

Pautas para la rehidratación en una unidad aérea

VICENTE M. VELAMAZAN PERDOMO
Capitán Médico

J. CARLOS CRESPO FORTUN
Teniente Médico

*Mi garganta está seca como una teja
la lengua se me pega al paladar
me aprietas contra el polvo de la muerte
(Salmos, XXII-16)*

SIN llegar a los dramáticos extremos de la cita bíblica reseñada, es evidente que en una aeronave se pasa calor, que este induce a sudoración y que de esa pérdida de líquidos pueden surgir efectos indeseables que comprometan la comodidad, el bienestar, y la seguridad de nuestras tripulaciones.

Existen también preguntas no suficientemente respondidas en relación al cómo y por qué del ciclo del H₂O en nuestro organismos y cómo dicho ciclo se ve afectado por el calor, el ejercicio y una adecuada o inadecuada reposición líquida.

La idea de estas páginas no es otra que la de responder a esas preguntas y ayudar a evitar los problemas derivados de la pérdida excesiva, y no corregida, de H₂O y electrolitos.

En fisiología aeronáutica, el H₂O al

margen de la importancia que tiene para el funcionamiento normal del organismo resalta por su función como mecanismo de disipación de calor, principalmente en ambientes calurosos o en ejercicio intenso. Consecuentemente a esto y para mantener los mecanismos citados es imprescindible garantizar una adecuada reposición tanto de H₂O como de electrolitos (sales) que se pierdan con la sudoración (figura 1).

El organismo cuando está en condiciones normales (22°C, reposo, ropa ligera) pierde calor de 5 modos diferentes: radiación 60%; evaporación 25%; conducción 5%; convección 5% y excreción 5%.

Conforme las temperaturas corporal y ambiental se aproximan, la evaporación pasa de ese segundo puesto al primero convirtiéndose en el mecanismo más importante de eliminación de calor (7).

En los meses de calor y en nuestro ambiente éste es aún más acusado ya que la pérdida de calor por radiación se favorece llevando ropas ligeras y holgadas y no creo que nadie pueda definir como «ligeras y holgadas» a las prendas del equipo de vuelo.

Por tanto la evaporación-sudoración se convierte y con mucho en el método fundamental para eliminar calor en una aeronave (con temperatura elevada).

Para que esto se cumpla la sudoración tiene que evaporarse, lo que no sucede si la humedad relativa del aire es alta.

La figura 2 muestra las condiciones en que los distintos valores de temperatura y humedad relativa pueden relacionarse y afectar negativamente a nuestro balance hídrico (8, 10).

El FITS (Fighter Index of Thermal Stress) se desarrolló para revelar el grado de stress térmico que se sufre en el interior de la cabina de un avión de combate

COMPOSICION DEL SUDOR EN DIFERENTES CONDICIONES

Figura 1

	Na/mEq/l	K/mEq/l	ClmEq/l
Sudoración normal	<40	<3	<40
Sudoración con T° superior a 26° y humedad relativa >60%	60	<3	60
Si las condiciones empeoran la composición del sudor se acercará a la del líquido extracelular	142	5	104

FIGHTER INDEX OF THERMAL STRESS (FITS)

Figura 2

C°	% Humidity									
	20	30	40	45	50	55	60	70	80	
24.5			70	70	71	72	72	73	74	74
26.1	70	71	72	73	73	74	74	76	77	77
27.2	71	72	73	74	75	75	76	77	78	78
28.3	72	73	75	75	76	77	78	79	80	80
30.0	73	75	77	78	78	79	80	81	83	83
30.6	74	76	77	78	79	80	81	82	84	84
31.1	74	76	78	79	80	81	81	83	85	85
31.7	75	77	79	80	80	81	82	84	86	86
32.8	76	78	80	81	82	83	84	86	87	87
33.3	77	79	81	82	83	84	84	86	88	88
34.4	78	80	82	83	84	85	86	88	90	90
35.0	79	81	83	84	85	86	87	89	92	92
35.6	79	81	84	84	86	87	88	90	94	94
36.7	80	82	85	86	87	88	89	93	98	98
37.8	82	84	86	87	88	90	91	97	104	104
40.6	84	87	90	91	92	84	95	103	108	108
41.0	85	88	92	93	94	86	101	107	110	110

ALERT

DANGER

EMERGENCY

EVOLUCION DE LA TEMPERATURA EN ROTA DURANTE EL VERANO SEGUN REGIMENES

pero sus recomendaciones son extrapolables a otros tipos de aeronaves. Si se está en la zona de alerta las esperas en cabina serán de menos de 90 minutos y habrá de permitirse un intervalo mínimo de 2 horas entre vuelo y vuelo. Si se está en la zona de peligro sólo se permitirán 45 minutos de espera en cabina, se respetará el intervalo de 2 horas entre vuelo y vuelo y se suspenderán si es posible los vuelos a baja cota. Nótese que las temperaturas en el interior de una aeronave sin climatizar pueden superar en un 25-50% a las que se expresan en el FITS.

Las figuras 3, 4 y 5 nos muestran las temperaturas medias según regímenes (figura 3), medias y máximas (figura 4) así como la humedad relativa del aire según regímenes (figura 5) (datos de la Base Naval de Rota).

Al evaporarse el sudor disminuye la temperatura de la superficie cutánea actuando como un «radiador» para el resto del organismo (cada litro de sudor «elimina» 530 calorías) (7).

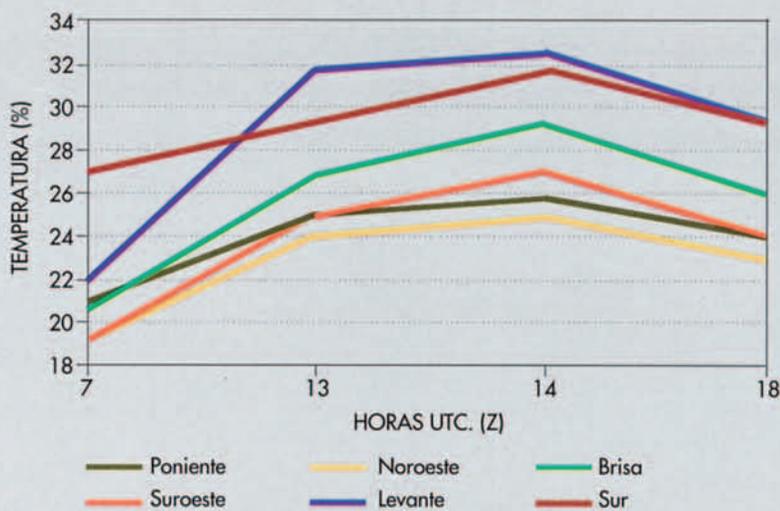
Si la humedad relativa del aire supera ciertos límites, quedarán anulados los mecanismos de pérdida de calor por conducción, radiación y convección, así como el debido a la evaporación. La situación puede conducir a un síndrome de hiperpirexia en el que falla el centro termoregulador y la temperatura corporal se eleva sin posibilidad de disipación (golpe de calor: dolor de cabeza, confusión mental, náuseas, vómitos, trastornos nerviosos, colapso, sudoración escasa o abolida) comprometiendo seriamente la vida.

El golpe de calor es una situación límite siendo mucho más frecuente el síndrome de «agotamiento» producido por el calor y la deshidratación.

El balance hídrico en condiciones normales es como sigue:

Ingresos	Salidas
Bebidas 1.200-1.500 ml.	Excreción renal 100-200 ml.
Alimentos 700-1.000 ml.	Sudoración 450-700 ml.
Oxidación substratos 200-300 ml.	Respiración pulmonar 350 ml.
	Excreción fecal 200 ml.
Total 2.100-2.800 ml.	Total 2.000-3.250 ml.

Cuando se hace ejercicio, la temperatura es elevada o se dan ambas circunstancias a la vez, disminuyen la excreción



	07 UTC.	13 UTC.	Max.Med.	18 UTC.	Max.Abs.	Frecuencia
Poniente	19.2	24.2	25.1	23.1	27.6	14%
Noroeste	19	24.8	25.8	23.8	30.5	11%
Brisa	20.5	27.1	28.7	25.8	34.4	25%
Suroeste	21.3	24.8	27	24	32.9	25%
Levante	22.2	31.5	32.4	29.1	35.8	14%
Sur	26.9	30.3	31.6	29.1	33.8	10%
Otros						1%

renal y fecal, aumenta ligeramente la pérdida por respiración pulmonar y mucho la pérdida por sudoración (una media de un litro por hora, máximo 3,7 litros por hora).

Este balance hídrico ha de mantenerse dentro de unos límites que oscilan entre un +/- 0,22% y un +/- 0,48% del H₂O corporal total (3).

La proporción de agua en el hombre es del 66% del peso total, así un hombre de 80 kilos tiene 53 litros de agua distribuidos entre los distintos compartimientos de su organismo.

Cuando el balance hídrico no es adecuadamente compensado iniciamos una deshidratación que podrá ser hipertónica (la más frecuente) que se debe a una pérdida excesiva de agua por sudoración o diarrea y también por déficit de aporte de agua. Sus síntomas son sed intensa, cuerpo seco y caliente, vómitos, desorientación, orina escasa, globos oculares hundidos, taquicardia e hipotensión.

La deshidratación hipotónica (intoxicación por agua) se debe a la reposición realizada exclusivamente con agua en vómitos intensos, diarreas o sudoración profusa (recordemos que en estos tres cuadros se pierden agua y sales, y que por tanto las bebidas utilizadas para reponer grandes pérdidas de líquidos habrán

de ser isotónicas ya que en caso contrario se producirían cambios en los movimientos del agua entre los distintos compartimientos orgánicos), sus síntomas son debilidad sin sed, fatiga, calambres musculares y hemoconcentración (1,7).

En la figura 6 se exponen los distintos signos y síntomas relacionados con el porcentaje de pérdida de agua.

La deshidratación contribuye linealmente al aumento de la temperatura corporal, aumentando ésta 0,15°C por cada 1% de pérdida de peso.

También hace que disminuya el volumen sistólico y el gasto cardíaco. Siendo ésta una de las razones por las que la deshidratación disminuye la tolerancia a las aceleraciones. Asimismo la capacidad intelectual se ve reducida por causa de la deshidratación y ya que el vuelo es una tarea compleja donde la actividad mental y la física se relacionan estrechamente, es probable por tanto que los efectos nocivos de la deshidratación vayan más allá de los puramente fisiológicos.

La reposición adecuada de agua y electrolitos es fundamental, siendo la abstinencia de líquidos durante la realización de esfuerzos físicos, exposiciones a temperaturas elevadas o ambas, una costumbre basada en la ignorancia o en experiencias negativas debidas a los efectos noci-

Tabla I

Para vuelos con duración igual o menor a una hora, con ejercicio bajo o moderado.

Propuesta:

- 1/2 hora antes del vuelo 300-500 ml. H₂O.
 - Durante o inmediatamente después del vuelo 500-1.000 ml. de H₂O.
- Razonamiento: se bebe agua antes del vuelo para atenuar los efectos de la deshidratación durante éste. El agua bebida después del vuelo o durante él sirve para reponer los fluidos perdidos en el sudor y atenuar la subida de temperatura corporal.

Tabla II

Para vuelos con duración igual o menor a una hora, con ejercicio intenso o muy intenso.

Propuesta:

- Igual que la tabla I pero añadiendo 30-50 grs. de HC al H₂O de antes del vuelo.
- Razonamiento: el ejercicio intenso puede agotar la reserva de glucógeno muscular y provocar una hipoglucemia, por esto es necesario mantener los niveles de glucosa en sangre. Además la deshidratación disminuye la tolerancia a las aceleraciones.

Tabla III

Para vuelos con duraciones comprendidas entre 1 y 3 horas y con ejercicio bajo o moderado.

Propuesta:

- 1/2 Hr. antes del vuelo 300-500 ml. H₂O.
 - Durante el vuelo 500-1.000 ml. H₂O/Hr con 10-20 mEq NaCl (2.3-4.6 grs. de NaCl por litro de H₂O).
 - Después del vuelo: beber para reponer el líquido perdido por sudoración. H₂O con 30-40 mEq NaCl (6.9-9.2 grs. de NaCl por litro de H₂O).
- Si el ejercicio hubiese sido intenso añadir 50 grs. HC/l.
- Razonamiento: reposición de fluidos y electrolitos.

Tabla IV

Para vuelos con duración superior a tres horas con ejercicio bajo o moderado.

Propuesta:

- 1/2 Hr antes del vuelo 300-500 ml. H₂O.
 - Durante el vuelo 500-1.000 ml H₂O/Hr con 20-30 mEq/1 NaCl y 6-8% HC.
 - Después del vuelo, igual que en la tabla III.
- Razonamiento: se añaden HC porque en un vuelo de más de tres horas se pueden agotar las reservas de glucógeno muscular favoreciéndose la aparición de una hipoglucemia. La reposición de Na tiene en estos vuelos largos otra función añadida que es la de prevenir la hiponatremia-deshidratación hipotónica.

vos, gástricos e intestinales fundamentalmente, causados por la administración de líquidos no adecuados durante dichas situaciones (2,7).

La sed es, por sí sola, un mal indicador del nivel de hidratación y guiarnos exclusivamente por ella puede conducir a una deshidratación involuntaria (3, 6).

La sed se define como la sensación de sequedad en boca y garganta asociada a un deseo de beber aunque una definición más apropiada desde un punto de vista fisiológico sea «un deseo de beber resultante de un déficit de agua en el organismo».

La sed no puede aparecer en sujetos con pérdidas de un 2-6% de agua corporal (dándose la paradoja de que las respuestas fisiológicas adversas se dan a partir de pérdidas del 1-2%) (3). Está asimismo demostrado que el beber «ad libitum» (voluntario) sólo repone un 56% del volumen de agua perdida (3) ocu-

riando en ocasiones que individuos intensamente deshidratados no experimentaban sensación alguna de sed.

Por tanto la ingesta de líquidos utilizando la sed como único estímulo puede llevar a un balance hídrico negativo (8).

Esta deshidratación involuntaria habrá de recuperarse por otros mecanismos más a largo plazo.

Una serie de puntos contribuyen a aclarar los mecanismos de la deshidratación involuntaria (3):

—Si sudamos más de 600 gramos por hora el estímulo de la sed sólo llega tras sufrir pérdidas elevadas de agua.

—Si el agua no tiene un sabor agradable el consumo se ve restringido.

—El déficit de agua acumulado entre comidas se repone con las comidas.

—Se bebe menos cuando se está trabajando u ocupado y más en los periodos de descanso.

—Si el agua no es fácilmente accesible se tiende a beber menos.

—Puede no aparecer sed con pérdidas de hasta un 6% del agua corporal.

—A mayor déficit de agua mayor tiempo de recuperación (hasta 16 horas).

—Deshidratación y ejercicio son estímulos menos efectivos que el calor para provocar la sed.

La cantidad de ingesta líquida ha de ser lo más similar posible a la de sudoración para así reducir el riesgo de hipertemia, otro criterio de rehidratación es el de impedir que la pérdida de H₂O supere el 3% del peso corporal.

Una limitación absoluta en la reposición líquida por vía oral (la parenteral escapa a los objetivos de este trabajo) es la velocidad de vaciado gástrico que oscila entre 1-1.5 L/H y que se ve afectada por factores como la temperatura del líquido ingerido (10-15°C es óptima), su concentración y la intensidad del ejercicio físico realizado (6).

Esta limitación explica el fenómeno por el cual tras un esfuerzo y/o calor prolongado, en el que no se han repuesto adecuadamente las pérdidas, por mucho que bebamos continuamos con sed.

Si por ejemplo hemos perdido tres litros de sudor y no nos hemos rehidratado adecuadamente durante la pérdida tardaremos un mínimo de tres horas en rehidratarnos por completo aunque «hinchemos» el estómago con agua en los 10 primeros minutos.

Otro aspecto importante de la rehidratación es el de utilizar ésta para reponer además del agua y las sales perdidas por sudoración los hidratos de carbono (HC) perdidos durante el ejercicio.

Si se prevé que el vuelo va a tener un componente importante de esfuerzo físico interesa unir hidratos de carbono a los líquidos de reposición (5).

La cantidad variará entre 25 a 60 gramos por hora de vuelo, variando según el esfuerzo realizado en éste (5).

Hay que ingerir los hidratos de carbono al menos 30 minutos antes del tiempo en que aparecería la fatiga caso de no tomarlos (5).

La ingesta de hidratos de carbono en las bebidas de reposición es fundamental para mantener la concentración de glucosa en sangre cuando los niveles de glucógeno muscular empiezan a disminuir (50% a las dos horas, 100% a las 3 horas y media) (5).

En las páginas siguientes se proponen unas tablas de rehidratación que consideramos adecuadas para la reposición de líquidos, electrolitos e hidratos de carbono en tripulaciones de aeronave.

Una fórmula básica de rehidratación es:
NaCl 3.5 grs., Glucosa 20.0 grs., H₂O 1.0 L, Zumo de limón.

CONCLUSIONES

— La deshidratación involuntaria es un riesgo probable en una unidad aérea, sus consecuencias pueden comprometer muy seriamente la seguridad de vuelo. La tolerancia a las aceleraciones se ve disminuida por la deshidratación.

—La sed no es un estímulo 100% válido para prevenir la deshidratación, en circunstancias adversas hay que beber más agua de la que dicta la sed.

—La ingesta de agua es vital para mantener la secreción de sudor que es la defensa más importante del organismo frente al calor.

—En las escuadrillas que realizan vuelos en condiciones especialmente adversas es conveniente asegurar un suministro de agua y electrolitos antes, durante y después del vuelo.

La temperatura ideal de este agua oscilará entre 10-15°C para favorecer tanto el deseo de beberla como su absorción intestinal.

— Las recomendaciones formuladas en este artículo se basan en la información recogida hasta el momento y que en algunas variables es poca o prácticamente nula (por ejemplo: ¿cuáles son las temperaturas exactas dentro de las cabinas de las distintas aeronaves y a distintas temperaturas ambientes? ¿Qué cantidad de H₂O pierde un piloto o tripulante aéreo dependiendo de las temperaturas, condiciones de vuelo y tipo de aeronave?).

Habrán de ser ajustadas por los médicos de vuelo de las unidades aéreas.

—La bebida ideal de reposición hidro-electrolítica es difícil de formular y variará según individuos, condiciones ambientales y de vuelo.

—Ciertos medicamentos inhiben la sudoración (por ejemplo: antihistamínicos) comprometiendo un adecuado intercambio de calor con el medio ambiente. Consulte a su médico aeronáutico o de vuelo si está tomando cualquier tipo de medicación por inocua que le parezca.

Figura 5
EVOLUCION DE LA HUMEDAD EN LA BASE NAVAL DE ROTA DURANTE EL VERANO SEGUN REGIMENES

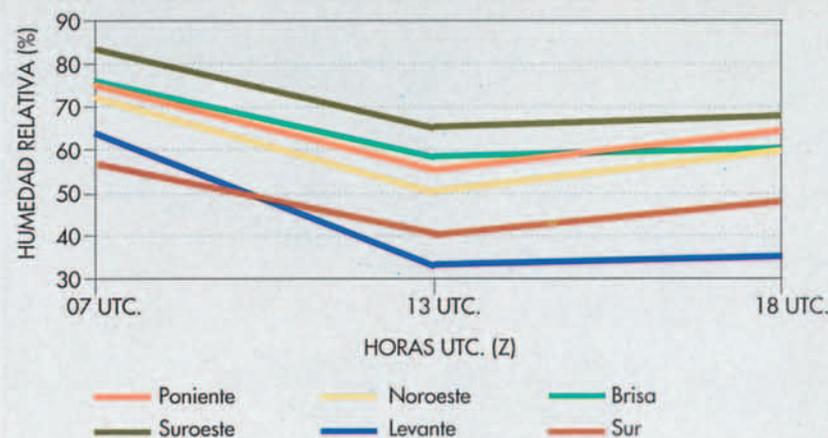


Figura 6
EFECTOS ADVERSOS DE LA DESHIDRACION

Porcentaje de pérdida de peso corporal

- 0
- 1 Umbral de la sed y umbral donde la termoregulación empieza a deteriorarse llevando a una disminución de la capacidad de trabajo físico.
- 2 Sed más intensa. Malestar difuso. Sentido de opresión. Pérdida de apetito.
- 3 Boca seca, hemoconcentración y reducción de la excreta urinaria.
- 4 Disminución del 20-30% en la capacidad de trabajo físico.
- 5 Dificultad para concentrarse, dolor de cabeza, impaciencia, somnolencia.
- 6 Severo deterioro en la regulación de la temperatura, hiperventilación que lleva a hormigueos y temblor en las extremidades.
- 7 Riesgo muy elevado de colapso si se une a los factores calor y ejercicio.

—El alcohol no es una bebida adecuada de rehidratación en ninguna de sus presentaciones, de hecho favorece o agrava la deshidratación.

Las bebidas carbonatadas aunque por razones diferentes a las del alcohol tampoco son adecuadas para la reposición hidro-electrolítica.

—Sería conveniente que en los días de calor se solicitasen temperaturas y humedades relativas al servicio de meteorología de la unidad y se cruzasen los datos en la tabla FITS en la figura 2 tomándose las medidas oportunas ■

Bibliografía

1. Michael N. Sawka, Greenleaf J.E. *Current concepts concerning thirst, dehydration and fluid replacement: an overview.* Med. Sci. Sports, exerc., vol. 24, n° 6, 1992.
2. Hubbard R.W., M Mager y M Kerstein. *Water as a tactical weapon: a doctrine for preventing heat casualties.* Army Sci. Conf. Proc. 1982.
3. Greenleaf J.E. *Problem: thirst, drinking behavior and involuntary dehydration.* Med. Sci. Sports Exerc., vol 24, n° 6, 1992.

4. Sawka, M.N. *Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation.* Med. Sci. Sports Exerc., vol 24, n° 6, 1992.

5. Coyle E.F. y S.J. Montain. *Carbohydrate and fluid ingestion during exercise: are there trade-offs?* Med. Sci. Sports Exerc., vol 24, n° 6, 1992.

6. Gisolfi, C.V. y Duchman, S.M. *Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events.* Med. Sci. Sports Exerc., vol 24, n° 6, 1992.

7. Gonzalez-Ruano E. *Reposición de líquidos y electrolitos.* Alimentación del deportista. Págs. 113-128. Ed. Marban.

8. Gacia Alcon J.L. y Moreno Vázquez J.M. *Work conditions assesment in pilots and ground personnel under high weather temperatures.*

The support of Air Operations under Extreme Hot and Cold Weather Conditions. AGARD Conference proceedings 540.

9. Meyer L.G., Horrigan Jr D.J., Neisler H.M. y Lotz W.G. *Effects of three hydration beverages on exercise performance during 60 hours of simulated desert exposure.* The support of Air Operations under Extreme Hot and Cold Weather Conditions. AGARD. Conference proceedings 540.

Agradecemos la colaboración de Patricio López Carmona, Jefe del Servicio de Meteorología del Helipuerto de la Base Naval de Rota por los datos de temperatura y humedad relativa y del cabo 1º IM Joaquín Vicente Cruz por la elaboración de los gráficos.