

27  
2 ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

**"COMPARACION ESTADISTICA DE EQUIPOS  
ANALIZADORES DE ELECTROLITOS SERICOS"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA  
P R E S E N T A :  
NORMA ALICIA HERRERA GUTIERREZ

ASESOR: QBP ANTONIO SANCHEZ ORTEGA

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

**"COMPARACION ESTADISTICA DE EQUIPOS  
ANALIZADORES DE  
ELECTROLITOS SERICOS"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA

P R E S E N T A :

**NORMA ALICIA HERRERA GUTIERREZ**

ASESOR: QBP ANTONIO SANCHEZ ORTEGA

*go. l. o. r. e. t. a.  
p. o. r. t. a.*

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1996



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de  
Exámenes Profesionales

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Caballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Comparación Estadística de Equipos Analizadores de  
Electrolitos Séricos.

que presenta la pasante: Norma Alicia Herrera Gutiérrez  
con número de cuenta: 8857361-2 para obtener el TITULO de:  
Química Farmacéutica Bióloga.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 3 de Mayo de 1996

PRESIDENTE	<u>Q.F.B. Ramón Cedejas Ramírez</u>	
VOCAL	<u>Q.F.B. Idalia Avila Miyazawa</u>	
SECRETARIO	<u>Q.B.P. Antonio Sánchez Ortega</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Q.F.B. René Damián Santos</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Q.F.B. Héctor Coss Garduño</u>	

## DEDICATORIAS

GRACIAS SEÑOR, PORQUE NO HILÉ MI SUEÑO EN VANO, Y ME PERMITES HOY REALIZARLO.

### A MIS PADRES

#### ARMANDO Y VICTORIA

Con todo mi cariño y gratitud, porque gracias a sus amor, cariño, educación, confianza y apoyo, realicé una de mis más grandes metas. Los quiero mucho.

### A MIS HERMANOS.

#### PABLO, MIGUEL, JOEL, BLANCA Y MARIO.

Sinceramente les agradezco todo su apoyo, paciencia y cariño que me brindaron porque siempre estuvieron -- conmigo en las buenas y en las malas.

Con agradecimiento para ustedes.

### A MI UNICO AMOR.

#### I SAURO

No tengo palabras para expresar lo mucho que agradezco a Dios por haberme unido a Ti, Gracias por caminar siempre a mi lado. Eres una gran persona, nunca cambies. Con todo mi amor para Ti.

### A la pequeña BRENDA.

Gracias chiquilla por esos momentos de alegría.

### A mi Tía querida. MICHE

Quisiera agradecerte todo lo que has hecho por mi, eres mi segunda madre y este trabajo también te lo mereces. Muchas gracias.

**A MIS ABUELITAS.  
PACHITA Y MARIA.**

Les dedico con todo mi amor este trabajo.

**A MI NUEVA FAMILIA:  
MURILLO**

Sinceramente les agradezco mucho su apoyo, y confianza.  
Con mucha gratitud y cariño.

**A MIS PROFESORES.  
Con todo mi agradecimiento.**

**A MIS AMIGOS DE LA FACULTAD.**

Alma, Gisela, Nery, Lucy, Rocío N, Isauro, Nacho, Roberto, Miguel, Nata, Toño, Laura.  
Gracias por su amistad, cariño y compañerismo.

Durante la carrera, recorrimos toda clase de momentos de alegría, de tristeza, de miedo, pero todo ello nos sirvió para llevarla mejor. Fue una etapa que jamás olvidaré. Gracias.

**A CRISTINA ARRIETA**

Agradeciendo infinitamente la oportunidad que me brindó para desarrollarme dentro del ámbito de mi profesión. Con cariño y gratitud.

**A MIS AMIGOCHOS DE HACIENDA**

Santa, Héctor, Iliana. Geno. Sr. Mago, Sra. Angeles, Pedro, Paty, Manuel.  
Con mucho cariño.

**A MIS QUERIDOS AMIGOS DEL IMSS.**

Toño, Laura, Mary, Nicky, Luis

Gracias por su amistad y sobre todo por su apoyo que me brindaron para la realización de este trabajo .

**A MIS AMIGOS DEL VOLI.**

Con mi más sincero agradecimiento y cariño.

Agradezco mucho a todo el personal del Laboratorio de Nefrología del Hospital de Especialidades del Centro Médico " La Raza", por todas las facilidades recibidas para la realización de este trabajo.

## ABREVIATURAS

**ANGOR PECTORIS:** Angina de pecho.

**CETOACIDOSIS:** Acidosis acompañada de aumento en la sangre de cuerpos cetónicos como los beta hidroxibutírico y cetoacético.

**HIGADO:** Absceso hepático, insuficiencia hepática.

**IAM:** Infarto agudo al miocardio: abarca la porción diafragmática o inferior del corazón.

**ICC:** Insuficiencia congestiva cardíaca: estado en el cual existe congestión circulatoria como resultado de insuficiencia cardíaca.

**IME:** Infarto en evolución al miocardio.

**INJERTO:** Porción del tejido, como piel, periostio, hueso, o algunas veces un órgano completo empleado para sustituir un defecto corporal.

**IRA:** Insuficiencia renal aguda. Declinación rápida de la función renal, seguida por anomalías fisiológicas y bioquímicas, como la necrosis tubular aguda; obedece a una lesión del parénquima renal por enfermedad intrínseca o factores extrínsecos.

**IRC:** Insuficiencia renal crónica. Insuficiencia renal progresiva, uremia, debido a enfermedades renal, glomerular, tubular o intersticial irreversible y progresiva.

**LUPUS:** Lupus eritematoso: lesión de la piel crónica, progresiva, ulcerosa.

Sistémica: enfermedad mortal de causa desconocida, caracterizada por fiebre, dolores musculares y articulares, anemia, leucopenia, y con frecuencia por una erupción cutánea semejante al lupus eritematoso discoide crónico.

**PANCREATITIS:** Inflamación del páncreas, aguda o crónica.

**POTR:** Transplante renal post-operatorio.

**SEPSIS ABDOMINAL:** Envenenamiento por productos en descomposición. Grave estado tóxico febril, que resulta de la infección con microorganismos piógenos con o sin septicemia asociada.

**SEPTICEMIA:** Síndrome que se caracteriza por una infección bacterémica grave, que incluye generalmente la invasión significativa del torrente sanguíneo por microorganismos procedentes de un foco (s) en los tejidos.

## INDICE

### Capítulo I

Generalidades.....	5
1.1 Electrolitos Séricos.....	5
1.2 Importancia de los electrolitos séricos .....	7
1.3 Sodio .....	8
1.4 Reabsorción de sodio.....	9
1.5 Estados patológicos y el sodio.....	10
1.6 Pérdida de sodio.....	11
1.7 Potasio.....	12
1.8 Regulación renal de potasio.....	13
1.9 Estados patológicos y el potasio.....	14
1.10 Hipernatremia.....	14
1.11 Hiponatremia.....	16

## Capítulo II

Equipos analizadores de electrolitos séricos.....	17
2.1 Equipos analizadores.....	17
2.2 Fotometría de Flama.....	18
2.3 Fotómetro de Flama.....	19
2.3.1 Composición.....	20
2.3.2 Funcionamiento.....	20
2.3.3 Fundamento.....	21
2.4 Potenciómetro Directo (electrodo de ion selectivo).....	22
2.4.1 Electrodo de vidrio.....	22
2.4.2 Electrodo de estado sólido.....	24
2.4.3 Electrodo de intercambio iónico orgánico.....	24
2.4.4 Electrodo de referencia.....	25
2.4.5 Analizador 814.....	25
2.4.6 Fundamento.....	26

## Capítulo III

OBJETIVOS .....	28
-----------------	----

## Capítulo IV

METODOLOGIA.....	29
------------------	----

**Capítulo V**

RESULTADOS..... 32

GRAFICOS.....68

**Capítulo VI**

ANALISIS DE RESULTADOS..... 76

**Capítulo VII**

CONCLUSIONES.....79

**Capítulo VIII**

BIBLIOGRAFIA..... 81

## INTRODUCCION

### GENERALIDADES.

La ingestión de los alimentos proporciona al organismo un suministro adecuado de agua, principios inmediatos, vitaminas y sustancias ionizables, las cuales son absolutamente esenciales para el desarrollo y crecimiento normal y vitalidad continuada de cada organismo.

El volumen total de agua corporal oscila entre 55 y 60 % del peso corporal. El agua existe en todos los tejidos del organismo, en algunos sitios es el componente más abundante, por ejemplo en el líquido extracelular forma de 93 al 99 % de su peso; en el esqueleto se encuentra en cifras bajas de 20 a 60 % y en la piel de 60 a 65 %. (2,7).

El movimiento del agua corporal queda determinado por cambios en la concentración de los electrolitos osmóticamente efectivos, principalmente sodio y potasio.

Se considera que la composición relativa de electrolitos en el agua corporal es la siguiente:

(2)

sodio 1.490 mEq/lt

potasio 2.655 mEq/lt

Estos iones se encuentran distribuidos en tres compartimientos:(5)

- Líquido intracelular.
- Líquido extracelular
- Líquido vascular.

los cuales son separados por paredes de diferentes permeabilidades que mantienen a los electrolitos en diferentes concentraciones.

Cuando ocurren cambios en el contenido electrolítico, en los tres compartimientos, el plasma sanguíneo y el líquido intersticial soportan los embates de las fluctuaciones, siendo el líquido intersticial el último en sufrir cualquier cambio ocasionando modificaciones en el metabolismo y supervivencia celular.(7)

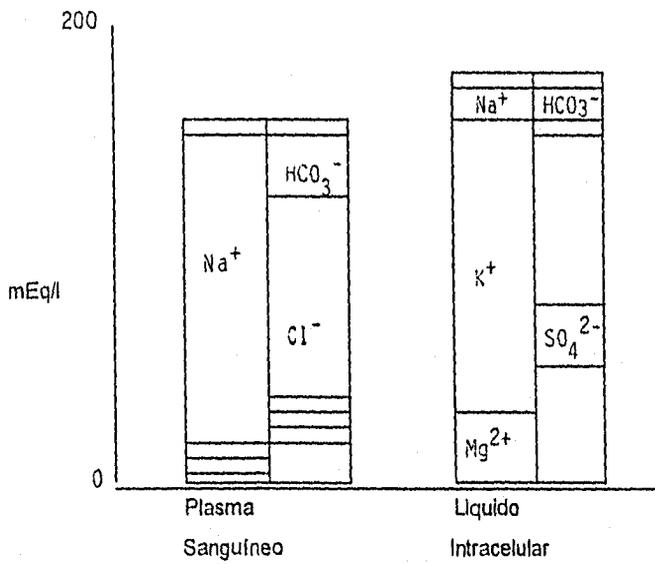


Fig. 1 Concentración de electrolitos en plasma sanguíneo y líquido intracelular.

## 1.2 IMPORTANCIA DE LOS ELECTROLITOS SERICOS

Los electrolitos séricos principalmente los iones sodio y potasio, dentro de los fluidos corporales juegan un papel fundamental en la mayoría de los procesos metabólicos dado que: (3,7,9,13).

- 1.- El sodio junto con el cloro, ayuda a conservar la hidratación de los compartimentos fluidos del cuerpo, ya que proporciona 80 % de la concentración osmolar de los líquidos orgánicos.
- 2.- Participan en la regulación de la presión osmótica y el equilibrio ácido-base del organismo.
- 3.- Regulan la excitabilidad y la irritabilidad de la terminación neuromuscular, ya que el sodio y el potasio la incrementan; el calcio, magnesio y los iones hidrógeno la disminuyen
- 4.- Influyen sobre la distribución y la retención del agua corporal.
- 5.- El potasio tiene mayor influencia sobre la irritabilidad y la excitabilidad celular, así como sobre la permeabilidad de las membranas.
- 6.- Participan como parte esencial de enzimas.
- 7.- Se encuentran involucrados en mecanismos de transporte activo.
- 8.- Participan en el mantenimiento del pH propio del cuerpo.
- 9.- Participan en la regulación del funcionamiento del corazón y otros músculos involucrados en las reacciones de oxido-reducción.
- 10.- El sodio se encuentra en una cantidad importante en los huesos formando parte de las sales absorbidas a los cristales óseos, que constituyen un reservorio de sodio fácilmente movilizable.

1.3

## SODIO.

Es el principal catión de los fluidos extracelulares (plasma sanguíneo y líquido intersticial).

(3,4,7,9,13,24,25,28).

El ion sodio ingresa al organismo en dos formas: como componente de la sal común y formando parte de los alimentos.

Los requerimientos de sodio para llevar a cabo las funciones fisiológicas es de aproximadamente 5 g de sodio por día. (25)

En la sangre y la cámara extracelular, la concentración normal oscila entre:(2)

136 - 145 mEq/lit	.....	136 - 145 mmol/lit
136 - 145 mEq/lit	.....	310 - 340 mg/100 ml

Su principal eliminación tiene lugar por vía renal. La concentración de sodio en la orina varía con la ingestión.

En virtud de que el riñón es el regulador de el sodio corporal (25), y este es el principal componente del líquido extracelular, entonces el riñón es el que regula el volumen del líquido

extracelular. Esto dá lugar a variaciones en la concentración del sodio que van desde 5 a 10 mEq/lit., para mantener a este dentro de los límites normales.

#### 1.4 REABSORCION.

La unidad fundamental del riñón es la nefrona (9,24,25), la cual esta constituida por las siguientes estructuras: glomérulo, túbulo proximal, asa de Henle, túbulo distal y túbulo colector.

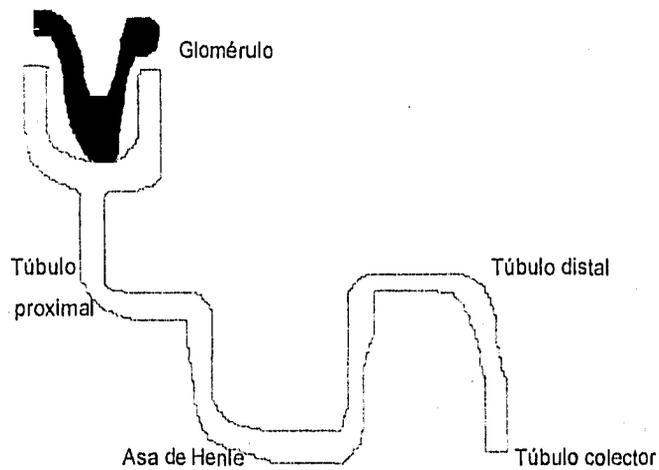


Fig. 2 Unidad fundamental del riñón :Nefrona

El sodio por ser una partícula muy pequeña se filtra con entera libertad por el glomérulo.

Esta partícula filtrada es reabsorbida por el túbulo proximal; el grado de esta reabsorción se relaciona con la velocidad de filtración glomerular (VFG) y el medio ambiente físico peritubular.

A nivel de asa de Henle y túbulo distal se absorbe una cantidad menor de sodio.

Existe una regulación hormonal del sodio, en el cual el mensajero final es la hormona esteroide aldosterona, la cual actúa sobre la resorción del sodio en el túbulo distal y en la porción cortical del túbulo colector; asimismo intervienen en el transporte del sodio por el colon, las glándulas salivales. (9,13).

La aldosterona también se libera por estímulo directo sobre las suprarrenales al aumentar la cantidad de potasio en la sangre.

#### 1.5 ESTADOS PATOLOGICOS Y EL SODIO.

El sodio determina la cantidad de líquido extracelular que debe ser retenida, esta es la razón por la cual se restringe la ingestión de sodio para poder controlar la sobrehidratación en diversos estados patológicos. (25)

La pérdida de agua y electrolitos por el intestino (diarreas prolongadas, fístulas pancreáticas o biliares, obstrucción intestinal, alta estenosis pilórica, succión gástrica, etc), se caracterizan por un incremento en la concentración de sodio, ocasionando a la vez pérdida de iones cloro.

Al reemplazar electrolitos perdidos con sales de sodio produce la migración de sodio dentro de las células para sustituir la falta de potasio lo cual provoca alteraciones en el metabolismo celular : alcalosis persistente.

El signo característico de la retención de sodio es el edema generalizado que implica un cambio en las funciones osmóticas o hidrostáticas en el lecho capilar de todo el organismo y puede estar asociado con una cantidad de albúmina sérica normal o reducida. (9,24,25),

El edema también puede ser localizado y en tal caso no representa un trastorno primario del metabolismo del sodio. El edema localizado implica alguno de los siguientes mecanismos.

- \* Obstrucción venosa.
- \* Obstrucción linfática.
- \* Lesión de la pared capilar, por lo general debida a la inflamación.

## 1.6 PERDIDA DE SODIO.

La pérdida de sodio puede ocurrir en :

- a) Secreciones gastrointestinales: vómitos, disenterias, cólera, diarreas, colitis ulcerosa, colitis pseudomembranosa, lavados gástricos, biliares, pancreáticos o intestinales, fistulas gastrointestinales o biliares.
- b) Resinas de intercambio catiónico : absorben el sodio del alimento en el estómago y producen su excreción por las heces.
- c) A través de la piel: sudoración intensa, particularmente si se ingieren grandes cantidades de agua para calmar la sed ; cuando ocurre esto hay un déficit relativo de electrolitos; el agua corporal puede estar normal o en exceso y hay un incremento de peso diario del individuo.
- d) Quemaduras o lesiones cutáneas exudativas extensas.

1.7

## POTASIO.

Es el principal catión intracelular responsable del mantenimiento de la osmolalidad dentro de las células.( 3.5.9.13.24.25).

Solo una pequeñas cantidad se encuentra en el líquido extracelular, lo que constituye un determinante crítico del potencial de reposo de la membrana celular.

El potasio ingresa al organismo formando parte de los alimentos, este se encuentra en casi todos los tejidos animales y vegetales, sobre todo en la carne, pescado, leche, verduras y frutas.

En el suero, como parte del líquido extracelular, la concentración de potasio es baja, oscilando entre: (2)

2.5 - 4.5 mEq/lt

2.5 - 4.5 mmol/lt

24 - 20 mg/100 ml

La excreción de potasio constituye el mecanismo primario de regulación de potasio corporal; sin embargo, el potasio puede salir del organismo en secreciones del colon y por las glándulas sudoríparas. Estas vías pueden ser a veces muy importantes, pues la regulación hormonal de potasio (Aldosterona) actúa en estos sitios tanto como en el túbulo renal.

### 1.8 REGULACION RENAL DE POTASIO.

La concentración de potasio en el plasma es baja y por lo consiguiente la filtración de este elemento por el glomérulo también es baja, de aproximadamente 700 mmol/24 hrs.; de esta manera el potasio excretado por la orina constituye el 15 % de potasio filtrado.(25).

De 60 a 80 % de potasio filtrado es reabsorbido a nivel del túbulo proximal.

En el asa de Henle, la concentración de potasio se incrementa, pero al ser secretado en el túbulo contorneado distal, la concentración no excede a la plasmática.

Para que se lleve a cabo la secreción de potasio por el tubulo contorneado distal depende de la reabsorción de sodio.

El movimiento de los dos cationes en la membrana de la célula tubular distal no se lleva a cabo en proporciones iguales, dado que el hidrógeno (H<sup>+</sup>), también es secretado hacia el túbulo distal en el intercambio con el ion sodio.

El potasio se puede secretar y reabsorber en el túbulo distal. Así la cantidad neta excretada de potasio, depende en gran medida del equilibrio entre:

$$\text{Equilibrio} = \frac{\text{Cantidad de potasio secretada}}{\text{Cantidad de potasio reabsorbida}}$$

Algunas de las características de absorción de potasio son:

- a) Depende de un gradiente de potencial eléctrico relativamente pequeño.
- b) Se afecta por movimiento del agua.
- c) Es un proceso pasivo.
- d) Se lleva a cabo entre las células.
- e) Se realiza a través de la membrana luminal de las células.

### 1.9 ESTADOS PATOLOGICOS Y EL POTASIO.

Los cambios de potasio plasmático pueden indicar:

- 1) Pérdida o ganancia de potasio corporal total.  
(Hipopotasemia e Hiperpotasemia).
- 2) Cambios de potasio dentro de las células, a menudo dependientes de movimientos recíprocos del ion hidrógeno.

La medición de la concentración de potasio sérico, no refleja la cantidad de potasio que existe en el organismo, simplemente indica la concentración extracelular del ion.

### 1.10 HIPERNATREMIA.

Se define como una urgencia metabólica peligrosa que amenaza la vida.

En este estado patológico la concentración sérica de potasio es superior a

5.5 mEq/lit.

Puede ocurrir una elevación "falsa" de la concentración sérica de potasio en suero. Las causas que pueden originar esto son:

A. Hemólisis de eritrocitos.

- 1.- Compresión exagerada al obtener muestra de sangre por punción.
- 2.- Retardo de la separación de eritrocitos y suero.
- 3.- Aguja de diámetro pequeño.

B. Contracción muscular del antebrazo durante la toma de muestra.

C. Trombocitosis.

D. Leucocitosis.

Otras causas de hiperpotasemia pueden ser:

1.- Disminución de la excreción renal de potasio.

a) Enfermedades renales con disminución de la velocidad de filtración glomerular.

- 1.- Insuficiencia renal aguda.
- 2.- Insuficiencia renal crónica.

b) Defecto de la excreción tubular distal de potasio por acidosis metabólica y retraso del crecimiento.

c) Diuréticos que retienen potasio (en general con disminución de la velocidad de filtración glomerular).

d) Insuficiencia suprarrenal.

2.- Ingestión o administración excesiva de potasio (casi siempre con disminución de la velocidad de filtración glomerular).

3.- Paso del potasio del espacio intracelular al extracelular.

a) Lesión tisular.

- 1.- Lesión por cirugía extensa.

2.- Infecciones necrosantes.

b) Hemólisis aguda.

1.- Anemia hemolítica.

2.- Transfusión de sangre incompatible.

c) Acidosis metabólica.

1.- Cetoacidosis diabética.

2.- Acidosis láctica.

3.- Envenenamiento con ácidos orgánicos exógenos.

4.- Hiperpotasemia periódica familiar.

### 1.11 HIPONATREMIA.

Esta resulta de la pérdida continua de potasio por la orina o a través del sistema digestivo, con reemplazo inadecuado.

Algunas de las causas de la hipopotasemia son:

A. Pérdida excesiva de potasio.

1.- Enfermedades renales.

2.- Causas renales no intrínsecas.

a) Diuréticos.

b) Administración de soluciones con alto contenido de sodio.

c) Hiperaldosteronismo primario o secundario.

d) Síndrome de Cushing primario o secundario.

e) Diabetes mellitus.

B.- Pérdidas gastrointestinales.

- .1.- Vómitos, diarreas o ambos.
- 2.- Fístulas gastrointestinales o biliares; succión prolongada del tubo digestivo.
- 3.- Uso crónico de laxantes.
- 4.- Uso repetido de resinas de intercambio catiónico; sodio por potasio; calcio por potasio.

C.- Ingestión inadecuada.

D.- Paso de potasio del espacio extracelular al intracelular.

- 1.- Alcalosis.
- 2.- Administración de bicarbonato de sodio, glucosa e insulina.

E.- Hipopotasemia familiar.

2.1

## **EQUIPOS ANALIZADORES DE ELECTROLITOS SERICOS.**

### **INTRODUCCION.**

Los primeros métodos para la determinación de los niveles de sodio y potasio en los fluidos biológicos consumían tiempo y requerían de muestra considerable para su manipulación; por ejemplo el sodio fue frecuentemente determinado por precipitación con acetato de uranilo de zinc, y posteriormente analizado por colorimetría.

Un método similar fue considerado para el análisis de potasio, después de la precipitación con sales de nitrato de cobalto.

En épocas pasadas el fotómetro de flama era el aparato disponible comercialmente, ya que contaba con estándar interno y un microprocesador, lo cual facilitaba su uso. Con el paso de los años este tuvo un desarrollo intensivo, proporcionaba resultados rápidos y razonables.

Sin embargo, en las áreas de cuidados intensivos, unidad coronaria y pediátrica las determinaciones de sodio y potasio fueron requeridas con mucha más frecuencia; razón por la cual se requería de un instrumento que proporcionara los valores más rápidamente y sin requerir de técnicas de pretratamiento de la muestra. Fue entonces que empezó a tener auge el analizador potenciométrico directo (electrodo de ion selectivo).

## 2.2 FOTOMETRIA DE FLAMA.

La fotometría de flama es un método espectral que consiste en medir la intensidad de una fuente luminosa que ha sido dispersada por un sistema óptico como el prisma o la red de difracción.

Esta técnica sirve para determinar constituyentes inorgánicos en diferentes tipos de muestras.

(1,21)

La fuente de energía de excitación es una flama; esta es una fuente inferior y por lo tanto el espectro de emisión es más sencillo y con menos líneas.

La flama debe de cumplir ciertas características: (6)

- 1.- Convertir los constituyentes de la muestra líquida al estado de vapor.
- 2.- Descomponer estos constituyentes en átomos o moléculas simples.
- 3.- Excitar electrónicamente una fracción de la especie atómica o molecular resultante.

Al igual que en otras espectrometrías de emisión, el control de la fuente es lo fundamental del método.

Generalmente en fotometría de flama se emplea una flama de baja temperatura de aire propano u otro semejante para que los elementos se exciten con facilidad, por ejemplo los elementos sodio y potasio debido a que presentan una menor ionización.

### 2.3 FOTOMETRO DE FLAMA.

El equipo requerido para realizar un análisis de emisión de flama es el fotómetro, el cual está constituido por los siguientes componentes:

- 1.- Regulador de presión.
- 2.- Rotámetro para el combustible y los gases oxidantes.
- 3.- Sistema de quemador y nebulizador.
- 4.- Sistema óptico.
- 5.- Detector (es) fotosensible (s).
- 6.- Amplificador y sistema de lecturas con sus respectivas fuentes de energía.

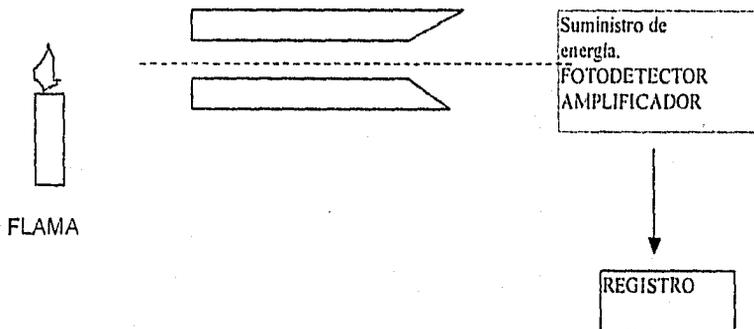


Fig. 3 Diagrama general del fotómetro de flama

## 2.3.2 FUNCION PRINCIPAL DE CADA COMPONENTE

### 1.- Reguladores de presión y rotámetros.

Para mantener un ambiente térmico constante en la flama, es imperativo que las presiones de los gases y los fluidos de los mismos se mantengan constantes.

### 2.- Sistema Quemador Nebulizador.

El componente principal de un fotómetro de emisión de flama es el sistema quemador-nebulizador, dado que este transforma la sustancia problema de la solución en vapor atómico.

### 3.- Sistema óptico.

Su principal función consiste en seleccionar una cierta línea en el espectro de emisión y aislarla de las demás líneas.

El fotómetro de flama emplea filtros para aislar la energía espectral característica de un determinado elemento.

Para lograr un mejor aislamiento de esta energía se utiliza un prisma o un monocromador de rejilla, el cual también selecciona una determinada longitud de onda.

### 4.- Sistema fotodetector, amplificador y lectura.

Los sistemas ópticos conducen la energía radiante al detector, el cual emite una señal al registrador, amplificando y midiéndose la señal resultante.

Para obtener una alta sensibilidad y precisión en los resultados, el fotómetro de flama cuenta con un fototubo multiplicador y su correspondiente suministro de energía, el cual debe ser estable.

La muestra se introduce a la flama en forma de solución, dado que esta forma es más fácil cuantificarla. La solución se introduce a la flama en forma de rocío fino, el disolvente se evapora y queda la sal deshidratada, esta se disocia en átomos gaseosos libres en estado basal; una parte de estos átomos puede absorber energía de la flama y pasan a un estado de energía excitado, al regresar al estado basal emite fotones de longitud de onda característica. Esta se detecta con un dispositivo monocromador (detector convencional de alta resolución); pero debido a que las líneas son pocas se pueden emplear filtros de interferencia simple. Es importante utilizar un monocromador de calidad óptima.

### 2.3.3 FUNDAMENTO.

Cuando se someten los átomos a una energía calorífica de una flama los electrones experimentan un cambio desde su estado fundamental a niveles de energía más elevados, llegando incluso a separarse de los átomos (ionización).

Los electrones excitados manifiestan tendencia a regresar a su estado normal; al hacerlo disipan la energía absorbida por varios caminos uno de los cuales es la emisión de la luz, por lo tanto estos átomos excitados pueden emitir una longitud de onda característica y fija.

La intensidad de la luz así emitida es directamente proporcional al número de átomos encontrados en la transición.

Monitoreando selectivamente la longitud de onda característica de un elemento volatilizado y excitado en la flama, la concentración del elemento puede ser medida directamente.

La intensidad de la emisión es directamente proporcional a la concentración de la sustancia analizada.

## 2.4 ELECTRODO DE ION SELECTIVO.

Los electrodos de ion selectivo pueden clasificarse en tres clases principales dependiendo del tipo de material activo utilizado para la membrana de ion selectivo. (6,8,12,20,21)

- a) Electrodo de vidrio.
- b) Electrodo de estado sólido.
- c) Electrodo de intercambio iónico orgánico.

El electrodo de ion hidrógeno (electrodo de pH) y el electrodo de sodio son considerados como electrodos de vidrio.

### 2.4.1 ELECTRODO DE VIDRIO.

Los electrodos de vidrio pueden ser clasificados como electrodos de estado sólido, pero son de un tipo especial.

Cuando dos soluciones son separadas por una membrana de vidrio, se observa una diferencia de potencial, que depende de gran medida del tipo de cationes de la disolución.

La clave de la respuesta es la composición de la membrana debido a que las de vidrio sirven de cambiadores catiónicos y presentan un orden de selectividad determinado por los cationes.

Algunas de las propiedades que deben presentar las membranas para la selectividad adecuada son:

- Experimentar hidratación.

- Ser hidrocópicas, para proporcionar mayor respuesta.

El electrodo esta constituido de la siguiente manera:

Contiene un bulbo de vidrio de pared delgada en la parte final del tubo. Este bulbo es llenado con una solución llamada buffer, la cual tiene un pH constante. En dicha solución es sumergido un electrodo de referencia interna.

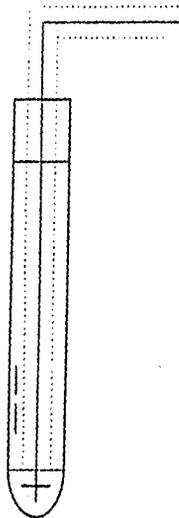


Fig.4 Diagrama del electrodo de vidrio

La respuesta del electrodo es debido a un desarrollado voltaje directo entre el interior y exterior de la membrana . Este voltaje es proporcional a la diferencia de potencial de la solución buffer y la muestra. La respuesta es causada por un intercambio de cada superficie de la membrana entre los iones metálicos del vidrio y los iones hidrógeno de la solución.

#### 2.4.2 ELECTRODOS DE ESTADO SOLIDO.

Los electrodos de estado sólido son basados en membranas de sales inorgánicas; estos son hechos en varios estilos, la principal diferencia de estos es la construcción de la membrana ionselectiva la cual puede ser de un solo vidrio, policristalina o de otros componentes de membrana, los cuales tienen materiales que activan y soportan esto.

Algunos de los electrodos que entran en esta clase son: electrodos de haluros de plata, sulfato de plata, etc.

Los iones que pueden ser medidos con un electrodo de estado sólido son: cloro, plata, cobre, plomo, etc.

#### 2.4.3 ELECTRODOS DE INTERCAMBIO IONICO ORGANICO.

La membrana de este tipo de electrodos está constituida de materiales activos de largas moléculas para el intercambio iónico. Los electrodos de potasio, calcio y nitratos, se consideran dentro de este tipo y estos están basados en valinomicina, fosfato de calcio y nitrato de amonio respectivamente.

La valinomicina es un acarreador neutral. En este tipo de electrodos el intercambio iónico es lentamente en agua y por lo tanto la membrana puede ser remplazada después de un tiempo.

#### 2.4.4 ELECTRODO DE REFERENCIA.

Los tipos de electrodos de referencia más comunes son el de Calomel y el de plata/cloruro de plata (Ag/AgCl).(6,12,21,22)

Estos consisten de una celda media sumergida en una solución electrolítica, la cual esta en contacto con la muestra por difusión.

El electrodo de Ag/AgCl con KCl saturado es útil para mediciones a temperaturas de 100 °C y este tiene una insignificante histeresis termal.

El KCl saturado es usado como el electrolito porque el ion potasio y el ion cloro son equivalentes y tienen aproximadamente la conductividad iónica equivalente.

#### 2.4.5 ANALIZADOR 614.

El analizador 614 es un potenciómetro directo (electrodo de ion selectivo).

Este analizador internamente está constituido por :

- 1.- Electrodo sodio, potasio de la solución de llenado.
- 2.- Saco con cloruro de plata y alambre de plata.
- 3.- Membrana sensitiva PVC de potasio.
- 4.- Vidrio capilar sensitivo del sodio.
- 5.- Electrodo de referencia solución de llenado.
- 6.- Nation TM interno.
- 7.- Membrana de referencia.

El electrodo de ion selectivo para el potasio consiste de una membrana basada en valinomicina, la cual está en contacto con la muestra por un lado y con el electrodo de solución de llenado por el otro lado, ambos están conectados eléctricamente por un alambre de Ag/AgCl.

El electrodo de ion selectivo para el sodio consiste de un vidrio capilar, el cual es selectivo para los iones sodio.

La muestra pasa directamente por el vidrio capilar, con la superficie exterior en contacto con el electrodo de solución de llenado.

La conexión eléctrica se lleva a cabo a través de un alambre de Ag/AgCl.

Los potenciales de los electrodos de sodio y potasio con respecto al potencial de referencia son procesados por un amplificador diferencial con alto impedimento.

La capacidad de las señales de los canales de sodio y potasio son muestreadas cada medio segundo. Cada lectura es comparada con una lectura previa.

#### **2.4.6 FUNDAMENTO.**

El principio está basado sobre la medida del potencial por el electrodo de ion selectivo con respecto al electrodo de referencia. En una solución de electrolitos la sal más simple se disocia en sus iones. Un cambio electrolítico en una reacción ocurre entre el electrodo pertinente (sodio o potasio) y los iones, los cuales producen un potencial entre el electrodo de ion selectivo y el electrodo de referencia.

El electrodo de referencia suministra un potencial constante, independientemente de la matriz analizada existente.

La ecuación básica para mediciones de electrodos de ion selectivo es la ecuación de Nerst, la cual proporciona la relación entre la diferencia de potencial y la actividad específica del ion.

$$E = E_o + \frac{RT}{zF} \ln a_x$$

donde:

E = Potencial del electrodo.

E<sub>o</sub> = Estándar de potencial del electrodo (dependiente de temperatura)

T = Temperatura absoluta.

F = Constante de Faraday (96489 coulombs).

R = Constante de gas (8.3143 J.K<sup>-1</sup>.Mol<sup>-1</sup>).

z = Valencia de la especie iónica.

a<sub>x</sub> = Actividad del ion x

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL.

- Determinar la correlación existente entre los valores obtenidos por los equipos analizadores de electrolitos séricos: Potenciómetro Directo (electrodo de ion selectivo) y Fotómetro de Flama.

### OBJETIVOS PARTICULARES.

- Determinar la exactitud y precisión de los equipos analizadores de electrolitos séricos, mediante el uso de estándares y controles.

- Concretar la comparación estadística de los equipos analizadores utilizando métodos de análisis estadístico.

-Establecer las ventajas y desventajas de los equipos analizadores de electrolitos séricos en un laboratorio de análisis clínicos.

## METODOLOGIA.

### 1.- Reactivos.

- a) Litio
- b) Agua destilada.
- c) Solución control "precinom".
- d) Solución para calibrar el fotómetro (140/5).
- e) Ampolletas de control alto, medio y bajo de sodio y potasio.

### 3.- Material.

- a) Tubos de ensaye.
- b) Centrífuga.
- c) Palillos separadores.
- d) Báscula.
- e) Gradilla.
- f) Gasa.
- g) En general el material habitual en un laboratorio de Química Clínica.

### 4.- Equipo.

- a) Analizador 614 "Potenciómetro directo de ion selectivo".
- b) Analizador 443 "Fotómetro de flama".

### 3.1 PROCEDIMIENTO.

- 1.- Conectar el equipo.
- 2.- Revisar reactivos.
- 3.- Calibración del equipo:  
Colocar el tubo de ensaye de agua destilada en el portamuestras del flamómetro ajustando el equipo a ceros.
- 4.- Colocar el tubo que contiene la solución estándar (140/5) ajustando: el sodio 140 mEq/lit y potasio 5 mEq/lit, verificar varias veces el ajuste.
- 5.- Sustituir el tubo anterior con la solución control (precinom) anotando la concentración dada por el equipo.
- 6.- Una vez estabilizadas las lecturas colocar el tubo de ensaye que contienen los sueros problema.
- 7.- Leer y anotar la concentración de sodio y potasio dada por el equipo.
- 8.- Repetir la calibración después de cada 10 tubos leídos.
- 9.- Una vez terminado de leer los tubos colocar en el portamuestras del equipo la solución desproteinizadora y posteriormente la solución limpiadora.  
Nota: Siempre que se introduzca una solución electrolítica en el portamuestras del equipo es necesario lavar con la solución limpiadora. De esta manera no habrá contaminaciones del reactivo con el problema y del reactivo con el estándar.
- 10.- Apagar el equipo.

## ANALIZADOR POTENCIOMETRICO DE ION SELECTIVO

- 1.- Conectar el equipo.
- 2.- Revisar reactivos.
- 3.- Prender el equipo.
- 4.- Colocar en el portamuestras del equipo las ampollas de los controles alto, medio y bajo de sodio y potasio.
- 5.- Leer y anotar concentraciones dada por el equipo.
- 6.- Sustituir el tubo anterior por el tubo de ensaye que contiene la solución estándar.
- 7.- Leer y anotar las concentraciones dadas.
- 8.- Colocar el suero problema en el portamuestras del equipo anototar su concentración.
- 9.- Una vez terminado de leer todas las concentraciones de las muestras problema, lavar con solución desproteinizadora y posteriormente con la solución lavadora.
- 10.-Apagar el equipo.

TIME	RESULTADOS		
	HOMBRES		
614	443	614	443
Na+	K+	Na+	K+
137	133	4	3.8
146	136	4	3.8
146	142	5.8	5.7
143	128	5	4.6
138	134	4.5	4.6
132	127	5.1	5.1
146	140	4.5	4.4
151	143	4.2	4.1
143	135	4.7	4.6
150	147	4.5	4.7
143	138	5	5
145	137	4.1	4
141	141	4.3	5.3
140	129	4.2	4.2
141	133	3.7	4.1
140	137	4	3.9
132	126	5.7	5.4
141	137	4	4
146	131	3.9	3.8
139	137	4.3	4.4
136	137	3.2	3.7
144	139	3.3	3.3
142	133	4.2	4.5
143	129	3.8	3.8
140	131	4.9	4.9
139	136	4.7	4.6
138	131	4.5	4.5
131	124	4.6	4.8
143	140	4.3	4.5
134	125	5.3	5
149	140	4.9	4.6
143	133	4.9	4.9
147	141	4.1	4
138	136	4.1	4.1
147	136	3.8	3.8
141	138	3.8	3.9
138	131	4.1	4.2
141	134	4.2	4.3

Continuar...

143	136	4.7	4.7
141	139	4.7	4.6
142	137	4	4.2
149	138	3.8	3.7
144	132	4.5	4.6
144	135	4.7	4.4
139	130	3.9	3.7
144	127	4.3	4.2
143	137	4.6	5
136	133	4.7	4.8
141	133	3.7	3.7
139	134	2.7	3
138	132	3.7	3.6
141	134	4.1	4.1
144	130	4.4	4.4
141	136	4.5	4.7
139	132	3.2	3.6
146	135	4.3	4.1
143	137	4.6	4.4
143	135	4.5	4.7
127	121	4.2	4.3
136	126	5	4.6
136	130	5	4.9
138	130	4.8	4.9
146	144	3.8	3.9
134	130	4	4.3
168	157	4.2	4.1
143	132	4.3	4.6
141	133	4	3.8
141	132	3.6	3.4
143	142	4.5	4.5
142	140	4.4	4.6
135	131	4.2	4.4
143	135	4.3	4.3
140	132	3.6	3.8
149	140	4.1	4
140	132	3.9	3.8
144	139	3.7	4
138	141	4.7	4.9
141	137	2.8	2.8
137	126	5	4.6
132	129	4.4	4.5
140	131	4.3	4.1

Continuar...

142	131	3.7	3.9
142	133	4.1	4.1
144	135	4.4	4.6
143	136	3.8	3.6
142	134	4.4	4.3
139	131	5	4.8
	<b>MUJERES</b>		
149	144	4.3	3.9
140	138	4.2	4.3
140	137	5	5.1
145	141	4.2	4.4
130	127	4.3	4
164	152	2.9	2.9
134	128	4.1	4.2
141	135	4.1	4
127	123	4.1	4.2
133	128	4.1	4
144	138	4.8	4.6
145	140	4	3.8
144	137	4	3.6
143	134	4.6	4.8
145	140	4.7	4.9
146	142	3.5	3.7
137	121	4.5	4.4
143	133	4.1	4.6
137	143	4.2	4.8
143	127	4.8	4.4
138	134	4.5	4.7
136	132	4.8	4.6
143	135	3.8	3.7
140	137	4.8	4.6
143	138	3.4	3.3
144	143	3.2	3.3
145	140	3.7	4.1
140	136	4.2	4.2
141	131	4.8	4.5
140	138	3.4	3.5
139	136	3.8	3.5

Continuar...

146	139	4.7	4.6
143	135	5.1	5.1
144	136	3.8	3.6
143	141	5.9	6.2
143	138	5.3	5.2
142	142	5	4.8
140	138	2.8	2.8
137	129	4.4	4.1
143	134	4.4	4.3
<b>CETOACIDOSIS</b>			
	<b>HOMBRES</b>		
144	140	4.2	4.2
139	135	4.1	3.9
139	137	3.9	4.1
138	133	4.4	4.4
141	136	4	4
142	137	3.8	3.8
142	138	3.7	3.6
152	143	3.9	3.8
138	132	3.1	3.4
	<b>MUJERES</b>		
144	137	3.9	3.9
143	137	3.5	3.4
138	134	4.2	4.1
138	134	2.7	2.8
143	141	4.1	4.3
140	137	4.1	4
129	137	4.2	4.3
134	129	4.6	5
144	146	4.3	4.9
<b>INJERTO</b>			
	<b>MUJERES</b>		
141	140	4	4.2
141	134	4	3.9
140	137	3	3.2
134	129	4	3.9
141	138	4.6	4.7

Continuar...

143	138	3.9	3.9
145	138	4.3	4.3
138	132	4.6	4.6
<b>MIASTEMIA</b>			
	<b>MUJERES</b>		
141	134	3.4	3.4
139	137	4.3	4.4
140	138	4.1	4.2
142	134	3.8	3.7
139	133	3.8	3.8
142	138	3.9	3.8
<b>LUPUS E.</b>			
	<b>MUJERES</b>		
141	137	3.7	3.7
145	136	4.7	4.4
142	134	4.2	4
143	137	3	2.8
150	154	2.1	2.3
138	136	4.9	4.8
137	133	5.2	4.6
<b>PANCREATITIS</b>			
	<b>HOMBRES</b>		
144	134	3.3	3.1
150	145	3.3	3.4
139	135	4.7	4.5
148	134	3.9	3.8
139	134	4	4.2
131	127	4.3	4.2
151	144	3.8	3.7

Continuar...

HIGADO			
MUJERES			
142	139	5.4	5.4
133	130	3.8	3.1
143	138	3.2	3.2
144	139	4.3	4.5
137	133	4.4	4.4
155	147	3.5	3.6
148	143	3.6	3.7
141	137	3.9	3.8
138	130	3.9	3.8
132	127	5	4.9
140	132	4.8	4.8
SEPSIS ABDOMINAL			
HOMBRES			
139	137	4.1	4.2
141	139	3.6	3.8
150	150	3.9	4.1
145	135	5.1	4.9
147	140	3.6	3.6
151	150	3.7	3.9
147	146	5.3	5.6
139	139	5.5	5.7
140	143	4	4.3
133	132	3.6	4
MUJERES			
139	141	3.8	4
143	138	7.6	7.2
135	131	3.6	3.8
141	137	4.5	4.6
134	132	5.4	5.4
134	139	4.3	4.1

Continuar...

EVC			
HOMBRES			
140	138	4.6	4.3
141	135	4.4	4.3
135	128	4.5	4.7
144	139	4.9	5.1
142	132	3.4	3.7
MUJERES			
133	132	3.7	3.9
146	142	3.6	3.8
142	139	3.6	4
121	119	4.6	4.5
138	131	3.8	4.1
161	150	4.7	4.8
140	132	3.4	3.3
148	136	4	3.7
147	130	3.5	3.4
140	134	3.8	3.8
142	130	4.1	4.2
ANGOR			
HOMBRES			
143	134	4.5	4.2
142	128	3.8	3.6
141	136	5	4.8
145	140	4.3	4.2
145	138	4.6	4.5
144	134	4.4	4.5
142	140	4.9	4.9
145	137	4	4
145	130	4.7	4.2
144	133	4.9	4.9
141	134	3.9	4
144	141	4.9	4.8
146	139	4.6	4.5
148	137	4.2	4.5
147	139	3.8	3.7
144	138	4.7	4.6
140	136	4	4.1

Continuar...

	<b>MUJERES</b>		
146	137	6.4	5.8
136	130	4.1	4
143	139	4	3.9
145	141	4	4.1
137	132	4.5	4.5
147	145	4.6	5
<b>GASTRECTOMIA</b>			
	<b>HOMBRES</b>		
150	149	3.2	3.2
144	138	4.4	4.1
139	135	3.8	3.7
155	151	2.8	2.9
139	136	3.9	4
141	137	3.7	3.6
147	146	3.9	4.1
147	140	4	3.9
142	139	3.7	3.8
141	135	4.1	4
132	131	4.3	4.2
162	156	4.6	4.5
147	143	5.2	5.2
131	126	4.2	4.3
	<b>MUJERES</b>		
135	134	4.4	4.4
132	129	3.9	4
137	130	3.6	3.9
145	141	4.6	4.7
142	137	3.9	3.8
<b>IAM</b>			
	<b>HOMBRES</b>		
134	129	4.8	4.7
140	138	4.2	4.1
144	134	4.2	4.1

Continuar...

141	134		
139	132	4	4.2
149	140	4.2	4
141	134	4.9	4.6
140	134	3.5	4.3
139	136	5.1	5.4
131	125	4.6	4.6
141	134	5.1	5.2
143	134	4.8	4.9
147	147	4.2	4
144	144	3.8	4.2
142	133	4.5	4.8
144	136	4.4	4.2
139	135	4.1	3.9
140	135	3.6	3.7
140	142	3.7	3.9
		4	4.3
	<b>MUJERES</b>		
132	126	4.5	
124	120		4.6
138	132	5.9	5.8
139	140	4	3.6
141	135	3.4	3.9
142	122	4.5	4.7
137	131	5.2	5.2
133	125	4.4	4.3
141	135	3.3	3.6
140	133	4.1	4
		4.5	4.5
<b>ICC</b>			
	<b>HOMBRES</b>		
139	134	3.5	
167	160	4	3.5
139	139	4.8	3.8
142	142	3.8	4.2
148	131	5.2	3.8
146	140	4.4	4.5
139	138	4.4	4.5
150	143	2.8	3.2
		4.8	4.8

Continuar...

			4.8	4.8
133	126		4.8	4.5
133	126		4.2	4.4
141	138		4.1	4.8
143	137		3.4	3.7
141	133		4.4	3.9
134	142			
	<b>MUJERES</b>			
			3.9	3.9
	137			3.9
141	141		3.7	4.3
143	137		4.5	4.3
143	137		4.3	4.2
142	137		4	3.9
130	128		3.9	7.1
140	129		6.6	4
140	134		4.1	3.9
141	137		3.9	
144	137			
<b>POTR</b>				
	<b>HOMBRES</b>			
			4.7	4.5
140	138		2.8	3
139	138		5.9	5.7
139	140		4.6	4.6
135	132		3.9	4
144	144		4.2	4.2
150	148		4.2	4.3
143	140		6.2	5.9
139	134		5	5.2
148	138		4.2	4.5
143	131		4	4
146	142		4.1	4
144	137		3.9	4.1
148	144		3.4	3.9
145	130		5.3	5.6
142	135		3.7	3.8
150	140		4	5.3
147	137			

Continuar...

149	136	4.2	4.5
151	139	4.5	4.5
148	138	4.4	4.5
138	139	4.7	4.8
146	144	4.8	4.7
151	150	4.1	4.1
148	145	4.1	4.1
146	143	4.1	4
148	146	4.6	4.5
146	142	3.9	4
145	138	4.4	4.5
139	133	4.7	5.1
144	137	5.7	5.3
144	138	5.9	6
142	138	4.5	4.3
144	141	4.5	4.7
140	137	5.3	5.2
140	136	6	5.9
141	142	4.7	4.7
140	139	4.4	4.5
152	144	4.7	4.7
150	147	4.2	4.3
144	143	3.8	3.9
145	142	6.4	6.8
137	138	3.8	4.2
134	137	3.4	3.8
148	150	3.9	4.4
137	136	4.8	5.3
149	148	4.1	4.6
145	140	4.1	4.5
146	141	4.4	4.8
147	143	3.7	3.8
146	142	3.7	3.9
134	133	3.9	4.1
146	142	4	4.1
150	143	4	4.1
139	139	3.8	4
139	137	4	4.2
128	128	3.6	4.1
147	145	5.9	6.3
145	141	4.2	4.4

Continuar...

129	126	6.8	7.2
145	140	5	5.3
138	135	3.7	4.2
148	144	4.1	4.4
145	140	4.3	4.6
140	134	4.3	4.6
147	144	4.4	4.5
145	139	5.9	6.2
145	140	4.7	5.2
149	146	4	4.5
147	146	4.2	4.8
138	131	4.7	4.7
144	136	4.1	4.3
143	133	4.4	4.8
145	141	4.3	4.7
142	139	4.1	4.6
146	141	4	4.4
147	146	5	5.5
148	146	4	4.7
149	145	3.2	3.4
149	144	3.7	4
144	135	4.7	5
148	142	4.8	4.7
148	142	4.3	4.3
145	139	3.9	4
145	142	4.8	4.9
140	136	3.4	3.6
146	139	3.8	3.7
147	141	4.4	4.5
137	134	4.5	4.5
146	136	3.7	3.7
148	140	4.6	4.6
147	139	5.2	5.2
148	139	4.5	4.5
145	136	4.4	4.2
146	138	4.7	4.5
147	141	4.5	4.5
145	140	4.9	4.6
138	132	4.5	4.5
142	132	3.9	3.8
148	135	4.6	4.4

Continuar...

139	127	4.6	4.5
146	139	3.3	3.3
147	140	3.9	4
150	140	3.9	3.9
142	133	3.5	3.5
142	135	5.1	5.1
139	132	3.6	3.6
140	136	5.2	5.2
145	140	4.1	4
148	142	4.7	4.7
148	142	4.6	4.6
147	142	4.1	4.1
135	133	3.6	3.7
143	139	4.8	4.9
141	135	4.4	4.5
144	138	3.6	3.7
147	139	4.2	4.4
143	137	4.3	4.6
143	140	3.9	3.8
141	137	3.9	4.3
140	137	4.8	5.2
137	136	4.2	4.7
140	137	4.3	4.7
147	138	4.5	4.7
150	142	4.2	4.5
141	136	5.2	5.6
145	142	3.5	3.7
146	141	4.3	4.4
150	143	4.1	4.2
147	141	4.9	5
140	135	4.2	4.2
143	131	6.6	6.1
144	136	6.7	6.4
143	135	3.6	3.8
145	134	3.8	4
143	135	5.9	5.9
140	135	4.6	4.6
141	135	3.5	3.5
148	140	5.2	5.1
150	142	3.9	3.8
151	144	5.6	5.7

Continuar...

150	140	3.9	3.8
142	135	4.4	4.5
143	141	4.7	4.8
156	149	4.4	4.3
150	142	3.7	3.6
147	142	3.9	3.9
152	147	4.1	4.1
146	141	4.2	4.2
144	139	4.1	4.3
141	139	4.8	5.1
139	136	4.3	4.4
143	138	4.2	4.3
145	136	5.5	5.3
141	138	4.9	5.2
143	134	6.5	6.5
149	141	4.2	4.5
148	136	4.6	4.9
149	137	4.5	4.8
148	133	5.1	5.2
146	132	4.7	5
147	134	4.3	4.7
144	137	4.6	4.8
146	137	4.2	4.7
150	138	4.3	4.8
146	133	3.2	3.6
143	132	4.8	5.3
140	132	5.3	5.3
143	131	4.6	4.6
144	134	4.5	4.5
145	132	4.8	5
145	132	3.4	3.5
144	133	4	4.1
141	124	3.8	4
142	125	3.7	3.9
145	121	3.5	3.7
146	122	3.7	3.9
142	116	5.4	5.2
144	141	4	4
146	141	4.2	3.9
145	141	4.4	5.4
144	137	3.9	5.1

Continuar...

145	142	4.2	4
143	137	4.2	4
143	138	4.5	4.1
143	139	3	3.2
140	136	4.6	4.3
129	138	5.4	5.5
142	132	5.2	5.3
145	133	4.6	4.7
149	138	4.4	4.5
145	135	3.8	3.9
140	132	4.8	4.9
138	134	4.1	4.1
137	130	4.6	4.5
139	134	4.1	4
148	137	4.1	4.1
146	133	3.8	3.7
143	132	4.4	4.3
145	134	4.1	4.1
148	134	4.1	4.1
146	135	4.8	4.8
150	134	4.6	4.6
156	138	4.8	4.8
143	128	4.3	4.5
144	126	4	4.1
143	136	4.7	4.4
146	144	3.9	3.9
140	138	4.5	4.5
139	138	4.5	4.7
138	138	4.8	5.1
146	141	4.3	4.4
149	144	3.8	3.9
139	132	3.9	4.2
149	138	4.5	4.6
146	135	3.8	4
139	140	4.2	4.3
151	144	4.3	4.2
140	133	4.4	4.2
137	134	3.9	3.9
141	137	4.1	4.1
151	139	5.3	5.2
141	139	5	5.1

Continuar...

146	142	5.1	5.2
144	135	4.5	4.2
143	133	3.7	3.4
143	132	5.7	5.2
140	132	4.4	4.2
145	137	4.8	4.6
139	136	3.3	3.4
146	140	4.4	4.4
152	142	5.1	4.9
146	132	5	4.8
150	138	4.8	4.8
148	139	4.3	4.4
154	137	4.8	4.2
146	139	4.7	4.7
144	142	3.7	3.7
138	140	4	4.1
144	138	4.3	4.1
147	138	4.5	4.1
146	135	4	3.9
148	147	5.1	4.9
147	147	4.9	4.8
148	139	4.4	4.1
144	135	4.8	4.3
142	138	4.6	4.6
153	140	3.8	3.6
147	139	4	3.9
144	139	4.7	4.6
142	138	3.8	3.6
145	139	3.4	3.4
145	139	4.5	4.3
149	137	4	3.8
143	137	4.3	4.2
146	139	4.5	4.5
150	143	4.9	4.8
143	137	3.5	3.5
146	140	4.4	4.4
143	136	4.8	4.8
146	138	4.9	4.9
141	132	3.7	3.7
149	140	4.2	4.1
148	140	4.9	4.9

Continuar...

139	133	4.6	4.4
145	140	4.3	4.3
148	141	3.8	3.7
148	140	5	4.8
147	139	4.3	4.2
146	139	4.5	4.4
145	131	4.7	4.5
149	138	3.8	3.8
150	142	4	3.9
155	145	4.8	4.6
150	139	4.5	4.2
147	135	5.1	4.9
153	140	4.6	4.4
150	142	4.4	4.2
150	144	4.2	4.2
144	141	4.9	4.8
140	141	4.7	4.7
143	141	3	3
146	142	5	4.9
POTR			
	MUJERES		
128	128	4.7	4.7
135	131	4.5	4.4
144	140	3.5	3.7
141	136	6.7	6.4
144	130	3.9	3.8
145	136	5.1	5
146	135	5.2	5
144	136	5.7	5.5
148	138	5.3	5.2
136	134	4.5	4.4
139	139	3.7	3.9
145	143	4.1	4.1
142	140	4.6	4.7
146	131	5.3	5.1
140	137	5.5	5.4
146	143	4.4	4.6
147	143	4.7	4.9
145	140	5.2	5.3

Continuar...

138	138	3.5	3.9
147	143	4.5	4.9
141	140	5.1	5.5
144	140	3.7	4.1
146	139	4.7	4.8
148	142	4.1	4.2
148	142	4.3	4.4
150	145	3.8	4
142	138	4.9	5.1
152	148	3.8	4
149	148	3.9	4.3
147	142	5.5	6
150	147	3.9	4.3
143	140	4.8	5.1
143	141	5.1	5.6
143	143	3.2	3.5
138	130	5.1	5.1
148	139	3.8	3.8
141	129	4.9	5
142	139	4.5	5
145	140	4.3	4.8
141	135	5	5.1
144	140	4	4.2
145	141	4.2	4.4
145	140	4	4.2
138	141	3.7	4.4
139	137	3	3.3
143	136	4.1	4.2
141	138	3.8	3.6
138	136	3	2.7
139	132	4.9	5
146	141	4.4	4.4
133	128	5.6	5.6
137	132	2.5	2.6
146	138	4.7	4.8
141	129	4.4	4.3
144	136	4.1	4.1
143	140	3.9	3.9
143	138	4.2	4.2
146	134	4	3.8
144	127	4.3	3.9

Continuar...

147	133	4.4	4.2
148	132	3.9	3.7
145	131	5.2	4.9
142	135	4.3	4.3
144	135	4.7	4.7
146	133	4.8	4.5
139	131	4.9	4.9
138	134	3.5	3.5
148	142	4.3	4.3
144	138	4.6	4.6
146	140	5.2	5.2
144	137	3.8	4.1
140	136	4.8	5.1
137	136	4.2	4.7
150	142	5.2	5.5
142	136	4.3	4.7
144	137	5	5
139	127	5.3	5.2
144	136	4	4.1
131	126	4.8	4.8
149	142	4	4.1
146	136	4.4	4.3
148	138	4.9	4.9
130	124	4.7	4.8
146	143	4.6	4.6
146	137	4.9	4.8
142	137	3.6	3.7
141	134	4.3	4.4
139	136	4.3	4.4
143	138	4.2	4.3
144	138	4.7	4.6
128	125	5.3	5.4
152	141	4.6	4.5
149	136	3.9	4.3
148	134	4.5	4.8
143	133	4.7	5.2
143	133	4.4	4.8
148	136	4.6	4.8
144	132	4.9	4.8
147	133	4.3	4.1
147	130	4.5	4.3

Continuar...

142	116	5.4	5.2
144	120	4.8	4.8
145	134	4.3	3.8
138	134	4.4	4.2
141	136	4	4.1
144	132	4.3	4.4
137	130	4.6	4.5
143	136	4.6	4.4
146	136	3.9	3.8
141	125	4	4.1
144	130	4.3	4.5
144	140	4.2	4
145	138	4.7	4.4
143	136	4.5	4.2
141	133	4.3	4
142	133	4.2	3.9
142	133	4	3.7
133	133	3.9	4
145	139	4	4
140	133	3.6	3.7
148	137	5.5	5.6
144	132	4.8	4.9
146	132	4.8	4.8
146	133	4.4	4.6
149	134	3.6	3.9
146	134	4.5	4.6
149	135	4	4.3
138	138	3.7	3.7
141	137	4.4	4.4
140	136	4.6	4.5
138	137	3.7	3.7
143	136	3.3	3.3
143	136	4.4	4.3
149	143	4.5	4.5
147	135	4.8	4.6
144	137	4.9	4.9
138	130	3.4	3.7
141	124	4	4
140	123	4.6	4.6
143	135	5	4.7
146	136	5.3	5.1

Continuar...

145	135	4.1	4
144	137	4.4	4.3
146	132	5	4.3
142	134	4.2	4.2
147	140	4.7	4.7
144	132	4.3	4.4
143	135	3.9	4
144	130	4.7	4.7
139	126	4.2	4.4
145	139	4.7	4.5
142	139	4.4	4.3
141	138	4.1	4
146	141	4	3.9
147	140	4.5	4.3
144	139	4.2	4
148	145	4.3	4.1
144	142	3.8	3.7
145	138	4.6	4.4
144	137	4.4	3.7
138	136	4.1	4.1
141	140	5.8	5.4
147	138	4.7	4.5
151	146	4.3	4.2
146	135	4.4	4.2
146	137	4.7	4.6
142	137	4.2	4
148	141	3.6	3.6
146	139	4.8	4.7
145	137	5	4.8
147	138	3.9	3.8
146	139	4.8	4.7
148	139	4.2	4.1
145	136	4.8	4.7
147	134	4.3	4.1
152	141	5.6	5.3
150	139	4	3.8
142	136	4.8	4.8

Continuar...

ICC	HEMODIALISIS	HOMBRES		
			7.9	8
	140	136	5	5
	146	143	6.1	6.4
	146	141	5.2	5.4
	142	139	5.7	5.7
	142	135	5.1	5.3
	140	137	4.4	4.5
	144	137	6.9	7.2
	137	132	6.1	6.3
	142	134	5.5	5.6
	130	129	5.9	6.3
	140	135	5.1	5.7
	142	139	5	5.6
	135	135	4.7	5.2
	140	138	6	6.3
	141	138	5.8	5.9
	142	137	4.6	4.9
	146	140	5.1	5.4
	141	136	4.1	4.4
	141	130	5.1	5.6
	139	142	5.6	5.6
	144	142	7.4	7.3
	140	134	3.5	3.6
	139	134	4.8	4.5
	145	131	5.4	5.5
	141	130	4.1	4.1
	139	132	5.6	5.6
	144	136	5.4	5.5
	145	140	5.6	5.6
	139	132	5.7	6
	149	142	5.7	6
	140	139	7.1	7
	144	138	4.7	4.8
	145	135	5.1	5.2
	135	126	6.1	6
	151	141	4.4	4.4
	141	134	6.8	6.8
	144	139	5	4.9
	147	140		

Continuar...

148	144	5.7	5.7
136	131	5.4	5.5
139	134	5.3	5.3
145	137	5.2	5
141	139	4.8	5.1
145	136	5.5	5.3
143	136	5.7	6
139	131	4.6	4.9
128	119	7.3	7.4
153	135	5	5.1
147	133	5.8	6
141	129	6.5	6.4
139	128	5.2	5.4
143	120	5.1	5.9
140	118	4.4	4.7
142	123	5.1	5.5
142	122	4	4.4
143	137	6.2	5.7
144	142	4.5	4.1
141	121	4.4	4.4
141	133	6.8	7
136	132	4.7	4.8
142	136	4.8	4.7
145	139	5.7	5.3
141	139	4.6	4.9
139	136	5	5.2
142	132	5.3	5.2
139	133	4.9	5
140	134	4.5	4.7
149	135	6.2	6.2
139	141	3.3	4.2
135	129	4.7	4.9
139	132	5.6	5.5
142	136	5.1	5.2
142	137	4.9	5
141	134	4.4	4.2
144	135	4.5	4.2
143	133	3.7	3.4
144	130	6.9	6.1
146	129	5.5	4.8
142	137	6.5	6.3

Continuar...

148	140	6.7	6.4
143	132	5.2	5.1
140	140	3.6	3.9
141	143	6.1	6.3
145	142	6	6
137	133	8.1	7.9
244	236	4.4	4.3
141	143	5.1	5.3
128	115	4.9	4.6
141	129	4.9	4.7
142	131	5.4	5.2
146	138	6.7	6.5
138	132	4.9	4.9
141	134	4.6	4.5
143	138	6.7	6.4
144	132	4.4	4.2
135	125	3.6	3.5
151	140	5	4.9
146	134	6.5	6
141	130	4.5	4.3
144	134	5.9	5.6
144	134	5.1	4.8
144	130	6.9	6.5
120	112	7.1	7.5
143	140	3.7	3.7
141	141	6.3	6.3
144	141	4.4	4.4
146	138	6.5	6
141	135	7.7	7.2
143	135	6.2	5.8
143	146	6.1	6.9
140	235	6	6.3
RC HEMODIALISIS			
	MUJERES		
139	120	5.8	5.3
144	147	3.9	4.1
138	122	8.5	7.2
148	138	5.3	5.2
143	141	5.9	6.2

Continuar...

135	131	7	6.7
143	138	6	5.8
137	133	5.8	5.6
141	133	6	5.5
139	135	7.7	7.3
141	140	6.1	6.7
149	144	4.5	4.7
144	137	6.1	6.3
146	139	4.1	4.3
138	130	5.1	5.1
153	138	5	4.8
140	135	4.6	4.7
142	136	4.2	4.3
138	140	4.7	5.2
142	142	4.5	5
142	138	4.2	4.1
138	138	4.7	5
132	133	6.3	6.7
144	140	4.7	4.9
139	137	4.5	4.6
138	137	5.7	5.8
134	130	5.8	6
140	133	4	4.1
136	131	6.9	7
146	140	6.2	6.4
143	134	4.8	4.8
135	130	4.7	4.9
141	135	4	4.4
137	137	3.5	3.7
144	138	4.3	4.3
145	139	4.5	4.6
139	134	7.1	7.1
139	127	4.2	4.3
141	134	5.8	5.7
139	136	4.3	4.4
143	138	4.2	4.3
145	138	4.5	4.6
142	131	6.4	6.6
140	129	3.8	4.3
140	133	3.3	3.7
141	120	6.9	6.4

Continuar...

141	121	4.2	4.6
143	120	5.1	5.3
140	125	5.3	5.5
133	129	7.2	6.7
139	131	5.9	5.9
141	131	6.4	6.2
139	138	5.2	5.4
145	136	3.5	3.7
137	125	3.6	4
146	132	5.7	5.7
132	126	7	7
132	126	5.7	5.9
146	138	3.9	4
140	133	5.7	5.4
140	133	5.3	5.2
147	137	4.3	3.8
143	134	4.1	3.7
137	127	4.8	4.4
126	122	5.3	5
139	135	5.2	5.2
139	136	5.3	5.5
141	140	4.7	4.9
141	137	5.6	5.6
144	129	6.1	6
143	126	6.6	6.3
136	134	3.9	3.9
140	137	5.9	5.9
146	140	4	3.9
145	132	4.3	3.6
141	140	5.8	5.4
148	140	6.7	6.4
143	138	5.7	5.5
138	134	7.7	7.6
139	126	5.7	5.4
148	135	4.8	4.6
137	129	6.7	6.4
142	134	5.4	5.3
148	139	4.3	4.6
140	130	6.5	6.2
140	130	4.3	4.1
141	128	5.2	4.9
144	134	5.1	4.9
145	132	4.3	4.1

Continuar...

148	136	5.2	5
140	134	5.2	5.1
129	122	3.2	3.2
141	138	7.1	7
142	137	6.2	6

Continuar...

VALOR PROMEDIO DE ELECTROLITOS POR DX.				
HOMBRES				
	Na+	Na+	K+	K+
	Analizador 614	Analizador 44	Analizador 614	Analizador 443
IME	141	134	4	4
Cetoacidosis	142	137	4	4
Pancreatitis	143	136	4	4
Sepsis abdominal	143	141	4	4
EVC	140	134	4	5
Angor	144	136	4	4
Gastrectomia	144	138	4	4
IAM	141	136	4	4
ICC	143	138	4	4
POTR	145	138	4	5
IRC	143	136	5	5
MUJERES				
	Na+	Na+	K+	K+
	Analizador 614	Analizador 44	Analizador 614	Analizador 443
IME	141.5	136	4.2	4.2
Cetoacidosis	139.5	136.9	3.9	4.1
Injerto	140.4	135.7	4	4.1
Miastemia	140.5	136.7	3.9	3.9
Lupus	142.3	138.1	4	3.8
Hígado	141.2	135.9	4.2	4.1
Sepsis abdominal	137.7	136.3	4.9	4.8
EVC	141.6	134	3.9	3.9
Angor	142.3	137.3	4.6	4.5
Gastrectomia	138.2	134.2	4.1	4.2
IAM	136.7	130	4.4	4.4
ICC	140.4	135.2	4.3	4.4
POTR	143.5	136.1	4.4	4.4
IRC	142.3	135	5.3	5.3

**Tabla General de valor promedio de electrolitos**

\* No se considera dx y sexo.

Analizador 614	Analizador 443	Analizador 614	Analizador 443
Na+	Na+	K+	K+
141.4	134.4	4.3	4.3
141.7	136.7	3.9	3.9
143.1	136.1	3.9	3.8
143.2	141	4.2	4.4
140.4	134.4	4.4	4.5
143.8	136.1	4.4	4.3
144.1	137.6	4	4
140.9	135.6	4.3	4.4
142.5	137.8	4.2	4.2
144.6	137.9	4.4	4.5
142.6	136.2	5.4	5.4
141.5	136	4.2	4.2
139.2	136.9	3.9	4.1
140.4	135.7	4	4.1
140.5	136.7	3.9	3.9
142.3	138.1	4	3.8
141.2	135.9	4.2	4.1
137.7	136.3	4.9	4.8
141.6	134	3.9	3.9
142.3	137.3	4.6	4.5
138.2	134.2	4.1	4.2
136.7	130	4.4	4.4
140.4	135.2	4.3	4.4
143.5	136.1	4.4	4.4
142.3	135	5.3	5.3
suma 3536.1	3401.2	107.5	107.8

## ANALISIS ESTADISTICO

Para facilitar el analisis estadístico, se determinó la media aritmética ( $\bar{X}$ ) de cada una de las enfermedades estudiadas, así como la media poblacional ( $\mu$ ) de las mismas.

### MEDIA ARITMETICA.

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

$$\mu = \frac{\sum X}{n}$$

donde:

$\bar{X}$  = media aritmética.

$\sum$  = operador sumatoria.

$\mu$  = media poblacional.

$\sum Xi$  = suma de valores individuales.

$\sum X$  = suma total de la media aritmética de cada una de las enfermedades.

$n$  = número de determinaciones.

### DESVIACION ESTADANDAR POBLACIONAL.

$$\sigma_x^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{K - 1}$$

donde:

$\sigma_x^2$  = varianza

$\sigma_x$  = desviación estándar.

$(X - \bar{X})$  = desviaciones del valor medio.

$(X - \bar{X})^2$  = cuadrado de las desviaciones.

$K - 1$  = grados de libertad o de independencia

## PRUEBA DE HIPOTESIS

Para ambos analizadores (Potenciometro y Fotometro de Flama), el valor medio teórico de electrolitos séricos es:

$$(\text{Na}^+) \text{ normal} = 140.5 \text{ mEq/l}$$

$$(\text{K}^+) \text{ normal} = 3.5 \text{ mEq/l}$$

Así para el ion sodio ( $\text{Na}^+$ )

ion potasio ( $\text{K}^+$ )

$$H_0: M = 140.5$$

$$H_0: M = 3.5$$

$$H_1: M = 140.5$$

$$H_1: M = 3.5$$

donde:

M = media poblacional.

$H_0$ : = hipótesis nula.

$H_1$ : = hipótesis alterna.

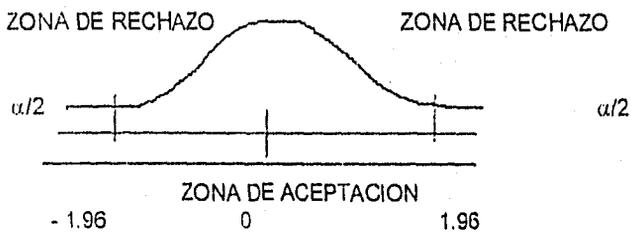
$$\alpha = 5\% \text{ o bien } \gamma = 95\% \text{ entonces: } Z_{\alpha/2} = Z_{0.025} = +1.96$$

donde:

$\alpha$  = nivel de significación.

$\gamma$  = nivel de confianza

+ 1.96 = valor obtenido de tablas



Rechacese  $H_0$ : si  $Z \in (-Z_{\alpha/2}, Z_{\alpha/2}) = (-1.96, 1.96)$

ESTADISTICO Z (Comparación del valor medio teórico con el valor medio experimental).

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma_X}$$

donde:

Z = estadístico Z

X = valor medio experimental

$\mu$  = valor medio teórico.

$\sigma_X$  = desviación estandar de cada equipo analizador.

ESTADISTICO Z ( Comparación del valor medio del analizador 443 (Fotometro de Flama y el analizador 614 ( Potenciometro Directo- electrodo de ion selectivo).)

$$Z = \frac{(X_1 - X_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

donde:

Z = estadístico Z

X1 = media poblacional del analizador 614

X2 = media poblacional del analizador 443.

$\sigma_1^2$  = varianza del analizador 614

$\sigma_2^2$  = varianza del analizadro 443

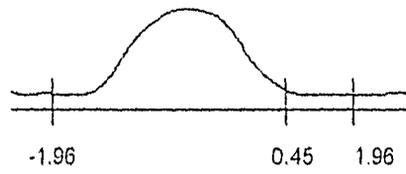
n = número de determinaciones

Así se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA DE RESULTADOS (Aplicando métodos estadísticos)				
	Na+		K+	
	614	443	614	443
x	141.4	136.0	4.3	4.3
$\sigma_x$	1.98	1.96	0.4	0.4
$\sigma_x^2$	3.92	3.86	0.16	0.16
n	25	25	25	25

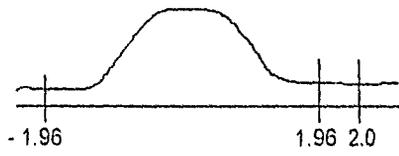
TABLA COMPARATIVA DEL ESTADISTICO Z ( diferencia de medias )		
Comparacion con valor medio teorico		
	FOTOMETRO	POTENCIOMETRO
Na+	0.45	2.75
K+	2.0	2.0
Comparación entre analizadores		
Na+	9.69	
k+	0	

Por lo tanto:  
Para el potenciometro



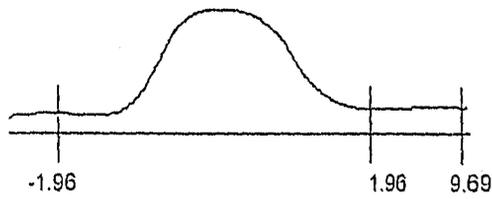
Ho: se acepta.

Para el fotometro



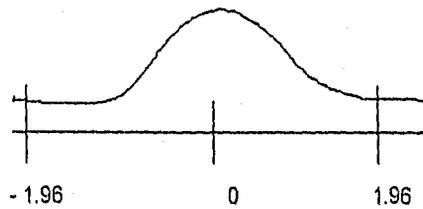
Ho: se rechaza

Para sodio.



Ho: se rechaza

Para potasio:



Ho: se acepta

ANALISIS ESTADISTICO DE CONTROLES				
ANALIZADOR 443				
SODIO				
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
X	118.89	118.84	118.42	118.75
S	0.658	0.987	0.507	0.425
CV	0.533	0.83	0.428	0.38
L. de alerta				
X + 2S	120.206	120.814	119.434	119.754
X - 2S	117.574	116.866	117.406	117.845
L. de control				
X + 3S	120.864	121.801	119.941	120.106
X - 3S	116.916	115.878	116.899	117.393
POTASIO				
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
X	4.57	4.55	4.45	4.37
S	0.045	0.0612	0.6615	0.075
CV	0.993	0.0134	1.375	1.729
L. de alerta				
X + 2S	4.66	4.672	4.572	4.521
X - 2S	4.479	4.427	4.328	4.219
L. de control				
X + 3S	4.705	4.733	4.643	4.596
X - 3S	4.34	4.366	4.266	4.143

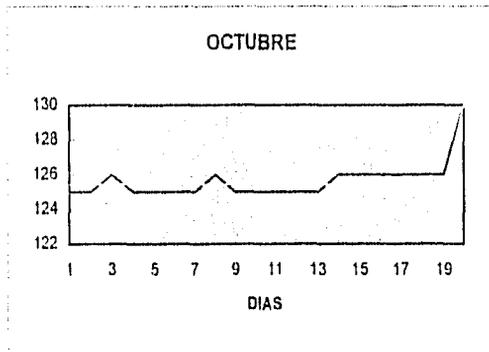
ANALISIS ESTADISTICO DE CONTROLES.				
ANALIZADOR 614				
SODIO				
	Octubre.	Noviembre	Diciembre	Enero.
X	125.42	126.31	126.43	126.58
S	0.5066	0.583	0.512	0.348
CV	0.403	0.461	0.404	0.274
L. de alerta				
X + 2s	126.433	127.476	127.454	127.276
X - 2s	124.406	125.144	125.406	125.884
L. de control				
X + 3s	126.939	128.059	127.966	127.24
X - 3s	123.9	124.561	124.89	125.536
POTASIO				
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero.
X	4.65	4.68	4.66	4.66
S	0.05	0.037	0.049	0.038
CV	1.075	0.79	1.051	0.832
L. de alerta				
X + 2s	4.75	4.754	4.758	4.737
X - 2s	4.55	4.606	4.562	4.582
L. de control				
X + 3s	4.8	4.791	4.807	4.776
X - 3s	4.5	4.569	4.513	4.544

GRAFICOS DE CONTROLES

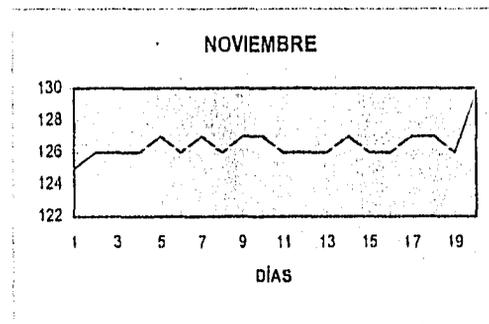
ANALIZADOR 614 . POTENCIOMETRO DIRECTO  
CONTROL DE SODIO

X (Días) Y (Valor de control)

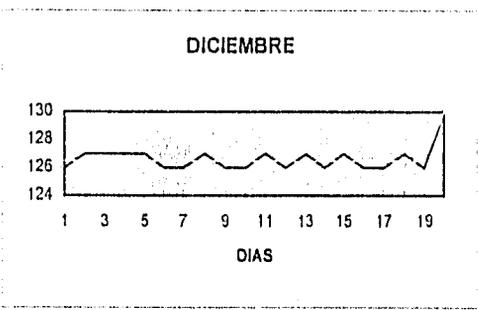
125	125.42
125	125.42
126	125.42
125	125.42
125	125.42
125	125.42
125	125.42
126	125.42
125	125.42
125	125.42
125	125.42
125	125.42
125	125.42
126	125.42
126	125.42
126	125.42
126	125.42
126	125.42
126	125.42
130	130



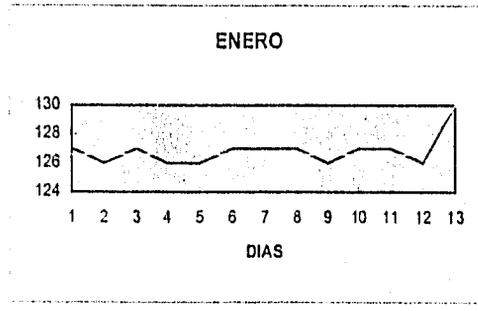
X	Y
125	126.31
126	126.31
126	126.31
126	126.31
127	126.31
126	126.31
127	126.31
126	126.31
127	126.31
127	126.31
127	126.31
126	126.31
126	126.31
126	126.31
127	126.31
126	126.31
126	126.31
127	126.31
127	126.31
127	126.31
126	126.31
130	130



X	Y
126	126.47
127	126.47
127	126.47
127	126.47
127	126.47
126	126.47
126	126.47
127	126.47
126	126.47
126	126.47
127	126.47
126	126.47
127	126.47
126	126.47
126	126.47
127	126.47
126	126.47
127	126.47
130	130

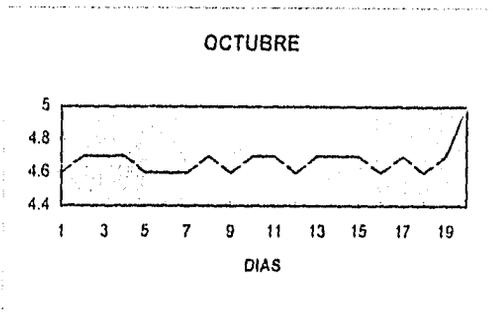


X	Y
127	126.58
126	126.58
127	126.58
126	126.58
126	126.58
127	126.58
127	126.58
127	126.58
127	126.58
126	126.58
127	126.58
127	126.58
127	126.58
126	126.58
130	130

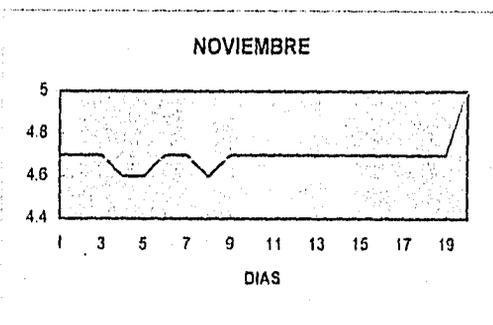


CONTROL DE POTASIO  
ANALIZADOR 614

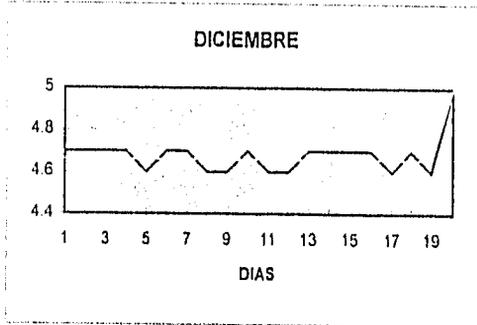
X	Y
4.6	4.65
4.7	4.65
4.7	4.65
4.7	4.65
4.6	4.65
4.6	4.65
4.6	4.65
4.7	4.65
4.6	4.65
4.7	4.65
4.7	4.65
4.6	4.65
4.7	4.65
4.7	4.65
4.7	4.65
4.6	4.65
4.7	4.65
4.6	4.65
4.7	4.65
5	5



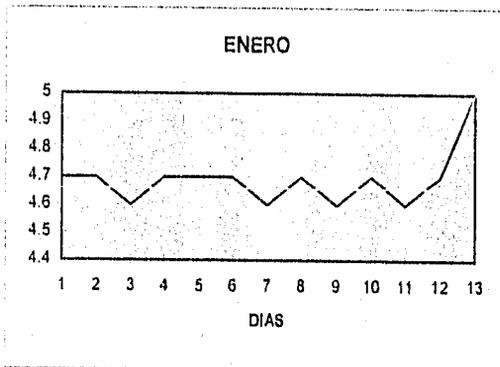
X	Y
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.6	4.68
4.6	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.6	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
4.7	4.68
5	5



X	Y
4.7	4.66
4.7	4.66
4.7	4.66
4.7	4.66
4.6	4.66
4.7	4.66
4.7	4.66
4.6	4.66
4.6	4.66
4.7	4.66
4.6	4.66
4.6	4.66
4.7	4.66
4.7	4.66
4.7	4.66
4.7	4.66
4.6	4.66
4.7	4.66
4.6	4.66
5	5

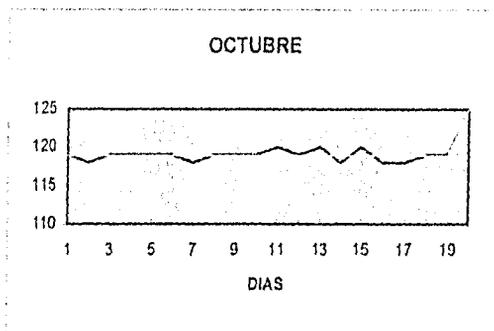


X	Y
4.7	4.66
4.7	4.66
4.6	4.66
4.7	4.66
4.7	4.66
4.7	4.66
4.6	4.66
4.6	4.66
4.7	4.66
4.6	4.66
4.6	4.66
4.7	4.66
4.6	4.66
4.7	4.66
5	5

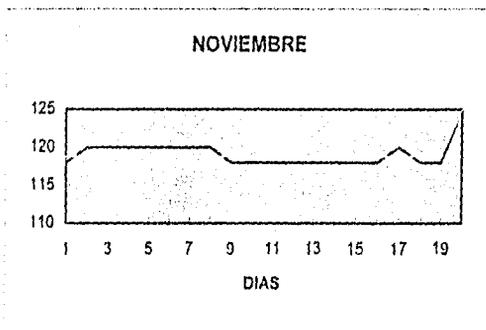


ANALIZADOR 443  
 FOTOMETRO DE FLAMA  
 CONTROL DE SODIO

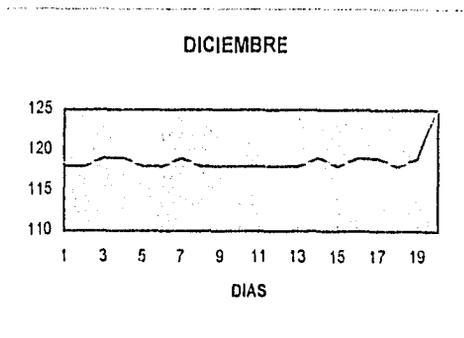
X	Y
119	118.89
118	118.89
119	118.89
119	118.89
119	118.89
119	118.89
118	118.89
119	118.89
119	118.89
119	118.89
120	118.89
119	118.89
120	118.89
118	118.89
120	118.89
118	118.89
118	118.89
119	118.89
119	118.89
125	125



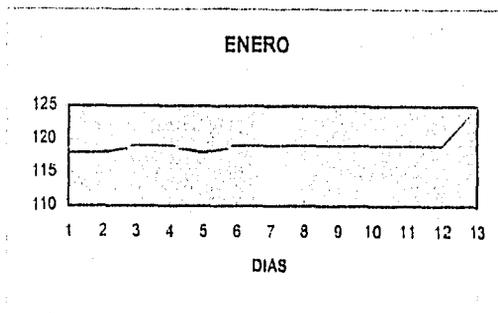
X	Y
118	118.84
120	118.84
120	118.84
120	118.84
120	118.84
120	118.84
120	118.84
120	118.84
120	118.84
118	118.84
118	118.84
118	118.84
118	118.84
118	118.84
118	118.84
118	118.84
118	118.84
120	118.84
118	118.84
118	118.84
125	125



X	Y
118	118.42
118	118.42
119	118.42
119	118.42
118	118.42
118	118.42
119	118.42
118	118.42
118	118.42
118	118.42
118	118.42
118	118.42
118	118.42
119	118.42
118	118.42
119	118.42
119	118.42
118	118.42
119	118.42
125	125

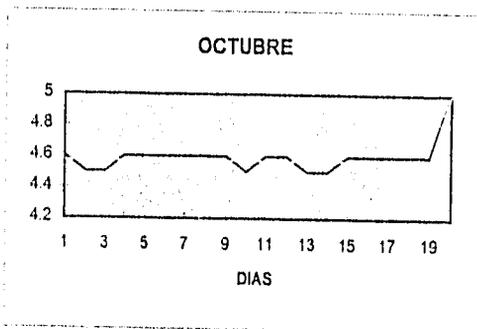


X	Y
118	118.75
118	118.75
119	118.75
119	118.75
118	118.75
119	118.75
119	118.75
119	118.75
119	118.75
119	118.75
119	118.75
119	118.75
119	118.75
119	118.75
119	118.75
125	125

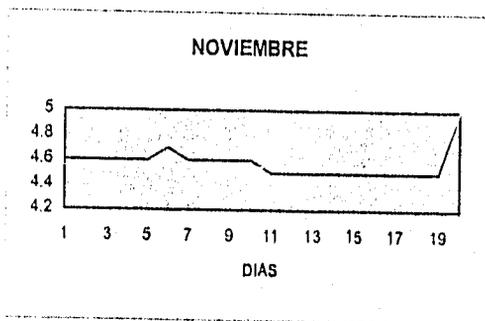


CONTROL DE POTASIO

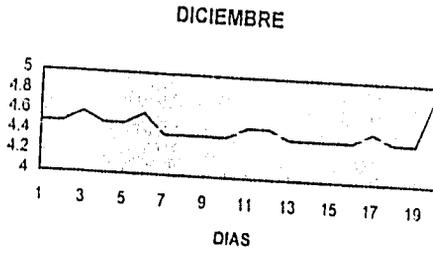
X	Y
4.6	4.57
4.5	4.57
4.5	4.57
4.6	4.57
4.6	4.57
4.6	4.57
4.6	4.57
4.6	4.57
4.6	4.57
4.5	4.57
4.6	4.57
4.6	4.57
4.5	4.57
4.5	4.57
4.6	4.57
4.6	4.57
4.6	4.57
4.6	4.57
5	5



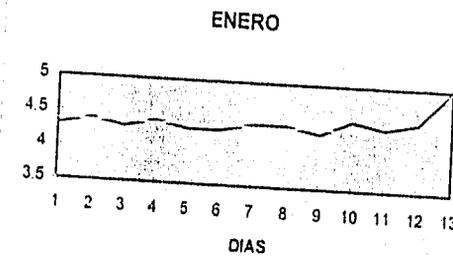
X	Y
4.6	4.55
4.6	4.55
4.6	4.55
4.6	4.55
4.6	4.55
4.7	4.55
4.6	4.55
4.6	4.55
4.6	4.55
4.6	4.55
4.6	4.55
4.5	4.55
4.5	4.55
4.5	4.55
4.5	4.55
4.5	4.55
4.5	4.55
4.5	4.55
4.5	4.55
4.5	4.55
4.5	4.55
5	5



X	Y
4.5	4.45
4.5	4.45
4.6	4.45
4.5	4.45
4.5	4.45
4.6	4.45
4.4	4.45
4.4	4.45
4.4	4.45
4.4	4.45
4.5	4.45
4.5	4.45
4.4	4.45
4.4	4.45
4.4	4.45
4.4	4.45
4.5	4.45
4.4	4.45
4.4	4.45
5	5



X	Y
4.3	4.37
4.4	4.37
4.3	4.37
4.4	4.37
4.3	4.37
4.3	4.37
4.4	4.37
4.4	4.37
4.4	4.37
4.3	4.37
4.5	4.37
4.4	4.37
4.5	4.37
5	5



## ANALISIS DE RESULTADOS.

Para facilitar el análisis de resultados es importante resaltar los siguientes puntos:

Se determinó la concentración de electrolitos séricos en el suero de un paciente por dos analizadores diferentes.

Para determinar la correlación existente entre ambos analizadores no se consideraron diversas variantes biológicas tales como edad, sexo, y diagnóstico.

Se determinó el valor medio del total de datos obtenidos por ambos analizadores, dando lugar a una tabla general en la cual se observó la lectura de la concentración de electrolitos séricos (sodio y potasio) proporcionada por los mismos. Al comparar las dos lecturas a simple vista se establece una diferencia relativamente muy pequeña entre ellas, pero ambas lecturas son aceptables como valores normales, pero hay que considerar que cuando un resultado difiere o no, de los valores de referencia, no necesariamente significa la presencia o ausencia de enfermedad, ya que todo resultado de laboratorio es influido por variaciones debidas a la fisiología o al procedimiento de análisis, además de que la gran variabilidad biológica hace que los valores de referencia sean muy amplios y dificulta la interpretación de los resultados.

Por otro lado, al realizar la correlación de ambos analizadores aplicando métodos estadísticos se observan resultados interesantes, ya que al determinar la comparación entre el valor medio teórico con el experimental ( estadístico Z ) para el ion sodio ( 0.45

para el potenciómetro y 2.75 para el fotómetro ), existe una diferencia significativa al 95 % de confianza para ambos analizadores; aún cuando el valor de Z para el potenciómetro es aceptable ( $\pm$ ) de acuerdo con el intervalo de Z ( -1.96, 1.96 ), pero es importante resaltar que cuando se realiza una determinación de electrolitos séricos, el analizador proporciona inmediatamente la concentración de los dos electrolitos estudiados.

Confirmando con lo anterior se tiene que en la comparación del estadístico Z para el ion potasio ( 2.0 para ambos equipos ) también hay una diferencia significativa al 95 % de confianza, es decir, existe una diferencia significativa entre el Fotómetro y Potenciómetro.

Los resultados obtenidos del estadístico Z para concretar la diferencia entre los analizadores en estudio (  $\text{Na}^+ = 9.69$ , y  $\text{K}^+ = 0$  ), nos indican que efectivamente se observa una marcada desigualdad, por lo tanto son diferentes al 5 % de significación.

Al realizar las determinaciones posiblemente se presentaron errores de tipo sistemático, los cuales aseguran que los procedimientos analíticos no darán resultados que concuerden exactamente en todas las muestras, ya que si se habla de la estabilidad de los equipos estudiados, se establece que estos presentan una precisión aceptable ya que el coeficiente de variación (CV) es menor de 10 %, es decir, la variabilidad es menor, por lo tanto hay una mayor precisión.

En nuestro estudio se compararon dos analizadores de electrolitos séricos que presentan diferente sistema interno de trabajo, uno de los cuales es un sistema automatizado, el cual puede presentar problemas de tipo sistemático, dichos errores afectan la exactitud, es decir, la proximidad al valor verdadero.

Al observar la tabla general de resultados se observa que algunas lecturas de ion potasio están desproporcionadas con respecto a las otras (5.3, 5.4) y en ambos analizadores la lectura es idéntica, esto es explicable debido a que en enfermedades de tipo renal (IRA,

IRC, Hemodialisis), la concentración de los electrolitos se incrementa, y los analizadores son sensibles a ello.

En la tabla de datos totales (considerando las variables biológicas: edad y diagnóstico) se observa que las enfermedades de tipo renal, y coronaria tienen una mayor incidencia en el sexo femenino que en el masculino.

El analizador 614 (Potenciómetro Directo de Ion Selectivo), presenta ciertas ventajas sobre el analizador 443 (fotómetro de flama), dado que proporciona resultados rápidos y razonables; no requiere la muestra de un pretratamiento para realizar la determinación; mide sangre completa en muestras muy pequeñas (aproximadamente 35 microlitros), lo cual representa una gran ventaja en casos pediátricos. El equipo analizador se puede instalar en varios lugares dentro de un hospital: en la unidad de cuidados intensivos, sala de operaciones (quirofanos), para monitorear constantemente al paciente durante la operación. La determinación de iones sodio y potasio son monitorizadas en su matriz fisiológica usual, lo que aproxima a una situación in vivo y representa una considerable significancia clínica.

Sin embargo el analizador es un equipo automatizado, y generalmente se presentan problemas especiales de estimación de error (errores sistemáticos). Por otro lado el analizador 443 (Fotómetro de Flama), presenta una gran ventaja sobre el analizador anterior, dado que es un equipo relativamente económico, aun cuando su sistema interno de operación y su instalación sean complejos ya que requiere de servicios especializados como por ejemplo. emplea gas propano.

## CONCLUSIONES

1.- Los electrolitos séricos juegan un papel importante en el desarrollo y funcionalidad de los seres vivos.

2.- Desde el punto de vista clínico, las lecturas proporcionadas por ambos analizadores son aceptables, hablando específicamente de valores de referencia.

3.- Al establecer la correlación entre los equipos analizadores de electrolitos séricos se determinó que existe una diferencia significativa entre ambos al 95 % de confianza, o bien son diferentes al 5 % de significación.

Existe una diferencia significativa entre el Potenciometro directo (electrodo de ion selectivo) y el Fotómetro de Flama.

4.- Los equipos analizadores de electrolitos séricos presentan una precisión confiable, lo que refleja que estos tengan una alta sensibilidad y estabilidad en las determinaciones.

5.- El analizador 614 (Potenciometro Directo : electrodo de ion selectivo), presenta ciertas ventajas considerables con respecto al analizador 443 (Fotometro de Flama): alta sensibilidad, selectividad, menor cantidad de muestra, analiza sangre completa y presenta una mayor rapidez de respuesta en determinaciones analíticas.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

6.- El costo de los analizadores es relativamente bajo considerando la gran utilidad que tienen en el laboratorio clínico, para determinaciones de muestras biológicas.

7.- En un laboratorio de análisis clínicos se recomienda utilizar indistintamente cualquiera de los dos equipos analizadores para la determinación de electrolitos séricos.

8.- La automatización ha llegado a ser un aspecto tan importante en la Química Analítica que la facilidad con la cual puede automatizarse una técnica concreta a menudo determina si se utiliza o no.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Ayres H. Gilbert. Análisis Químico Cuantitativo. Ed. Row Latinoamericana. México, D.F. (1983), pp: 260-261, 502-523.
- 2.- Beard-TC. Reference ranges for sodium and potassium. Medical Journal of Australia. (1991), vol. 154, pp:249.
- 3.- Bohinski C. Robert. Bioquímica. Ed. Fondo Educativo Interamericano, (1986).
- 4.- Castilla Serna Luis. Estadística simplificada para investigación en Ciencias de la salud. De Trillas, México, D:F: (1991).
- 5.- Conn. E. Eric. Bioquímica Fundamental. Ed. Limusa, 3ra. edición. México, D. F. (1982), pp:22-24.
- 6.- Douglas A. Skoog. Análisis Instrumental. Ed. Interamericana. 2a. edición. México, D.F. (1986), pp: 563-574.
- 7.- Dr. Krupp A. Marcus. Diagnóstico y Tratamiento. Ed. El Manual Moderno. México,D.F. (1986), pp:22-48.
- 8.- Gary D. Christian. Química Analítica. Ed. Limusa. 2da. edición México, D.F. (1981)
- 9.- Gólderger Emanuel. Síndrome del Equilibrio Electrolítico, agua y ácido base. De. Jims. Capítulos 7,8,9. Barcelona, España. (1974), pp:233-247, 259-270.
- 10.-Gordillo Paniagua Gustavo. Electrolitos en Pediatría. Fisiología y Clínica. De Interamericana. 4a. edición. México. D.F. (1986). pp:61, 92 y 99-118.
- 11.-Gunaratna-PC. Frozen Human Serum reference materials for standardization of sodium and potassium measurements in serum or plasma by ion-selective Electrode analyzers. Clinical Chemistry. (1992), vol. 38, iss 8, pp: 1459-1465.

- 12.- H.A. Flaschka. Química Analítica Cuantitativa. Ed. Continental. México, D.F. (1980), pp: 293, 302 -312.
- 13.- Harper A. Harold. Manual de Química Fisiológica. Ed. El Manual Moderno. 7a. edición. México, D.F. (1980). pp: 241, 630.
- 14.- J.C. Miller. J.N. Miller. Estadística para Química Analítica. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. 2a. edición., Estados Unidos (1988), pp: 35, 15, 87, 127, 128, 197, 203.
- 15.- Kulpamann-WR. Reference Methods for the determination of sodium, potassium, ph and blood-gases with ion selective electrodes.. European Journal of Clinical Chemistry and Clinica Biochemistry (1991). vol. 29, Iss 4, pp: 263-267.
- 16.- Lorraine C. Racusen. Structural correlates of renal electrolyte alterations in acute renal failure. Mineral Electrolytes Metab. (1991), vol. 17, pp: 72-88.
- 17.- Martin-AR. Dryer-Se. Potassium Channels Activated by Sodium. Quarterly Journal of Experimental Physiology and Cognate Medical Sciences. (1989), vol. 74, iss 7, pp: 1033-1041.
- 18.- Merrit Dean Willard. Métodos Instrumentales de Análisis. Ed. Continental. México, D.F. (1978). pp: 384-394.
- 19.- Olvera Francisco. Instituto Mexicano del Seguro Social. Manual de Procedimientos del Laboratorio Clínico. Ediciones Médicas de la Subdirección General Médica del IMSS. México, D.F. (1974). pp: 288-293.
- 20.- Park-SJ. Nam-CW. Serum Electrolytes after Renal- Transplantation. Kindey International. (1991). vol. 39, Iss 5. pp:1065
- 21.- Pecsok L. Robert. Métodos Modernos de Análisis Químico. Ed. Limusa. México, D.F. (1983), pp: 171-194.
- 22.-Pietrzyk J. Donald. Química Analítica. Ed. Interamericana. México, D.F. (1983). pp: 288-29

- 23.-Robert E. Cronin, Jeffrey R. Thompson. Role of Potassium in the Pathogenesis of acute renal failure. *Mineral Electrolyte Metab.* (1991).vol. 17, pp: 100-105.
- 24.-R.H.Loblay. *Transtornos Hidroelectrolíticos y Acidobásicos*. Ed. El Manual Moderno. México, D.F. (1980). pp: 18-25.
- 25.- R. Stroot. Violet. *Líquidos y Electrolitos*. Ed. Eunsa. España. (1977). pp: 59-79
- 26.- Schlebusch- H. Scheneider-C. Sodium and Potassium Concentrations in Capillary and Venous-Blood Samples as Measured by Ion-Selective Electrode. *Clinical Chemistry*. (1990). vol. 36, Iss 6, pp: 1066.
- 27.- Susan Ray, Beth Piraino, Tae Kae Chong. Acid Excretion and serum electrolyte patterns in patients with advanced chronic renal failure. *Mineral Electrolyte Met.* (1990), vol, 16, pp: 355-361.
- 28.- Suzanne K. Swan, William M. Bennett. Role of the Sodium ion in acute renal failure. *Mineral Electrolyte Metab.* (1991), Vol. 17, pp: 89-99.
- 29.- Vanpelt-J. Enzymatic Determinations of Sodium, Potassium and Chloride in Serum compared with Determinations by Flame Photometry, Coulometry, and Ion-Selective Electrodes. *Clinical Chemistry*. (1994). Vol 40, Iss 5, pp: 846-847.
- 30.- W. Wayne Daniel. *Bioestadística: Base para el análisis de las Ciencias de la Salud*. Ed. Limusa. México, D. F. (1980), pp: 243-288, 132-139.
- 31.- Whitworth A. J. Lawrence R. J. *Enfermedades Renales*. Ed. El Manual Moderno. México, D.F.(1990)., pp: 410-412.