

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE MEDICINA**

*“Comparación de la eficacia del esquema de hidratación según las recomendaciones de “The American College of Sports Medicine” 2007 vs esquema personal, para mantener parámetros de euhidratación, en deportistas que realizan actividad física regular, pertenecientes al Club de Natación Regatas, durante el periodo comprendido entre Noviembre de 2013 a Diciembre de 2013”*

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICO CIRUJANO.

AUTORES: CHIRIBOGA ESCUDERO MARTA LUCIA.

MIRANDA MALDONADO CÉSAR ANTONIO.

DR. OSCAR CONCHA ZAMBRANO

Director

Dr. ALBERTO NARVAEZ

Director metodológico

Quito, 6 de Mayo 2014

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**CARRERA MEDICINA**

*“Comparación de la eficacia del esquema de hidratación según las recomendaciones de la “American College of Sports Medicine” 2007 vs esquema personal, para mantener parámetros de euhidratación, en deportistas que realizan actividad física regular, pertenecientes al Club de Natación Regatas, durante el periodo comprendido entre Noviembre de 2013 a Diciembre de 2013”*

Marta Lucía Chiriboga Escudero

César Antonio Miranda Maldonado

2014

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por darnos vida, salud y oportunidades.*

*A nuestros padres, por su ejemplo de lucha y constancia; por todos los sacrificios realizados por nuestro bienestar; y, sobre todo, por creer en nosotros.*

*A nuestros maestros, por la generosidad en compartir sus conocimientos y su amor por la medicina.*

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

*ACSM*: America College of Sports Medicine

*CID*: Coagulación intravascular diseminada

*DS*: Desviación estándar

*FENA*: Federación Ecuatoriana de Natación

*mEq*: Miliequivalente

*mOsm*: Miliosmoles

*SNC*: Sistema nervioso central

*SPSS*: Statistical Product and Service Solutions

*USG*: Urinary Specific Gravity (Gravedad específica urinaria)

*KW*: Método estadístico Kruskal-Wallis

## INDICE DE CONTENIDO

GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	4
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	11
CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1. EL AGUA COMO NUTRIENTE ESENCIAL.....	16
Funciones del agua en el cuerpo humano .....	17
2.2. LOS LÍQUIDOS CORPORALES Y SUS COMPARTIMENTOS .....	19
Constituyentes de los líquidos intra y extracelulares.....	20
Volumen y Osmolaridad de los líquidos extracelular e intracelular en condiciones anormales.....	21
Funciones de los líquidos corporales en los diferentes compartimientos.....	22
Mantenimiento de los líquidos corporales: ingestas y pérdidas .....	23
Regulación de los intercambios de líquidos y del equilibrio osmótico entre los compartimientos.....	25
2.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ÓSMOSIS Y DE LA PRESIÓN OSMÓTICA .....	26
Mantenimiento del equilibrio osmótico entre los compartimientos .....	27
Factores reguladores de la presión osmótica .....	27
2.4 LÍQUIDOS ISOTÓNICOS, HIPOTÓNICOS E HIPERTÓNICOS .....	28
2.5 ALTERACIONES CLÍNICAS DE LA REGULACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS LÍQUIDOS: HIPONATREMIA E HIPERNATREMIA .....	30
Causas de Hiponatremia .....	30
Causas de Hipernatremia .....	31
2.6 EQUILIBRIO DEL AGUA DURANTE EL EJERCICIO.....	31
Mecanismos productores y facilitadores de la pérdida de calor .....	34
Respuesta sistémica y celular al estrés térmico .....	36
2.7 MEDICIÓN DE LOS ESTADOS DE DESHIDRATACIÓN .....	37
Métodos para medir estados de hidratación y deshidratación .....	38

2.8 MEDICIÓN DE ESTADOS DE DESHIDRATACIÓN EN LA PRÁCTICA CLÍNICA DEL DEPORTISTA.....	42
2.9 DESHIDRATACIÓN Y RENDIMIENTO DEPORTIVO .....	44
2.10 GOLPE DE CALOR .....	45
Patogénesis.....	45
Clasificación .....	46
Manifestaciones clínicas .....	47
CAPÍTULO 3. MÉTODO.....	52
3.1 PARTICIPANTES .....	52
Criterios de inclusión y exclusión .....	53
Consentimiento informado entregado a los participantes .....	56
3.2 DISEÑO .....	57
Cartilla entregada a cada persona del grupo experimental.....	59
Cartilla entregada a cada persona del grupo control .....	60
Determinación del entrenamiento.....	60
Recolección de medidas antropométricas .....	61
Ficha personal de recolección de información por los medidores .....	63
Instrumentos utilizados para las mediciones .....	64
Peso corporal y porcentaje de peso corporal .....	64
Gravedad específica urinaria .....	64
Temperatura corporal.....	65
Temperatura de agua.....	65
Grasa corporal total.....	65
Temperatura y humedad ambiental.....	68
3.3 ANALISIS ESTADISTICO .....	68
CAPITULO 4. RESULTADOS .....	70
4.1. ANALISIS PRE-EVALUACION .....	70
Evaluación pre intervención de características demográficas y clínicas .....	70
Conocimientos sobre métodos de hidratación .....	71

4.2 ANALISIS DURANTE LA INTERVENCION.....	73
Evaluación de condiciones climáticas .....	73
4.3. ANALISIS POSTINTERVENCION .....	74
Del balance de líquidos y temperatura corporal .....	74
No hubo cambios significativos en la temperatura corporal antes ( .....	75
Nivel de Deshidratación.....	76
CAPITULO 5. DISCUSION.....	81
CAPITULO 6. CONCLUSIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA .....	86

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Sustancias osmolares en líquido intracelular y extracelular .....	21
Tabla 2. Ingresos y pérdidas diarias de agua (ml/día).....	25
Tabla 3. Biomarcadores de estatus de deshidratación.....	43
Tabla 4. Porcentaje de masa grasa en adultos masculino y femenino por edades. ....	67
Tabla 5. Variables para el análisis bivariado y medidas estándar utilizadas en el estudio .	69
Tabla 6. Evaluación pre intervención de características demográficas y clínicas .....	71
Tabla 7. Distribución de pacientes según información recibida sobre hidratación antes de realizado el estudio.....	72
Tabla 8. Distribución de pacientes según el tipo de información que recibieron antes del estudio. ....	73
Tabla 9. Distribución de pacientes según parámetros ambientales.....	74

Tabla 10. Distribución de pacientes según cantidad de líquido ingerido (ml), 4 horas antes y durante la actividad física. ....	75
Tabla 11. Distribución de pacientes según la temperatura corporal antes y después de la actividad física. ....	76
Tabla 12. Pérdida de peso después de la realización de la actividad física. ....	77
Tabla 13. Diferencias de distribución de pacientes según el valor de gravedad específica medido antes y después del entrenamiento. ....	78
Tabla 14. Diferencias de distribución y su estado de hidratación medida mediante la gravedad específica antes y después del entrenamiento. ....	79
Tabla 15. Distribución de pacientes hidratados según medidas de gravedad específica urinaria, y la adherencia al cumplimiento de la cantidad de líquido consumido. ....	80

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue verificar la eficacia de las recomendaciones de hidratación propuestas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte para mantener niveles de euhidratación en comparación con esquemas personales individuales utilizados diariamente por nadadores en un día de actividad física. Los indicadores para medir los niveles de euhidratación fueron los cambios en el peso corporal ( $<2\%$ ) y la gravedad específica urinaria ( $<1.020 \text{ g/ml}^{-1}$ ).

Se realizó un ensayo clínico cuasi aleatorizado; participaron 125 nadadores de edades entre los 14 y 40 años, (hombres= 69, mujeres =56), Grupo Control (h=33, m=27), Grupo Experimental (h=36, m=29). Al grupo experimental se le entregaron indicaciones de la cantidad de líquido que debían ingerir 4 horas antes de iniciar la actividad física (7-10 ml/kg); y, también, durante la misma (500-700 ml/h). El grupo control realizó su hidratación según su esquema personal.

Los cambios de las variables de peso y gravedad específica urinaria (medida mediante refractometría óptica digital), fueron mensurados antes y después de la realización de un entrenamiento aeróbico, con una duración promedio de 1h 12 min  $\pm$  2 min. Se realizó la medición de la cantidad de líquido consumido 4 horas antes y durante el entrenamiento.

Se verificó que los participantes del grupo experimental perdieron menos peso que el grupo de control (experimental:  $0.52 \pm 0.26$ ; control:  $0.72 \pm 0.33$ ; p 0.0003); no obstante, la pérdida porcentual de peso para considerar deshidratación ( $>2\%$ ) no fue estadísticamente significativa (experimental:  $0.90 \pm 0.50$ ; control:  $1.12 \pm 0.54$ ; p: 0.020). Los valores de la gravedad específica urinaria mostraron que los participantes del grupo experimental iniciaron la actividad física mejor hidratados (experimental: 72,31%; control: 36,67%; RR 1.972, p 0.001,  $\chi^2$  16.025) y mantuvieron niveles de hidratación después de la activa (experimental: 66,15%; control: 43.33%; RR 1.527; p 0.00;  $\chi^2$  6.70).

Las recomendaciones realizadas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte, que se aplicaron en este estudio, fueron eficaces en mantener parámetros clínicos y de laboratorio normales de hidratación, por lo cual se recomienda una mayor difusión de este y otros métodos de hidratación en deportistas y entrenadores, por las positivas repercusiones demostradas.

Palabras Clave: Hidratación, Deshidratación, Gravedad Específica Urinaria (USG), nadadores.

## ABSTRACT

The aim of this study was to compare the effectiveness of hydration recommendations proposed by the American College of Sports Medicine in due to maintain hydration status levels, compared with individual personal schemes used daily by swimmers in a day of physical activity. Indicators to measure levels of euhydration were changes in body weight (<2 %) and urinary specific gravity (< 1.020 g/ml<sup>-1</sup>).

The design was a quasi-randomized clinical trial, involving 125 swimmers between the ages of 14 and 40 years (male = 69, female = 56), Control group (h = 33, m = 27), experimental group (h = 36, m = 29). The experimental group was given indications of the amount of liquid needed to drink 4 hours before starting physical activity (7-10 ml / kg) and, during physical activity (500-700 ml / h). The control group used personal scheme.

The changes of the weight variables weight and urine specific gravity (measured by optical refractometer) were measured before and after performing an aerobic workout, with average duration join 1h 12 min + / - 2 min in both groups. Measuring the amount of fluid consumed was performed 4 hours before and during training.

Participants in the experimental group lost less weight than the control group (experimental :  $0.52 \pm 0.26$ , control :  $0.72 \pm 0.33$ , P 0.0003), however, the percentage weight loss to consider dehydration (> 2%) was not statistically significant (experimental :  $0.90 \pm 0.50$ , control :  $1.12 \pm 0.54$ , p = 0.020). Values for urine specific gravity showed that experimental group initiated better physical activity (experimental : 72.31 %, control : 36.67 %, RR 1.972, p 0.001, 16.025 x2) and maintained after training better hydration levels (experimental : 66.15 %, control : 43.33 %, RR 1.527, P 0.00; x2 6.70)

The recommendations made by the American College of Sports Medicine, which were applied in this study were effective in maintaining normal clinical and laboratory parameters of hydration, thus further distribution of this and other methods of hydration in athletes is recommended and coaches, demonstrated by the positive impact.

Key Words: hydration, dehydration, urine specific gravity, swimming.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El propósito de este estudio fue comparar la eficacia de un esquema de hidratación en relación a otro distinto. El primer esquema viene dado por las sugerencias publicadas por “The American College of Sports Medicine” (ACMS) en el año 2007, bajo el título: “Exercise and Fluid Replacement”. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007); y, el segundo, es el que utilizan usualmente un grupo de nadadores en sus entrenamientos habituales.

La importancia de la hidratación antes, durante y después del ejercicio ha sido analizada ampliamente, considerando el beneficio que ésta representa en el rendimiento de los deportistas; y a la vez, la importancia que tiene para evitar las complicaciones derivadas del desbalance hídrico, las cuales han sido asociadas como factores de riesgo para muerte por golpe de calor en la actividad física exhaustiva. (Bouchama & Knochel, Heat Stroke, 2002)

Las personas que realizan algún tipo de actividad física producen un aumento en su tasa metabólica, generado por el movimiento y la acción muscular, lo que lleva a un aumento de la temperatura corporal. Para mantener un estado de homeostasia, el cuerpo debe disminuir dicha temperatura por lo que ocurre una vasodilatación periférica y un aumento de la sudoración. Esta pérdida de agua a través de la evaporación del sudor es la vía principal para enfriar el cuerpo, ya que por este mecanismo se puede perder aproximadamente un 20% del calor corporal (Guyton, 2000). La pérdida de agua y electrolitos junto con otros varios factores, como la temperatura y humedad ambiental, la

intensidad y duración del ejercicio, la grasa corporal del atleta y su adaptabilidad al ejercicio; determinan que la persona pueda llegar a deshidratarse (Gagge & González , 1996)

Si no existe un reemplazo adecuado del líquido perdido la persona se deshidratará, con una probable reducción en el rendimiento deportivo (Handcock & Vasmatzidis, 2003) (Szinnai, Schachinger, & Arnaud, 2005), y a la vez afectará la salud de la persona, produciendo un cuadro clínico de golpe de calor que puede llevar a un fallo multiorgánico e incluso a la muerte. (Pineiro & Martínez , 2004).

El tipo de deshidratación que comúnmente ocurre en los deportistas es del tipo hipovolémica hiperosmótica, dado que el sudor es hipotónico en relación con el plasma.

El agua es el principal constituyente del ser humano, además es el principal componente de células, tejidos y órganos, por lo cual es indispensable para la vida. (Lang & Waldegger, 1997)

El agua tiene cumple varias funciones dentro del organismo. Entre las principales, es un material de construcción, ya que forma parte de la estructura y forma de células, tejidos y órganos; es un excelente solvente para compuestos iónicos y para solutos como la glucosa y aminoácidos; es un macronutriente porque está involucrada en todas las reacciones hidrolíticas de macronutrientes (proteínas, carbohidratos y grasas); es un transportador que ayuda a mantener la homeostasia celular porque transporta nutrientes a las células, y lleva los productos de desecho eliminados por las mismas. (Haussinger, 1996) además que permite el intercambio entre células, intersticio y capilares; y, es un

termorregulador ya que el agua actúa como un mecanismo para evitar cambios de temperatura corporal sobre todo en ambientes cálidos pues tiene la capacidad de evaporar el calor, produciendo una disminución de la temperatura incluso si la temperatura ambiental es mayor que la del cuerpo. (Montain & Lutzka, 1999).

El agua cumple un papel importante en el mantenimiento de la homeostasia del cuerpo, si la persona pierde un exceso de agua durante la actividad física, los mecanismos de regulación de la temperatura serán cada vez menos eficaces. Este es el motivo por el cual es relevante la correcta hidratación del deportista, no solo durante la actividad física y después, como suele ocurrir, sino también horas antes de iniciar las prácticas.

Varios estudios clínicos han demostrado que el porcentaje de deportistas que inician su actividad física deshidratados va entre el 50 y el 82 %. ( Higham & Naughton, 2009), (Osterberg, Horswill, & Baker, 2009), lo cual se determinó mediante la medición de cambios en el peso corporal y gravedad específica urinaria. La causa de la deshidratación fue la ingesta insuficiente de líquidos antes y durante la actividad física.

Por lo dicho anteriormente, es especialmente importante promover la hidratación previa debido a que, si durante el ejercicio se produjere una pérdida importante de líquidos, los mecanismos compensatorios de la pérdida regularán la homeostasia del cuerpo y se evitará la deshidratación. Caso contrario estarían agotados y no actuarían. (Szinnai, Schachinger, & Arnaud, 2005)

En cuanto a tiempos y cantidades, el Colegio Americano de Medicina del Deporte en el 2007 sugiere lo siguiente:

Antes de iniciar la actividad, con 4 horas de anticipación con 5-7 ml/kg y, 2 horas después, no hubiese producción de orina o la misma tuviese una coloración oscura, se debería realizar otra carga en un aproximado de 3-5 ml/kg, de forma lenta hasta iniciar la actividad.

Durante la práctica, la cantidad es de 500- 700 ml/kg, o lo suficiente para evitar pérdidas superiores al 2% del peso corporal total. Esto dependerá de factores propios de la persona como el nivel de sudoración, la adaptabilidad al ejercicio, la cantidad de grasa, entre otros. Y, también de factores externos como el tipo de ejercicio e intensidad del mismo, temperatura y humedad ambiental y exposición a la radiación solar, etc.

Después de la actividad física, se recomienda una dieta que contenga líquidos a libre demanda pues esta debería ser suficiente para volver a un estado de euhidratación. No obstante, se aconseja la ingesta de 1.5 lt de agua por cada kilogramo de peso perdido durante la actividad física repondrá las pérdidas que hubieron. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007)

Existen varias técnicas para determinar el estado de hidratación en una persona, como la variación del peso corporal, los índices urinarios, los valores sanguíneos, la medición de marcadores con isotopos, y, la impedancia bioeléctrica, entre otros.

Las vías más eficaces y prácticas en la clínica para determinar el estado de hidratación son el cambio de peso corporal y la medición de índices urinarios. Respecto a esta última, la medición de la gravedad específica urinaria (*USG*) medida por refractometría. (Dolan & Eberman, 2009).

Para la ejecución de esta tesis, se realizó un estudio clínico controlado cuasi - aleatorizado, con un total de 125 nadadores del club Natación Regatas, ubicado en Gral. Vicente Anda Aguirre Oe6-27 y Machala en la ciudad de Quito- Ecuador, es un club especializado formativo federado a la Federación de Natación de Pichicha y Federación de natación del Ecuador (FENA). La edad de los participantes oscila entre los 14 y 40 años. Este grupo se dividió de acuerdo a horarios de entrenamiento en un grupo experimental y uno de control. Todos los deportistas realizaron una actividad física única con intervalos de tiempos iguales acordada previamente con los participantes y entrenadores del club.

Como se indicó, el objetivo que perseguimos fue evaluar la eficacia de un esquema personalizado versus el de la ACSM. Dicha eficacia fue determinada mediante cambios en el peso corporal y valores de gravedad específica urinaria pues ambos son marcadores clínicos aceptados por su precisión en determinar estados de deshidratación. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007)

## **CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### ***2.1. EL AGUA COMO NUTRIENTE ESENCIAL***

El agua es el principal constituyente de un ser humano, además es el principal componente de células, tejidos y órganos, siendo indispensable para la vida. (Lang & Waldegger, 1997)

La cantidad de agua depende de una serie de factores, entre ellos la edad. En sujetos adultos jóvenes esta representa aproximadamente hasta las dos terceras partes del peso corporal; así, por ejemplo en una persona de 70 kilos de peso, el agua corporal total es de alrededor de 40 litros. En el recién nacido, el agua representa un 75% de su peso, pero existe una marcada tendencia a la reducción de ese porcentaje con la edad, particularmente durante los diez primeros años de vida.

Otro factor que incide es en el volumen de agua es la cantidad de tejido adiposo pues este tiene más bajo contenido en agua; por ello, el volumen total de agua corporal es inversamente proporcional al grado de obesidad. De hecho, en los sujetos obesos, el porcentaje de agua puede llegar a ser de tan sólo el 45% de su peso. (Vitoria, 2010)

El sexo también debe considerarse por cuanto suele presentarse mayor tejido adiposo en las mujeres. (Guyton, 2000)

### ***Funciones del agua en el cuerpo humano***

El agua cumple varios cometidos tanto en la estructura como en la función y regulación de los mecanismo celulares. Entre ellos, se puntualizan los siguientes:

- **Material de construcción:** El agua es parte indispensable en la estructura y forma de células, tejidos y órganos. Por esta razón en las edades de crecimiento el porcentaje de agua corporal es mayor porque existe mayor demanda y, disminuye con la edad.
- **Solvente:** El agua es un excelente solvente para compuestos iónicos y para solutos como la glucosa y aminoácidos. Actúa debilitando fuerzas electrostáticas y uniones de hidrógeno, lo que produce un mayor movimiento libre de partículas. (Haussinger, 1996)
- **Macronutriente:** El agua está involucrada en todas las reacciones hidrolíticas de otros macronutrientes (proteínas, carbohidratos grasas) y es esencial para el metabolismo de estas. El agua también se produce como consecuencia del metabolismo oxidativo de sustratos de hidrógeno en el cuerpo. Teóricamente se produce por 1 gramo de glucosa, ácido palmítico y proteína/albumina, 0.6, 1.12 y 0.37 ml de agua, respectivamente. (Jéquier & Constant, 2012).
- **Transportador:** Ayuda a mantener la homeostasia celular porque transporta nutrientes a las células, y lleva los productos de desecho eliminadas por las mismas. (Haussinger, 1996). En sí, el agua es el medio donde todos los sistemas de transporte e intercambio funcionan, permitiendo el intercambio entre células, intersticio y capilares. El agua es indispensable para mantener el volumen

vascular, necesario para el adecuado suministro de sangre a todos los órganos. El aparato cardiovascular, el pulmonar, el cerebro, los riñones, el hígado, etc. dependen de recibir mediante la circulación sanguínea todos los nutrientes necesarios. El proceso de deshidratación severa impide el funcionamiento adecuado de estos sistemas y puede ser un condicionante para la vida. (Szinnai et al., 2005)

- Termorregulador: El agua actúa como un mecanismo para evitar cambios de temperatura corporal, especialmente en ambientes cálidos ya que tiene la capacidad de evaporar el calor, produciendo una disminución de la temperatura incluso si la temperatura ambiental es mayor que la del cuerpo. (Montain & Latzka, 1999)
- Lubricante: Al combinarse el agua con moléculas viscosas forma fluidos lubricantes. La saliva, los jugos gástricos e intestinales en el aparato digestivo, el moco de las vías aéreas respiratorias y el moco del sistema genitourinario son ejemplos de estos fluidos,
- Amortiguador: Al mantener la forma de las células durante actividades que producen una fuerza sobre nuestro cuerpo como caminar o correr, por ejemplo. Esta función de amortiguar es importante en el cerebro y la médula espinal. (Jéquier & Constant, 2012)

## **2.2. LOS LÍQUIDOS CORPORALES Y SUS COMPARTIMENTOS**

Los líquidos corporales están distribuidos en 2 grandes compartimentos. El líquido intracelular y el líquido extracelular. El líquido extracelular se divide a su vez en plasma sanguíneo y líquido intersticial. Hay un pequeño compartimento de líquido que se conoce como líquido transcelular y que comprende a los líquidos del espacio sinovial peritoneal, pericárdico e intraocular, así como el líquido cefalorraquídeo. Todos los líquidos transcelulares suman aproximadamente de 1 a 2 litros. (Guyton, 2000)

*Compartimento de líquido intracelular:* Alrededor de 28 de los 42 litros de líquido corporal, se encuentra dentro de las células, así pues el líquido intracelular constituye aproximadamente el 40% del peso corporal total.

*Compartimento de líquido extracelular:* Todos los líquidos situados fuera de la célula se conocen como líquido extracelular. Estos líquidos son aproximadamente el 20% del peso corporal, es decir aproximadamente 14 litros.

El líquido intersticial se supone son  $\frac{3}{4}$  partes del líquido extracelular, y el plasma corresponde a  $\frac{1}{4}$  del líquido extracelular es decir 3 litros aproximadamente.

**Volumen sanguíneo:** La sangre contiene líquido extra e intracelular, sin embargo, a la sangre se la considera como un compartimento líquido separado, porque se encuentra alojado en su propia cámara, el aparato circulatorio. El volumen sanguíneo de una persona normal, es en promedio el 7% del peso corporal, es decir 5 litros

aproximadamente. En término medio el 60% de la sangre es plasma y el 40% son hematíes. (Guyton, 2000)

### ***Constituyentes de los líquidos intra y extracelulares***

La constitución de los líquidos corporales, varía dependiendo de la cantidad y tipo de solutos de los que se encuentra formados.

El líquido extracelular difiere en la composición entre el plasma y el líquido intersticial en la existencia de una mayor cantidad de proteínas en el plasma. Este líquido contiene grandes cantidades de iones sodio y cloruro, cantidades bastante elevadas de ion bicarbonato, pequeñas cantidades de iones potasio, calcio, magnesio, fosfato y ácidos orgánicos. (Sanclemente, 2004)

El líquido intracelular contiene pequeñas cantidades de sodio y cloruro, y casi nada de calcio. En cambio, tiene grandes cantidades de potasio y fosfato, y moderadas cantidad de magnesio y sulfato, y contiene 4 veces más proteínas que el plasma. (Sanclemente, 2004).

**Tabla 1. Sustancias osmolares en líquido intracelular y extracelular**

<b>Componentes</b>	<b>Plasma (mosm/l H<sub>2</sub>O)</b>	<b>Intersticial (mosm/l H<sub>2</sub>O)</b>	<b>Intracelular (mosm/l H<sub>2</sub>O)</b>
Na+	142	139	14
K+	4.2	4.0	140
Ca+	1.3	1.2	0
Mg+	0.8	0.7	20
Cl-	108	108	4
HCO <sub>3</sub> -	24	28.3	10
HPO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2	2	11
SO <sub>4</sub> -	0.5	0.5	1
Fosfocreatina	0	0	45
Carnosina	0	0	0
Aminoácidos	2	2	8
Creatina	0.2	0.2	9
Lactato	1.2	1.2	1.5
Adenosina	0	0	5
Glucosa	5.6	5.6	0
Proteínas	1.2	0.2	4
Urea	4	4	4
Total	301.8	300.8	301.2
Osmolaridad Corregida	282	281	281
Presión osmótica total	5443	5423	5423

Fuente: Fisiología médica de Guyton décima edición (Guyton, 2000)

***Volumen y Osmolaridad de los líquidos extracelular e intracelular en condiciones anormales***

Hay diferentes factores que hacen que los volúmenes de líquido intra y extracelular se modifiquen, entre ellos están: ingesta de agua, deshidratación, administración endovenosa de diferentes soluciones, pérdida de grandes cantidades de líquido por el tracto gastrointestinal, y pérdida de cantidades anormales de líquido por el sudor o por los riñones.

Para tener en cuenta la cantidad de cambio de volumen de líquido tanto intra como extracelular, y el tratamiento que se debería seguir, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- 1.- El agua se desplaza rápidamente a través de la membrana celular
- 2.- La membrana celular es casi totalmente impermeable a muchos solutos, por lo tanto, la osmolaridad del líquido extra o intracelular se puede mantener estable a menos de que se pierda solutos o se añadan solutos al compartimento extracelular.

### ***Funciones de los líquidos corporales en los diferentes compartimentos***

La organización celular obliga a la existencia de diferentes espacios con individualidad química, anatómica y funcional. Entre ellos están:

- El líquido o *compartimento intracelular*, es aquel en el que tienen lugar los fenómenos vitales celulares mismos que son la base de formación de sustancias para el mantenimiento de la homeostasia interna.
- El líquido o *compartimento extracelular*, que representa el 45% del total. El líquido del tejido sanguíneo está en intercambio continuo con el intersticial e intracelular a través de las paredes capilares. Ésta es una de las funciones más importantes de la sangre, pues contribuye de forma decisiva al mantenimiento de la constancia del medio interno, tanto en situaciones basales como de actividad física. (Meritxell, 2007)

La importancia de las respuestas y adaptaciones hematológicas al ejercicio es consecuencia de la propia importancia que tiene la sangre para el organismo, pues se

trata de un tejido líquido, concretamente de una suspensión de células en un espacio intercelular líquido o plasma sanguíneo, que tiene a su cargo el transporte de materias entre las diferentes células o tejidos del organismo a través del sistema cardiocirculatorio. (Vitoria, 2010)

### ***Mantenimiento de los líquidos corporales: ingestas y pérdidas***

El mantenimiento de un volumen relativamente constante y de una composición estable de los líquidos corporales es esencial para la homeostasis; es decir, el mantenimiento de la composición del ambiente interno, que incluye el mantenimiento de un pH y concentración de electrolitos adecuados. (Rodwell, 2000)

La constancia relativa de los líquidos corporales se da por el continuo intercambio tanto de líquidos y de solutos con el medio externo; como también, entre los distintos compartimentos del cuerpo.

El agua que ingresa del organismo lo hace de dos formas, principales. La primera, mediante la ingesta de líquidos propiamente dichos que suponen 2100 ml al día; la segunda, que es la que se forma a partir de la oxidación de los hidratos de carbono y que suman un aproximado de 200 ml al día. Sumadas las anteriores, se obtiene un total de 2300 ml al día aproximadamente. (Guyton, 2000)

La ingestión de agua varía mucho de una persona a otra, y también en la misma persona varía en el curso de los días dependiendo del clima, las costumbres y el grado de ejercicio físico que realiza. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007).

El agua también se pierde del cuerpo por la acción de diferentes mecanismos. Entre ellos se citan los siguientes:

- Pérdida insensible de agua que recibe esta denominación debido a que el individuo no es consciente de ella. A este tipo de pérdida corresponde la evaporación en el aparato respiratorio y la que se realiza por difusión a través de la piel. Una y otra, en su conjunto, representan 700 ml día.

La pérdida insensible a través de la piel es minimizada por la capa cornea que se encuentra cargada de colesterol y actúa como una barrera, por lo que en los pacientes con quemaduras extensas la evaporación aumenta hasta 10 veces. La pérdida insensible a través del aparato respiratorio corresponde a una media de unos 300 ml día en temperaturas donde la presión en las vías respiratorias es de 47 mmHg aproximadamente. Si la temperatura disminuye provocando que la presión de vapor se reduzca hasta 0, mayor será la pérdida de líquido a través de esta vía. (Guyton, 2000)

- Pérdida de líquido por el sudor. Esta es muy variable y depende del ejercicio físico y de la temperatura ambiente. El volumen de sudor es de aproximadamente 100 ml día, pero en un clima muy cálido o con ejercicio intenso, la pérdida de agua por el sudor se eleva hasta 1 o 2 litros por hora. Si es que no existiese el mecanismo de la sed se agotaría los líquidos corporales. (Guyton, 2000)
- Pérdida de agua por las heces. Normalmente se pierden agua por las heces en pequeñas cantidades, aproximadamente 100 ml día; sin embargo puede aumentar varios litros en personas con diarrea intensa.

- Pérdida de agua por los riñones que es el más importante en la regulación de agua y electrolitos. El riñón excreta aproximadamente 1400 ml día, sin embargo hay varios mecanismos que regulan la cuantía de la excreción urinaria. (Guyton, 2000)

**Tabla 2. Ingresos y pérdidas diarias de agua (ml/día) (Guyton, 2000)**

Ingresos/Pérdidas	Normal (ml/día)	Ejercicio intenso y prolongado
<b>Ingresos</b>		
Líquidos ingeridos	2100	
Del metabolismo	200	200
Ingresos totales	2300	¿
<b>Pérdidas</b>		
Insensibles (Piel)	350	350
Insensibles(Pulmones)	350	650
Sudor	100	5000
Heces	100	100
Orina	1400	500
<b>Pérdidas Totales</b>	<b>2300</b>	<b>6600</b>

Fuente: Fisiología médica de Guyton décima edición (Guyton, 2000)

### ***Regulación de los intercambios de líquidos y del equilibrio osmótico entre los compartimentos***

La cantidad de líquido distribuido entre el plasma y el líquido intersticial está determinada principalmente por el equilibrio de las fuerzas hidrostáticas y coleidosmóticas que actúan a través de la membrana de los capilares. Por otro lado la distribución de los líquidos entre los compartimentos intra y extracelular, está determinada por la acción osmótica de solutos más pequeños (sodio, cloro y otros electrolitos). La razón estriba en que las membranas celulares son permeables al agua

pero impermeables al sodio y al cloruro, por lo que el líquido intracelular de mantiene isotónico en relación al líquido extracelular. (Guyton, 2000)

### ***2.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ÓSMOSIS Y DE LA PRESIÓN OSMÓTICA***

La ósmosis se define como el flujo del agua a través de una membrana semipermeable selectiva, desde una zona de gran concentración de agua a otra con menor concentración.

La presión osmótica, por su parte, es la magnitud exacta de presión que se necesita para impedir la osmosis en los diferentes compartimentos. Es una medida indirecta de la presión de agua y solutos de una solución; a mayor presión osmótica menor es la concentración de agua, pero mayor la concentración de solutos.

Las membranas semipermeables se definen como aquellas permeables al paso del agua, pero impermeable a los solutos. Las membranas plasmáticas y las membranas celulares son de tipo impermeable. (Levy, 2006). Cuando se añade un soluto al agua pura, disminuye la concentración de agua de la mezcla. Cuanto mayor es la concentración de solutos en una solución, menor es la concentración de agua. El agua difunde desde una zona con baja concentración de solutos a otra con concentración elevada.

Como la membrana celular es bastante impermeable a la mayoría de los solutos, pero es muy permeable al agua, siempre que haya una concentración de solutos más alta a un lado de la membrana celular, el agua difunde a través de la membrana, pasando hacia la zona con mayor concentración de solutos. La velocidad de difusión del agua se denomina velocidad de la osmosis.

### ***Mantenimiento del equilibrio osmótico entre los compartimentos***

A través de la membrana celular se pueden desarrollar grandes presiones osmóticas, aunque las variaciones en las concentraciones de solutos en el líquido extracelular son relativamente pequeñas. Por cada miliosmol (*mOsm*) de un soluto no difusible se ejerce una presión osmótica de 19.3 mm/Hg sobre la membrana celular, lo que produce una gran fuerza que puede actuar para que el agua atraviese la membrana celular cuando los líquidos intra y extracelulares no están en equilibrio osmótico. Como resultado de estas fuerzas, bastan cambios relativamente pequeños en la concentración de solutos no difusibles en el líquido extracelular, para producir cambios enormes en el volumen de las células.

### ***Factores reguladores de la presión osmótica***

En el ser humano, la presión osmótica del agua extracelular y de las células es de 310 mOsm/l. La presión osmótica del agua extracelular se da por sales monovalentes que se disocian en dos iones cada una. El sodio tiene una importancia muy grande en la osmolaridad, este es el ion osmóticamente más importante. La constancia en el contenido y concentración de sodio orgánico/agua, puede interpretarse como una consecuencia de la interacción de:

- Centro de la sed
- Neurohipófisis (Hormona antidiurética)
- Mayor producción de aldosterona con su consecuente reabsorción de sodio a nivel tubular

- Mayor producción de hormona antidiurética. Al estimularse el centro de la sed que determinará la necesidad de un mayor ingreso líquido debido a la hipertonicidad relativa de los líquidos extracelulares en relación a los intracelulares, por una mayor concentración de sodio. Esta hipertonicidad relativa con desarrollo de mayor presión osmótica estimula a la neurohipófisis que produce hormona antidiurética y reduce la eliminación de agua
- El riñón es el más importante órgano para la regulación de la excreción de sodio en relación con la acción de las glándulas suprarrenales: a) la corteza suprarrenal regula la excreción de sodio a través de la liberación de aldosterona la cual, causa una mayor reabsorción de sodio en los túbulos, cambios volumétricos de los líquidos, concentración de sodio potasio y secreción de Adenocorticotropina (ACTH). b) Esta función suprarrenal está influida por mecanismos como la liberación de renina en respuesta a la disminución de la presión o del contenido de sodio, la conversión de la angiotensina I en angiotensina II que estimula secreción de aldosterona. (Perez, 1986)

## ***2.4 LÍQUIDOS ISOTÓNICOS, HIPOTÓNICOS E HIPERTÓNICOS***

Los efectos de las distintas concentraciones de los solutos no difusibles del líquido extracelular, determinan el volumen del líquido intracelular. Una solución isotónica es aquella que posee la misma cantidad de agua y agua que el plasma. La cantidad de solutos no producirá salida de agua de dentro de la célula, por lo que esta mantendrá su

mismo tamaño. Ejemplo de soluciones isotónicas, son el cloruro de sodio al 0.9% y la dextrosa en agua al 5%. (Rao, 2007)

Una solución hipotónica es aquella que contiene una solución de solutos no difusibles menores a 282 mOsm/l lo que hará que el agua entre dentro de la célula. Ejemplo de estas son, por ejemplo, cualquier solución de cloruro sódico menor a 0.9%

Una solución hipertónica, es aquella que tiene una concentración alta de solutos no difusible mayor a 282 mOsm/l, lo que hará que el agua salga de la célula. Ejemplo de estas son, por ejemplo, cualquier solución de cloruro sódico mayor a 0.9%. (Guyton, 2000)

El paso de líquido a través de la membrana celular, se produce tan rápidamente que cualquier diferencia de osmolaridad entre dos compartimentos, se corrige en segundos. Aunque existe el desplazamiento rápido del agua a través de la membrana celular no significa que se consiga un equilibrio completo, ya que los líquidos llegan al cuerpo a través del intestino y deben transportarse a todos los tejidos por la sangre, antes de que pueda producirse el equilibrio osmótico completo; suelen transcurrir unos treinta minutos antes de que se obtenga el equilibrio osmótico, después de tomar agua. (Guyton, 2000)

## ***2.5 ALTERACIONES CLÍNICAS DE LA REGULACIÓN DEL VOLUMEN DE LOS LÍQUIDOS: HIPONATREMIA E HIPERNATREMIA***

La primera determinación que se puede obtener para determinar el grado de hidratación de un paciente es la concentración de sodio en el plasma, ya que es un indicador bastante fiel de la osmolaridad plasmática en algunas situaciones. La medición del electrolito determina que valores menores de 135 miliequivalente (mEq) se considere como hiponatremia y que valores superiores a 145 mEq hipernatremia.

### ***Causas de Hiponatremia***

Por definición significa un valor inferior a 135 mEq. Pero no siempre esta corresponde a un valor bajo. La verdadera hiponatremia es la hipotónica, condición en la que los fluidos del cuerpo están totalmente diluidos. (Guzmán, 2004).

La hiponatremia se puede deber a la pérdida de cloruro sódico de líquido extracelular o a una adicción en exceso de agua al líquido extracelular. La pérdida de cloruro sódico del líquido extracelular produce una deshidratación hipo osmótica, lo que disminuye el líquido extracelular. Esto puede obedecer principalmente a cuadros de diarrea y/o vómito. Sin embargo, hay otras causas como el uso de diuréticos que inhiben la capacidad del riñón para retener el sodio, nefropatías con pérdida de sodio y la enfermedad de Addison.

La hiponatremia dilucional se da por un exceso de retención de agua, la cual diluye el sodio y este cuadro se llama sobre hidratación hipo osmótica que ocurre, por ejemplo, en

casos de secreción excesiva de hormona antidiurética que hace que los túbulos renales reabsorban más agua. (Guyton, 2000)

### ***Causas de hipernatremia***

El aumento de la concentración de sodio causa un aumento en la osmolaridad que bien puede ser causada por una disminución de líquido extracelular o un aumento de los iones sodio en este mismo líquido. Si es que la alteración primaria es la pérdida de agua del espacio extracelular, se produce una deshidratación hiperosmótica (hipertónica). Este proceso se puede dar cuando hay una incapacidad en la secreción de la hormona antidiurética que se da en la diabetes insípida. Otra causa muy frecuente de hipernatremia asociada a una disminución de líquido extracelular es la deshidratación producida por una ingesta de agua inferior al agua que pierde el cuerpo, como ocurre en la sudoración producida en el ejercicio físico intenso. (Guzmán, 2004)

También puede aparecer hipernatremia a consecuencia del incremento de sodio en líquido extracelular que se produce, por ejemplo, en la sobre hidratación hiperosmótica que se presenta en cuadros donde existe una secreción excesiva de aldosterona.

## ***2.6 EQUILIBRIO DEL AGUA DURANTE EL EJERCICIO***

La pérdida de agua se acelera durante el ejercicio. La capacidad de nuestro cuerpo para soportar el calor generado durante el ejercicio depende principalmente de la formación y evaporación de sudor.

Cuando la temperatura de nuestro cuerpo se eleva, la sudoración aumenta en un esfuerzo por prevenir el sobrecalentamiento. Pero, al mismo tiempo, se produce más agua durante el ejercicio debido al incremento del metabolismo oxidativo. (Vitoria, 2010) Lamentablemente, la cantidad producida, incluso durante el esfuerzo más intenso, tiene solamente un impacto pequeño sobre la deshidratación que se deriva de la sudoración intensa.

Durante una hora de esfuerzo intenso, por ejemplo, una persona de 70 kilos puede metabolizar alrededor de 245 gramos de hidratos de carbono. Esto producirá alrededor de 146 mililitros de agua. Durante el mismo período, no obstante, las pérdidas por el sudor pueden superar los 1.500 mililitros, aproximadamente diez veces más que la generada metabólicamente. Sin embargo, el agua producida durante el metabolismo oxidativo ayuda a minimizar, aunque sólo en un grado mínimo, la deshidratación que tiene lugar durante el ejercicio.

La producción de calor corporal en el deportista se produce por la energía liberada de la contracción muscular y depende del consumo de oxígeno del tejido. El calor se transmite desde las áreas más calientes hacia las más frías, por lo que la pérdida de calor del cuerpo se ve dificultada cuando la temperatura ambiental es alta. El tamaño del cuerpo es importante, porque los individuos grandes generalmente necesitan más energía para hacer un trabajo determinado, por lo que en general tienen ritmos metabólicos más altos y producen más calor. Generalmente, también tienen un área superficial más grande (piel) que permite una mayor formación y evaporación del sudor.

Cuando la intensidad del ejercicio aumenta, también lo hace el ritmo metabólico. Esto incrementa la producción de calor corporal y, en consecuencia, la sudoración. Para conservar el agua durante el ejercicio, se reduce el flujo sanguíneo hacia los órganos nobles, esto es, cerebro, corazón, hígado, glándulas suprarrenales y los riñones, en un intento de salvaguardar su correcto funcionamiento.

La sangre cumple diferentes funciones en el cuerpo, todas ellas encaminadas a mantener la homeostasia a través de la transportación de diferentes sustancias, entre ellas:

- Transporte y aporte de sustancias nutritivas sintetizadas a partir del metabolismo energético anabólicas o catabólicas de macro nutrientes (glucosa, ácidos grasos, aminoácidos, etc.) Principalmente estas sustancias nutritivas van a ser transportadas unidas a proteínas plasmáticas, de las cuales el 60% son albúmina y el 40% son globulinas para la utilización de diferentes mecanismos celulares.
- Transporte de gases, fundamentalmente del oxígeno y del anhídrido carbónico, resultante del catabolismo celular y de la amortiguación del equilibrio ácido-base.
- Transporte de productos de desecho, principalmente del metabolismo energético, como ácido láctico (procedente de la glucólisis anaerobia; pudiendo producir una disminución del pH sanguíneo), creatinina, ion amonio, bilirrubina y otros.
- Transporte de hormonas, enzimas, vitaminas y oligoelementos.
- Transporte de calor, pues sólo entre el 25 y el 40% de la energía se aprovecha en forma de energía mecánica para la producción del movimiento; el resto se ha de

eliminar como energía calórica, lo que implica que la temperatura de la sangre aumente durante el ejercicio. La persona entrenada podrá producir más calor porque puede trabajar más tiempo con cargas más pesadas que los desentrenados, lo que produce las consiguientes respuestas y adaptaciones circulatorias y termorreguladoras. (Vitoria, 2010). El aumento de la temperatura, del dióxido de carbono y la disminución del pH que ocurren durante el ejercicio hacen que el oxígeno sea liberado con algo más de rapidez desde la hemoglobina hacia los músculos.

### ***Mecanismos productores y facilitadores de la pérdida de calor***

Los mecanismos productores y facilitadores del calor permiten mantener al organismo en un estado homeostático, que promueva el correcto funcionamiento del mismo.

### ***Mecanismos productores de calor***

Son aquellos encargados de aumentar la temperatura del cuerpo, entre ellos tenemos:

- **Metabólicos:** El organismo genera 3000 Kcal diarias, un 90% de estas se traduce en formación de calor. El mecanismo de termogénesis se da principalmente por la hormona tiroidea y la acción de la ATPasa. (Pineiro & Martínez., 2004). Otro componente en la producción de calor lo constituye la musculatura esquelética. Cuando está en reposo contribuye con un 20% a la producción de calor, en ejercicio puede aumentar hasta 10 veces.
- **Radiaciones:** Se puede absorber calor en forma de radiaciones ultravioleta a través de la superficie corporal.

- Alimentos: La ingesta de alimentos y bebidas calientes incrementa mínimamente la producción de calor.
- Temperatura ambiental: Varía según la altura, la humedad y el horario.

### ***Mecanismos facilitadores de la pérdida de calor***

Son aquellos que permiten al cuerpo disminuir su temperatura, existen cuatro mecanismos que producen este efecto. El de mayor utilidad durante la actividad física es aquel que se produce por el proceso de radiación. Estos procesos son:

- Radiación: El cuerpo humano emite calor en forma de radiaciones (al igual que todos los cuerpos que se hallan a temperatura superior al cero absoluto) y la cantidad de radiación emitida varía en función del gradiente que se establece entre el cuerpo y el medio ambiente. Un cuerpo desnudo en una habitación a 20°C elimina un 60% del calor por este mecanismo. (Pineiro & Martínez., 2004)
- Convección: Transferencia de calor desde la superficie corporal a nuevas partículas de aire o agua. La eliminación de calor es proporcional a la superficie de piel expuesta.
- Conducción: Supone una transmisión de calor por contacto directo entre dos superficies.
- Evaporación: por este mecanismo se puede llegar a perder hasta un 20% del calor corporal total, dos terceras partes a través de la superficie de la piel (sudoración) y una tercera parte por el tracto respiratorio. Cuanto mayor sea la humedad en el ambiente menor cantidad de calor podrá ser eliminada a través de la sudoración.

### ***Mecanismos moderadores***

Reciben esta denominación aquellos que sirven tanto para la producción como para la moderación, esto es, pueden disminuir la producción o aumentar la pérdida de calor. Estos mecanismos se relacionan con capacidades intelectuales o conductuales que nos permiten disminuir la actividad física, cambiar la indumentaria o buscar lugares más frescos. (Vitoria, 2010)

### ***Respuesta sistémica y celular al estrés térmico***

El cuerpo reacciona de diferentes maneras para mantener un estado homeostático, y evitar el deterioro celular, que puede llegar a producir incluso la muerte.

La termorregulación es el proceso por el cual el organismo se mantiene a una temperatura estable de 37°C disipando el exceso de calor generado. Un incremento de la temperatura de la sangre menor incluso de 1°C estimula receptores de calor periféricos y centrales localizados en el área preóptica del hipotálamo anterior. A partir de esto se activan mecanismos como la vasodilatación cutánea y la sudoración. La vasodilatación cutánea causa un descenso del flujo sanguíneo visceral, particularmente en el intestino y los riñones y se redistribuye hacia la piel. Una gran variedad de citoquinas se producen en respuesta al calor endógeno o ambiental, la interleuquina-1 (IL-1) fue el primer mediador conocido de la inflamación sistémica inducida por el ejercicio extenuante.

El aumento de la temperatura produce taquicardia, incremento del gasto cardíaco e aumento de la ventilación por minuto. Para que el mecanismo termorregulador

desarrolle su función correctamente, se debe mantener un adecuado estado de volemia (mediante hidratación), sal y reserva funcional cardiovascular.

La aclimatación se desarrolla generalmente después de 1 semana de exposición prolongada al calor y se asocia con un aumento sustancial en el volumen de sudor y con una reducción en el contenido de sodio en el sudor por el eje RAA. (Pineiro & Martínez., 2004)

## ***2.7 MEDICIÓN DE LOS ESTADOS DE DESHIDRATACIÓN***

Un estado de hidratación normal es aquel en el cual existe un balance entre las pérdidas y las ganancias de agua en el organismo. En este equilibrio inciden factores tanto externos como internos.

Entre los externos hay que considerar el ambiente, la humedad, la radiación solar, el tipo de ropa, etc.

Entre los factores internos o propios del ser humano que contribuyen a la deshidratación uno de los más importantes a considerar es la edad. Las personas adultas mayores tienden más a deshidratarse por que el mecanismo de la sed es menos sensible y porque los mecanismos de regulación de concentración renal y urinaria son menos eficientes (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007). En infantes jóvenes también existe la posibilidad de deshidratarse ya que no pueden expresar la sensación de sed

## ***Métodos para medir estados de hidratación y deshidratación***

### ***Variación del peso corporal***

Un método para medir pérdida de líquidos en periodos cortos de tiempo es mediante los cambios de peso (Shirreffs, 2003). Cuando el individuo está en un balance calórico, la pérdida de peso equivale a la pérdida de agua.

Atletas que realizan actividad física en ambientes calurosos y húmedos pueden llegar a perder un 5 % del peso corporal o más en casos extremos. La forma para determinar el cambio de peso es la medición del mismo antes de la actividad física y después de ella para compararlos. Para que la determinación sea más precisa se recomienda realizar la medición con la menor cantidad de ropa posible, remover el exceso de sudor, así como remover la ropa en donde el sudor se ha acumulado después del ejercicio. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007). El peso tiene una variación que fluctúa de día a día, por lo que pueden afectar la efectividad de las mediciones, sobre todo si se pretende estudiar cambios a medio a largo plazo.

### ***Marcadores con isótopos***

La cantidad total de agua puede ser medida mediante la utilización de isótopos de hidrógeno como el óxido de deuterio diluidos en la concentración sanguínea. (Grandjean et al., 2003). No se utiliza en la práctica clínica debido al costo y riesgo que representa.

### ***Impedancia bioeléctrica***

Esta es una técnica que mide la resistencia del tejido y del agua sobre una corriente eléctrica que pasa a través del cuerpo. Es una técnica que varía en resultados por cambios tan mínimos como la postura de la persona o la colocación de los electrodos. No es una técnica muy sensible y sigue siendo inapropiado para determinar cambios pequeños en la cantidad total de agua. (Minton & Eberman, 2007)

### ***Osmolaridad plasmática***

La osmolaridad plasmática determina la cantidad de solutos en una solución. El cuerpo humano mantiene los niveles de osmolaridad en un rango de 280 a 290 mOsm/L. Esta osmolaridad plasmática depende del control producido por osmoreceptores localizados en el hipotálamo, cuya función es la regulación de la secreción de la hormona antidiurética. En un individuo bien hidratado se mantiene una osmolaridad de 287 mOsm/L. Solo con el cambio del 1% de la osmolaridad se inicia el mecanismo de la sed y aumenta un 100% de la liberación de ADH al torrente circulatorio. Si existiese un desbalance hídrico, generalmente superior al 2%, la regulación se torna ineficaz causando que la persona se encuentre deshidratada. Aun así la medida de Osmolaridad plasmática es un buen recurso para determinar deshidratación. (Francesconi et al., 1987).

### ***Índices urinarios***

Índices de orina como la Osmolaridad urinaria, la gravedad específica urinaria, o el volumen de orina en 24 horas se puede utilizar para determinar deshidratación. (Oppliger, 2002)

### *Gravedad específica urinaria*

La gravedad específica urinaria es una medida de la proporción entre la densidad de la orina y la densidad del agua. La concentración de orina está determinada por el número de partículas (electrolitos, fosfatos, urea, ácido úrico, proteínas, glucosa) por unidad de volumen de orina. (Dolan & Eberman, 2009)

La densidad del agua es 1, toda sustancia que tenga más elementos o partículas aumentará su densidad con respecto al agua. El valor normal para la gravedad específica urinaria varía entre  $1.002 \text{ g/ml}^{-1}$  a  $1.020 \text{ g/ml}^{-1}$ . Valores por debajo de  $1.020 \text{ g/ml}^{-1}$  pueden asociarse con un estado de hidratación óptima. Valores por encima de  $1.030 \text{ g/ml}^{-1}$  están asociados con deshidratación severa. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007)

Para realizar esta medición se requiere, de forma no invasiva y segura, una muestra de orina, la cual se puede analizar mediante tira reactiva de color y mediante refractometría.

Al usar la tira reactiva, la orina reacciona liberando protones en la presencia de cationes de la tira reactiva. La variación del color depende de la concentración de orina. La técnica y tiempo de sumersión de la muestra varía entre diferentes marcas, lo que puede llevar a producir resultados falsos. (Roessingh, 2001)

La refractometría identifica el punto en el que un fluido concentrado rompe la luz normal que produce la identificación de agua. (Oppliger, 2002). Esta técnica detecta partículas de acuerdo a su masa en vez de cuantificar el número.

La comparación entre la medición con tirilla vs la medición por refractometría, tiene poca correlación ( $r= 0.573$ ;  $p < 0.05$ ), siendo generalmente los valores de la tirilla mayores que los del refractómetro ( $0.002 \pm 0.007$ ). La tira tiene buena especificidad (83%), pero baja sensibilidad (38%), en la determinación de niveles iniciales leves y moderados de deshidratación. (Stuempfle, 2003). Las comparaciones entre los dos métodos llegan a la conclusión que el método de refractometría es el preferido para la determinación de gravedad específica urinaria. (Minton & Eberman, 2007)

La medición de gravedad específica urinaria es un indicador más sensible de deshidratación moderada comparado con medición de plasma en sangre o hematocrito. (Amstrong, Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration, 1998). Esto se podría explicar, porque el cuerpo a nivel sanguíneo trata de mantener la homeostasis, lo que resulta en pequeños cambios hasta que cambios significativos o severos de hipohidratación ocurran.

#### *Color de la orina*

Se puede determinar de una manera sugestiva el estado de hidratación mediante la observación de la coloración de la orina, considerando que un color normal corresponde a un amarillo claro y la deshidratación severa a un color café verdoso. (Minton & Eberman, 2007). Esta determinación no tiene la precisión de la osmolaridad o la gravedad específica de la orina, y puede confundirse por la ingesta rápida de altos volúmenes de agua o el consumo de algunos vegetales que pigmentan la orina. (Amstrong, Hydration assessment techniques, 2005)

### *Osmolaridad urinaria*

La osmolaridad urinaria mide el número de partículas de solutos disociados por kilogramo de solución, lo cual se mide en osmoles. Para la determinación se necesita un osmómetro y un técnico entrenado, por lo que no es práctico en el uso clínico. Aunque es uno de los métodos más fiables para la determinación de la concentración de solutos, no es muy confiable en detectar estados de deshidratación de forma inmediata después de la actividad, dado al recambio de agua, diferencias culturales y mecanismos reguladores. (Amstrong, Hydration assessment techniques, 2005)

## ***2.8 MEDICIÓN DE ESTADOS DE DESHIDRATACIÓN EN LA PRÁCTICA CLÍNICA DEL DEPORTISTA***

En la medición de estados de hidratación, existe aún discordancia entre el método que debería considerarse como estándar de referencia. Algunas mediciones son más apropiadas para realizar en un laboratorio, generalmente aquellas que tienen mayor eficiencia en la medición son preferidas por los investigadores; mientras, las que tienen una menor utilización de recursos y son más baratas, son las preferidas por los clínicos.

Las investigaciones en el campo del deporte sugieren que aproximadamente un 50 % de individuos que realizan una actividad deportiva individual en un grupo, inician su actividad física hipo hidratados, con niveles de gravedad específica urinaria mayores de 1.020. (Osterberg, Horswill, & Baker, 2009)

En la parte clínica se necesitan de instrumentos que no requieran una operación técnica, que sean baratos y no invasivos; pero, que sean a su vez confiables y sensibles al

momento de emitir una información. La medición de la gravedad específica urinaria por refractometría es una medición confiable para determinar estados de deshidratación, que sumado a la medición del cambio de peso producido por el ejercicio, debería ser parte de la monitorización de estados de hidratación en deportistas con riesgo de sufrir deshidratación. (Dolan & Eberman, 2009).

Existen diferentes biomarcadores para determinar un estatus de hidratación; algunos presentan mayor validación para estados agudos y otros para estados crónicos de deshidratación. Algunos biomarcadores tales como la Osmolaridad plasmática, obtenida en muestra de sangre, son válidos para la determinación de deshidratación, pero en la práctica diaria son de poca utilidad. Las personas pueden utilizar diferentes biomarcadores pero cada uno por separado tiene limitaciones; pero cuando se utilizan juntos al momento de determinar estados de deshidratación agudos o crónicos, pueden ser muy útiles y prácticos.

**Tabla 3. Biomarcadores de estatus de deshidratación (Sawka, Burke, Eichner, Mountain, & Stachenfeld, 2007)**

<b>Medida</b>	<b>Practicidad</b>	<b>Validación (Cambios agudos vs crónicos)</b>	<b>EUH corte</b>
Agua corporal total	Baja	Aguda y crónica	<2%
Osmolaridad plasmática	Media	Aguda y crónica	<290 mOsmol
Gravedad específica urinaria	Alta	Crónica	< 1.020 g/ml <sup>-1</sup>
Osmolaridad urinaria	Alta	Crónica	<700 mOsmol
Peso Corporal	Alta	Aguda y crónica	<2%*

EUH: Ehidratación \* potencialmente confundible en composición corporal, durante periodos prolongados

Fuente: Traducido de Exercise and Fluid Replacement (Sawka, Burke, Eichner, Mountain, & Stachenfeld, 2007).

## **2.9 DESHIDRATACIÓN Y RENDIMIENTO DEPORTIVO**

La pérdida de líquidos y la deshidratación están relacionadas con el menor rendimiento del deportista. La pérdida del 2% del peso corporal disminuye el rendimiento deportivo en actividades aeróbicas. A mayor nivel de deshidratación, menor será el rendimiento de los deportistas. Pérdidas del 5% del peso corporal llegan a disminuir un 30% del rendimiento. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007)

En condiciones de no entrenamiento, la pérdida del 2% del peso corporal produce sed y oliguria. Pérdidas del 4 % causa oliguria, taquicardia y a veces hipotensión ortostática. Una pérdida mayor del 6% es una amenaza para la vida, reduciendo los fluidos intestinales y el volumen plasmático en un 30%, y comprometiendo la presión arterial y la función renal. (Goulet, 2012)

En condiciones de entrenamiento, la pérdida del 2% del peso corporal, tal vez no sea un determinante de un menor rendimiento físico. En un meta análisis de estudio obtenidos en ciclistas, se concluye que la pérdida de un 4% de peso corporal no influyo en el rendimiento durante actividades realizadas al aire libre. (Goulet, Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis, 2011)

En un estudio experimental que buscó determinar los efectos de la rehidratación en el rendimiento de ciclistas después de ser inducidos a un estado de deshidratación, concluye que el rendimiento de los grupos que tomaron bebidas hidratantes versus placebo no mostró diferencia en cuanto a registros personales de tiempo. (Singh & Brouns, 2002)

## **2.10 GOLPE DE CALOR**

El golpe de calor es una emergencia médica causada por un incremento de la temperatura corporal central por encima de 40°C y la verificación de alteraciones del sistema nervioso central como consecuencia de un fallo agudo del sistema termorregulador. Normalmente se da en ambientes calurosos y afecta tanto a jóvenes que realizan actividades físicas como a ancianos, con o sin enfermedades concomitantes, durante intensas oleadas de calor. Lo que permite clasificar al golpe de calor en clásico (afectando a ancianos) o por esfuerzo (afectando a jóvenes). La mortalidad, puede ser superior al 70%, generalmente por fallo multiorgánico. (Pineiro & Martínez , 2004)

### ***Patogénesis***

La patogénesis se da por un desbalance entre los mecanismos productores y disipadores de calor, bien sea por un incremento en la producción o una alteración en la pérdida de calor.

En la progresión de estrés por calor a estrés por golpe de calor van a intervenir: el fallo del sistema termorregulador, una exageración de la fase de respuesta aguda y la alteración en la expresión de proteínas de shock térmico. (Bouchama & Knochel, 2002)

#### **1. Fallo del sistema termorregulador**

El sistema cardiovascular es incapaz de mantener un adecuado gasto cardíaco para incrementar el flujo sanguíneo periférico (en la piel) a expensas del central

(fundamentalmente esplácnico y renal). Las causas pueden ser cardiopatías, depleción del volumen circulante, depleción de sal o ciertas drogas cardio depresoras.

## 2. Exageración de la fase de respuesta aguda

Al haber una redistribución del flujo se presenta hipo perfusión esplácnica, lo que puede causar alteración de la mucosa y barrera inmunológica intestinal con aumento en los niveles de endotoxinas circulantes y consiguiente exageración en la producción de citoquinas inflamatorias que inducen activación celular endotelial. Esta producción de endotoxinas son las desencadenantes en la progresión de estrés por calor a golpe de calor. (Pineiro & Martínez , 2004)

## 3. Alteración de proteínas de shock térmico

El incremento de los niveles de proteínas de shock térmico protege a las células del daño por calor, un descenso en la expresión de estas proteínas por causas genéticas puede aumentar la susceptibilidad al golpe de calor. (Bouchama & Knochel, 2002)

## ***Clasificación***

### ***Forma clásica***

Afecta a ancianos o individuos enfermos y ocurre durante una ola de calor. Estos pacientes presentan algún deterioro del control termorregulador y la temperatura aumenta fácilmente con el incremento del ambiente térmico. Los ancianos muestran un descenso en la capacidad de sudar y una menor respuesta cardiovascular a la exposición al calor. (Sprung, 1979). La forma clásica ocurre frecuentemente cuando la temperatura

ambiental máxima excede los 32°C y la mínima no desciende por debajo de los 27°C. (Pineiro & Martínez , 2004)

### ***En relación con ejercicio***

Se ve más en individuos jóvenes que hacen ejercicio a temperaturas ambientales anormalmente altas y/o con importante concentración de humedad. (Connor, 2001) Aunque los mecanismos termorreguladores están típicamente intactos, éstos están sobrepasados por el ambiente cálido y el gran incremento endógeno de producción de calor. La forma en relación con ejercicio se puede ver cuando la temperatura ambiental está sobre 25°C, pero generalmente se presenta con temperaturas superiores. El golpe de calor es la segunda causa de muerte en atletas, tras los traumatismos craneales y del canal espinal. (Pineiro & Martínez , 2004)

### ***Manifestaciones clínicas***

El daño primario en el golpe se da por la toxicidad celular directa producida por el incremento de la temperatura por encima de 42°C. Por encima de esta temperatura, definida como temperatura máxima crítica, se deteriora la función celular por cese de la actividad mitocondrial, alteraciones en reacciones enzimáticas e inestabilidad en la membrana celular.

La temperatura máxima crítica en humanos es una temperatura corporal de 41,6-42°C durante 45 minutos a ocho horas. En temperaturas extremas (49-50°C) son suficientes cinco minutos para que todas las estructuras celulares se destruyan y ocurra la necrosis celular. La deshidratación, acidosis metabólica e hipoxia local potencian el daño.

### ***Manifestaciones sobre el sistema nervioso central (SNC)***

La disfunción cerebral suele ser grave, produce rápidamente muerte celular, edema cerebral y hemorragias locales. El rasgo característico es el estupor, alteraciones del comportamiento, confusión o delirio. (Bouchama & Knochel, 2002)

Las células de Purkinje del cerebelo son particularmente sensibles a los efectos tóxicos de las altas temperaturas, en algunos pacientes víctimas de hipertermia se hallan manifestaciones como ataxia, disimetría y disartria. (Manto, 1998)

### ***Manifestaciones musculares***

La temperatura extremadamente elevada produce una degeneración muscular y necrosis mediante mecanismo directo.

El daño muscular es más intenso en el golpe de calor por ejercicio debido al incremento local del calor, hipoxia y acidosis metabólica. El incremento de ácido láctico y la rabdomiolisis grave son especialmente frecuentes en el golpe de calor por ejercicio pero raros en la forma clásica. Esto explica también la frecuencia de afectación renal. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain, & Stachenfeld, 2007).

### ***Manifestaciones cardiovasculares***

El gasto cardíaco se eleva debido al incremento de las demandas, descenso de la resistencia vascular periférica secundaria a la vasodilatación y deshidratación (ésta última en relación con el aporte insuficiente de líquidos o la gran pérdida por sudoración). La hipotensión arterial ocurre generalmente por insuficiencia cardíaca en

situaciones de elevado gasto cardíaco o por hemorragias miocárdicas y necrosis. (Vera, 1993)

### ***Manifestaciones renales***

El daño renal ocurre por la deshidratación, colapso cardiovascular y rhabdomiolisis. La insuficiencia renal aguda en la forma clásica del golpe de calor es rara y se considera de origen prerrenal consecuencia de la deshidratación. La deshidratación, hipo perfusión y rhabdomiolisis contribuyen a la necrosis tubular aguda. (Bouchama & Knochel, 2002)

### ***Manifestaciones hematológicas***

El recuento de leucocitos está típicamente elevado debido a la descarga catecolaminérgica que se produce y a la hemoconcentración.

La diátesis hemorrágica, la lesión endotelial y la anemia son frecuentes y pueden ser debidos a alguno de los siguientes factores: a) inactivación directa de las plaquetas y factores de hemostasia por el calor; b) descenso de la síntesis de factores de coagulación por afectación hepática; c) alteración de la agregación plaquetaria debido al calor; d) coagulación intravascular diseminada (CID). (Bouchama , Evidence for endothelial cell activation/injury in heat stroke, 1998)

### ***Manifestaciones pulmonares***

El daño termal directo sobre el endotelio vascular pulmonar puede desencadenar síndrome de distrés respiratorio o *cor* pulmonar. Esta afectación pulmonar, junto con la disfunción miocárdica, puede ser la causa del edema pulmonar (Pineiro & Martínez ,

2004). Puede haber hiperventilación lo que lleva a la alcalosis respiratoria. No obstante el trastorno ácido-básico más frecuente es la acidosis metabólica.

### ***Manifestaciones sobre el tracto gastro-intestinal.***

Es frecuente la isquemia intestinal por la relativa hipo perfusión de la mucosa durante la hipertermia. Las ulceraciones iniciales causan un importante sangrado. El hígado parece particularmente sensible al daño térmico, la necrosis hepática y la colestasis se observan frecuentemente. El hígado es el órgano que se afecta principalmente, pudiendo llegar a producirse dos a tres días después del episodio un proceso de necrosis, la cual puede producir en un 5-10% de pacientes la muerte. (Knoched, 1974)

### ***Manifestaciones endócrinas***

La hipoglucemia puede ocurrir en el golpe de calor grave por ejercicio debido al estado generalmente exhaustivo de la persona. En casos leves se produce elevaciones del cortisol sérico. Se puede producir un cierto daño de las glándulas suprarrenales consecuencia de hemorragias pericorticales. (Hanson & Zimerrman, 1979)

### ***Alteraciones electrolíticas***

Las alteraciones relacionadas con la afectación renal y la rabdomiolisis son típicas la hiperpotasemia, hiperfosfatemia e hipocalcemia en la forma de golpe de calor por ejercicio.

La progresión del golpe de calor lleva hacia el fallo multiorgánico, unas disfunción corporal en la que intervienen a) el daño térmico directo); b) un desbalance entre citoquinas inflamatoria y antiinflamatorias; c) alteraciones de la coagulación y lesión

celular endotelial donde son características la trombosis microvascular difusa. Estos eventos incluso persisten después de haber controlado la temperatura corporal de la persona. (Bouchama, Sedairy, & Siddiqui, Elevated pyrogenic cytokines in heatstroke, 1993).

## **CAPÍTULO 3. MÉTODO**

### ***3.1 PARTICIPANTES***

Se seleccionó una muestra de 125 nadadores (hombres n=69, mujeres n=56) con 4 horarios diferentes de entrenamiento, pertenecientes al club de Natación Regatas de la ciudad de Quito; comprendidos entre las edades de 14 y 40 años.

El Club de Natación Regatas, ubicado en Gral. Vicente Anda Aguirre Oe6-27 y Machala en la ciudad de Quito- Ecuador, es un club especializado formativo federado a la Federación de Natación de Pichicha y Federación de natación del Ecuador (FENA). Conformada por 5 entrenadores certificado por la FENA y con diferentes grupos de entrenamiento divididos por horarios, especificados en la normativa actual del club.

El club cuenta con 354 personas, a la fecha de presentación del protocolo, que cumplen con el criterio de ser socios activos de acuerdo al reglamento interno del club. Del total de socios, 125 cumplieron con los criterios de inclusión y decidieron voluntariamente participar en este estudio.

Los nadadores que participaron en este estudio entrenan diariamente un promedio de dos horas, de 5 a 6 días a la semana, y cubren una distancia mínima de 3.0 km diarios, mediante el control general y planificación de entrenadores pertenecientes al club.

Los participantes del estudio fueron divididos en grupos según su horario de entrenamiento. Se dividió en un grupo experimental, integrado por los grupos del horario de inicio de entrenamiento de las 2:30 pm y 7:30pm; y un grupo control,

conformado con los grupos de entrenamiento de los horarios de inicio de entrenamiento de las 4:30 pm y 7 am. Para evitar sesgos se realizó un sorteo aleatorizado por grupos; dos grupo fueron considerados como grupo experimental (hombres n=36, mujeres =29); y los dos restantes como grupo de control (hombres=33, mujeres =27).

Participaron en el estudio los socios activos del club que aceptaron participar voluntariamente y que cumplieron con los criterios de inclusión propuestos para este estudio.

### ***Criterios de inclusión y exclusión***

Los siguientes criterios fueron determinados para la selección de los participantes:

#### Criterios de Inclusión

- Hombres o Mujeres entre 14 y 40 años de edad.
- Ser socios activos del Club de Natación Regatas y que formen parte de un grupo de entrenamiento bajo supervisión de un entrenador.
- Que acepten voluntariamente participar en el estudio mediante consentimiento informado.

#### Criterios de exclusión

- Sujetos que sufriesen cualquier tipo de enfermedad aguda o crónica.
- Sujetos que presentaran alguna situación o circunstancia que limitara razonablemente el seguimiento o participación en el estudio.
- Sujetos que no deseen participar en el estudio.

- Sujetos que por la ingesta de suplementos médicos produzcan cambios en la coloración de la orina.

### ***Aspectos éticos***

El estudio respetó las normas éticas de investigación en sujetos humanos establecido en las normas Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial.

Se respetó los principios de investigación médica; protegiendo la vida la salud, la dignidad, la integridad, el derecho a la autodeterminación, la intimidad y la confidencialidad de la información personal de los participantes.

El consentimiento de los padres o representantes de los menores de 18 años y la aprobación de los participantes mayores de edad, fue obtenido mediante la firma de un consentimiento médico elaborado para este trabajo de investigación, que por los bajos riesgos biológicos y médicos que representan para los participantes y evaluadores, no se consideró necesario la aprobación de un comité de bioética como organismo regulador en este proyecto. En el consentimiento se detalló los derechos de los participantes a ser parte del estudio. Los siguientes puntos fueron impresos y entregados personalmente a cada uno de los deportistas.

1. Esta investigación se realiza con el objetivo de determinar la eficacia de un esquema de hidratación sugerida por la Academia Norteamericana de Medicina del Deporte. Este estudio nos ayudara a aprender más sobre los requerimientos de líquidos en los deportistas.

2. Si es que usted accede a participar en este estudio, formara parte de uno de dos grupos. Al primer grupo se le dará un esquema de ingesta de líquidos para consumir antes durante y después de la actividad física, calculado según su peso corporal. El otro grupo consumirá líquidos a libre demanda. En ambos grupos se tomaran medidas de peso corporal, porcentaje de grasa corporal, temperatura corporal y se solicitara dos muestras de orina para la medición de Gravedad Especifica Urinaria.
3. Si usted no desea participar en el estudio, no habrá ningún tipo de consecuencia o repercusión.
4. Usted puede dejar de participar en este estudio en cualquier momento que a usted le parezca.
5. Las únicas personas autorizadas para ver o analizar los valores obtenidos de sus muestras somos los que trabajamos en este estudio y los supervisores para que el mismo se realice de modo correcto.
6. Sus respuestas a la encuesta, su información médica, y una copia firmada de este documento se mantendrán bajo llave en nuestros archivos. No incluiremos sus respuestas en su expediente médico y/o deportivo.
7. Cuando compartamos los resultados del estudio, no incluiremos su nombre. Haremos todo lo posible para que nadie fuera del estudio sepa que usted participó en él.

Se tomó toda clase de precauciones para resguardar la intimidad de la persona que participó en la investigación y la confidencialidad de su información personal y para reducir al mínimo las consecuencias de la investigación sobre su integridad física, mental y social.

No hubo conflictos de interés en este estudio, el financiamiento de la investigación fue personal por parte de los investigadores.

### ***Consentimiento informado entregado a los participantes***

PONTIFICA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE MEDICINA

*Comparación de la eficacia del esquema de hidratación según las recomendaciones del American College of Sports Medicine 2007 vs Esquema personal, para mantener parámetros de euhidratación, en deportistas que realizan actividad física regular, pertenecientes al Club Natación Regatas, durante el periodo comprendido entre Noviembre de 2013 a Diciembre de 2013.*

Le estamos pidiendo que participe en un estudio. Usted no tiene que participar en el estudio. Si dice que sí, puede dejar de participar en el estudio en cualquier momento. Por favor tome todo el tiempo que necesite para decidir.

8. Esta investigación se realiza con el objetivo de determinar la eficacia de un esquema de hidratación sugerida por la Academia Norteamericana de Medicina del Deporte. Este estudio nos ayudara a aprender más sobre los requerimientos de líquidos en los deportistas.
9. Si es que usted accede a participar en este estudio, formara parte de uno de dos grupos. Al primer grupo se le dará un esquema de ingesta de líquidos para consumir antes durante y después de la actividad física, calculado según su peso corporal. El otro grupo consumirá líquidos a libre demanda. En ambos grupos se tomaran medidas de peso corporal, porcentaje de grasa corporal, temperatura corporal y se solicitara dos muestras de orina para la medición de Gravedad Especifica Urinaria.
10. Si usted no desea participar en el estudio, no habrá ningún tipo de consecuencia o repercusión.
11. Usted puede dejar de participar en este estudio en cualquier momento que a usted le parezca.

12. Las únicas personas autorizadas para ver o analizar los valores obtenidos de sus muestras somos los que trabajamos en este estudio y los supervisores para que el mismo se realice de modo correcto.
13. Sus respuestas a la encuesta, su información médica, y una copia firmada de este documento se mantendrán bajo llave en nuestros archivos. No incluiremos sus respuestas en su expediente médico y/o deportivo.
14. Cuando compartamos los resultados del estudio, no incluiremos su nombre. Haremos todo lo posible para que nadie fuera del estudio sepa que usted participó en él.
15. Nos ayudará para que en un futuro se pueda contar con un esquema de hidratación correcto para los deportistas.
16. Si usted tiene alguna clase de duda o preguntas por favor comuníquese con los Autores del estudio:  
César Miranda.....Telf. 0984592917 ó Marta Lucía Chiriboga.... Telf. 0987037670

### **3.2 DISEÑO**

Se realizó un ensayo clínico cuasi aleatorizado; con asignación de participantes por grupos según horario de entrenamiento, según el reglamento interno del club; el cual determina los grupos según la edad, el rendimiento y el nivel de los deportistas.

En el grupo experimental se realizó una conferencia grupal en donde mediante medios audiovisuales, se explicó a los participantes los conceptos básicos de los líquidos del cuerpo, la importancia de las investigaciones del tema y las cifras de deportistas deshidratados en diferentes actividades; además, se les entregó una cartilla con las recomendaciones sobre hidratación propuestas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte del 2007. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007).

De manera posterior se explicó el método de recolección de datos y medición de datos antropométricos. Se puso énfasis en la medición e ingesta de líquido consumido antes del entrenamiento, ya que en este momento del estudio los participantes no estarían bajo

la supervisión de los evaluadores del estudio, y la importancia que significaba este valor para la significancia del estudio.

Se realizó una charla explicativa el día sábado previo a las dos semanas de mediciones de cada grupo. El mismo día se midió el peso de los participantes usando una balanza digital y se realizó un esquema de hidratación personalizado que se entregaron en hojas impresas individuales. Adicionalmente firmaron el consentimiento informado.

El cálculo de líquidos para el grupo experimental según las recomendaciones en dosis, fue el siguiente:

1. Ingerir 5-7 ml/kg de cualquier líquido al menos 4 horas antes de la actividad
2. Si no produce orina o la esta tiene características de estar concentrada (color amarillo oscuro) tomará lentamente de 3-5 ml/kg dos horas antes de la actividad.
3. Durante la actividad física la cantidad de líquido varía individualmente por los numerosos factores que determinan la pérdida de líquido, generalmente se estima entre 0.5 l a 0.8 l/h, el objetivo es evitar la pérdida de >2% de peso corporal.

## ***Cartilla entregada a cada persona del grupo experimental***

Nombre:

Edad:

Grupo# (Horario de entrenamiento):

Indicaciones: Usted debería tomar:

1.- Tomar (*cálculo personalizado*) (5-7ml/kg) mililitros de agua 4 horas antes de la actividad

2.- Si no produce orina dentro de las siguientes dos horas, o esta de color amarillo oscuro tome (*cálculo personalizado*) (3-5 ml/Kg) ml de agua.

***Cartilla control de cantidad de líquido consumido: Iniciar a llenar la cartilla 4 (cuatro) horas antes de iniciar el entrenamiento***

Cada vez que tome un líquido anote en un espacio la cantidad de líquido consumido, sin importar el tipo de líquido. Utilice el termo plástico con medida para recolectar esta información.	
.-	.-
.-	.-
.-	.-

Esta cartilla debe ser llenada y entregada solo el día que le corresponde a usted a realizar la prueba establecida. Utilice el medidor del termo plástico medir la cantidad de líquido. El día de la prueba debe traer su termo con más de 500 ml de agua.

El total del líquido debe ser ingerido durante los intervalos de tiempo de descanso durante la prueba.

Encuesta: Marque con una X su respuesta (Si su respuesta a la pregunta 1 en NO, usted no tiene que responder la pregunta 2)

1) Ha recibido algún tipo de información o capacitación sobre el tema de hidratación para deportistas antes de la recibida en este estudio: SI\_\_\_ NO\_\_\_

2) Si usted ha recibido información o capacitación a sido por parte de:

Entrenador\_\_\_ Medico\_\_\_ Búsqueda Personal\_\_\_ Medios de comunicación\_\_\_

En el grupo de control se realizó una charla sobre el tema; pero, a diferencia del grupo experimental, no se les entregó las indicaciones del ACSM. Se les entregó hojas impresas para la recolección de la información solicitada y una encuesta personal. Adicionalmente firmaron el consentimiento informado.

Se explicó el método de recolección de datos y medición de datos antropométricos. Se puso énfasis en la medición e ingesta de líquido consumido antes del entrenamiento, ya

que en este momento del estudio los participantes no estarían bajo la supervisión de los evaluadores del estudio, y la importancia que significaba este valor para la significancia del estudio.

### ***Cartilla entregada a cada persona del grupo control***

Cartilla control de cantidad de líquido consumido Grupo Control. Iniciar a llenar la cartilla 4 (cuatro) horas antes de iniciar el entrenamiento

Cada vez que tome un líquido anote en un espacio la cantidad de líquido consumido, sin importar el tipo de líquido. Utilice el termo plástico con medida para recolectar esta información.	
.-	.-
.-	.-
.-	.-

Esta cartilla debe ser llenada y entregada solo el día que le corresponde a usted a realizar la prueba establecida. Usted deberá traer el termo con medida y la cantidad de líquido que usted generalmente consumiría en una hora de entrenamiento

Encuesta: Marque con una X su respuesta (Si su respuesta a la pregunta 1 en NO, usted no tiene que responder la pregunta 2)

1) Ha recibido algún tipo de información o capacitación sobre el tema de hidratación para deportistas antes de la recibida en este estudio: SI\_\_\_ NO\_\_\_

2) Si usted ha recibido información o capacitación ha sido por parte de:

Entrenador\_\_\_ Medico\_\_\_ Búsqueda Personal\_\_\_\_\_ Medios de comunicación\_\_\_

### ***Características del entrenamiento***

Mediante el consentimiento del entrenador principal del club de natación Regatas, Alberto Gómez, se llegó al acuerdo de realizar un único entrenamiento en intensidad y tiempo en los dos grupos.

Se realizó un entrenamiento de una hora de duración (1h 12 min +/- 2 min), de nado continuo en estilo libre a una intensidad acordada entre nadadores y entrenadores (basado en la frecuencia cardiaca calculada por cada deportista obtenida mediante

cálculo de pulsaciones en la región carotídea en seis segundos); método usado habitualmente por los deportistas del club.

Existió 3 intervalos de tiempo de 2 minutos cada uno, para que los participantes corroboren la intensidad del ejercicio y para hidratarse.

### ***Recolección de medidas antropométricas***

Para la recolección de las variables del grupo experimental y control, por parte de los observadores; se utilizó una cartilla de recolección individual.

La primera sección de la cartilla se utilizó para cuantificar las mediciones de grasa corporal, temperatura, humedad ambiental y peso, temperatura corporal antes y después del entrenamiento. La medición de la gravedad específica urinaria antes y después del entrenamiento, se realizó mediante recolección de muestra de orina en frascos estériles individuales, para cada una de las mediciones.

En la segunda sección de la cartilla, se anotó la cantidad de líquido consumido antes del entrenamiento, obtenido de los datos de las cartillas de los participantes. La medición de la cantidad de líquido consumido posterior al entrenamiento fue calculado midiendo la diferencia de la cantidad de líquido del termo de cada deportista antes de la iniciar la práctica y la cantidad sobrante.

El porcentaje de grasa corporal fue medido por los dos evaluadores para su validación y se obtuvo un promedio de las mismas; en el caso de medidas con gran diferencia

numérica, se procedió a realizar una nueva medición hasta obtener valores semejantes, para luego proceder a la obtención del promedio de las medidas.

Se procedió a la recolección de la muestra siguiendo el siguiente protocolo:

1. Impresión de la lista de los participantes del grupo a analizar
2. Toma de medidas antropométricas (Peso-Porcentaje de grasa corporal) y temperatura corporal en orden numérico de los participantes, antes del entrenamiento.
3. Recolección de una muestra de orina en frasco estéril y de cartilla de recolección.
4. Medición de temperatura, humedad ambiental y temperatura del agua de la piscina
5. Entrenamiento (Medición del tiempo de entrenamiento)
6. Medición de la gravedad específica urinaria de las muestras
7. Fin de entrenamiento
8. Segunda medición de medidas antropométricas de peso y temperatura corporal.
9. Recolección de segunda muestra de orina en frasco estéril
10. Medición con refractómetro digital de la muestra obtenida
11. Recolección de termos recolectores para medición de sobrante de líquido y Medición de cantidad de líquido ingerido por cada participante.
12. Recolección de cartilla de recolección de líquidos y encuesta.

## ***Ficha personal de recolección de información por los medidores***

Nombre:

Edad:

Grupo# (Horario de entrenamiento):

VARIABLE	Medidor 1	Medidor2	PROMEDIO
Peso antes (kg)			-----
Peso después (kg)			-----
Perdida porcentual de peso (%)			-----
Grasa corporal (%)	B: T: SC: SI:	B: T: SC: SI:	B: T: SC: SI:
Temperatura corporal antes (centígrados)			-----
Temperatura corporal después (centígrados)			-----
Temperatura ambiental (centígrados)			-----
Humedad ambiental (%)			-----
Gravedad específica urinaria antes (g/cm <sup>3</sup> )			-----
Gravedad específica urinaria después (g/cm <sup>3</sup> )			-----
Cantidad de líquido consumido antes (ml)			-----
Cantidad de líquido consumido después (ml)			-----

**ADHERENCIA ANTES:** Si consumo  $\geq 5$ ml/Kg Cumple \_\_\_\_; Si consumo  $> 0$ ml/kg y  $< 5$ ml/kg C. *Parcialmente*; Si consumo = 0ml/Kg No cumple \_\_\_\_

**ADHERENCIA DESPUES:** Si  $> 0 = 500$  ml Cumple \_\_\_\_; Si  $> 0$  ml pero 500 ml Cumple *Parcialmente* \_\_\_\_; Si 0ml No cumple \_\_\_\_

Encuesta: Información SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

Tipo: Medico \_\_\_\_ Entrenador \_\_\_\_ Personal \_\_\_\_ Medios de Comunicación \_\_\_\_

## ***Instrumentos utilizados para las mediciones***

Se utilizó los siguientes instrumentos para la obtención de las variables antes descritas:

### ***Peso corporal y porcentaje de peso corporal***

*Pesa Personal Modelo QIE2003A*. Especificaciones: Capacidad: 150 kg (330 lb). Base: plataforma cristal templado 8 mm espesor Sensores: 4 unidades sensibles ubicadas en la base de acero Medición: Kg y decimas de Kg Display: cristal líquido lcd dígitos 8 segmentos Batería: interna tipo botón ion-lithium cr2032.

### ***Gravedad específica urinaria***

*Refractómetro médico digital de bolsillo orina S.G PAL-10S*. Especificaciones Sirve para la medición de la gravedad específica de la orina en rangos de  $1,000 \text{ g/ml}^{-1}$  a  $1,060 \text{ g/ml}^{-1}$ , y con un rango de temperatura entre 10,0 a 35,0 grados, lo que permite una compensación automática de temperatura para lecturas de calibración inmediata y precisa, independientemente de la temperatura ambiente. Posee LED-display digital iluminado, con una interferencia de la luz externa para alertar interferencia de la luz exterior.

El volumen de muestra mínimo para la lectura es de 0.3 ml. La exactitud en la medición es de Orina SG escala  $\pm 0,001$ ; Temperatura  $\pm 1 \text{ }^\circ \text{C}$ . Tiempo de realización de medida de 3 segundos Rango de medida Orina SG  $1,000 \text{ g/ml}^{-1}$  a  $1,060 \text{ g/ml}^{-1}$ .

Método de utilización en el estudio:

1.- Se procedió a la recolección de la muestra de orina en vasos recolectores estériles, previamente etiquetados con un número correspondiente a cada sujeto del estudio.

2.- Bajo normas de bioseguridad se colocó una cantidad mínima de muestra en el refractómetro para la medición y recolección de información.

### ***Temperatura corporal***

*Termómetro de oído Braun ThermoScan® IRT4520.* Especificaciones: Mide el calor infrarrojo desprendido por el tímpano y el tejido adyacente. Rango de temperatura mostrada 34 – 42,2 °C (93,2 – 108 °F), Resolución 0,1 °C o °F, Precisión para rango de temperatura mostrado  $\pm 0,2$  °C (35,5– 42 °C) (95,9 – 107,6 °F). (Braun, 2011)

### ***Temperatura de agua***

*Termómetro para piscina Intex.* Especificaciones: Termómetro de mercurio impermeable Escala: -10 a +50°C, Dimensiones alto: 160 mm. Diámetro 24 mm.

### ***Grasa corporal total***

*Plicómetro Baseline Lange.* Especificaciones: Proporciona una medición del tejido subcutáneo para grasa corporal de evaluación. Posee una escala de lectura de hasta 60 mm. Brazos de medición con puntas flotantes. Hecho de aluminio. Precisión: 1,0 mm, Rango: 60 mm, Graduación: 1 mm.

Método de utilización en el estudio:

Se realizó la medición del grasa corporal por parte de los 2 observadores egresados de la facultad de medicina siguiendo un esquema preestablecido para disminuir el error de la medición: (Norton & Carter, 2011)

1.- El pliegue cutáneo debe ser firmemente sujetado entre los dedos índice y pulgar de la mano izquierda a 1 cm proximal al sitio del pliegue cutáneo y separado del cuerpo.

2.- El plicómetro es sostenido en la mano derecha, perpendicular al eje longitudinal del pliegue cutáneo y con la escala de lectura del plicómetro hacia arriba y fácilmente legible. Las puntas del plicómetro deben ser colocadas en el sitio, a 1 cm distal de los dedos que sostienen el pliegue cutáneo,

3.- La escala de lectura es leída aproximadamente 4 segundos después de que la presión de la mano de la persona que realiza la medición ha sido liberada del brazo del plicómetro.

4.- Deben tomarse como mínimo 2 mediciones en cada sitio. Las mediciones deben realizarse con una diferencia mínima de 15 segundos.

Se realizó la medición de los pliegues bicipital, tricipital, supra iliaco y subescapular, por ser: a) altamente correlacionados con otras medidas de la grasa corporal; b) son medidos más confiable y objetivamente que la mayoría de otros sitios.

La suma de los cuatro pliegues fue analizada con la tabla de Durnin y Womersly (Durnin & Womersly, 1974); en la que con la edad de la persona y la sumatoria de los pliegues, se puede determinar el porcentaje de grasa corporal.

**Tabla 4. Porcentaje de masa grasa en adultos masculino y femenino por edades. Mediante la medición de 4 pliegues cutáneos.**

Pliegues (mm)	Hombres (Edad años)				Mujeres (Edad años)			
	17-29	30-39	40-49	> 49	16-29	30-39	40-49	> 49
15	4,8	0	0	0	10,5	0	0	0
20	8,1	12,2	12,2	12,6	14,1	17,0	19,8	21,4
25	10,5	14,2	15,0	15,6	18,8	19,4	22,2	24
30	12,9	16,2	17,7	18,6	19,5	21,8	24,5	26,6
35	14,7	17,7	19,6	20,8	21,5	23,5	26,4	28,5
40	16,4	19,2	21,4	22,9	23,4	25,5	28,2	30,3
45	17,7	20,4	23,0	24,7	25,0	26,9	26,9	31,9
50	19,0	21,5	24,6	26,5	26,5	28,2	31,0	33,4
55	20,1	22,5	25,9	27,9	27,8	29,4	32,1	34,6
60	21,2	23,5	27,1	29,2	29,1	30,6	33,2	35,7
65	22,2	24,3	28,2	30,4	30,2	31,6	34,1	36,7
70	23,1	25,1	29,3	31,6	31,2	32,5	35,0	37,7
75	24,0	25,9	30,3	32,7	33,2	33,4	35,9	38,7
80	24,8	26,6	31,2	33,8	33,1	34,3	36,7	39,6
85	25,5	27,2	32,1	34,8	34,0	35,1	37,5	40,4
90	26,2	27,8	33,0	35,8	34,8	35,8	38,3	41,2
95	26,9	28,4	33,7	36,6	35,6	36,5	39,0	41,9
100	27,6	29,0	34,4	37,4	36,4	37,2	39,7	42,6
105	28,2	29,6	35,1	38,2	37,1	37,9	40,4	43,3
110	28,8	30,1	35,8	39,0	37,8	38,6	41,0	43,9
115	29,4	30,6	36,4	39,7	38,4	39,1	41,5	44,5
120	30,0	31,1	37,0	40,4	39,0	39,6	42,0	45,1
125	30,5	31,5	37,6	41,1	39,6	40,1	42,5	45,7
130	31,0	31,9	38,2	41,8	40,2	40,6	43,0	46,2
135	31,5	32,3	38,7	42,4	40,8	41,1	43,5	46,7
140	32,0	32,7	39,2	43	41,3	41,6	44,0	47,2
145	32,5	33,1	38,7	43,6	41,8	42,1	44,5	47,7
150	32,9	33,5	40,2	44,1	42,3	42,6	45,0	48,2
155	33,3	33,9	40,7	44,9	42,8	43,1	45,4	48,7
160	33,7	34,3	41,2	45,1	43,3	43,6	45,8	49,2
165	34,1	34,6	42,6	45,6	43,7	44,0	46,2	49,6
170	34,5	34,8	42	46,1	44,1	44,4	46,6	50,0
175	34,9	0	0	0	0	44,8	47,0	50,4
180	35,3	0	0	0	0	45,2	47,4	50,8
185	35,6	0	0	0	0	45,6	47,8	51,2
190	35,9	0	0	0	0	45,9	48,2	51,6
195	0	0	0	0	0	46,2	48,5	52,0
200	0	0	0	0	0	46,5	48,8	52,4
205	0	0	0	0	0	0	49,1	52,7
210	0	0	0	0	0	0	49,4	53,0

**Fuente:** Body fat assessed from the total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years.(Durnin & Womersly, 1974)

### ***Temperatura y humedad ambiental***

*Termo higrómetro KTJ*. Especificaciones: Rango de temperatura: Interior: -10~+50°C, Exterior: -50~+70°C. Rango de humedad: 20%~90%RH. Resolución de temperatura: 0.1°C. Resolución de humedad: 1% RH. Precisión de temperatura:  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ . Precisión de humedad:  $\pm 5\% \text{RH}$ . Utiliza una pila AAA de 1.5v

Método de utilización en el estudio:

Se realizó la toma de la temperatura y humedad ambiental al inicio y al final de la realización del entrenamiento durante los días de recolección de la muestra en los grupos de experimental y de control.

### ***3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO***

Se realizó evaluación pre intervención de características demográficas y clínicas, con las variables de edad, sexo, grasa corporal, peso corporal y temperatura corporal; por motivos económicos la medición de la gravedad específica urinaria no pudo ser realizada durante el periodo de pre evaluación.

Se realizó un análisis bivariado comparando el grupo experimental con el grupo control. Para los cruces de variable cualitativa con cualitativa se obtuvieron mediciones de Chi<sup>2</sup> y para variables cualitativa con cuantitativa se calcularon diferencias de promedios y como prueba de significación estadística ANOVA Kruskal-Wallis (KW). Se tomó como punto de corte y significación estadística valores iguales o menores a 0,05.

Se realizó el análisis bivariado entre las variables independientes y dependientes; determinando la diferencia de medias ponderadas de la variación del peso corporal, temperatura corporal y de la gravedad específica urinaria antes y después del entrenamiento, en el grupo experimental y el control.

Se evaluó la adherencia de los participantes según la cantidad de líquido por peso corporal antes y durante el entrenamiento, se valoró el riesgo relativo según la gravedad específica urinaria de los participantes de los dos grupos.

Para el análisis de datos de la línea de base y el análisis bivariado se utilizó el programa.

Epi Info (versión 7.1; Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA) y el programa estadístico Statistical Product and Service Solutions (SPSS) (versión 21; SPSS Inc., Chicago, IL).

**Tabla 5. Variables para el análisis bivariado y medidas estándar utilizadas**

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>MEDIDA ESTANDAR</b>
Grupo Experimental Grupo Control (Cualitativa)	Gravedad Especifica Urinaria (Cuantitativa)	Diferencia de medias ponderada
Grupo Experimental Grupo Control	Peso	Diferencia de medias ponderada
Grupo Experimental Grupo Control	Temperatura	Diferencia de medias ponderada
Adherencia (Cualitativa)	Gravedad específica urinaria Cambio de Peso corporal Variable Hidratación	Riesgo Relativo

## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS**

### ***4.1. ANÁLISIS PRE-EVALUACIÓN***

#### ***Evaluación pre intervención de características demográficas y clínicas***

En la evaluación pre intervención se observó una diferencia estadísticamente significativa en la edad de los participantes del estudio (experimental: media  $17.69 \pm 3.63$ ; control: media  $20.46 \pm 4.85$ ;  $p 0.01$ ).

En la variable de grasa corporal (experimental: media  $16.69\% \pm 3.84$ ; control: media  $16.55\% \pm 4.10$ ;  $p 0.41$ ), temperatura (experimental: media  $36.59\text{ °C} \pm 0.30$ ; control: media  $36.64\text{ °C} \pm 0.25$ ;  $p 0.88$ ) y peso corporal (experimental: media  $59.40\text{ Kg} \pm 11.53$ ; control: media  $64.39\text{Kg} \pm 8.73$ ;  $p 0.46$ ).

**Tabla 6. Evaluación pre intervención de características demográficas y clínicas**

Exposiciones	Experimental		Control		p	
	N (%)		N (%)			
Sexo					0.89	
Masculino	36	(55.38%)	33 (55.00%)			
Femenino	29	(44.62%)	27 (45.00%)			
Edad					0.27	
14 a 18 años	46	(70.77%)	30 (50.00%)			
18 a 40 años	19	(29.23%)	20 (50.00%)			
	Media (DS)	Mediana	Media (DS)	Mediana	Diferencia de Medias	KW
Edad Promedio	17.69 (3.63)	16	20.46 (4.85)	18	-2,77	0.01
Porcentaje Grasa Corporal	16.69 (3.84)	16,5	16.55 (4.10)	16.4	0.14	0.41
Peso (Kg)	59.40 (11.53)	58,1	64.39 (8.73)	63.2	-4.87	0.46
Temperatura Corporal	36.59 (0.30)	36.5	36.64 (0.25)	36.54	-0.05	0.88

***Conocimientos sobre métodos de hidratación***

Se realizó un análisis descriptivo en base a la encuesta obtenida de los participantes del estudio sobre su conocimiento acerca de medidas de hidratación, por medio de que

fuentes adquirieron dicho conocimiento, y en caso de que tuviesen información, cual era su método preferencial de reposición de líquidos.

No hubo diferencia estadística entre los dos grupos sobre sus conocimientos acerca del tema de hidratación en la actividad física (informados media: 54, desinformados media: 71,  $p = 0.36$ ,  $X^2 = 11.13$ ).

**Tabla 7. Distribución de pacientes en grupo experimental y grupo control según información recibida sobre hidratación antes de realizado el estudio. Club Regatas, Quito 2013.**

Grupos	Información antes del estudio	
	Informado N (%)	Desinformado N (%)
Experimental (n= 65)	31 (24,8)	34 (27,2)
Control (n= 60)	23 (18,4)	37 (29,6)
Media	54 (43,2)	71 (56,8)
$\chi^2$ -Valor p	11.137 - 0,365	

De los participantes del grupo experimental que refirieron tener información, un 18.46% la obtuvo de su médico, un 4.62% por su entrenador, un 20% la obtuvo de búsqueda personal y un 3% por los medios de comunicación. Los participantes del grupo control el 6.67% obtuvo su información por parte de su médico, el 13.3% por parte de su entrenador, el 18.3% por medio de búsqueda personal y el 1.6% por los medios de comunicación.

**Tabla 8. Distribución de pacientes en grupo experimental (n=65) y grupo control (n=60) según el tipo de información que recibieron antes del estudio. Club Regatas, Quito 2013.**

Tipo de Personal	Experimental		Control	
	N	%	N	%
Ninguno	34	52.31	36	60
Médico	12	18.46	4	6.67
Entrenador	3	4.62	8	13.33
Personal	13	20.00	11	18.33
Medios Comunicación	3	3.08	1	1.6
Total	65	100	60	100

## ***4.2 ANALISIS DURANTE LA INTERVENCION***

### ***Evaluación de condiciones climáticas***

Los cambios en la temperatura ambiental (media  $18.1 \pm 0.2$ ; p 0.62), humedad ambiental (media  $72.2 \pm 1.25$ ; p 0.2), temperatura del agua de la piscina (media  $27.8 \pm 0.8$ ; p 0.93), no mostraron diferencia estadísticamente significativa.

**Tabla 9. Distribución de pacientes en grupo experimental y grupo control según parámetros ambientales. Club Regatas, Quito 2013**

Grupos	Parámetros ambientales		
	Temperatura ambiental (°C)	Humedad ambiental (%)	Temperatura piscina (°C)
<i>Grupo Experimental</i>			
1ra medición	18,3	74	27
2da medición	18	72	28,5
<i>Grupo Control</i>			
1ra medición	17,8	72	28,6
2da medición	18,1	71	27,2
media (DS)	18 (0,2)	72,2 (1,25)	27,8 (0,8)
valor p	0,62	0,2	0,93

### **4.3. ANÁLISIS POSTINTERVENCIÓN**

#### ***Del balance de líquidos y temperatura corporal***

La diferencia entre la cantidad de líquido consumido antes del entrenamiento fueron significativas entre los dos grupo (experimental: media  $515.69 \pm 255.97$ ; control: media  $391.33 \pm 324.45$ ; p 0.019); y altamente significativo durante el entrenamiento (experimental: media  $644.76 \pm 152.34$ ; control: media  $467.83 \pm 250.54$ ; p 0.001).

**Tabla 10. Distribución de pacientes en grupo experimental y grupo control según cantidad de líquido ingerido (ml), 4 horas antes y durante la actividad física. Club Regatas, Quito 2013.**

Grupos	Ingesta de Líquidos (ml)	
	4 horas antes entrenamiento	Durante entrenamiento
Experimental (n=65)	515.69 ± 255.97	644.76 ± 152.34
Control (n=60)	391.33 ± 324.45	467.83 ± 250.54
Dif. Medias IC95%	124.36 (202.02 - 228.51)	166.930 (102.54-251.29)
Valor p	0.019	<0.001

No hubo cambios significativos en la temperatura corporal antes (experimental: media 36,59 ± 0,31; control: media 36,6 ± 0,26; p 0.32), ni después de la realizado el entrenamiento (experimental: media 36,94 ± 0,33; control: media 36,9 ± 0,27; p 0.92)

**Tabla 11. Distribución de pacientes en grupo experimental y grupo control según la temperatura corporal antes y después de la actividad física. Club Regatas, Quito 2013.**

Grupos	Temperatura corporal	
	Antes entrenamiento °C (DS)	Después del entrenamiento °C (DS)
Experimental (n=65)	36,59 (0,31)	36,94 (0,33)
Control (n=60)	36,6 (0,26)	36,9 (0,27)
Diferencia de medias	0,01	0,04
Valor p	0,32	0,92

### ***Nivel de Deshidratación***

#### ***Pérdida de peso***

La pérdida de peso entre los dos grupos fue estadísticamente significativa (experimental: media  $0.52 \pm 0.26$ ; control: media  $0.72 \pm 0.33$ ; p 0.003). La pérdida porcentual de peso entre los dos grupos no fue significativa (experimental: media  $0.90 \pm 0.50$ ; control: media  $1.12 \pm 0.54$ ; p 0.020). La pérdida mayor del 2 % de peso corporal que se correlaciona con deshidratación no fue estadísticamente significativa entre los grupos (experimental: 3.07%; control: media 8.33%; p 0.37).

**Tabla 12. Pérdida de peso entre grupo experimental y grupo control después de la realización de la actividad física bajo temperatura ambiental y humedad.**

<b>Grupos</b>	<b>Peso Antes (Kg) Media ± DS</b>	<b>Peso Después (Kg) Media ± DS</b>	<b>Pérdida de peso (Kg) Media ± DS</b>	<b>Pérdida porcentual de peso Media ± DS</b>	<b>Pérdida &gt; 2% ã</b>
Experimental (n=65)	59.60 ±11.58	59.07 ± 11.52	0.52 ± 0.26	0.90 ± 0.50	3.07%
Control (n=60)	64.47 ± 8.73	63.75 ± 8.65	0.72 ± 0.33	1.12 ± 0.54	8.33%
Diferencias (IC95%)	4.87 (1.25-8.48)	4.68 (1.089-2.271)	0.2 (0.094-0.306)	0.22 (0.035-0.405)	(-0.045-0.150)
P	0.008	0.01	0.003	0.020	0.3747

ã: Representa el porcentaje de pacientes que presentaron más del 2% de pérdida de peso corporal, considerado como parámetro clínico de deshidratación.

### ***Gravedad específica urinaria***

La medición de la gravedad específica urinaria medida por refractometría antes de realizada la actividad física entre los dos grupos, determinó que no hubo cambios significativos en los valores de gravedad específica urinaria antes del entrenamiento (experimental: media  $1.019 \pm 0.010$ , control: media  $1.021 \pm 0.0069$ ; IC 95% 0.002 (-0.001, 0.005); p 0.1743), ni en los valores obtenidos después del entrenamiento (experimental: media  $1.020 \pm 0.0048$ , control: media  $1.025 \pm 0.026$ ; IC 95% 0.005 (-0.002, 0.02); p 0.1457)

**Tabla 13. Diferencias de distribución de pacientes en grupo experimental y control por el valor de gravedad específica medido antes y después del entrenamiento, después de realizada la intervención al grupo experimental. Club Regatas, Quito 2013.**

Grupos	Gravedad específica urinaria	
	Antes Entrenamiento N g/ml <sup>-1</sup> ± DS	Después Entrenamiento N g/ml <sup>-1</sup> ± DS
Experimental (n 65)	1.019 ± 0.010	1.020 ± 0.0048
Control (n 60)	1.021 ± 0.0069	1.025 ± 0.026
Diferencia (IC 95%)	0.002 (-0.001, 0.005)	0.005 (-0.002, 0.02)
p	0.1743	0.1457

Los participantes del grupo experimental se mantuvieron mejor hidratados, determinado por valores de gravedad específica urinaria menores a 1.020 g/ml<sup>-1</sup>, antes del entrenamiento (experimental: hidratados 72,31%; control: hidratados 36,67%; IC95% 5 (1.369 – 2.841); RR 1.972; X<sup>2</sup> 16.025; p 0.001), y después del entrenamiento (experimental: hidratados 66.15%; control: hidratados 33.85%; IC95% 5 (1.089 – 2.140); RR 1.527; X<sup>2</sup> 6.70; p 0.001)

**Tabla 14. Diferencias de distribución de pacientes en grupo experimental y control y su estado de hidratación medida mediante la gravedad específica antes y después del entrenamiento, después de realizada la intervención al grupo experimental. Club Regatas, Quito 2013.**

Grupos	Estado de hidratación según gravedad urinaria			
	Antes del entrenamiento		Después del entrenamiento	
	Hidratado N (%)	Deshidratado N (%)	Hidratado N (%)	Deshidratado N (%)
Experimental (n=65)	47(72,31)	18(27,69)	43(66,15)	22(33,85)
Control (n=60)	22(36,67)	38(63,33)	26(43,33)	34(56,67)
$\chi^2$ Diferencias (IC95%)	16, 025 (1.369 – 2.841)		6,70 (1.089 – 2.140)	
RR	1.972		1.527	
p	0,001		0,001	

Se analizó la adherencia de los participantes, determinada por el cumplimiento en la ingesta de líquido calculada individualmente por el peso corporal, y la hidratación, determinada por el valor de gravedad específica urinaria. Los participantes del grupo experimental que cumplieron con los requerimientos de líquido mantuvieron valores de gravedad específica urinaria menores de  $1.020 \text{ g/ml}^{-1}$ , que se correlaciona con un estado de hidratación corporal (experimental hidratado: 72.3 % ; control hidratado: 31.6%; p: 0.0001,  $\chi^2$  34.65, RR 2.28).

**Tabla 15. Distribución de pacientes en grupo experimental (n=65) y grupo control (n=60), que compara los participantes que mantuvieron y no niveles de euhidratación medidos mediante gravedad específica urinaria, y la adherencia al cumplimiento de las necesidades del líquido por kilogramo de peso. Club Regatas, Quito 2013.**

<b>Grupos</b>	<b>Adherencia a la cantidad de líquido</b>	
	<b>Hidratado N (%)</b>	<b>Deshidratado N (%)</b>
Experimental (n= 65)	47 (72,30)	18 (27,6)
Control (n= 60)	19 (31,67)	10 (16,6)
Total (N)	66	28
Valor p	p 0.0001	
RR	2.28	

## CAPITULO 5. DISCUSIÓN

El principal hallazgo fue que el grupo que recibió las indicaciones del ACSM, sobre la cantidad de líquido y el tiempo en que debían ser consumidos, mantuvo mejores niveles de hidratación antes del entrenamiento (RR 1.97, IC95% 1.369 – 2.841) y después el entrenamiento (RR 1.5, IC95% 1.089 – 2.140). Este hallazgo coincide con los estudios de Dabinett & Reid que concluyen que deportistas que recibieron un esquema y estrategias educacionales se mantuvieron hidratados durante su actividad física (Dabinett & Reid, 2001), y con el estudio de Osterberg, Horswill, & Baker, que demuestran que el 52% de los participantes que no recibieron ninguna guía sobre hidratación, iniciaban su entrenamiento deshidratados. (Osterberg, Horswill, & Baker, 2009). Se ha determinado que la planificación personal de protocolos y esquema de hidratación disminuyen el porcentaje de deportistas deshidratados. (Dabinett & Reid, 2001).

No hubo cambios en la temperatura ambiental (media  $18.1 \pm 0.2$ ;  $p$  0.62), humedad ambiental (media  $72.2 \pm 1.25$ ;  $p$  0.2), temperatura del agua de la piscina (media  $27.8 \pm 0.8$ ;  $p$  0.93), o temperatura corporal antes (experimental: media  $36,59 \pm 0,31$ ; control: media  $36,6 \pm 0,26$ ;  $p$  0.32), ni después de realizado el entrenamiento (experimental: media  $36,94 \pm 0,33$ ; control: media  $36,9 \pm 0,27$ ;  $p$  0.92). Por lo que sería interesante estudiar si la asociación entre USG y cantidad consumido de líquido, varía en cuanto a deportes en ambientes más cálidos y con diferentes vestimentas, ya que la pérdida de líquido en deportes como el futbol americano en donde se lo realiza al aire libre y con vestimenta para protección, pueden llegar a producir aumentos en la temperatura

corporal y aumento de los requerimientos de líquidos. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain, & Stachenfeld, 2007)

Hubo mayor pérdida de peso en el grupo control con una diferencia estadísticamente significativa (experimental: media  $0.52 \pm 0.26$ ; control: media  $0.72 \pm 0.33$ ;  $p 0.003$ ). Sin embargo la pérdida porcentual de peso entre los dos grupos no fue significativa (experimental: media  $0.90 \pm 0.50$ ; control: media  $1.12 \pm 0.54$ ;  $p 0.020$ ). Este hallazgo es similar al estudio de Cox, Ridley & Burke, en donde la pérdida porcentual de peso en nadadores varió apenas de entre 1.0 y 1.4%. Deportes como la natación, por las características ambientales favorecen el mantenimiento de parámetro de euhidratación. (Cox, Ridley, & Burke, 2002)

Aunque la pérdida mayor del 2 % de peso corporal, que se correlaciona con deshidratación, no fue estadísticamente significativa entre los grupos de nadadores (experimental: 3.07%; control: media 8.33%;  $p 0.37$ ); si hubo diferencia cuando se realizó la medición mediante USG antes del entrenamiento (RR 1.97, IC95% 1.369 – 2.841) y después del entrenamiento (RR 1.527, IC95% 1.08 – 2.14); lo que determinó que incluso cuando no hay una pérdida mayor de 2 % del peso corporal, el atleta puede iniciar y finalizar su actividad física deshidratado, medido como valores de USG mayores a  $1.020 \text{ g/ml}^{-1}$ .

Esto se relaciona con la validación que presentan los diferentes métodos para determinación de deshidratación; en donde la determinación por medición de USG es más válida para estados crónicos (horas), a diferencia del cambio de peso corporal, que

es de mayor utilidad en determinar la pérdida aguda de líquido, como es el caso de un entrenamiento. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007)

En conclusión, los participantes del grupo experimental se mantuvieron mejor hidratados, determinado por valores de gravedad específica urinaria menores a 1.020 g/ml<sup>-1</sup>, antes del entrenamiento y después del entrenamiento.

Las limitación principal de este estudio fue el hecho de que la asignación se realizó de forma cuasi aleatorizada, por el hecho de que cada grupo de nadadores presentaba diferentes entrenadores y horarios para sus prácticas. De igual forma el tamaño de muestra fue pequeño debido al escaso número de participantes que cumplían con los criterios de inclusión, además de la negativa de otros clubs de natación de ser parte del estudio. Lamentablemente no se pudo recolectar una muestra de orina para medir la USG antes de la intervención por razones económicas. Por último la medición de la ingesta de líquidos previo al entrenamiento fue cuantificado por los propios participantes, lo cual puede generar sesgos.

## **CAPITULO 6. CONCLUSIONES**

Las sugerencias contenidas en el estudio de la ACSM aplicadas en este estudio fueron eficaces en mantener parámetros clínicos y de laboratorio normales de hidratación. Por lo tanto, se recomienda una mayor difusión de este y otros métodos de hidratación en deportistas y entrenadores por las positivas repercusiones demostradas.

La variación en el peso corporal sirve pero no es suficiente para determinar el estado de hidratación- deshidratación, por lo cual debe también medirse la gravedad específica urinaria como un marcador complementario. Debería, difundirse el uso de la USG ya que es una prueba de alta sensibilidad, bajo costo, fácil de realizar e interpretar. (Stuempfle, 2003)

Se percibió que incluso en el grupo que recibió instrucciones sobre hidratación se presentaron casos aislados aunque no significativos de deshidratación. Por lo tanto, sería recomendable que se individualicen los requerimientos en la ingesta de líquidos, ya que la pérdida de líquidos en la actividad física depende de muchos factores, algunos de ellos de dependencia directa de la persona y que repercuten en mantenerse hidratado. (Sawka, Burke, Eichner, Mountain , & Stachenfeld, 2007)

En la búsqueda de fuentes bibliográficas no se encontraron numerosos estudios relacionados al tema, por lo que sería conveniente que se alienten este tipo de investigaciones médico - científicas, que abarquen además, este y diferentes deporte practicados y las distintas zonas geográficas de nuestro país.

Observamos que, salvo por el líquido que nosotros proporcionamos a los deportistas que formaron el grupo muestra, en las instalaciones del club no había bebederos o instalaciones para el suministro de agua. Por lo tanto, aconsejaríamos que instalaciones de este tipo se consideren dentro del mobiliario urbano, especialmente en sitios donde se verifica la práctica de deportes tales como parques, canchas y demás lugares donde se realizan actividades deportivas.

## BIBLIOGRAFÍA

Amstrong, L. (1998). Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *Journals of Sport Nutrition*, 345-355.

Amstrong, L. (2005). Hydration assessment techniques. *Nutrition Reviews*, 40-54.

Bouchama , A. (1998). Evidence for endothelial cell activation/injury in heat stroke. *Critical Medical Care*, 1173-8.

Bouchama, A., & Knochel, P. (2002). Heat Stroke. *New England Journal of Medicine*, 346.

Bouchama, A., Sedairy, S., & Siddiqui, S. (1993). Elevated pyrogenic cytokines in heatstroke. *Chest*, 502.

Connor, F. (2001). Hipertermia. En F. Connor, *Hipertermia* (pág. 247). McGraw-Hill Interamericana.

Dabinett, J., & Reid, K. (2001). Educational strategies used in increasing fluid intake and enhancing hydration status in field hockey players preparing for competition. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 334-348.

Dolan, M., & Eberman, L. (2009). Best Practice for Clinical Hydration . *Clinical evaluation and testing*, 9-11.

Durnin, J., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 77-97.

Gagge, A., & González, R. (1996). Mechanisms of heat exchange: Biophysics and Physiology. En M. Fregly, & C. Blatteis, *Handbook of Physiology* (págs. 45-84). New York: Oxford University Press.

Goulet, E. (2011). Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 1001-1005.

Goulet, E. (2012). Dehydration and endurance performance in competitive athletes. *Nutrition Reviews*, 132-136.

Guyton, A. (2000). Los compartimentos líquidos del cuerpo. En A. Guyton, *Tratado de fisiología médica* (págs. 320-332). Philadelphia: McGraw Hill.

Guzmán, F. (2004). Líquidos y electrolitos. En F. Guzmán, E. Carrizosa, A. Vergara, & C. Jiménez, *Líquidos y electrolitos en Cirugía* (págs. 30-33). Bogotá: Médica Internacional.

Handcock, P., & Vasmatazidis, I. (2003). Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge. *International Journal of Hyperthermia*, 355-372.

Hanson, P., & Zimmerman, S. (1979). Exertional heat stroke in novice runners. *Journal of The American Medical Association*, 249.

Haussinger, D. (1996). The role of cellular hydration in the regulation of cell function. *Journal of Biochemistry*, 697-710.

Higham, D., & Naughton, G. (2009). Comparison of Fluid Balance between Competitive Swimmers and Less Active Adolescents. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 259-74.

Jéquier, E., & Constant, F. (2012). Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration. *European Journal of Clinical Nutrition*, 115-123.

Knoched, J. (1974). Environmental heat illness: an eclectic review. *Archives of Internal Medicine*, 133.

Lang, F., & Waldegger, S. (1997). Regulating cell volume. *American Scientist*, 456-463.

Levy, M. (2006). Membranas celulares y transporte transmembrana de solutos y agua. En M. Levy, B. Koeppen, & B. Staton, *Principios de Fisiología* (págs. 8-10). Connecticut: Elsevier.

Manto, M. (1998). Isolated cerebellar dysarthria associated with a heat stroke. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 55.

Merixell, L. (2007). Homeostasia y líquidos corporales. En B. Gal, *Bases de la Fisiología* (págs. 21-36). Tebar.

Minton, D., & Eberman, L. (2007). Comparison of common field/clinical measures to standar laboratory measures of hydration status. *Journal of athletic training*, 42-56.

Montain, S., & Latzka, W. (1999). Fluid replacement recommendations for training in hot weather. *Military Medicine*, 502-508.

Oppliger, R. (2002). Hydratation testing in athletes. *Sports Medicine*, 959-971.

Osterberg, K., Horswill, C., & Baker, L. (2009). Pregame Urine Specific Gravity and Fluid Intake by National Basketball Association Players During Competition. *Journal of athletic Training*, 53-57.

Perez, R. (1986). Alteraciones clínicas de la regulación del volumen de líquidos. En R. Perez, *Resumen de conceptos y procedimientos sobre desequilibrio hidroelectrolítico* (págs. 20-30). Quito: Nueva Editorial.

Pineiro , N., & Martínez , J. (2004). Golpe de calor. *Emergencias*, 116-125.

Pineiro, N., & Martínez. (2004). Golpe de Calor. *Emergencias*, 116-125.

Rao, D. (2007). Cell- The structural and functional unit of life. En D. Rao, & J. Kaur, *Living Science Biology* (págs. 20-25). Delhi: Ratna Sagar.

Rodwell, V. (2000). Agua y Ph. En R. Murray, D. Graner, P. Mayes, & V. Rodwell, *Bioquímica de Harper* (págs. 17-20). Ontario: Manual Moderno.

Roessingh, R. (2001). Dipsticks measurements of specific gravuty urinary are unreliable. *Archive of Disseases in Childhood*, 155-157.

- Sanclemente, E. (2004). Líquidos y electrolitos en la práctica diaria. En H. Vélez, & W. Rojas, *Fundamentos de Medicina - Nefrología* (págs. 238-243). Medellín: Fondo.
- Sawka, M., Burke, L., Eichner, R., Mountain, S., & Stachenfeld, N. (2007). Exercise and Fluid Replacement. *American College of Sport Medicine*, 377-390.
- Sprung, C. (1979). Hemodynamic alterations of heat stroke in the elderly. *Chest*, 75.
- Stuempfle, K. (2003). Comparison of 3 methods to assess urinary specific gravity in college wrestlers. *Journal of athletic training*, 315-319.
- Szinnai, G., Schachinger, H., & Arnaud, M. (2005). Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. *The American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 275-280.
- Vera, Z. (1993). Cardiovascular alterations in heat stroke. *Chest*, 987-988.
- Vitoria, M. (2010). Bases fisiológicas del equilibrio del agua. Sed y práctica deportiva. País Vasco: UPV-EHU.