

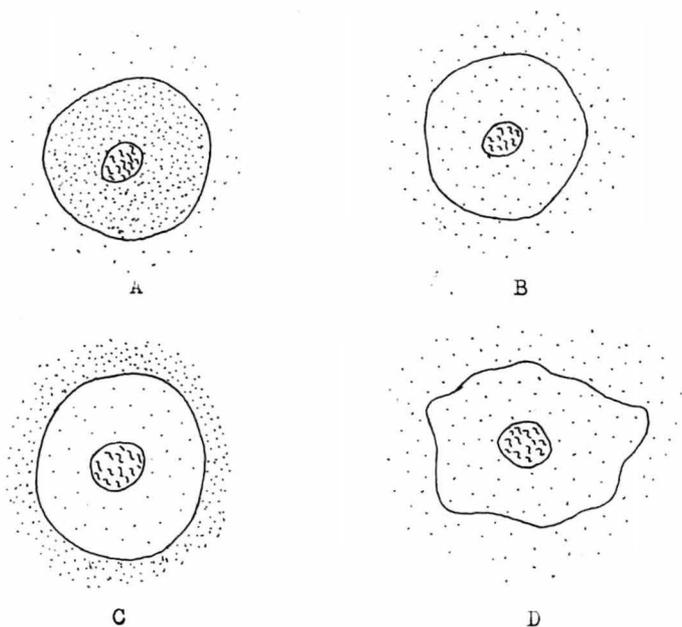


Fig. 7  
Demostración de el efecto de os-  
molalidad.

La transferencia osmótica de agua a través de la membrana celular ocurre tan rápidamente que cualquier falta de equilibrio osmótico entre los dos compartimientos líquidos suele corregirse en unos pocos segundos. Gracias a esta rapidez en producirse el equilibrio suele considerarse que si la situación de equilibrio osmótico entre los compartimientos es constante.

Un líquido dentro del cual pueden colocarse células corporales normales sin que aumenten o disminuyan de volumen dicese que es isotónica, una solución de NaCl al 0.9% es aproximadamente isotónica.

Una solución que hace que las células aumenten de volumen dicese que es hipotónica, cualquier solución de NaCl con menos de 0.9% de concentración es hipotónica.

Una solución que disminuye el volumen de las células es hipertónica, el NaCl en concentración mayor de 0.9% es una solución hipertónica.

2.- CONCENTRACION DE LOS ELECTROLITOS: La pared celular desempeña un papel activo que supone gasto de energía en sus relaciones con el líquido intersticial que la rodea; por ejemplo, merced a sus capacidades selectivas, esta membrana mantiene dentro de la célula una concentración de potasio mayor que la del líquido extracelular.

El sodio, el principal catión del líquido extracelular, desempeña en ellos el papel principal en cuanto a conservación de la presión osmótica.

La función equivalente dentro de las células corre a cargo del potasio. El volumen del líquido intracelular es regulado por la presión osmótica del líquido intersticial y su concentración de potasio depende del sistema de transporte activo de la membrana celular. Aunque pueden intervenir otras substancias intracelulares en la ósmosis, los componentes de agua y potasio, por su mayor movilidad, desempeñan un papel predominante en la presión osmótica celu

lar, que seguirá siendo normal mientras la osmolalidad - del líquido intersticial se mantenga, y la membrana celular está en buenas condiciones dejando salir y entrar po tasio en función de las necesidades.

Los componentes inorgánicos en el ejercicio corporal desempeñan una diversidad de funciones vitales en la economía animal. El fosfato de calcio-complejo de carbonato es básico para formar los tejidos óseos y dientes.

Su presencia influyen en la permeabilidad de las membranas celulares, así como el ión hidrógeno, el equilibrio-osmótico, la solubilidad de las proteínas, etc. Las sales inorgánicas disueltas en los líquidos corporales, -- afecta la contracción muscular, la irritabilidad del sis tema nervioso, actividad de las enzimas, balance acuoso y la secreción de los jugos gástricos, transpiración y - orina.

3.- HORMONAS REGULADORAS: La excreción y retención del - agua están reguladas por mecanismos nerviosos y humorales. El Hipotálamo regula el agua corporal de dos maneras:

a).- Creando la sensación de sed, que obliga a beber --- agua.

b).- Controlando la excreción de agua por la orina.

a).- Hay una pequeña zona denominada "centro de la sed" o de la "bebida", localizada a cada lado del Hipotálamo por fuera y por detrás de los núcleos supraópticos. Este centro se superpone al área que produce liberación de ADH, ilustrando así el hecho de que los factores que aumentan el ingreso de agua muchas veces originan al mismo tiempo aumento de la conservación del agua por los ri ñones. Cuando los electrolitos dentro de las neuronas de este pequeño centro llegan a estar demasiado concentrados el animal manifiesta intenso deseo de beber agua y -

bebe la suficiente para disolver la concentración normal de los electrolitos al centro de la sed.

En el caso de la insuficiencia circulatoria también sabemos que la falta de una provisión adecuada de elementos nutritivos para las células deprimirá los mecanismos de transporte activo a los cuales corresponde el mantenimiento normal de las composiciones intracelulares de electrolitos; ellos a su vez, en determinadas circunstancias pueden causar pérdida de electrolitos intracelulares con deshidratación resultante.

b).- La excreción de agua por los riñones está controlada por las hormonas de la parte posterior hipofisaria y de la corteza suprarrenal y del sistema osmorreceptor denominado hormona antidiurética (ADH), que incluye - Hipotálamo, neurohipófisis, hormona antidiurética y túbulos renales.

El gran volumen de agua que se excreta al tubo digestivo, bajo forma de secreciones digestivas - hasta 8 - litros al día - se reabsorbe casi completamente. El volumen de orina que se excreta depende principalmente de la hormona antidiurética (ADH), por lo cual también se le ha llamado oligúrica o vasopresina.

La ADH es secretada hacia la sangre por el eje supraóptico hipofisario del Hipotálamo y Neurohipófisis. - La secreción de la ADH es estimulada por el aumento de la osmolalidad del líquido extracelular; por la presión osmótica del plasma, y por la aldosterona que regula la excreción renal del sodio. Al aumentar la osmolalidad del líquido extracelular se secreta la ADH, causando mayor reabsorción de agua en los túbulos y menor excreción en la orina.

La ADH estimula la reabsorción del agua a nivel de -

los túbulos distales y en los conductos colectores de los riñones, cuando falta la hormona se produce la eliminación de grandes cantidades de orina de 5 a 20 veces mayor que la normal de muy baja densidad, y por lo tanto los líquidos extracelulares se concentran más, como es el caso de la diabetes insípida que se cree que haya una lesión o tumor en la parte del Hipotálamo.

Al contrario cuando, se secretan grandes cantidades de hormona la reabsorción de agua aumenta hasta el punto de que el volumen urinario llegue tan sólo a 400-500 ml. por lo tanto se retiene agua y los líquidos extracelulares se diluyen. Es por eso que esta hormona puede modificar la eliminación de agua por la orina unas 45 veces, entre los límites de su secreción máxima y mínima.

La pared epitelial de los tubos distales y los conductos colectores se hacen permeables al agua bajo la acción de la hormona antidiurética, que al no existir las paredes epiteliales se hacen impermeables al agua, permaneciendo el líquido hipotónico a todo lo largo de los túbulos distales y conductos colectores. El modo en que la hormona ADH aumenta la permeabilidad del túbulo al agua no ha sido comprobado, pero hay evidencias indirectas por estudios hechos de la hormona sobre piel de rana, observándose realmente el aumento del poro al agua por acción de la hormona, el cual permite un igualamiento más rápido de la presión osmótica.

Como quiera que sea, el agua bajo la influencia de la hormona ADH, no es reabsorbida activamente en el túbulo distal, porque si ésto sucede, el líquido sería isotónico, pero nunca hipotónico.

La máxima hipertonicidad de la orina en el hombre es de 1.4 osmoles/litro, casi 5 veces más que la del plasma (0.3 osmoles/litro).

La ascensión de la asa de Henle libera el líquido hipertónico al túbulo distal convectivo. Aquí bajo la acción de la ADH, el agua es reabsorbida y el líquido se vuelve isotónico al dejar el túbulo distal por sí mismo y pasará a los túbulos colectores.

El túbulo colector atraviesa los diferentes estratos de la médula con presiones osmóticas sucesivamente más elevadas y proporciona a las células del túbulo colector permeabilidad al agua, bajo la acción de la hormona ADH.

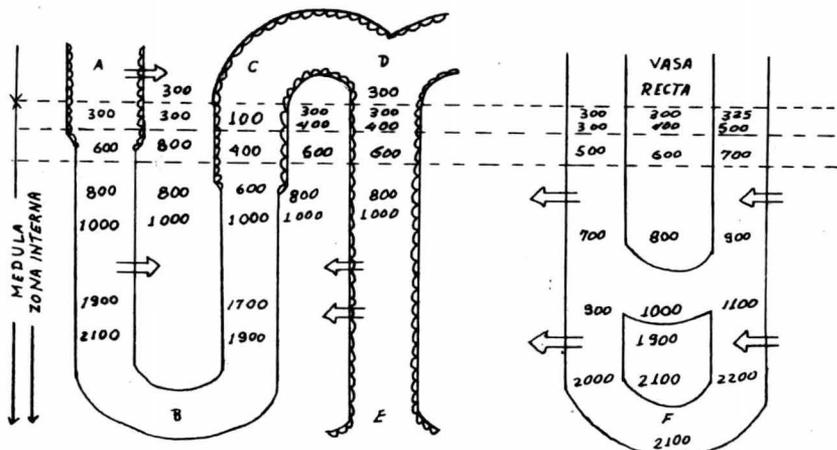


Fig. 8

La asa de Henle es un multiplicador a contracorriente. En esta figura se muestra -- que el ingreso y egreso es en forma pasiva.

- A túbulo convectivo proximal (corteza)
- B punta de la asa de Henle en papila
- C túbulo distal convectivo cerca de la macula densa.
- D conductos colectores
- E papila urinaria
- F sangre en los capilares en la punta de la papila.

El sistema propuesto opera como un gradiente de concentración osmótico, aumentando de la conexión corticomedular hacia la punta de la asa o concentrándose la orina por la absorción pasiva del agua a través de los túbulos colectores del agua permeable.

La vasa recta sirve también como un intercambio a -- contracorriente promoviendo eficientemente y quitando de los capilares ascendentes el agua extraída de la orina.

#### 4.- LA REABSORCION DEL AGUA OCURRE EN TRES ETAPAS:

- a).- En el túbulo distal, llamándose en algunas ocasiones "reabsorción obligatoria"  $T_{H_2O}^P$  Esto se estima por la reabsorción de 7/8 de agua el cual es presentado hacia el túbulo proximal.
- b).- Del túbulo distal, algunas veces llamado reabsorción facultativa  $T_{H_2O}^A$ . Esto comprende la liberación del sodio por la asa de Henle. Esta reabsorción del agua por el túbulo distal está bajo el control de la hormona ADH.
- c).- La hiperosmótica, que ocurre solamente en los conductos colectores.

En conclusión el transporte del agua ocurre casi totalmente por difusión osmótica. O sea que cuando algo de soluto del filtrado glomerular queda absorbido por absorción activa o por difusión a consecuencia de un gradiente electroquímico, la menor concentración resultante de soluto en el líquido peritubular producen ósmosis de agua, -- que sale de los túbulos.

Aproximadamente el 80% de toda el agua es reabsorbida en los túbulos proximales, el 6% en el asa de Henle, - el 9% en los túbulos distales y aproximadamente el 4% en los túbulos colectores. Esto deja 1%, o menos, del líquido original para pasar de los túbulos colectores a la orina.

En ambos riñones del hombre los volúmenes totales de agua que pasan por cada segmento del sistema tubular por minuto ( en condiciones normales de reposo), son las siguientes:

	ml/minuto
Por el glomérulo	125
Por el asa de Henle	25
Por los túbulos distales	18
Por los túbulos colectores	6
Pasan a la orina	1

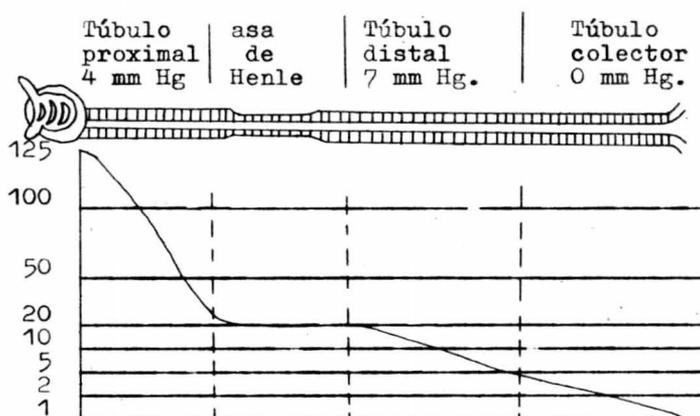


Figura 9.- En la parte de arriba se muestra desde el glomérulo hasta el túbulo colector. Y en la gráfica de abajo el volumen de flujo del líquido en cada segmento del sistema tubular por minuto.

Secreción de agua y electrolitos por estímulo nervioso.- También es necesario que las glándulas dispongan de agua y electrolitos para excretarlos junto con las sustancias orgánicas. Se han propuesto los mecanismos siguientes para explicar que sales y agua pueden atravesar en gran cantidad las células glandular y llevarse consigo sustancias orgánicas hasta el poro excretor:

- 1.- El estímulo nervioso ejerce acción específica sobre el polo basal; ocasiona transporte activo al interior de la célula de iones Cl.

- 2.- El interior de la célula se vuelva así electronegativo, lo cual obliga a los iones positivos a su vez atravesar la membrana.
- 3.- El aumento de iones intracelulares se acompaña de aumento paralelo de la presión osmótica, penetra agua en la célula y esta se hincha.
- 4.- El aumento de la presión en la célula causa diminutos rótulos de la membrana del polo secretor -- por donde son arrastrados: agua, electrolitos y -- sustancias orgánicas a la luz de los acenos.

Como vimos, en el equilibrio es igual la excreción e ingestión de agua pero no debe pensarse que -- las sales excretadas son las mismas que fueron ingeridas. Las excretas representan porcentaje de las que -- están presentes en el organismo, hayan sido ingeridas recientemente o no; según el tipo de metabolismo de -- cada elemento, corresponderá a la porción recientemente ingerida una porción menor o mayor en la excreción.

Mediante el empleo de elementos radiactivos se -- ha podido determinar los desplazamientos que efectúan en el organismo los elementos acabados de absorber y establecer el tiempo que una cantidad determinada tarda en excretarse. Los elementos minerales llenan muchas funciones, entre las más importantes están:

- 1.- La mineralización del tejido óseo, cartilaginoso y dientes.
- 2.- Su intervención en los procesos de regulación osmótica.
- 3.- Su intervención en la regulación del equilibrio ácido-básico.
- 4.- Su intervención en el equilibrio iónico, que es -- necesario para el normal funcionamiento del organismo.

- 5.- La formación de sustancias de gran importancia biológica (hemoglobina, enzimas, vitaminas, etc.).
- 6.- Su intervención en la activación y regulación de procesos enzimáticos.

El metabolismo del agua y electrolitos permite mantener en el interior de las células una composición constante, único medio en el cual los sistemas enzimáticos de la célula pueden funcionar con eficiencia continuamente.

El metabolismo del agua y electrolitos componen un todo funcional, porque el agua del cuerpo no fijada químicamente constituye en la práctica una solución isotónica con una proporción relativamente constante de electrolitos y algo menos constante de sustancias orgánicas. Por eso las variaciones de un componente repercute siempre en los demás.

CAMBIOS EN LOS VOLUMENES Y OSMOLALIDADES DE LOS LÍQUIDOS EXTRACELULARES E INTRACELULARES EN ESTADOS ANORMALES.— Los diferentes factores que pueden hacer que cambien los volúmenes extracelulares e intracelulares netamente están: ingestión de agua; la deshidratación; la inyección intravenosa de diversos tipos de solución; la pérdida de grandes cantidades de líquidos por el tubo digestivo o la pérdida de cantidades anormales de líquido por sudor o por los riñones.

Los cambios de volúmenes de líquido extracelular e intracelular pueden calcularse fácilmente si tenemos en cuenta los principios básicos:

- 1.- Las osmolalidades de los líquidos extracelulares o intracelulares se conservan exactamente los mismos, excepto durante los primeros segundos o minutos después de producirse cambio en uno de los tejidos.
- 2.- El número de osmoles de sustancias activas en cada compartimiento, en el líquido extracelular o en el intracelular, persiste exactamente el mismo a menos

de que algunas de las sustancias osmóticamente activas atraviese las membranas celulares hacia otro compartimiento, o se pierda por uno de los dos compartimientos o se añada al mismo en alguna forma.

3.- El número de osmoles de sustancias osmóticamente activas en el compartimiento de líquido extracelular dividido por el volumen de líquido en el compartimiento de líquido extracelular equivale al número de osmoles del compartimiento intracelular dividido por el volumen de líquido intracelular, que es igual al número total de la economía dividida por el volumen del agua corporal total.

Ahora analizaremos cada una de las diversas situaciones anormales de los líquidos sobre los volúmenes y las osmolalidades extracelulares e intracelulares.

Puede añadirse agua al líquido extracelular inyectándole al torrente sanguíneo o debajo de la piel o bebiéndola. El agua diluye el agua extracelular haciendo que se vuelva hipotónica con relación a los líquidos intracelulares. Inmediatamente comienza la ósmosis, pasando grandes volúmenes de agua hacia el interior de la célula. En unos pocos minutos el agua se habrá distribuido casi uniformemente por todos los compartimientos líquidos extra e intracelular.

Puede quitársele agua al cuerpo por evaporación de la piel, por evaporación de los pulmones o por excreción de orina muy diluida. En todos estos casos el agua abandona el compartimiento líquido extracelular, pero al hacerlo parte del agua intracelular pasa inmediatamente por ósmosis hacia el compartimiento extracelular conservando así iguales las osmolalidades, al efecto global se le llama deshidratación.

INTERCAMBIO ENTRE PLASMA Y LIQUIDO INTERSTICIAL.- En la siguiente figura se muestra como al atravesar la sangre el capilar un número enorme de moléculas de agua y de partículas disueltas difunden en uno y otro sentido a tra

vés de la pared capilar. El movimiento térmico de las moléculas de agua y el de las sustancias disueltas en el líquido origina difusión.

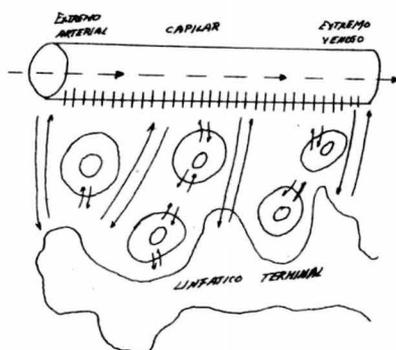


Fig. 10

Difusión de líquido y sustancias disueltas entre capilar y espacios líquidos intersticiales.

Muchas sustancias necesarias para los tejidos son solubles en agua pero completamente insolubles en las membranas lípidas de los capilares, como iones de sodio, cloro, glucosa, etc.

Estas sustancias difunden entre el plasma y los líquidos intersticiales solamente a través de los poros, que a su vez, están llenos de agua. A pesar de que la superficie de los capilares no tienen más de 1/1 000 representado por poro, la intensidad de los movimientos térmicos en los líquidos es tan grande que incluso esta pequeña superficie de poros basta para permitir una enorme difusión de sustancias hidrosolubles entre los dos lados de la membrana. Para dar una idea de la rapidez con la cual difunden las -

substancias, la intensidad con la cual difunden las moléculas de agua a través de la membrana capilar es aproximadamente de 40 veces mayor que la intensidad con la cual el plasma fluye linealmente a lo largo del capilar. A pesar de esta rápida difusión del agua, la intensidad de difusión hacia el capilar y la intensidad saliendo del capilar son prácticamente tan iguales que el volumen del plasma en el capilar se conserva casi exactamente constante.

El diámetro de los capilares de 80 a 90 Å, es aproximadamente 25 veces mayor que el diámetro de la molécula de agua, la menor de las que normalmente atraviesan los poros capilares. Sin embargo, los diámetros de las moléculas de proteína plasmática son ligeramente mayores que los diámetros de los poros y otras sustancias, como la glucosa y la urea que tienen dimensiones intermedias:

Substancia	Peso molecular	Permeabilidad
agua	18	1.00
cloruro sódico	58.8	.96
urea	60	.8
glucosa	180	.6
sacarosa	342	.4
inulina	5 000	.2
mioglobulina	17 600	.03
hemoglobina	68 000	.01
albúmina	69 000	.0001

Así vemos pues que la membrana es casi impermeable a la albúmina la cual permite que se desarrolle una notable diferencia de concentración entre la albúmina del plasma y la del líquido intersticial.

Si una sustancia es liposoluble puede difundir directamente a través de la membrana de los capilares sin tener que atravesar los poros. Las sustancias liposolubles normalmente transportadas por la sangre incluyen, en

especial el oxígeno y bióxido de carbono. Como estas sustancias pueden atravesar todas las zonas de la membrana capilar, no solamente los poros, las intensidades de transporte a través de la membrana son muy superiores a las correspondientes al agua y a otras sustancias insolubles en los lípidos

Otras sustancias liposolubles que son rápidamente transportadas incluyendo varios gases como anestésicos y alcohol.

El intercambio de agua que se lleva a cabo en el interior del cuerpo es más amplio, que el que se lleva a cabo en el exterior. Se pueden resumir los principales intercambios, en las siguientes:

Intestino: sangre --- glándula digestiva --- cavidad del intestino --- sangre.

Riñones: sangre --- capilares glomerulares --- cápsula de Bowman --- filtrado glomerular --- túbulo distal --- sangre.

Las consideraciones más importantes de la dinámica son los medios gracias a los cuales el plasma queda en la circulación y no puede trasudarse continuamente a través de la membrana capilar hacia el líquido intersticial y derivan de los siguientes factores:

- 1.- Presión capilar ( $P_c$ ) favorece la trasudación, que tiende a desplazar líquido hacia afuera a través de la membrana capilar.
- 2.- Presión del líquido intersticial ( $P_{if}$ ) que tiende a desplazar líquido hacia adentro a través de la membrana capilar.
- 3.- Presión oncótica del líquido intersticial, que favorece la trasudación.
- 4.- Presión coloidosmótica ( $\pi_P$ ) que tiende a producir ósmosis del líquido hacia adentro a través de la membrana.

- 5.- Presión coloidosmótica del líquido plasmático ( $\pi_{if}$ ) que tiende a provocar ósmosis del líquido, saliendo a través de la membrana.
- 6.- Tensión de los tejidos, que entorpece la trasudación.

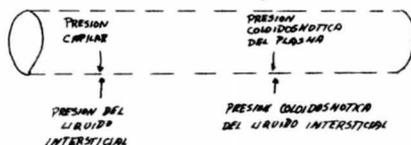


Fig. 11

Fuerzas que operan a nivel de la membrana capilar tendiendo a salir o entrar líquido a través de la misma.

La presión capilar no se conoce con certeza, pero se han dado valores aproximados de 30 a 40 mm Hg en los cabos arteriales, 10 a 14 mm Hg en los cabos venosos y aproximadamente 25 mm Hg a mitad de camino.

#### PRESION DEL LIQUIDO INTERSTICIAL:

La presión osmótica del líquido intersticial debe regularse por cambios apropiados de su contenido de agua y sodio; las modificaciones de la composición del plasma, a consecuencia de entrada o salida de agua o sodio por las paredes capilares, son percibidas por ciertos receptores nerviosos especiales, sensibles a los cambios de presión-osmótica (osmorreceptores), composición química (quimiorreceptores), presión hidrostática (barorreceptores). Las señales nerviosas producidas por los cambios de estos parámetros sanguíneos regulan la secreción de la hormona anti diurética, aldosterona y otras hormonas que modifican la excreción y resorción de agua y sal por los riñones, hasta corregir la presión del plasma. El líquido intersticial - representa, pues al mismo tiempo un "intermediario" esencial para la correlación fisiológica de la composición líquida de las células con los sistemas reguladores del riñón y un "amortiguador" de protección que evita que los -

cambios bruscos de composición del plasma actúen de inmediato sobre el líquido intracelular.

La presión del líquido intersticial medida en promedio es aproximadamente de -7 mm Hg, presión menor que la presión atmosférica.

Se puede explicar esta presión negativa por las siguientes condiciones:

El líquido puede fluir hacia los vasos linfáticos desde los espacios intersticiales incluso cuando la presión del líquido intersticial medio es negativa porque esta presión aumenta y disminuye cada vez el líquido se mueve. Cada vez que la presión se eleva hasta un valor ligeramente superior a la atmósfera hay líquido que sale a los espacios intersticiales y penetra en los linfáticos llevándose consigo proteínas que se han acumulado en el líquido intersticial. Este desplazamiento hacia los linfáticos conserva la concentración de proteína del líquido intersticial en un valor bajo y también conservando la presión coloidsmótica del líquido intersticial en aproximadamente 4 mm Hg.

En segundo lugar la negatividad de la presión del líquido intersticial se puede explicar fundándose en el equilibrio de Starling en los capilares. Si sumamos todas las fuerzas, aparte de la presión del líquido intersticial -- que pueden causar desplazamiento de líquido a través de la membrana capilar, comprobamos lo siguiente:

Fuerzas hacia afuera:	mm Hg
Presión capilar	17
Presión coloidsmótica del líquido intersticial	4
Total	21
Fuerzas hacia adentro:	
Presión coloidsmótica	28
Diferencia (Presión del líquido intersticial)	-7

Se ve pues que es necesario esta presión negativa para equilibrio de las demás fuerzas a través de la membrana capilar.

**PRESION COLOIDOSMOTICA DEL PLASMA.**- La presión coloidosmótica del plasma es causada por las proteínas y proviene de una solución coloidal, aunque sea en realidad una solución verdadera. El efecto del equilibrio de Donnan sobre la presión coloidosmótica sea aproximadamente de 50% mayor de la causada por las proteínas solas. Esto resulta de que las proteínas son iones negativas y para equilibrar estos iones negativos tiene que quedar en el mismo lado de la membrana donde están las proteínas un número mayor de iones cargados positivamente, principalmente iones de sodio. Estos cationes extras aumentan el número de substancias osmóticamente activas e incrementan la presión coloidosmótica total. Hecho más importante todavía el equilibrio de Donnan aumentan reversiblemente cuanto mayor es la concentración de proteínas. Esto significa que los primeros gramos de proteína en cada 100 ml de plasma o líquido intersticial tienen mucho menor efecto coloidosmótico que los pocos gramos siguientes.

La presión coloidosmótica del plasma humano normal es aproximadamente de 28 a 19 mm Hg de estos provienen de la proteína disuelta y 9 mm Hg de los cationes conservados en el plasma por las proteínas.

Existen tres fracciones proteínicas principales en el plasma: albúmina, globulinas y fibrinógeno.

Peso molecular medio de la albúmina es de 69 000 de la globulina de 14 000 y el del fibrinógeno de --- 400 000.

Las concentraciones medias relativas de los diferentes tipos de proteínas en el plasma son las siguientes:

Albúmina	4.5 g/100
Globulinas	2.5 g/100
Fibrinógeno	0.3 g/100
	<u>7.3</u>

Cada gramo de albúmina ejerce el doble de presión osmótica que un gramo de globulina; y como en el plasma hay una cantidad casi doble de albúmina que de globulina, el 70%, aproximadamente de la presión coloidosmótica total -- del plasma, resulta de la fracción albúmina y solo un 30% de las globulinas y fibrinógeno. Por eso desde el punto de vista de la dinámica capilar, la importancia principal la tiene la albúmina.

Presión osmótica del plasma a 38°C es de 7.70 atm. ó 5852 torr (mm Hg).

Esta presión osmótica corresponde a un descenso crioscópico de 0.56°C o una osmolalidad (concentración de todas las partículas osmóticamente activas) de 301.4 mmol.

La concentración osmótica (osmolalidad ideal) calculada a base de la composición química, suponiendo una disociación completa de los electrolitos fuertes (sales inorgánicas, principalmente NaCl), viene a ser de 325 mmol por 1000 g de agua del suero.

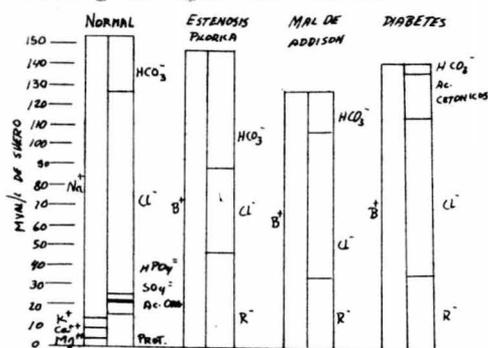


Fig. 12

Concentración iónica del suero B+=cationes totales; R-= aniones distintos de los de bicarbonato y cloruro.

La diferencia de este valor y la concentración osmótica activa -- real, de unos 300 mmol por 1000 g de agua del suero (osmolaridad real) se explica por ser algo menor la disociación de los electrolitos en el suero.

#### PRESION COLOIDOSMOTICA DEL LIQUIDO INTERSTICIAL.- -

Aunque las dimensiones de los poros capilares usuales -- son menores de las dimensiones de las moléculas de las -- proteínas plasmáticas, esto no es cierto para todos los -- poros. Por lo tanto, pequeñas cantidades de proteínas -- plasmáticas escapan hacia los espacios intersticiales. -- Las moléculas de albúmina, a consecuencia de ser menores -- que la mayor parte de las moléculas de globulina, normal -- mente se escapan 1.6 veces más fácilmente que las globu -- linas; la consecuencia es que las proteínas del líquido -- intersticial tienen una proporción muy elevada de albúmi -- na. La cantidad total de proteína en los 12 litros de lí -- quido intersticial del cuerpo es casi exactamente igual -- a la cantidad total de proteínas del propio plasma, pero -- como este volumen es cuatro veces mayor que el volumen -- del plasma, la concentración media del líquido interstie -- cial es la cuarta parte de la que hay en el plasma, o -- sea aproximadamente 1.8 g por 100.

RECAMBIO DE LIQUIDOS A TRAVES DE LA MEMBRANA CAPI--  
LAR.- La presión capilar en los extremos arteriales de -- los capilares es 15 a 10 mm Hg mayor que en los extremos -- venenosos. A consecuencia de esta diferencia se filtra lí -- quido que sale de los capilares en sus extremos arteriales -- y luego es reabsorbido hacia los capilares en sus extre -- mos venenosos. Así pues, una pequeña cantidad de líqui -- do en realidad fluye a través de los tejidos desde los -- extremos arteriales de los capilares hasta los extremos -- venenosos. La dinámica de flujo es como sigue:

Las fuerzas que operan en el extremo arterial del -- capilar para desplazar líquido a través de la membrana -- capilar, son las siguientes:

Fuerzas que tienden a des_lazar el líquido hacia afuera:	
Presión capilar	25 mm Hg
Presión negativa del líquido intersticial	7 mm Hg

Presión coloidosmótica del líquido intersticial	4.5 mm Hg
Fuerza total hacia afuera	36.5 mm Hg
Fuerzas que tienden a desplazar el líquido hacia adentro:	
Presión coloidosmótica del plasma	28 mm Hg
Fuerza total hacia adentro	28 mm Hg
Suma de fuerzas:	36.5 mm Hg
Hacia afuera	28 mm Hg
Hacia adentro	8.5 mm Hg

Esta presión de filtración de 8.5 mm Hg provoca, en promedio, que aproximadamente 0.5 por 100 del plasma que llega a los capilares salga filtrado por los cabos arteriales de los mismos hacia los espacios intersticiales.

La baja presión en el extremo venoso del capilar modifica el balance de fuerzas en favor de la absorción, como sigue:

Presión coloidosmótica del plasma	28 mm Hg
Fuerza total hacia adentro	28 mm Hg
Presión capilar	9 mm Hg
Presión negativa del líquido intersticial	7 mm Hg
Presión coloidosmótica del líquido intersticial	4.5 mm Hg
Fuerza total hacia afuera	20.5 mm Hg
La fuerza neta hacia dentro es de 7.5 mm Hg.	

La presión de resorción hace que aproximadamente las nueve décimas partes del líquido que había salido en los cabos arteriales de los capilares sean reabsorbidos a nivel de los extremos venosos. La otra parte pasa a los vasos linfáticos.

Es particularmente importante distinguir la diferencia entre filtración y difusión a través de la membrana capilar. La difusión ocurre en ambas direcciones, mientras que la filtración es el movimiento neto de líquido que sale del capilar en los extremos arteriales. La intensidad de difusión del agua a través de todas las membranas capilares del cuerpo es de aproximadamente 120 000 ml /minuto, mientras que la intensidad normal de filtración a nivel de los extremos arteriales de todos los capilares sólo es de 16 ml/minuto o sea una diferencia de 8 000 veces. Por lo tanto la intensidad cuantitativa de difusión de agua y elementos nutritivos que salen y vuelven a penetrar en los capilares y en los espacios intersticiales es enorme en comparación con la pequeña intensidad de flujo de líquido a través de los tejidos.

INTERCAMBIO DE LIQUIDO ENTRE PLASMA Y LIQUIDO INTERSTICIAL EN LOS TEJIDOS.- Durante la actividad de los tejidos grandes cantidades de líquido pasan de los capilares a los espacios intersticiales. En el caso de las glándulas secretoras, ejemplo: en las glándulas salivales, la mayor parte del líquido es transferido activamente por las células de las glándulas de los espacios tisulares a la cavidad del conducto glandular. A este proceso se le llama secreción y es un proceso puramente físico, como ósmosis y filtración que involucra un incremento del metabolismo (mayor consumo de  $O_2$  y formación de  $CO_2$ , y aumento de calor). Algo de líquido pasa por un mecanismo no conocido a los linfáticos permitiendo así la actividad del órgano; algo de líquido se acumula en los espacios tisulares.

En el caso de los músculos, la formación de líquido en los tejidos es en menor escala; el exceso de líquido puede escapar a los linfáticos o permanecer en el músculo. En la actividad muscular el peso del músculo puede aumentar en un 20%; esta hinchazón por la rigidez de un esfuerzo severo.

DINAMICA DEL LIQUIDO INTERSTICIAL.- El 15% del peso total de los tejidos es líquido intersticial encontrándose difundido regularmente por todos los espacios intersticiales siendo la anchura no mayor de una micra.

Cuando el líquido escapa de los extremos arteriales de los capilares hacia los espacios intersticiales, sólo lo acompañan cantidades pequeñas de proteína; pero luego, cuando el líquido es reabsorbido en los extremos venosos de los capilares, la mayor parte de la proteína queda sin poder ingresar de nuevo. Por lo tanto, la proteína se acumula progresivamente en el líquido intersticial aumentando con ello la presión coloidosmótica del tejido. La presión osmótica disminuye la reabsorción del líquido por los capilares y por lo tanto favorece un aumento del volumen de líquido tisular y también de la presión tisular. La presión aumentada manda hacia las vías linfáticas líquido intersticial que se lleva consigo el exceso de proteína acumulada. Así, se restablece la dinámica capilar normal. No existe ningún otro camino, fuera de los linfáticos, por el cual las proteínas pueden regresar al sistema circulatorio.

Como vimos anteriormente, la presión negativa existe en los espacios intersticiales, se reconoce inmediatamente que los linfáticos tienen un papel primordial, ya que regulan la concentración de las proteínas en el líquido intersticial.

Uno de los factores primarios que controla la intensidad de la linfa es el grado de movimiento de los tejidos. Cuanto mayor el movimiento, mayor el flujo de linfa, y menor la concentración de proteína en el líquido intersticial. Esta concentración baja de proteína, a su vez permite que aumente la reabsorción de líquido hacia el interior de los capilares, lo cual provoca un aumento de la negatividad de la presión del líquido intersticial. Inversamente, la ausencia completa de movimiento hace difícil que la linfa circule a lo largo de -

las vías linfáticas. En consecuencia, se acumula proteína en los espacios llenos de líquido intersticial, de manera que disminuye la reabsorción de líquido en los capilares, por lo tanto la presión intersticial aumenta -- desde su valor negativo normal hasta el valor 0.

La presión del líquido intersticial en diversos tejidos se ha comprobado que es negativa:

- a) En los tejidos subcutáneos de prácticamente de todas las partes de la economía del cuerpo.
- b) En los tejidos retroperitoneales del abdomen.
- c) En el músculo

Es muy probable que la presión del líquido intersticial sea positiva en algunos tejidos que tiene cápsulas rígidas, como los riñones.

En un tiempo se había creído que los diferentes tejidos del cuerpo se conservaban unidos por acción de fibras de tejido conectivo. Esto ocurre principalmente en puntos donde los tejidos se deslizan uno sobre otro. -- Sin embargo, en diversos lugares del cuerpo no hay fibras de tejido conectivo. Pero, incluso en estos lugares los tejidos se conservan unidos por la presión negativa del líquido intersticial, que en realidad constituye un vacío parcial. Cuando los líquidos pierden su presión negativa, se acumula líquido en los espacios y se produce el estado llamado edema.

La siguiente figura ilustra un modelo físico de -- los tejidos construido para ilustrar el siguiente efecto:

A la izquierda hay presión positiva y se observan cantidades excesivas de líquido en los espacios intersticiales. A la derecha se ha aplicado presión negativa en todo el tubo perforado, simulando un capilar, y los elementos bisulares se encuentran apretados unos contra otros. Esto representa un estado "seco", o sea que no -

hay exceso de líquido aparte del necesario simplemente para llenar los espacios entre los elementos tisulares.

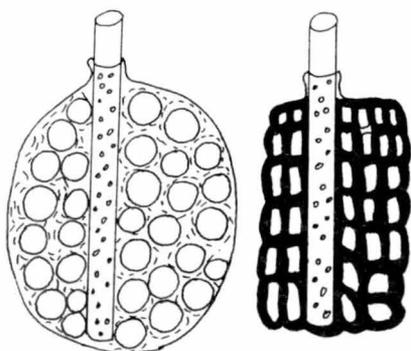


Fig. 13

Modelo físico de tejidos, -  
construido con un saco de -  
caucho, un tubo perforado  
para simular un capilar, ba-  
lones llenos de agua para -  
simular células y algodón entre  
los balones para simular --  
elementos intercelulares. lzq.  
Estado edematoso. Der. No  
edematoso.

El estado seco de los tejidos es particularmente importante para una nutrición óptima - de los tejidos, porque los elementos nutritivos pasan de la sangre a las células, mien--- tras que las excreta - pasan en dirección --- opuesta por difusión.

La intensidad de difu-  
sión entre dos puntos  
es inversamente propor-  
cional a la distancia  
entre ellos. Por lo --  
tanto, es esencial que  
se conserven mínimas -  
las distancias; de lo

contrario, podría producirse lesión nutritiva de las -  
células.

Edema, significa exceso de líquido intersticial -  
en los tejidos. Evidentemente, todo factor que aumente  
lo suficiente la presión del líquido intersticial pue-  
de producir un exceso de volumen de líquido intersti-  
cial, y por lo tanto provocar el desarrollo del edema.

En la siguiente curva nos muestra las relaciones  
medias y volumen en los espacios líquidos intersticia-  
les del cuerpo humano, extrapolando los datos de medi-  
das obtenidas en la pata posterior aislada del perro.

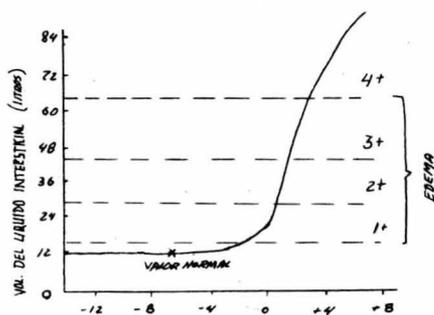


Fig. 14

Fresión del líquido intersticial (mm Hg)

Curva de presión.- Volumen de los espacios intersticiales. Extrapoladas al hombre según datos obtenidos en perro.

Uno de los caracteres más notables de la forma de la figura es que mientras la presión del líquido intersticial se conserva en valor negativo hay poco cambio en el volumen líquido intersticial, a pesar de grandes cambios de presión. Por lo tanto no se produce edema mientras la presión del líquido intersticial persiste negativa.

Tan pronto como la presión en el líquido intersticial se eleva hasta ser igual a la atmosférica (presión 0), la pendiente de la curva de presión-volumen cambia bruscamente, empezando a aumentar rápidamente el volumen.

Un aumento adicional de la presión del líquido intersticial de solamente 1 a 3 mm Hg, hace que el volumen intersticial aumente multiplicándose varias veces.

La causa física de edema es la presión positiva en los espacios líquidos intersticiales. En la curva anterior se ha añadido una escala de edema. Edema 1+ significa edema difícil de descubrir; edema 4+ significa edema en el cual las extremidades están hinchadas a

volúmenes uno y medio hasta dos veces el normal.

El edema no puede descubrirse en los tejidos hasta que el volumen de líquido intersticial ha aumentado --- aproximadamente en un 30% del normal. La presión del líquido intersticial puede elevarse desde el valor normal de -7 hasta arriba de 0 mm Hg antes que empiece a aparecer edema. Existe, pues, un factor de seguridad de 7 mm Hg, causad por la presión normal negativa del líquido intersticial, antes que aparezca el edema.

Otro factor de seguridad, que puede ayudar a evitar el edema, es el aumento de flujo de linfa, que suprime parte del líquido extra que penetró en los espacios intersticiales.

Puede calcularse que un flujo de linfa aumentado - hasta el máximo, proporciona aproximadamente 1 mm Hg de factor de seguridad, pues el flujo extra de linfa puede alejarse de los tejidos aproximadamente el volumen extra de líquido que se ha formado por un aumento de 4 mm Hg de presión capilar media. Además, el aumento de flujo linfático también desplaza la mayor parte de las proteínas desde los espacios líquidos intersticiales, disminuyendo la presión coloidosmótica del líquido intersticial desde el valor normal de 4 mm Hg hasta casi 0 mm Hg.

Si sumamos los factores de seguridad antes señalados, comprobamos que hay un factor total de seguridad - de aproximadamente 15 mm Hg para impedir el edema. Esto explica que el cuerpo humano normal no se vuelva edematoso antes de producirse graves anomalías del sistema circulatorio.

EDEMA RESULTANTE DE UNA DINAMICA CAPILAR ANORMAL.--  
Las causas de una dinámica capilar son:

PRESION CAPILAR 41 mm Hg  
 PRESION COLOIDOSMOTICA 28 mm Hg  
 PRESION DEL LIQUIDO INTERSTICIAL 4 mm Hg

PRESION COLOIDOSMOTICA TISULAR 20 mm Hg

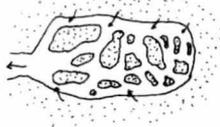


Fig. 15

Presión capilar alta.

AUMENTO DE PRESION CAPILAR.- cuando la presión capilar media llega a alcanzar valores anormales altos, sale más líquido del capilar del que entra en él; por lo tanto se acumula en los espacios tisulares hasta que la presión del líquido intersticial aumenta y alcanza valores suficientes para compensar la presión excesiva en los capilares. La presión capilar media es de 41 mm Hg en lugar del valor normal de 17 mm Hg. En consecuencia en este caso pasa suficiente líquido hacia los espacios

tisulares para aumentar la presión tisular hasta 9 mm Hg.

Las causas de aumento de la presión capilar puede ser por obstrucción, como los coágulos venosos de gran volumen - frecuentemente originan zonas locales de obstrucción venosa, que bloquean el regreso de sangre al corazón y producen edema en los tejidos normalmente drenados por las venas obstruidas. Más frecuentemente la presión capilar está aumentada - por obstáculo al retorno venoso a consecuencia de insuficiencia cardíaca; cuando el corazón ya no bombea suficiente sangre venosa en forma adecuada, la sangre se acumula en el sistema venoso.

Cuando se produce dilatación arterial en zonas localizadas de la economía, la sangre pasa rápidamente a través de las arteriolas dilatadas y la presión capilar aumenta enormemente. Por lo tanto se produce edema local. Tal edema local ocurre se produce sobre todo en procesos alérgicos y en el denominado edema angioneurótico.

DISMINUCION DE LAS PROTEINAS PLASMATICAS.- en la siguiente figura se ilustra la dinámica anormal que ocurre en la membrana capilar cuando la cantidad de proteína plasmática - baja hasta valores muy reducidos. El efecto principal es una

PRESION MEDIA DEL LIQUIDO 17 mmHg  
 PRESION COLIDOSMOTICA 6 mmHg  
 PRESION TISULAR 7 mmHg

PRESION COLIDOSMOTICA TISULAR 25 mmHg



Fig. 16

Proteína sanguínea baja

Muchas veces se pierden por los riñones y van a parar a la orina, grandes cantidades de proteína, sobre todo albúmina en la enfermedad llamada nefrosis.

Finalmente, las personas cuya dieta alimenticia contiene muy poca proteína no pueden formar cantidades adecuadas de proteínas plasmáticas; por lo tanto, tienden a sufrir edema por deficiencia proteínica, que ha recibido el nombre de edema nutritivo.

OBSTRUCCION LINFATICA.- si el drenaje linfático de cualquier zona de la economía queda

bloqueado, se acumula más y más proteínas en los espacios tisulares locales hasta que la concentración de la misma puede acercarse a la concentración de proteína en el plasma. Según se indica en la figura, la presión coloidosmótica de los líquidos pueden alcanzar teóricamente cifras tan altas como 28 mm Hg; - para equilibrarla se acumulan líquidos en los tejidos hasta

PRESION MEDIA DEL LIQUIDO 17 mmHg  
 PRESION COLIDOSMOTICA 28 mmHg  
 PRESION TISULAR 17 mmHg

PRESION COLIDOSMOTICA TISULAR 28 mmHg

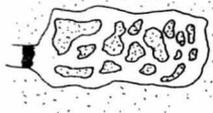


Fig. 17

Obstrucción linfática.

que la presión del líquido intersticial se eleva hasta un -- valor igual a la presión capilar, de aproximadamente 17 mmHg. Las causas más comunes de obstrucción linfática, es la filaríasis, enfermedad transmitida por un mosquito en zonas tropicales. Las microfilarias salen de los capilares, penetran en el líquido intersticial y luego siguiendo la linfa, se van a parar a los ganglios linfáticos. Las reacciones inflamatorias obstruyen progresivamente las vías linfáticas de estos ganglios, produciendo tejido cicatrizado.

También se produce obstrucción linfática después de operaciones para extirpar cancer. Como los ganglios linfáticos -- que drenan una zona cancerosa deben suprimirse para evitar la posible extensión del proceso, es posible que quede bloqueado el regreso de la linfa del área correspondiente hacia la sangre.

**AUMENTO DE LA PERMEABILIDAD DE LOS CAPILARES.**— La mem-

brana capilar se ha hecho tan permeable que pueden atravesar moléculas de proteína plasmática fácilmente a los espacios intersticiales. El contenido proteínico del plasma disminuye mientras que el de los espacios intersticiales aumenta. En este ejemplo la presión tisular se eleva hasta +7 mm Hg -- para equilibrar los cambios de -- presión coloidosmótica habidos en el plasma y tejido, a consecuen--cia de la fuga de proteínas. A su vez, la presión del líquido inters

PRESIÓN MEDIA DEL SANGRE 12-17 mmHg  
PRESIÓN COLIDOSMÓTICA 14-20 mmHg  
PRESIÓN TISULAR 7 mmHg

PRESIÓN COLIDOSMÓTICA TISULAR 7 mmHg



Fig. 18

Aumento de la porocidad ca  
pilar.

ticial aumentada es causa de edema progresivo.

Las quemaduras son causa frecuente de aumento de permeabilidad de los capilares, porque los capilares sometidos a temperaturas excesivamente altas se vuelven friables y sus poros se agrandan. Las reacciones alérgicas también son causa frecuente de liberación de histamina o diversos polipéptidos que lesionan las membranas capilares y aumentan su permeabilidad.

La toxina bacteriana producida por *Clostridium oedematiens* puede causar tal aumento de la permeabilidad capilar - que el plasma que escapa hacia los tejidos elimina al paciente en pocas horas.

Recientemente se ha comprobado que un aumento considerable de presión en los capilares puede distender sus paredes hasta el punto que los propios poros aumentan sus dimensiones. Basta con unos pocos minutos de distensión intensa para causar el trastorno, y se necesitan de cuatro a diez horas - por lo menos para que dichos poros vuelvan a alcanzar su estado normal.

**EDEMA CAUSADO POR RETENCION RENAL.**- cuando el riñón no logra eliminar cantidades adecuadas de orina y el paciente - sigue bebiendo volúmenes normales de electrolitos, aumenta - progresivamente la cantidad total del líquido extracelular.- Este líquido es absorbido del intestino hacia la sangre aumentando ligeramente la presión capilar. Ello, a su vez, hace que gran parte del líquido pase hacia los espacios líquido--intersticiales, elevando allí la presión. A medida que se retiene más y más líquido, aumenta paralelamente la presión capilar como la presión tisular, pero también en cierto grado, del volumen plasmático.

**EDEMA PULMONAR.**- Se aplican casi exactamente los mismos principios al desarrollo de edema pulmonar que el desarrollo de edema en los tejidos periféricos. Sin embargo, existe una neta diferencia cuantitativa; la presión capilar normal probablemente esté alrededor de 7 mm Hg, por lo tanto, - el factor de seguridad antes que se desarrolle edema es considerablemente mayor en los pulmones que en los tejidos periféricos. En el hombre el factor de seguridad es mayor de -- 20 mm Hg.

En otras palabras, la presión capilar probablemente - tendría que elevarse aproximadamente a 30 mmHg antes que - pudiera producirse edema pulmonar.

La causa más frecuente de edema pulmonar es la elevación de la presión en la pequeña circulación. Se produce distensión de los vasos pulmonares cuando la presión venosa se eleva en unos mm Hg; la presión venosa pulmonar debe subir por encima del valor crítico de unos 27 mm Hg antes de salga por filtración de los capilares pulmonares. El aumento ocurre frecuentemente en la insuficiencia del corazón izquierdo, estenosis e insuficiencia mitral.

También puede ocurrir edema a consecuencia de edema capilar local en los pulmones, causada por infección bacteriana como neumonía o acción de gases irritantes como cloro, fosgeno, lewisita y gas mostaza. Todos ellos lesionan directamente el endotelio de los capilares vecino de los alveólos.

ASCITIS A CONSECUENCIA DE OBSTRUCCION PORTAL.- los pacientes que sufren oclución progresiva del retorno sanguíneo a través del hígado tienen presión constantemente elevada en la región que drena la vena porta. El resultado es que los pacientes sufren ascitis (presencia de líquido en el peritoneo), en ocasiones acumulándose hasta 20 litros de líquido ascítico.

EDEMA CEREBRAL.- Cuando la cabeza se golpea contra un objeto sólido, el tejido lesionado sufre edema y las arterias cerebrales se comprimen contra la bóveda craneana de manera que queda bloqueada total o parcialmente el riego sanguíneo para el cerebro. En esta forma el edema del cerebro puede deprimir o inactivar totalmente el centro respiratorio. Este edema puede aliviarse por inyección intravenosa de soluciones hipotónicas. Estas soluciones suprimen osmóticamente parte de los líquidos intracelulares del cerebro.

#### h).- MECANISMOS DE REGULACION DE LA SED:

La sed es el regulador primario del ingreso de agua al cuerpo. Las cuatro causas más importantes de la sed son: -- deshidratación extracelular; hemorragia y gasto cardiaco bajo; deshidratación intracelular y sequedad de la boca.

**DESHIDRATACION EXTRACELULAR.**- En experimentos destinados a dilucidar el mecanismo de la sed, se ha reducido el volumen del líquido extracelular de diferentes formas, entre ellas, privación de agua hasta deshidratación de todos los compartimientos líquidos, por administración de diuréticos para originar una pérdida rápida de líquido extracelular por los riñones, circunstancias que aumentan considerablemente el volumen del líquido que se bebe, o la persona se queja de sed intensa.

Un tipo particularmente de deshidratación celular que produce sed es el que ocurre cuando un animal se conserva durante largo tiempo con ingreso limitado de sodio, en este caso, la concentración molar de los líquidos extracelulares resulta muy baja, y el volumen del líquido extracelular también disminuye, a veces hasta a dos tercios del volumen normal. En estas condiciones el animal empieza a beber grandes cantidades de agua, pero a menos que disponga de NaCl en ella, no restablecerá el volumen normal de líquido extracelular, sin embargo, desaparecerá inmediatamente cuando se añada al agua una cantidad adecuada de cloruro de sodio para reabastecer el volumen del líquido extracelular hasta los valores normales.

**HEMORRAGIA Y GASTO CARDIACO BAJO.**- Cuando la hemorragia es suficiente para que disminuya el gasto cardiaco, existe por lo tanto una falta adecuada de elementos nutritivos para las células, deprimiendo los mecanismos de transporte activo, y en consecuencia son estimuladas las neuronas del cen-

tro de la sed directamente causando por lo tanto intensa sensación de sed. Igual sucede con la insuficiencia cardiaca aguda debido a que el sistema circulatorio se encuentra perturbado de la misma forma

**DESHIDRATACION INTRACELULAR.**- A veces el líquido extracelular es completamente normal, pero el líquido intracelular está muy disminuido.

Por ejemplo, la inyección en las venas de cloruro de sodio hipotónico o de solución hipertónica de sacarosa, ocasionará la salida osmótica de agua desde el compartimiento del líquido intracelular, que provoca sed inmediata. Entonces el sujeto toma gran volumen de agua, suficiente para disminuir la osmolalidad del líquido extracelular hasta valores normales.

**SEQUEDAD DE LA BOCA.**- Una boca seca suele acompañar a la deshidratación extracelular e intracelular. Sin embargo, cuando se administra a una persona un medicamento como la atropina para disminuir la salivación, los volúmenes de líquido extracelular e intracelular pueden seguir completamente normales pero la boca se seca mucho.

**PATOLOGIA CUANDO HAY EXCESO DE AGUA Y ELECTROLITOS.**- Las alteraciones de los mecanismos de regulación de la excreción de agua, sodio y cloruro pueden dar lugar a cifras anormales de estas sustancias. Los niveles plasmáticos de sodio y cloro no siempre indican retención real de estos iones, pues esta condición puede quedar compensada o enmascarada por retención simultánea de agua, con edema.

Si se dan por vía intravenosa soluciones de cloruro de sodio y el riñón no es capaz de regular la concentración de estos iones en el líquido extracelular, el contenido total tendrá que aumentar. Las anomalías endocrinas acompañantes, en las enfermedades del hígado y la toxemia del embarazo significan también retención anor-

mal de sodio y agua. En este caso la causa principal es probablemente un exceso de aldosterona circulante.

Se alivia la sed después del acto de beber, aunque tal alivio sea sólo temporal y después de 15 o más minutos vuelva a aparecer. Ahora bien, si el agua entra en el intestino la distensión del tubo gastrointestinal alto y en particular el estomago, brinda un nuevo alivio temporal durante 5 a 30 minutos, resultando sorprendente el valor que puede tener este alivio temporal; después que una persona bebió --- agua puede necesitarse hasta media hora o una hora para que el agua sea absorvida hacia los líquidos extracelulares, entonces la persona seguirá bebiendo más y más, y cuando toda esta agua sea absorvida, los volúmenes de los líquidos de su cuerpo serían mucho mayores que los normales y se habrá creado un estado opuesto al que se deseaba corregir. Es --- bien sabido que los animales sedientos nunca beben más de lo necesario, en general beben casi exactamente el volumen preciso que necesitan.

La estimulación eléctrica del centro de la sed por --- electrodos implantados hará que un animal empiece a beber a los pocos segundos, y continúa bebiendo hasta que se interrumpa el estímulo eléctrico. También la inyección de solución salina hipertónica en esta zona, origina ósmosis hacia fuera de las células neuronales y produce deshidratación intracelular.

Como vimos anteriormente, las causas de la sed son deshidratación extracelular, intracelular y la insuficiencia circulatoria. Además el acto de beber y la repleción del tubo digestivo puede inhibir la sed. Es casi seguro que el acto de beber y la repleción del tubo digestivo existan receptores sensitivos periféricos que transmiten impulsos al --- "Centro de la sed" originando esta reacción. Sin embargo --- los otros tres estímulos parecen afectar las neuronas del "Centro de la sed" directamente. Se sabe que la deshidratación extracelular promueve la pérdida de líquido desde el -

interior de las mismas, así pues esta deshidratación pudiera muy bien causar suficiente deshidratación de las neuronas del centro de la sed para estimularla.

i).- EFECTOS DE SOBRESHIDRATACION.

Diuresis acuosa.- Cuando una persona bebe grandes cantidades de agua, se origina un fenómeno denominado diuresis acuosa, por ejemplo, si una persona ha bebido un litro de agua, aproximadamente 30 minutos más tarde

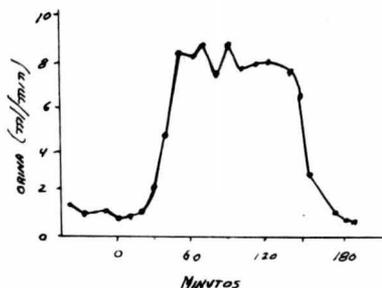


Fig. 19

Diuresis acuosa en el hombre después de ingerir un litro de agua.

la eliminación de orina aumenta hasta ocho veces el volumen normal, alcanzando un valor en el que se mantuvo durante dos horas; o sea hasta que la osmolalidad de los líquidos extracelulares recuperó esencialmente valores normales. El retraso en la iniciación de la diuresis acuosa depende en parte de un retraso en la absorción del agua por el tubo digestivo pero sobre todo del tiempo necesario para la destrucción de la hormona antidiu

rética liberada por la hipófisis antes de beber el agua.

A pacientes con la enfermedad de Addison e hipoparatiroidismo severo como en la enfermedad de Sommond, no se le practica la diuresis antes de la ingestión rápida de una cantidad considerable de agua. Excretando el exceso con cierta rapidez, ya que en este tiempo es más largo en personas normales.

A los pacientes que se les hizo la prueba se les mantuvo en ayunas y sin ingestión de líquido antes de 20 horas llevándose a cabo en la mañana.

Si un litro de solución salina isotónica es tomada rápidamente o inyectada intravenosamente con un valor de 20 ml/minuto, el volumen plasmático puede aumentar hasta el 7% y el exceso de agua y sal son excretadas lentamente por la orina los siguientes días; aquí no hay una respuesta efectiva, rápida, a un aumento del volumen plasmático y extracelular, en ese orden cuando no es acompañado por algún cambio en la concentración coloidal del líquido extracelular.

Si son inyectados dos litros de solución salina isotónica -- (20 ml/min.), la respuesta es diferente. El volumen plasmático aumenta hasta 350 ml (+ 10%), aquí se manifiesta una diuresis inicial que elimina cerca de la mitad del volumen añadido en cuatro horas. Esto sugiere que la diuresis inicial aparece por la supresión de la secreción de la hormona ADH, no de los osmorreceptores y es estimulada por la alta presión venosa causada por el aumento del volumen plasmático. El resto del líquido es excretado gradualmente.

En una persona hidratada, al inyectar un litro de solución salina isotónica puede producirle una diuresis acuosa.

Si se añade una solución hipotónica, la osmolalidad del líquido extracelular disminuirá y parte de los líquidos extracelulares penetrarán en la célula.

Finalmente, si se añade una solución hipertónica al líquido extracelular, la osmolalidad aumentará y originará una ósmosis de agua, que saldrá de las células hacia el compartimiento extracelular.

Es frecuente inyectar soluciones muy concentradas de glucosa manitol o urea para lograr disminución inmediata del volumen del líquido intracelular. Por ejemplo, en el caso de edema cerebral grave, muchas veces el paciente muere por exceso de presión en el interior del cráneo, lo cual dificulta el paso de sangre por el encéfalo. La situación puede aliviarse en unos pocos minutos inyectando solución hipertónica de una substancia que no penetra en el compartimiento intracelular. Pero la glucosa, manitol y urea son todas eliminadas rápidamente por los riñones, en consecuencia en plazo de dos a cuatro horas, los efectos osmóticos de estas substancias han desaparecido.

j).- EFECTOS DE DESHIDRATACION.- Los efectos producidos por la completa privación de agua en un hombre durante cuatro días, han sido bien estudiados con una dieta adecuada en todos sus constituyentes. La sangre renal fluye inalterable; el volumen filtrado glomerular se reduce hasta el 20%. Aquí no disminuye el volumen plasmático y no hay hemoconcentración, probablemente porque el líquido intersticial tenía reserva. Posteriormente, el peso del cuerpo disminuyó cerca de 3.5 Kg. El volumen -urinario se redujo de 30 á 40 ml al día, la orina producida fué de 30 ml por hora conteniendo urea, creatinina fosfato, nitrógeno total y sólidos no nitrogenados en su máxima concentración, por ello gran cantidad de constituyentes urinarios no pueden ser eliminados con este volumen, salvo que aumente o mediante la reducción amplia de la excreción de los sólidos de la orina causando así su retención en la sangre.

La privación del agua en los niños es muy importante, ya que sus efectos son especialmente importantes, -debido a las peculiaridades que presenta su función renal. En el útero el trabajo de los riñones está dado en parte por la placenta. La orina en los niños es hipotónica (nunca hipertónica como en los adultos) necesitando un gran volumen de orina para eliminar los diferentes sólidos de desecho, por eso el valor de la filtración glomerular es muy bajo.

La privación de agua o una pérdida rápida de líquido excesivo, induce al fracaso renal y nos conduce a la retención de urea y electrolitos. En niños enfermos --- (asociados con sudoración, diarreas o vómitos), la ingestión de líquidos debe mantenerse alto y restringir la ingestión de proteínas para disminuir la formación de -productos de desecho nitrogenados.

El vaciamiento de agua ocurre cuando se ingiere -- agua insuficiente sin que haya una pérdida significativa de cloruro de sodio. Esto puede elevarse en pacien--

tes que tienen una fístula esofágica (proceso en el cual existe un carcinoma en el esófago y como consecuencia dificultad para deglutir), también en estado de coma.

La pérdida de agua se puede tener en cualquiera de las siguientes situaciones:

**Pérdida renal:** Por diabetes insípida; falta de hormona - antidiurética; lesión cerebral; por destrucción de los - nódulos supraópticos o una destrucción a nivel alto del haz nervioso que va de los núcleos supraópticos a la neurohipófisis interrumpiendo la secreción de la hormona antidiurética, o la disminuye en alto grado. Cuando se secreta orina diluida su volumen/día puede alcanzar de 5 a 20 litros, disminuyendo los volúmenes líquidos del cuerpo; además, aumentan la concentración molar de los mismos.

**Pérdida renal excesiva:** Debida a los efectos de alguna - enfermedad sobre la función de resorción del riñón.

**Pérdida pulmonar:** Por la fiebre alta.

**Pérdida por tubo digestivo:** En diarreas, sin pérdida --- equivalente de electrolitos, que se presenta ocasional-- mente en lactantes.

En estas condiciones el aumento inevitable de la -- presión osmótica del líquido intersticial ocasiona la salida de agua intracelular; durante algún tiempo, la concentración plasmática de electrolitos sigue siendo normal, pero al continuar la pérdida de agua, va menguando el volumen total del líquido extracelular, aumenta el hematocrito y disminuye el volumen sanguíneo. La menor filtración glomerular, con mayor resorción de agua, reduce la excreción urinaria que a veces se suspende totalmente. El sodio plasmático aumenta notablemente, así como otros electrolitos, el nivel no proteico, y la osmolalidad del plasma.

**Pérdida conjunta de agua y electrolitos causada por:** vómitos o diarrea de larga duración, aisladas o combinadas.

Sondas de aspiración y fístulas externas.

Drenaje por aspiración de la secreción gástrica.

Poliuria en la diabetes sacarina no tratada.

Padecimientos renales con pérdida de la capacidad de concentración del riñón y alteraciones de las funciones de resorción de los túbulos.

En la acidosis metabólica ocasionada a nivel del túbulo renal; al no funcionar los mecanismos del intercambio en tre iones hidrógeno y de otra naturaleza, se pierde un exceso de electrolitos con la orina.

Sudoración excesiva.

Alteraciones cerebrales, acompañadas de secreción deficiente de ADH.

Alteraciones endócrinas, por deficiencia de hormonas de la corteza suprarrenal, en la enfermedad de Addison.

El tipo exacto de pérdida de agua y electrolitos de pende de la causa primaria y puede cambiar en función -- del estado clínico. En algunos casos se pierde mayor can tidad de cierto electrolito que de otros; la pérdida de potasio por alteraciones del tubo digestivo puede verse agravada por excreción renal continua de este elemento. Los trastornos endócrinos pueden ejercer un efecto selec tivo; en el hiperaldosteronismo, se pierde más potasio - por la orina; en la enfermedad de Addison la pérdida más importante es la de sodio.

Deshidratación con pérdida de agua y electrolitos que de be ser recuperada si prolonga profusamente la transpiración, al recuperarse el agua corporal por ingestión de - la misma puede causar espasmo neuromuscular al fracasar - con el remplazamiento de electrolitos perdidos durante - la sudoración. En la deshidratación severa las células - de los tejidos pierden potasio y ganar en sodio, el cual trastorna el balance iónico normal y la función de las - células.

En falla cardiaca, cirrosis, hiponatremia están fre cuentemente asociados con la disminución de eliminación de agua libre.

El uso de manitol para producir una diuresis osmótica puede ser provechoso en algunos casos, pero parece que en muchos casos el mecanismo de los osmorreceptores vuelve a bajar la osmolalidad del suero y el tratamiento con manitol es inútil.

Un aumento en la excreción de agua libre se encuentra en pacientes con enfermedad de Addison, en lesiones cerebrales y en diabetes insípida. La eliminación de agua libre es mayor que 10 ml/minuto y la osmolalidad urinaria es menor de 200 mOsm/Kg. En poliuria no siempre está asociado con aumento de excreción de agua libre. Si la poliuria es secundaria hacia una diuresis acuosa como ocurre en la hiperglucemia, la eliminación de agua libre puede ser baja o si acaso negativa.

k).- EFECTOS DE LA PERDIDA DE LIQUIDO EXTRACELULAR EN LA ECONOMIA Y DINAMICA CAPILAR: se puede perder líquido extracelular del cuerpo de las siguientes formas:

- 1.- Pérdida de orina isotónica.
- 2.- Pérdida de sudor isotónico.
- 3.- Pérdida de líquido a través de zonas cutáneas quemadas.
- 4.- Pérdida de líquido por el tubo digestivo a consecuencia de diarreas y vómito. El único efecto importante que resultaría de esta pérdida sería una disminución del líquido extracelular.

Si el volumen del líquido extracelular disminuye tanto que cause choque circulatorio, puede alterarse perjudicialmente el metabolismo de las células. En tales casos muchos de los electrolitos son perdidos hacia el líquido extracelular, en caso particular para el potasio, las concentraciones extracelulares de potasio aumentan considerablemente. Como el potasio penetra en el líquido extracelular, ello causa ósmosis de

agua también hacia el líquido extracelular, aumentando el volumen del líquido extracelular y disminuyendo el del líquido intracelular.

Una concentración elevada de potasio en los líquidos extracelulares tiene una acción depresora de la conducción de impulsos nerviosos musculares a lo largo de las membranas. Cuando la concentración de potasio extracelular alcanza de 10 a 15 miliequivalentes/litro o sea aproximadamente 2 a 3 veces la normal, el corazón deja de latir. En consecuencia, uno de los efectos de una intensa pérdida de líquido extracelular es la debilidad cardiaca o incluso el paro del corazón, causados por intoxicación potásica. En estas circunstancias, con frecuencia, las personas se tratan con inyección de solución isotónica de cloruro de sodio. Cuando desaparece el choque circulatorio y mejora el metabolismo celular, el potasio penetra en las células tan rápidamente, que su concentración en los líquidos extracelulares alcanza valores bajos. Por ello tiene por consecuencia la producción de potenciales en la membrana en los nervios motores tan elevados, que ya no pueden transmitir impulsos hacia los músculos produciendo se parálisis muscular.

Cuando se inyecta en el líquido extracelular solución de potasio, aumenta inmediatamente la concentración miliosmolar del líquido extracelular y puede salir líquido del compartimiento intracelular. Sin embargo, a menos que las células ya estén cargadas de potasio al máximo, casi todo el potasio inyectado penetrará en las células gradualmente. Cuando el potasio se desplaza en esta forma, también lo hará el agua para mantener el equilibrio osmótico.

Sin embargo, el potasio inyectado no siempre penetra en las células, ya que las células normales tienen tendencia a saturarse ellas mismas de potasio siempre

que la concentración potásica extracelular sea mayor de unos dos miliequivalentes por litro, cifra menor de la mitad de la concentración normal.

En la dinámica capilar, los capilares están formados básicamente de una capa unicelular de células epiteliales, rodeada de una delgada membrana basal en el lado exterior. El espesor total de la membrana es aproximadamente de 0.5 micras.

El diámetro de los capilares es de 7 a 9 micras, apenas suficiente para atravesar a los glóbulos rojos, y otras células sanguíneas.

En la membrana capilar existen poros a través de los cuales el agua y muchas sustancias disueltas pasan de la luz del capilar a los espacios intersticiales. Estos pequeños poros que comunican el interior del capilar con el exterior, quedan alejados uno de otros y no representan más de 0.001 del área total de la superficie del capilar, estos poros tienen un diámetro entre 80 y 90 Å.

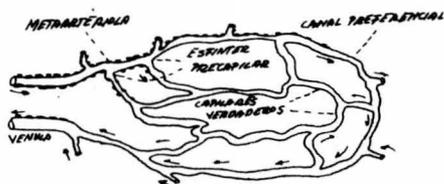


Fig. 20

Estructura global de una red capilar.

La sangre no fluye con intensidad continua a través de los capilares, sino de una forma intermitente dependiendo de la llamada vasomotricidad, o sea la contracción intermitente de las metaarteriolas en los esfínteres precapilares. Estos se contraen y relajan con un ciclo alternante de 6 a 12 veces por minuto. La vasomotricidad está regulada por la concentración de oxígeno en los tejidos, los pequeños chorros de sangre circu-

lan más frecuentemente y la duración de cada período de flujo dura mayor tiempo. También cuando menos oxígeno hay en la sangre, mayor el volumen de sangre pue de atravesar el tejido. También cuando mayor el consumo de oxígeno por el tejido, mayor el volumen de sangre que lo atraviesa.

La barrera fisiológica que existe entre los líquidos intersticiales y el plasma sanguíneo está formada por las delgadas paredes de los vasos capilares y el paso de agua y iones a través de esta barrera de pende en gran medida de:

- 1.- Diferencias de concentración de solutos, gradientes.
- 2.- Diferencias de presión hidrostática.
- 3.- Diferencias de presión osmótica, acentuadas por - el mayor contenido de proteínas del plasma respec to al líquido intersticial.

### CAPITULO III

#### ANALISIS DEL CONTENIDO ACUOSO EN DIVERSOS COMPARTIMIENTOS

Una vez que hemos tenido que clasificar el contenido de agua, por los diferentes compartimientos en que se encuentra, daremos una relación de los principales métodos, para cada uno de los lugares en que se encuentra, así como para el contenido del agua corporal total:

- a).- Volumen de agua corporal total: Hay una gran variedad de métodos, los principales son: de la antipirina; agua pesada; agua tritiada; de la urea; de la N-acetil-4 amino antipirina.
- b).- Volumen de agua extracelular: los principales métodos volumétricos son: del yodo radiactivo; del cloruro radiactivo; del ión tiosulfato; del ión tiocianato; de la inulina; de la sacarosa; de la fructuosa.- Con la característica de que estas substancias pueden difundir rápidamente por todo el líquido extracelular atravezando las membranas capilares, pero lo menos posible las membranas celulares. Con estos métodos se miden los siguientes compartimientos: plasma sanguíneo, líquido intersticial y algunos líquidos trancelulares según el método.
- c).- Volumen plasmático: los principales métodos son: el del azul de Evans o T 1824; de la proteína plasmática marcada con yodo radiactivo; método indirecto con fósforo radiactivo. Sólo se mide el volumen plasmático.
- d).- Volumen del líquido intersticial: puede calcularse aproximadamente restando el volumen plasmático del volumen líquido extracelular.
- e).- Otras mediciones: osmolalidad de la orina o suero -- que consiste en la medición del descenso del punto de congelación con cualquiera de los osmómetros disponibles en el comercio.

La presión del líquido intersticial ha sido difícil de medir, fundamentalmente porque la anchura máxima de -- los espacios intersticiales es aproximadamente de una micra, se conocen dos métodos: el de esferas perforadas implantadas y medición de la presión en espacios creados de bajo de la piel.

La presión capilar no se conoce verdaderamente porque ha sido imposible medirla en condiciones absolutamente normales. Sin embargo, se han empleado dos métodos: mediante la introducción directa de una micro cánula en los capilares y los métodos isogravimétrico e isovolumétrico.

METODOLOGIA.- Descripción de los principales métodos.

a).- MEDICION DEL VOLUMEN DE AGUA CORPORAL CON AGUA PESADA

FUNDAMENTO: Se basa en el principio de dilución del agua pesada administrada por vía intravenosa, calculada en relación al peso del individuo, que se mide espectrofotométricamente o con un contador Geiger en una muestra de plasma. A partir de los datos obtenidos, se calcula cual es la concentración en la muestra y se relaciona el volumen con el peso de agua pesada administrada.

El método espectrofotométrico tiene la característica de que ha simplificado la técnica, por lo que se ha difundido su uso en el laboratorio mediano y grande. Ultimamente se emplea el espectrofotómetro acoplado a un detector centelleante, que consiste en un sistema de un cristal de yoduro de sodio y el detector acoplado a un tubo fotomultiplicador.

A su vez todo esto dentro de una caja con escudo de plomo con una abertura en la punta. Este sistema ligado a un espectrofotómetro que tiene la facultad de recoger los impulsos eléctricos en un analizador de radiaciones proporcional a la energía absorbida en el cristal.

Se determina en particular en pacientes con falla renal, u otro disturbio del agua corporal y composición iónica.

#### MATERIAL QUIMICO:

Agua pesada, en concentración conocida obtenida comercialmente. Patrón de  $D_2O$  con un rango de 0.05-0.25% - se prepara 0.05% pesando  $D_2O$  al 99.5% en un matraz de 100 ml, usando balanza analítica 0.1 mg y aforar con agua tridestilada.

Agua tridestilada, fosfato trisódico al 10%, ácido nítrico al 10%, hielo seco, etanol, grasa para juntas - en unidades Apiezon M.

#### MATERIAL DE LABORATORIO:

Balanza analítica, centrífuga, jeringas, equipo de destilación, espectrofotómetro.

#### MATERIAL BIOLÓGICO:

El paciente para medirle el agua y plasma.

#### DESARROLLO:

- 1.- Se pesa al paciente o se determina su superficie corporal en  $m^2$ .
- 2.- La dosis y jeringa se pesan en la balanza analítica.
- 3.- Se inyecta intravenosamente  $D_2O$ , la cantidad suficiente a dar una concentración en el suero de 0.150 - 0.250%.
- 4.- Dejar tres horas de mezcla, sin ingerir alimento durante este periodo.
- 5.- Se extrae una muestra de sangre.
- 6.- Se prepara el agua del plasma en el equipo de destilación, lavado antes de usarse con fosfato trisódico, ácido nítrico y agua tridestilada en la vispera.

- 7.- Determinar la concentración en el espectrofotómetro.
- 8.- Efectuar correcciones adecuadas para cualquier pérdida de líquido por la orina u otra vía durante el tiempo - de mezcla. Correr al mismo tiempo el patrón.
- 9.- Calcular el volumen de conformidad con la fórmula que se establece en el capítulo siguiente.

b).- MEDICION DEL VOLUMEN LIQUIDO EXTRACELULAR:

FUNDAMENTO: Método de la inulina, manitol o sacarosa. Se comportan igual, debido a que estas sustancias son excretadas enteramente por los riñones. Nuevamente se basa en el principio de dilución con la característica de que esta sustancia difunden rápidamente por todo el líquido extracelular atravesando las membranas capilares, pero lo menos posible las membranas celulares.

Las consideraciones que se deben tomar en cuenta al emplear cualquiera de las diferentes sustancias son: al emplear la sacarosa o inulina no difunden rápidamente en todos los lugares alejados del compartimiento líquido extracelular, por ejemplo, el líquido fijado por las fibras colágenas; el manitol sólo penetra muy poco al líquido cefalorraquídeo, de ahí que cuando se determina por esta sustancia no se incluye el líquido cefalorraquídeo.

Como no conocemos ninguna sustancia que mida el volumen exacto del líquido extracelular suele hablarse de espacio de manitol, espacio de inulina, etc.

Este método se emplea generalmente para conocer el estado de hidratación de la persona, conociendo de antemano su peso en Kg o superficie corporal en  $m^2$ .

MATERIAL QUIMICO:

Manitol, sacarosa o inulina en solución de concentración conocida en solución salina.

Patrón de referencia obtenida comercialmente.

MATERIAL DE LABORATORIO:

Jeringas, espectrofotómetro, centrífuga.

**MATERIAL BIOLÓGICO:**

El paciente para conocer su peso en Kg; orina, suero o plasma.

**DESARROLLO:**

- 1.- Inyectar por vía intravenosa la dosis de sustancia escogida.
- 2.- Dejar media hora de mezcla.
- 3.- Tomar una muestra de sangre.
- 4.- Separar el plasma o suero por centrifugación.
- 5.- Determinar la concentración de sustancia inyectada. Correr al mismo tiempo el patrón.
- 6.- Calcular con las fórmulas que se dan posteriormente.

**c).- MEDICION DEL VOLUMEN PLASMÁTICO:**

Método del azul de Evans o T 1824

Método de la proteína plasmática con  $I^{131}$

Método del fósforo radiactivo y hematocrito

**METODO DE AZUL DE EVANS O T 1824:**

**FUNDAMENTO:** Se basa también en el principio de dilución. En este caso la característica del colorante empleado es que no difunda más allá del torrente sanguíneo, no se fije en las paredes de los vasos ni penetre a las células sanguíneas.

**MATERIAL QUÍMICO:**

Jeringas, centrífuga, espectrofotómetro.

**MATERIAL QUÍMICO:**

Colorante azul de Evans o T 1824 enlazado a una albúmina sérica con el fin de que escape lentamente de los capilares, preparación comercial. Patrón de azul de Evans T-1824

**MATERIAL DE LABORATORIO:**

Jeringas, centrífuga, espectrofotómetro.

#### MATERIAL BIOLÓGICO:

El paciente conociendo su peso en Kg; su plasma u suero.

#### DESARROLLO:

- 1.- Inyectar por vía intravenosa la dosis calculada del colorante.
- 2.- Dejar un tiempo adecuado para la mezcla.
- 3.- Tomar una muestra de sangre.
- 4.- Separar el suero o plasma por centrifugación.
- 5.- Determinar colorimétricamente el grado de dilución del colorante contenido en el plasma o suero.
- 6.- Calcular el volumen plasmático.

#### METODO DE LA PROTEINA PLASMÁTICA:

FUNDAMENTO: Se basa en la relativa impermeabilización del endotelio capilar a la proteína plasmática. Sin embargo, - se hace notar un 10 a 25% de la proteína yodada escapa - del plasma dentro de las primeras horas después de la inyección. Las consideraciones que se deben tomar son: que la albúmina sérica yodada y el patrón deben guardarse en el refrigerador, pero usarla a temperatura ambiente. Se lugoliza al paciente antes de la prueba con 20 gotas de solución en 100 ml de agua saborizada con naranja o cualquier otro jugo, tomada a través de un popote de paja, - debido a que el yodo decolora los dientes. Se obtiene la historia clínica del paciente. El paciente no debe haber sido transfundido dentro de 8 horas anteriores de la --- prueba. Conocer la altura y peso del paciente para estudiar la cantidad de volumen plasmático. La determinación del volumen plasmático puede repetirse a menudo, si es necesario, pero la base de nivel de sangre debe ser toma da antes de la inyección con el isótopo.

#### MATERIAL QUÍMICO:

Albúmina sérica humana marcada con yodo radiactivo  $I^{131}$ .  
Patrón de albúmina sérica marcada, adquirida comercialmente.

**MATERIAL DE LABORATORIO:**

Jeringas, espectrofotómetro acoplado a un detector centelleante, tubos capilares para hematocrito.

**MATERIAL BIOLÓGICO:**

Al paciente para determinarle su volumen plasmático.



**DESARROLLO:**

- 1.- Inyectar el contenido de la jeringa en la vena cúbica, aspirando la sangre y reinyectando varias veces para limpiar la jeringa de todo resto posible.
- 2.- Después de 10 minutos se extraen 8 ml de sangre, con una jeringa heparinizada.
- 3.- Llenar dos tubos capilares para hematocrito con la sangre y centrifugar.
- 4.- Pipetear 1 ml de sangre y pasarlo al tubo de prueba. Anotar el número de desintegraciones.
- 5.- Centrifugar el resto de la sangre para separar el plasma.
- 6.- Pipetear 1 ml del plasma y pasarlo al tubo de prueba. Anotar el número de desintegraciones totales por min.
- 7.- Pipetear 1 ml de solución patrón de referencia. Anotar el número de desintegraciones por minuto.
- 8.- Calcular el volumen plasmático.

**METODO DEL FOSFORO RADIATIVO Y HEMATOCRITO:**

**FUNDAMENTO:** Es el mismo que los anteriores, sólo que en este caso la membrana de los eritrocitos son permeables a los iones fosfato el cual se incorpora a los compuestos orgánicos. Los iones fosfato penetran en los eritrocitos incorporándose a los compuestos orgánicos de la célula los cuales no son difusibles. El fósforo radiactivo no puede escapar de la célula cuando están suspendidos en un plasma no radiactivo.

El volumen plasmático y de los corpúsculos son determinados mediante el hematocrito en donde se lee directamente el volumen del paquete celular y el volumen del plasma en por ciento.

#### MATERIAL DE LABORATORIO:

Espectrofotómetro, baño María, centrífuga, vasija de silicón, tubos para hematocrito wintrobe, jeringas, tubos de ensayo, pipetas Wintrobe.

#### MATERIAL QUIMICO:

Solución de fosfato radiactivo P<sup>32</sup>, heparina, solución salina.

#### MATERIAL BIOLÓGICO:

El paciente para determinarle su volumen plasmático; plasma sanguíneo.

#### DESARROLLO:

- 1.- 5 ml de sangre heparinizada se incuban a 37°C, 2 horas con la solución de fósforo radiactivo, en la vasija de silicón para evitar la hemólisis.
- 2.- Se centrifuga la sangre.
- 3.- Suspender las células en solución salina al 0.9%.
- 4.- Reinyectar al individuo las células suspendidas.
- 5.- Tomar muestras de sangre a los 5, 10, 20 y 30 minutos.
- 6.- Determinar la concentración de fósforo radiactivo.
- 7.- Determinar el volumen eritrocítico total y determinar el hematocrito de la siguiente manera:
- 8.- Tomar 5 ml de sangre venosa con una jeringa perfectamente seca. Recogerla en un pequeño tubo conteniendo 7.5 mg de heparina y mezclar bien.
- 9.- Llenar un tubo de hematocrito Wintrobe hasta la marca 10 cm.
- 10.- Centrifugar a 3 000 rpm por 30 minutos.
- 11.- El volumen del paquete celular x 10 dá el volumen por 100 ml de sangre.
- 12.- Supongamos que se obtuvieron 45 ml de células rojas - por el método de fósforo radiactivo y del hematocrito se obtuvieron 55 ml de plasma, de aquí que el volumen plasmático corresponde a 2 750 ml y 2 250 ml de células rojas en cinco litros de sangre.

d).- MEDICION DE LA OSMOLALIDAD EN SUERO U ORINA:

FUNDAMENTO: La osmolalidad es una medida de la concentración total de partículas disueltas en una solución cualquiera. Toda sustancia disuelta en un disolvente produce - cuatro propiedades físicas relacionadas entre sí ( propiedades coligativas), y son:

- 1.- Descenso del punto de congelación por debajo de la temperatura del disolvente puro.
- 2.- Elevación del punto de ebullición por encima del -- punto del disolvente puro.
- 3.- Disminución de la presión de vapor por debajo de la disolvente puro.
- 4.- Aumento de la presión osmótica sobre la del disol-- vente puro.

Teóricamente, la medición de cualquiera de las propieda des procurará un medio para calcular las otras tres, y por lo tanto la concentración de las partículas. Sin em bargo, a causa de la naturaleza química y física de los líquidos biológicos, es más práctico medir el descenso del punto de congelación. En resumen, el principio de - la operación de este instrumento es enfriar la muestra unos cuantos grados ( $-7^{\circ}\text{C}$ ) por debajo del punto de congelación y luego iniciar el proceso de congelación. A medida que ocurre congelación, se libera calor en forma de cristales de hielo, lo que hace que la temperatura - ascienda y se acerque al punto de congelación, el punto de equilibrio, en el cual se lee la temperatura. El pun to de congelación así medido permite calcular la concen tración de las partículas disueltas. Soluciones patrones de cloruro de sodio que tienen puntos de congelación --- conocidos y presiones osmóticas correspondientes, se --- usan en el procedimiento de calibrado. Las fuentes más - comunes de resultados inexactos son las calibracio--

ciones defectuosas, el uso indebido e impropio del del osmómetro y la presencia de materia en partículas en las muestras.

**MATERIAL DE LABORATORIO:**

Centrífuga, baño de enfriamiento, osmómetro.

**MATERIAL QUIMICO:**

Soluciones patrones de cloruro de sodio.

**MATERIAL BIOLÓGICO:**

Sangre extraída por punción venosa con mínimo de estasis separando el suero por centrifugación. Si no va a analizarse pronto después de la centrifugación, habrá de congelarse o refrigerarse.

La orina se recogerá en recipientes limpios y secos sin preservativos. Si el análisis no puede efectuarse pronto después de la toma, la muestra ha de refrigerarse. Antes del análisis, las muestras refrigeradas han de calentarse para que se disuelvan por completo las substancias precipitadas.

**DESARROLLO:**

- 1.- Centrifugar dos veces la muestra para eliminar las partículas gruesas.
- 2.- Enfriar la muestra a varios grados por debajo del punto de congelación.
- 3.- Se introduce el volumen apropiado de muestra en un tubo de muestras.
- 4.- Se sobreenfría la muestra (a  $-7^{\circ}\text{C}$ ) a que se produzca equilibrio de temperatura.
- 5.- Se inicia el proceso de congelación y se lee el valor en términos de miliosmoles.

e).- Medición de la presión del líquido intersticial.  
Método de esferas perforadas.  
Método en espacios, líquidos creados debajo de la piel.

Método de esferas perforadas.

FUNDAMENTO: Se mide la presión con un manómetro adecuado mediante esferas perforadas por varios centenares de pequeños agujeros, que a determinado tiempo crezca el tejido lo suficiente a que penetre los agujeros para revestir la superficie interna de la esfera. La cavidad llena de líquido circula libremente por las perforaciones en uno y otro sentido. Por lo tanto la presión en la cavidad ha de ser igual a la presión del líquido intersticial.

MATERIAL DE LABORATORIO:

Miniesferas perforadas vacías de plástico, agujas adecuadas y manómetro.

DESARROLLO:

- 1.- Implantar la miniesfera bajo la piel.
- 2.- Dejar curar la herida, aproximadamente un mes.
- 3.- Introducir la aguja debajo de la piel a través de una de las perforaciones.
- 4.- Medir la presión con el manómetro.

Método en espacios creados debajo de la piel.

FUNDAMENTO: Este método es semejante al anterior, sólo que se coloca una pequeña copa de vacío sobre la piel, y esta se aspira hacia el interior de la copa. Se va acumulando líquido libre debajo de la prominencia debajo de la piel y su presión alcanza un estado de equilibrio.

MATERIAL DE LABORATORIO:

Pequeña copa de vacío, bomba de vacío, agujas, manómetro.

DESARROLLO:

- 1.- Colocar la copa de vacío sobre la piel.
- 2.- Aspirar hacia el interior de la copa, gradualmente unas 24 horas.
- 3.- Insertar una aguja dentro del tejido, de manera -- que su punta quede dentro de este líquido libre.
- 4.- Leer en el manómetro la presión.

f).- Medición de la presión capilar.

Método de la micropipeta.

Método isogravimétrico.

Método de la micropipeta.

FUNDAMENTO: Se introduce directamente una pipeta microscópica de vidrio en el capilar y se mide la presión con un manómetro adecuado. Este método es poco confiable, ya que la inserción por sí sola origina una presión anormal. Con este método se han medido presiones capilares del mesenterio expuesto de animales inferiores. Estas mediciones han dado valores de 30 á 40 mm Hg en los ca b<sup>o</sup>s arteriales de los capilares, de 10 á 15 mm Hg en los cabos venosos y aproximadamente 25 mm Hg a la mitad del camino.

MATERIAL DE LABORATORIO:

Pipeta microscópica de vidrio, manómetro.

DESARROLLO:

- 1.- Introducir la micropipeta en el capilar.
- 2.- Medir la presión con el manómetro.

Método isogravimétrico.

FUNDAMENTO: A una sección de intestino sostenido por el bra zo de una balanza gravimétrica, se perfunde sangre. -- Cuando la presión arterial disminuye, la disminución - resultante de presión capilar origina absorción osmóti

ca de líquido saliendo del intestino y significa la disminución del peso del mismo. Esto se observa instantá--neamente por el desplazamiento de la rama de la balanza. Para evitar este cambio de peso se eleva la presión ve--nosa lo suficiente para que compense el efecto que tie--ne la disminución de la presión arterial.

MATERIAL DE LABORATORIO:

Balanza gravimétrica, manómetro.

MATERIAL BIOLÓGICO:

Una sección de intestino.

DESARROLLO:

- 1.- Sostener una sección de intestino en el brazo de la balanza.
- 2.- Perfundir sangre a través del intestino.
- 3.- Tomar la presión con el manómetro hasta que se equi-- libre la balanza.

El método isovolumétrico es esencialmente el mismo, --- excepto que se registra el volumen del tejido en lugar del -- peso.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS E INTERPRETACION

La forma en que se reportan los valores obtenidos de los diferentes compartimientos generalmente están expresados en % del peso corporal, conociendo de antemano la superficie corporal en  $m^2$  del paciente, edad, sexo, altura y peso del mismo.

Para obtener la superficie corporal, se calcula de la siguiente manera:

$$A (m^2) = cm^{0.925} + Kg^{0.425} - 2.144$$

#### a).- VOLUMEN CORPORAL TOTAL:

Cálculos para determinar los mililitros de  $D_2O$  inyectada.

$$\text{Vol. (ml) } D_2O \text{ inyectada} = \frac{\text{peso de } D_2O \text{ inyectada}}{1.104}$$

donde 1.104 es la densidad del  $D_2O$  a  $25^\circ C$ . La dosis que hay que administrar a los pacientes es de 1.2 ml al --- 99.5% de  $D_2O$  /Kg de peso corporal.

Para el patrón, se tiene un rango de 0.05-0.25% y se -- prepara una solución al 0.05% en un matraz de 100 ml y aforar con agua tridestilada. Se anota la temperatura, - densidad y el porcentaje de pureza del agua pesada.

$$\text{Vol. \% } D_2O = \frac{G \times 0.995 \times 100}{D \times V}$$

donde:

G = peso en gramos de D<sub>2</sub>O añadido al matraz

D = densidad del agua pesada a 25°C (1.104)

V = Volumen de calibración del matraz en ml

El patrón se debe preparar cada semana.

Fórmula para determinar el volumen total de agua:

$$\text{Vol. total de agua (l)} = \frac{\text{ml D}_2\text{O inyectada} \times \text{vol. \% D}_2\text{O}}{10 \times \text{Vol. \% D}_2\text{O en la muestra}}$$

$$\text{\% en peso} = \frac{\text{Vol. total de agua (l)}}{\text{peso del paciente (Kg)}} \times 100$$

Valores Normales:

0 - 11 días	77.8 (69 - 89)	42.0(34-53)
11 días - 6 meses	72.4 (63 - 83)	34.6(28-57)
6 meses - 2 años	59.8 ( 52 - 72)	26.6(20-30)
2 - 7 años	63.4 ( 55 - 73)	25.0(21-30)
7 - 16 años	58.2 (50 - 60)	20.5(18-26)

b).- VOLUMEN DEL LIQUIDO EXTRACELULAR:

Cálculos para determinar el líquido extracelular con-sacarosa, manitol o inulina.

Supongamos, por ejemplo, que un sujeto de 63 Kg recibe 21 g de manitol por vía intravenosa, después de un tiempo, 11 g se excretan por la orina y en el suero - contiene 0.7 g/litro, la cantidad de substancia administrada en el cuerpo es este tiempo se calcula como-sigue:

$$V = Q/C = 10/0.7 = 14.3 \text{ litros de agua}$$

donde:

$$Q = \text{azúcar intravenosa} - \text{azúcar excretada} \\ ( 21 - 11 = 10)$$

C = azúcar no excretada, residual en suero (0.7)

Cuando la concentración C está expresada en g/l de agua entonces el volumen obtenido es de litros de agua. Para obtenerlo en % del peso corporal se calcula:

$$\text{Vol. \% del peso corporal} = \frac{14,3}{63} \times 100 = 22.65\%$$

En caso de la inulina, es eliminada rápidamente por la orina. Se inyecta la inulina lentamente durante media-hora o más para que se produzca, una dispersión casi -- completa de la substancia, hasta que su concentración en el plasma alcance un valor constante. Entonces se -- interrumpe bruscamente la inyección; toda la inulina -- contenida en el cuerpo en aquellos momentos será elimi-- nada con la orina durante aproximadamente la hora si-- guiente.

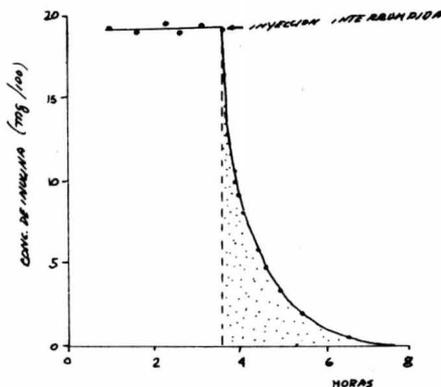


Fig. 21 La inulina se elimina por la orina

Valores Normales:

Método de la inulina

15 litros de agua

c).- VOLUMEN PLASMÁTICO:

Cálculos para la determinación del volumen plasmático con proteína plasmática marcada con  $I^{131}$  &  $I^{132}$ .

Fórmula para calcular el volumen plasmático:

$$\text{Vol. plasmático en c.c.} = \frac{A}{C} \times \text{factor}$$

donde:

A = número de desintegraciones del patrón.

C = número de desintegraciones del plasma.

factor = es un factor de corrección de las desintegraciones de las muestras afuera y dentro de la fuente.

El término afuera indica que no está dentro de la abertura de la fuente, cerrado el cristal en la punta de la abertura.

El factor se determina multiplicándolo por el promedio de desintegraciones afuera de la fuente igual al promedio de desintegraciones dentro de la fuente por el factor de dilución.

Ejemplo:

500 = promedio de desintegraciones afuera de la fuente.

1 200 = promedio de desintegraciones dentro de la fuente.

1 100 = factor de dilución.

y = factor.

$$500 \times y = \frac{1200}{4} \times \frac{1000}{1}$$

$$y = \frac{1200}{500} \times \frac{250}{1} = 600$$

Valores Normales:

	% del peso corporal	
	promedio	margen
varones	4.3	3.5 - 5.7
mujeres	4.2	-

d).- OSMOLALIDAD:

Cálculos para la determinación de la osmolalidad?

Fórmula:

$$\text{Osmoles/Kg H}_2\text{O} = \phi \times N \times M$$

donde:

$\phi$  = coeficiente de actividad osmótica

N = número de partículas en solución

M = concentración de la solución en moles/Kg de agua

La importancia de su determinación en los líquidos -- corporales (plasma y suero), es que regula la distribución del agua entre los diferentes compartimientos.

Valores Normales de la osmolalidad en orina y suero:

Muestra biológica	Valores Normales	Referencia
	( mOsm/Kg)	
Suero	289 $\pm$ 4	Hendry
	289 a 308	Lindemann
	275 a 295	Dobdell

Orina

Límites osmóticos de dilución y concentración renal

40 a 140

Wolf

Durante la máxima -- concentración de orina

967 a 1324

Lindemann

Durante la máxima -- concentración de orina

855 a 1335

Jacobson

e).- PRESION COLOIDSMORICA:

Causados por las proteínas y proviene de que una solución coloidal, aunque sea en realidad una solución verdadera. La presión coloidosmótica del plasma humano -- normal es aproximadamente 28 mm Hg. 19 mm Hg de estos provienen de las proteínas disueltas y 9 mm Hg de los cationes conservados en el plasma por las proteínas. En la figura siguiente se muestra gráficamente la presión coloidosmótica ejercida por diferentes fracciones de globulinas.

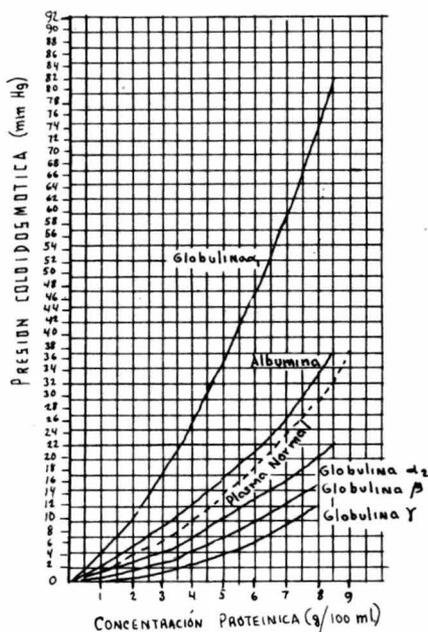


Fig. 22

Presión osmótica de cinco fracciones de proteína -- plasmática en concentraciones diferentes

Nótese especialmente que cada gramo de proteína disuelta ejerce una presión coloidosmótica considerablemente menor en concentraciones bajas que en concentraciones-altas. Esto significa que pequeñas cantidades de proteinas en una solución como ocurre en el líquido intersticial, ejercen presión osmótica menor todavía de la - que podría esperarse.

La presión coloidosmótica del suero se puede considerar igual a la del plasma ya que el fibrinógeno, por - su alto peso molecular, no ejerce prácticamente presión osmótica.

Para combinaciones anormales de proteína plasmática,-- la presión oncótica se puede calcular por la fórmula - de Keys:

$$\text{Presión oncótica (mm Hg)} = fc( 45,2A + 18,86G) \times T/273$$

donde:

A = albúmina en g/100 ml de suero

G = globulina en g/100 ml de suero

T = temperatura absoluta en °K (273 + °C)

fc = factor que varía con las proteínas totales,-- como sigue:

g/100 ml								
de suero	1	2	3	4	5	6	7	8
fc	0,88	0,92	0,98	1,03	1,09	1,17	1,28	1,45

g).- PRESION CAPILAR:

Cálculos para determinar la presión capilar por el método isogravimétrico.

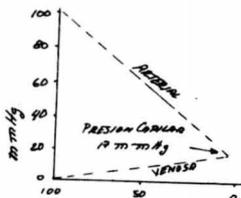
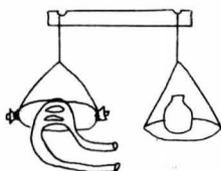


Fig. 23

En la parte baja de la figura se ilustran los cambios de presión arterial y venosa que se equilibran exactamente entre sí por su efecto sobre el peso del intestino y los valores medidos de presión arterial y venosa se exploran hasta el punto donde se cortan.

Valores Normales

Método de la Micropipeta	25 mm Hg
Método Isogravimétrico	17 mm Hg
Método Isovolumétrico	17 mm Hg

Tabla 1.- Valores Normales

Determinación	Método	Edad y Sexo	Valores Normales	
			% del peso corporal promedio	margen
Agua corporal total	D <sub>2</sub> O	varones 17-34 años	61.2	53.3-70.3
		varones 57-86 años	54.3	47.8-62.8
		mujeres 20-31 años	51.2	54.6-59.9
		mujeres 60-82 años	46.2	42.0-53.4
		Antipirina var.	53.6	
	muj.	46.2		
Agua extracelular	Tiosulfato	varones	16.6	15.3-18.8
		mujeres	17.5	15.3-21.0
	Inulina		15	
Agua plasmática	azul de Evans	varones	4.3	3.2-5.8
		mujeres	4.1	3.3-5.2
	proteína plasmática con I <sup>131</sup>	varones	4.3	3.5-5.7
		mujeres	4.2	
Agua intracelular		varones	45	31.5 lit.
		mujeres	40	28 lit.
Osmolalidad en orina			390-1090 mOsm/l	850 mOsm/l después de restricción de líquidos
Osmolalidad en suero			273 - 295 mOsm/l	
Presión del líquido intersticial	esferas perforadas espacios creados debajo de la piel		- 7 mm Hg	
			-3 a -9 mm Hg	

Determinación	Método	Edad y Sexo	Valores Normales
Presión coloidal del plasma			28 mm Hg
Presión capilar	Micropipeta		25 mm Hg
	Isogravimétrico		17 mm Hg
	Isovolumétrico		17 mm Hg

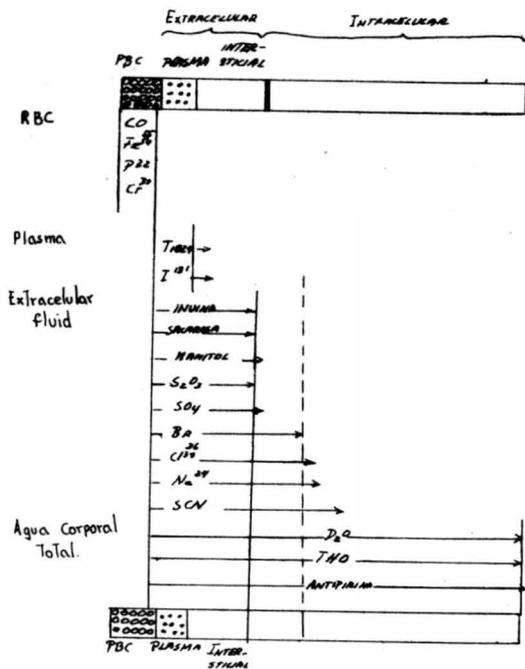
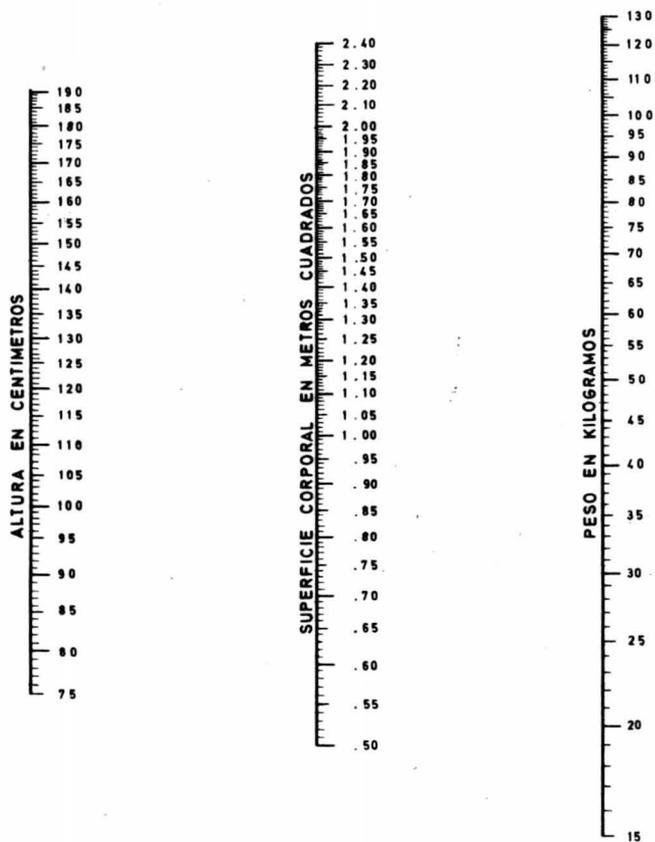


Fig 24

Substancias empleadas para medir los líquidos corporales. Es obvio que muchas de estas substancias difunden más allá de las fases líquidas



Normograma para la determinación del área de superficie del cuerpo de niños y adultos.

Cambios en los volúmenes y osmolalidades de los compartimien-  
tos líquido extracelular e intracelular en estados  
anormales.

Analizaremos cada una de las diversas situaciones a-  
normales de los líquidos sobre los volúmenes y las osmola-  
lidades extracelulares e intracelulares.

Puede añadirse agua al líquido extracelular inyectán-  
dola al torrente sanguíneo o debajo de la piel o bebiéndo-  
la. El agua diluye el líquido extracelular haciendo que se  
vuelva hipotónica con relación a los líquidos intracelula-  
res. Inmediatamente comienza la ósmosis, pasando grandes -  
volúmenes de agua hacia el interior de la célula. En pocos  
minutos el agua se habrá distribuido casi uniformemente --  
por todos los compartimientos líquidos extra e intracelular.

En el cuadro siguiente se indican los cambios progre-  
sivos que resultarían de inyectar 10 litros de agua en los  
líquidos extracelulares.

	Extracelular			Intracelular			Agua corporal		
	l vol.	mOsm conc.	mOsm total	l vol.	mOsm conc.	mOsm total	l vol.	mOsm conc.	mOsm total
Inicial	15	300	4500	25	300	7500	40	300	12000
Solución añadida	10	0	0	0	0	0	10	0	0
Efecto <u>ins</u> tantáneo	25	180	4500	25	300	7500	50	sin eq.	12000
Efecto <u>des</u> pués de eq.	18.75	240	4500	31.25/240		7500	50	240	12000

La solución añadida, o sea los 10 litros de agua, no  
tiene osmolalidad; cuando se va a inyectar va a parar tanto  
a líquido extracelular como al agua corporal total, pero  
no al líquido intracelular.

Para calcular los cambios que ocurren, hay que tener en cuenta solamente el número total de miliosmoles en cada compartimiento, como sigue: después de añadir 10 litros -- de agua, el agua corporal alcanza a 50 litros en lugar de 40, pero los miliosmoles totales en todo el cuerpo siguen siendo los mismos, 12000. Dividiendo 12000 por 50 la concentración miliosmolar media en cada litro de líquido corporal en las nuevas condiciones será de 240. Fácilmente se comprende que después de alcanzado el equilibrio en todo el cuerpo, este valor calculado de 240 miliosmoles tanto en el compartimiento líquido extracelular como en el intracelular. Luego dividiendo el total de miliosmoles del compartimiento líquido extracelular, o sea 4500 por 240, se encuentra que el nuevo volumen de líquido extracelular es de 18.75 litros. Dividiendo los miliosmoles intracelulares totales, 7500 por 240, se logra el nuevo volumen de líquido intracelular de 31.25 litros.

El siguiente esquema de Darrow-Yannet nos representa los cambios de osmolalidad y volumen del líquido extracelular e intracelular.

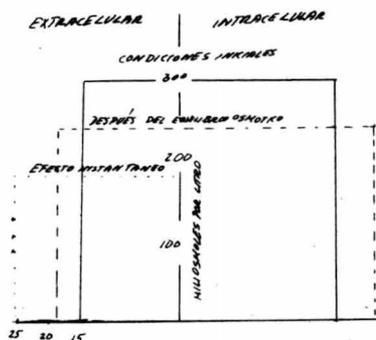


Fig. 25

Ilustración de los efectos de la inyección de 10 lt - de agua al líquido extracelular.

Un estudio cuidadoso del esquema ilustrará los principios de los cambios osmóticos cuando se inyectan líquido en el cuerpo, y también demostrará en forma clara la recuperación del equilibrio osmótico entre los dos compartimientos muy poco tiempo después de cualquier inyección.

En el cuadro siguiente se indican los cálculos de los efectos que producirá la adición de dos litros de solución salina al 4.4 % (concentración cinco veces la isotónica) al compartimiento líquido extracelular.

	Extracelular		Intracelular		Agua corporal	
	vol. (l)	conc. mOsm	vol. (l)	conc. mOsm	vol. (l)	conc. mOsm
Inicial Solución	15	300	25	300	40	300
añadida	0	1500	0	0	2	1500
Efecto <u>ins</u> tántáneo	17	441	25	300	42	sin eq.
Después del eq. osmótico	21	357	21	357	42	15000

La solución añadida contiene un número total elevado de miliosmoles que se añaden al compartimiento líquido extracelular y también a los volúmenes corporales totales; e el volumen de líquidos corporales totales se elevan de 40-á 42. Dividiendo el volumen total de miliosmoles, 1500 por 42, se comprueba que la nueva concentración miliosmolar se rá de 357. Ahora dividiendo los miliosmoles totales de líquido extracelular, 7500 por 357, se obtiene el nuevo volumen de líquido extracelular de 21, lo mismo que para el volumen intracelular.

Estos datos se indican en la siguiente figura.

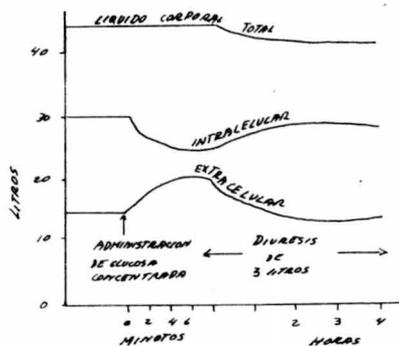


Fig. 26

Efectos causados por la inyección de dos litros de solución salina de 4.4% en el líquido extracelular.

Finalmente si se añade una solución hipotónica al líquido extracelular la osmolalidad aumentará y originará ósmosis de agua, que saldrá de las células hacia el compartimiento extracelular.

La dinámica de los cambios resultantes se indican en la figura anterior, ilustrando que el volumen del líquido intracelular puede disminuir en varios litros en unos pocos minutos.

## CAPITULO V

### RESUMEN DE CONCEPTOS

- 1.- Quedó establecido la razón del tratamiento del tema como un trabajo de recepción, en razón a: la abundancia del compuesto en el organismo vivo; su importancia fisiológica; su distribución; su cuantificación; su metabolismo y patología.
- 2.- Se estableció la importancia histórica del tema desarrollado, y como parte del medio ecológico universal.
- 3.- Se estudiaron las propiedades físicas, químicas y fisiológicas del agua y su relación con la biología; de ahí salen conceptos como las propiedades coligativas de las soluciones; las propiedades del agua como disolvente; su importancia como un medio en el que se llevan a cabo con más facilidad las reacciones químicas y bioquímicas en los organismos vivos; así como su propiedad lubricante.
- 4.- Termodinámicamente se establece su función reguladora en los diferentes procesos en que se halla un gasto o producción de energía en cambios de temperatura.
- 5.- Se analizan las diferentes fuentes de abastecimiento de agua, tanto exógena como endógena; en el primer caso se hizo además una cita de las características que debe tener el "agua potable".
- 6.- Quedaron debidamente establecidos los mecanismos que e-

fectúan y regulan la absorción del agua, ya sea pasiva o activa; aislada o combinada con electrolitos; -- así como los diferentes sitios del organismo en que se efectúa.

- 7.- Se estudió la manera en que se deposita o se mueve a través del organismo estableciendo los porcentajes que componen a un ser vivo desde que se presenta como em-  
brión hasta el estado adulto, en sujetos masculinos y femeninos. Se hizo un pequeño esbozo del contenido acuoso en algunos órganos en especial.
- 8.- Se estudiaron las vías y mecanismos de excreción del a  
gua, estableciendo las pérdidas insensibles y las bien definidas. Se analizan las diferentes vías: pulmonar; intestinal; renal; difusión por los poros de la piel, etc. En cada caso se estudiaron las cantidades y/o porcentajes que se relacionan a cada vía de excreción y en diferentes medios ambientales tanto por lo que se refiere a su temperatura como el grado de humedad ambiental.
- 9.- Quedó definido el concepto de balance acuoso en lo que se refiere a la relación del agua ingerida y excretada así como a los volúmenes mínimos y máximos requeridos por el organismo y a la vez los que se excretan por -- las diferentes vías.
- 10.- Se define la forma en que el agua se distribuye en el cuerpo humano, en intracelular y extracelular y de esta última la que se tiene en el plasma, en el líquido intersticial, las diferentes cavidades, etc, que quedan determinadas como compartimientos acuosos, se establecen sus funciones, volúmenes, porcentajes y composición
- 11.- Se estudiaron los diferentes sistemas involucrados en el mecanismo de regulación normal en los diferentes com

partimientos acuosos corporales, sobre todo en las principales formas, agua total corporal, plasma sanguíneo y líquido intersticial.

Se abarcan estudios de: concentración osmótica y sus efectos en la membrana para hacer el paso de un compartimiento a otro, los efectos de un gradiente de concentración-osmótica; la determinación y su unidad de presión osmótica, el osmol. Concentración de electrolitos alrededor de una membrana, aunada a la capacidad relativa de la membrana en pasar a los electrolitos a través de ella; y finalmente la acción reguladora de las diferentes hormonas que actúan a diferentes niveles, principalmente: el centro de la sed, la diuresis y antidiuresis.

- 12.- Se estudiaron en relación con la regulación por las hormonas, las permeabilidades de la excreción y reabsorción del agua por los diferentes sitios que forma la unidad renal, la nefrona.
- 13.- Quedaron establecidos las etapas de reabsorción del agua, tanto obligatoria como facultativa y la niperosmótica. - así como también los volúmenes de agua que se reabsorven en cada etapa.
- 14.- Se establecen los fenómenos que se presentan en el metabolismo del agua, que debe de acompañar al de los electrolitos, en los diferentes compartimientos acuosos en que se depositan, así como su intercambio.
- 15.- queda estudiada la relación que hay en el tamaño y el peso molecular con la permeabilidad de la molécula, y la solubilidad de la molécula en el agua.
- 16.- Se revisan los conceptos de la relación de la presión coloidosmótica de diferentes líquidos corporales, sus di

ferentes composiciones tanto en aniones como cationes, y productos orgánicos de diferentes pesos moleculares, en sus diferentes compartimientos.

- 17.- Se caracterizan los mecanismos que forman un edema. Exponiendo las causas siguientes: incremento de la presión capilar, disminución del gradiente de presión osmótica; aumento de la permeabilidad capilar y obstrucción linfática o corriente linfática deficiente.
- 18.- Se establecen los mecanismos de regulación de la sed, en deshidratación extracelular e intracelular, gasto cardiaco bajo, hemorragias, sequedad de la boca y repleción del tubo digestivo.
- 19.- Se revisaron los efectos de sobrehidratación y de la deshidratación, con la diuresis acuosa y la administración de solución salina isotónica, experimentalmente. En el caso de la deshidratación, la provocada por diferentes causas fisiológicas y/o patológicas.
- 20.- quedaron establecidos los efectos ocasionados por la pérdida del agua extracelular y de la dinámica capilar por la pérdida de líquidos, con diferentes tonicidades.
- 21.- Se estudiaron y establecieron los métodos en que valoran los volúmenes de agua en los diferentes compartimientos acuosos, tanto intracelular como extracelular.
- 22.- Separadamente se presentaron los cálculos de los resultados para cada método, incluyendo sus valores normales medios, así como la interpretación de los resultados en su aplicación clínica.

23.- A continuación se establecerán las conclusiones sobre la inclusión del tema en el programa analizado, haciendo referencia a las materias afines precedentes, las que tienen una aplicación muy íntima al tema expuesto.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES SOBRE LA INCLUCION DEL TEMA EN EL PROGRAMA REVISADO, EN EL FORMATO

En este capítulo se analiza el tema sobre el formato que la Facultad de Química la recomienda para los estudiantes.

El formato que a continuación se presenta comprende de las siguientes partes:

En la primera columna se señala la materia con su clave, a su vez dividiéndose en dos columnas. Una de ellas corresponde al tema expuesto con el correspondiente tiempo de exposición, y en la otra columna se anotan los antecedentes necesarios para una mejor comprensión del tema.

A su vez ambas columnas están divididas en otras:

En la columna del tema expuesto se anotan los conceptos principales y sus antecedentes necesarios para una mejor aplicación o comprensión de los mismos.

En la columna de los antecedentes se anotan las materias en que se imparten los conceptos necesarios para comprender mejor el tema.

# ANALISIS QUIMICO CLINICOS

036-Q-10

Q.F.B.

**Tema:** AGUA 90 min.

**A N T E C E D E N T E S :**

**Concepto:**

**Habilidad:**

**Materia:**

**Concepto:**

**Habilidad:**

Composición; Constantes químicas, físicas y fisicoquímicas.

Considerar estas propiedades para conceptualizarla como el solvente y medio ideal en los cambios químicos biológicos.

Ciencia básica (química inorgánica y fisicoquímica)

Los mismos del tema visto.

Conocer bien las constantes para su aplicación biológica y bioquímica.

Soluciones y propiedades coligativas y generales.

Establecimiento del concepto como un medio del que se derivan algunas de las propiedades fisiológicas del agua.

Ciencia básica (fisicoquímica)

Lo mismo del tema analizado.

Manejar apropiadamente los conceptos de las propiedades de las soluciones, la forma de expresar su concentración.

Fuentes de agua, agua exógena.

Capacidad para juzgar cuando y donde se puede encontrar agua para reponer

Bromatología.

Desde el punto de vista químico como alimentos y

Conocimientos para juzgar la potabilidad del agua consi-

**ANALISIS QUIMICO CLINICOS**

**036-Q-10**

**Q.F.B.**

**Tema : AGUA 90 min.**

**A N T E C E D E N T E S**

**Concepto :**

**Habilidad :**

**Materia :**

**Concepto :**

**Habilidad :**

Se cite una serie de características -- que requiere el agua para ser potable.

la utilizada o eliminada por el organismo, agua que se ingiere como alimento o bebida.

Bacteriología

bebidas.

derando su com posi ción quí mi ca.

Desde el punto de vista bacteriológico -- para juzgar su pureza.

Conocimientos para juzgar su -- potabilidad -- desde el punto de vista bacteriológico.

Vías de absorción del agua.

Conocer los diferentes mecanismos, a niveles diferentes; intestinal, intersticial y de membrana, así como el acompañamiento de diferentes solutos.

Anatomía y fisiología

Epitelios en -- diferentes -- Órgano, sobre todo el intestinal -- que es el -- más habilitado para realizar la absorción de -- los alimen--

Conocer la función absorbente de los tejidos para un mejor entendimiento de la función

**ANALISIS QUIMICO CLINICOS**

**036-Q-10**

**Q. F. B.**

**Tema: AGUA. 90 min.**

**A N T E C E D E N T E S :**

**Concepto :**

**Habilidad:**

**Materia:**

**Concepto:**

**Habilidad:**

Contenido de agua en el cuerpo humano

Saber cual es el volumen total contenido, desde que se es embrión hasta el hombre adulto normal - considerando en este último caso su sexo.

Vías de excreción del agua tanto en estado de salud como en algunos cuadros patológicos.

Entender y manejar -- los mecanismos de -- que se vale el cuerpo humano para eliminar el agua. Tanto el agua excedente ingerida como -- tal, como el agua -- producto del metabo

Biología celular.  
Concepto nuevo

Bioquímica.

Anatomía y fisiología

tos.  
Absorción a nivel de membrana celular.

Vías metabólicas de los diferentes productos orgánicos.

Organos encargados de ex-

Entender este mecanismo en forma apropiada.

Conocimiento adecuado de las rutas metabólicas y procesos de liberación o -- producción de agua.

Entendimiento a los diferentes-

**ANALISIS QUIMICO CLINICOS 036-Q-10 Q.F.B.**

**Tema: AGUA 90 min.**

**ANTECEDENTES**

<b>Concepto:</b>	<b>Habilidad:</b>	<b>Materia:</b>	<b>Concepto:</b>	<b>Habilidad:</b>
<p>Balance acuoso.</p>	<p>relacionan las diferentes propiedades de las soluciones e como los mecanismos de absorción y excreción del agua en los diferentes sitios del cuerpo humano. Así como por diferentes condiciones ambientales, nutricionales, bioquímicas y/o funcionales.</p>	<p>Ciencia Básica (físicoquímica) Anatomía y fisiología Bioquímica Hormonas y vitaminas.</p>	<p>cretar el agua sola o con otros productos del metabolismo. Propiedades de las soluciones. Organos de absorción y vías de excreción. Consumo y producción de agua en las vías metabólicas. La intervención que tiene para esta función de ba--</p>	<p>mecanismos de los organos encargados de esta función. Su aplicación. También en su aplicación. Su aplicación. Su conocimiento - apropiado aplicado al tema.</p>

(109)

ANALISIS

QUIMICO

CLINICOS

036-Q-10

Q. F. B.

Tema: AGUA. 90 min.

ANTECEDENTES:

Concepto:	Habilidad:	Materia:	Concepto:	Habilidad:
Distribución del agua en el cuerpo ó compartimientos acuosos corporales.	Conocer las variaciones que se presentan en diferentes situaciones: edad, sexo, confluencia, etc; en los diferentes tejidos y órganos incluyendo su composición química.		lance. Concepto nuevo	
Mecanismos de regulación de la distribución del agua en los diferentes compartimientos.	Manejo adecuado de las características y propiedades de las soluciones como: ósmosis y presión osmótica, difusión y transporte a través de la membrana; gradientes de concentración y del efecto de las hormonas reguladoras.	Ciencia básica (físico-química)  Biología celular	Conocimientos generales de ósmosis y presión osmótica, difusión y gradientes de concentración de solutos  Mecanismos de transporte activo y pasivo en la membrana ce-	Reconocimiento de los mecanismos señalados.  Reconocimiento de los mecanismos señalados.

**ANALISIS QUIMICO CLINICOS**

**036-Q-10**

**Q. F. B.**

**Tema: AGUA. 90 min.**

**A N T E C E D E N T E S :**

Concepto :	Habilidad:	Materia:	Concepto:	Habilidad:
<p>Reabsorción del agua en el riñón y su flujo.</p>	<p>A nivel de los túbulos de la nefrona, por tres etapas: obligatoria, facultativa e hiperosmótica.</p>	<p>Hormonas.</p> <p>Anatomía y fisiología.</p>	<p>lular. Acción fisiológica y farmacológica de las involucradas en el mecanismo, Descripción de la anatomía normal del riñón y nefrona, así como de su funcionamiento fisiológico.</p>	<p>Conocimientos firmes del antecedente.</p>
<p>Fisiopatología de la concentración normal y anormal en diferentes compartimientos.</p>	<p>Desequilibrio de los mecanismos osmóticos coloidosmóticos, osmolares, y los cambios que se presentan Formación de edemas y líq. derramados.</p>	<p>Ciencia básica (físicoquímica)</p>	<p>Medición de presión hidráulica en diferentes situaciones.</p>	<p>Capacidad para hacer las mediciones en forma apropiada.</p>

(111)

**ANALISIS QUIMICO CLINICOS**

**036-Q-10**

**Q.F.B.**

**Tema: AGUA 90 min.**

**A N T E C E D E N T E S**

<b>Concepto :</b>	<b>Habilidad :</b>	<b>Materia:</b>	<b>Concepto:</b>	<b>Habilidad :</b>
Mecanismos de regulación de la sed.	Conceptuar adecuadamente la distribución intra y extracelular. Pérdidas por hemorragias y gasto cardiaco bajo. Por sequedad de la boca.	Anatomía y fisiología.	Correspondiente a los órganos incluidos en el tema.	Reconocimiento adecuado de la composición e histología.
Sobrehidratación y sus efectos en el organismo.	Conceptos de diuresis y eliminación.		Concepto nuevo.	
Deshidratación y sus efectos en el organismo.	Diferenciar adecuadamente las formas de pérdida de agua y sus vías, formas fisiológicas, patológicas y ambientales.		Concepto nuevo.	
Efectos de la pérdida del líquido extracelular en la econo--	Manejo de la forma en que se pierde, orina y/o sudor isotónicos		Concepto nuevo.	

(112)

**ANALISIS QUIMICO CLINICOS**

**036-Q-10**

**Q.F.B.**

**Tema : AGUA 90 min.**

**A N T E C E D E N T E S**

**Concepto :**

**Habilidad :**

**Materia :**

**Concepto:**

**Habilidad:**

mía y la dinámica -  
capilar.

a través de los po-  
ros de la piel am-  
bientalmente o por-  
quemaduras, y por -  
el tubo digestivo -  
(vómitos y diarreas)

Análisis cuantitativo  
del contenido acuo-  
so total y de dife-  
rentes compartimien-  
tos.

Conocer el fundamento  
de la metodología -  
empleada, así como-  
su manejo.

Análisis cuali-  
tativo, cuan-  
titativo, ins-  
trumental; --  
química orgá-  
nica.

Análisis de -  
diferentes -  
tipos de com-  
ponentes quí-  
micos, y de-  
los sistemas  
empleados.

Amplio conoci-  
miento del fun-  
damento de las  
generalidades+  
de los diferen-  
tes sistemas a  
nalíticos.

Medición del agua total  
corporal con agua pe-  
sada y/o tritiada.

Conocimiento del fun-  
damento de manejo y  
cuidados necesarios  
del material radia-  
tivo.

Concepto nue-  
vo.

Medición del volumen -  
del líquido extrace-  
lular.

Manejo del metabolis-  
mo de inulina, man-  
tol y sacarosa; su-

Bioquímica.

Metabolismo -  
de carbohi-  
dratos.

Su amplio cono-  
cimiento.

**ANALISIS QUIMICO CLINICOS**

**036-Q-10**

**Q.F.B.**

**Tema: AGUA 90 min.**

**A N T E C E D E N T E S**

**Concepto:**

**Habilidad:**

**Materia:**

**Concepto:**

**Habilidad:**

administración, absorción, secreción y dosificación,

Anatomía y fisiología.

Absorción intestinal-Excreción renal.

Su conocimiento-

Análisis instrumental.

Centrífugas y espectrofotómetros.

Conocimiento de las leyes de la colorimetría y de la sedimentación.

Medición del volumen plasmático.  
Azul de Evans T-1824

Acoplamiento del colorante a la albúmina.

Proteínas plasmáticas marcadas con I<sup>131</sup>.

Acoplamiento de iodo radiactivo a la albúmina sérica.

P<sup>32</sup> y hematocrito.

Acoplamiento de P<sup>32</sup> a la membrana del eritrocito e indirectamente el volumen plasmático.

Concepto nuevo.

(114)

**ANALISIS QUIMICO CLINICOS**

**036-Q-10**

**Q. F. B.**

**Tema : AGUA 90 min.**

**A N T E C E D E N T E S**

**Concepto :**

**Habilidad :**

**Materia:**

**Concepto:**

**Habilidad:**

Medición de osmolaridad de la orina y del suero sanguíneo.

Manejo de material radiactivo y el instrumental de centelleo para cuentas - por minuto.

Medir en forma apropiada las diferencias de temperatura de ebullición, congelación, presión de vapor y presión osmótica con relación a las mismas mediciones en el agua.

Medición de presión del líquido intersticial.

Habilidad para implementar administrículos plásticos para absorber el líquido.

Cálculo de area corporal total.

Aplicación de la fórmula señalada oportuna

Ciencia básica.

Propiedades coligativas de las soluciones.

Concepto nuevo.

Concepto nuevo.

Medición de las diferencias de temperatura de ebullición y congelación.

(115)

**ANALISIS QUIMICO CLINICOS**

**036-Q-10**

**Q.F.B.**

**Tema: AGUA 90 min.**

**A N T E C E D E N T E S**

<b>Concepto :</b>	<b>Habilidad :</b>	<b>Materia :</b>	<b>Concepto:</b>	<b>Habilidad :</b>
<p>Cálculos para los métodos expuestos.</p>	<p>mente. Aplicación de las fórmulas reseñadas en cada caso.  Establecimiento de valores normales.</p>	<p>Matemáticas.  Bioestadística.</p>	<p>Conceptos de; media, varianza, desviación típica, límites de aceptación y de confianza, valoración de errores; pruebas de nulidad de hipótesis, etc.</p>	<p>Aplicación de sus conocimientos para manejar adecuadamente.  Conocimiento y aplicación de las fórmulas estadísticas para los diferentes cálculos.</p>

(116)

## RECONOCIMIENTO

Este trabajo, como se expresó oportunamente en la introducción, se realiza con objeto de que figure como referencia bibliográfica al curso de Análisis Químico-Clinicos-clave 036-q-10, que se imparte en la Facultad a aquellos estudiantes de la carrera Químico Farmacéutico Biólogo, orientación Bioquímico-Microbiológico.

Se ha hecho pensando que llene el hueco que en el momento existe, y no se pretende que sea absolutamente el - total de lo que pudiera existir; sin que se dude que para - un futuro mediato o inmediato pueda ser algo o totalmente - obsoleto.

En toda forma agradecemos a todas aquellas perso--nas que puedan consultar este temario, con la esperanza de- que pueda ser útil, desde luego también recomendamos que se pueda referir a la bibliografía consultada o más aún a nue-vas obras que no se hayan incluido.

Muchas Gracias

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Anderson, Arthur K.: Escentials of Physiological Chenestry. 4 th. Edition, 1963  
Wiley International.p.p 167
- 2.- Davidson, Israel & Henry, John B.: Todd-Sanford. Clinical Diagnosis by Laboratory methods. 15 th Edition. Sun--  
ders, 1974. p.p. 646
- 3.- Deulofeu, V. & Marenzi, A.D.: Curso de Química Biológica. 8a Edición, 1957.  
El Ateneo Argentina. p.p. 540
- 4.- Franfel, Sam.; Reitman, Stanley, & Sonnenwirth,  
Alex C.: GRADWOHL'S Clinical Laboratory Methods and Diagnosis, 7 th Edition,  
1970. The M.C. Mosby Co., Saint Louis.  
p.p. 143
- 5.- Ganon, William F.: Review of Medical Physiology.  
6 th Edition, 1973. Lange Medical Publi-  
cations.p.p. 430
- 6.- Guyton, Arthur C.: Tratado de Fisiología Médica.  
2a Edición, 1963. Interamericana, México  
p.p. 808
- 7.- Keele, Cyril A. & Weil, Eric.: Samson's wright's Applied Physiology. 11 th Edition, 1966  
Oxford University Press. London. p.p. 33

- 8.- Lynch, Raphael, Hellor, Spare & Inwood.; Medical Laboratory Technical. 3 th Edition, 1974  
W.B. Saunders, Co., Philadelphia.p.p. 409
- 9.- Lehninger A.L.: Biochemistry 2 th Edition, 1970  
p.p. 16
- 10.- O'Brien, Donough, & Ibbot, Frank A. & Rodgeron, Denis O.: Laboratory Manual of Pediatric, Microbiochemical Techniques. 4 th Edition, 1968. Harper & Row, Medical Department.  
p.p.123
- 11.- Varley, Harold .: Practical Biochemistry. 4 th Edition, 1969. William Heinemann Medical Books, Led. London. Interscience Books, Inc. New York.p.p. 505
- 12.- Oser, Bernard, L.: Haw's Physiological Chemistry 14 th Edition, 1965. McGraw - Hill Book Co.  
p.p. 543
- 13.- Hudok, S., Julia R.T.N.M.: Handbook for Technologist of Nuclear Medicine. p.p. 38
- 14.- Tablas Científicas, 1971, 2a Edición  
México.p.p. 553
- 15.- Tietz, Norbert w.: Química Clínica Moderna. 2a Edición, 1972. Interamericana Méx.  
p.p. 763
- 16.- West, Todd, Mason, Van, Bruggen: Textbook of Biochemistry. 4 th Edition.p.p.685