



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN DEL URUGUAY  
Centro Regional Rosario

Licenciatura en Educación Física  
con orientación  
en Ciencias del Ejercicio

## **TESIS DE GRADO**

Título: “Efecto de diferentes protocolos de vuelta a la calma o enfriamiento sobre la recuperación de distintas variables fisiológicas implicadas en el rendimiento deportivo en nadadores”

Autor: FESTA, Raúl Ricardo

Director: GORDON, Eugenio



## Resumen

La recuperación tras una carga de trabajo es un aspecto de la preparación del atleta que debería recibir mayor atención por parte de los entrenadores y preparadores físicos. El entrenamiento y/o competición exigen que los atletas realicen esfuerzos de alta y máxima intensidad. Este tipo de actividad implica un consumo energético importante y que los atletas puedan fatigarse física, metabólica y mentalmente. Por ello, las estrategias de recuperación deben centrarse en invertir o minimizar estas fuentes de fatiga. Una recuperación acelerada puede permitir un incremento del rendimiento durante las sesiones de entrenamiento y las competencias subsiguientes.

**Material y Método:** Se trabajó con nadadores del club Echesortu Fútbol Club de la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina. La edad promedio es de 16,9 +/- 3,11; talla promedio 179,7 +/- 7,05; peso promedio 70,81 +/- 9,51. Los tratamientos efectuados fueron tres (continuo, intervalado e intermitente), aplicándolos siempre sobre la misma muestra de nadadores. Previo a ello se evaluó su capacidad de recuperación. **Tratamientos:** Sprint de 100m (mejor estilo del nadador); posteriormente medición de variables, lactato al 1', 3', 5'; frecuencia cardíaca al 1', 2', 3'; test de Seat & Reach de flexibilidad de la cadena posterior muscular. De los 10 (diez) nadadores, 5 (cinco) de ellos realizaban trabajos de elongación. Por último se aplicó una carga de 1500m de nado continuo el primer día; 12 x 100m de forma intervalada el segundo; y 3 bloques de 10 x 25m (20"x20") de manera intermitente el tercer día. Siempre estilo crol. **Resultados:** El número de brazadas de los tres tratamientos son significativamente diferentes con  $p < 0.05$ . La frecuencia cardíaca difiere estadísticamente entre los protocolos, siendo el método intermitente menor al intervalado, pero no al continuo, ocurriendo lo mismo con el intervalado hacia el continuo,  $p < 0.05$  (Continuo: 166.8; Intervalado: 176.1; Intermitente: 158.3). La variable velocidad, en el sprint muestra que la metodología continua fue mayor estadísticamente del intermitente, pero no del intervalado, ocurriendo lo mismo con el intermitente y éste último. Cada nadador utilizó su especialidad de nado. El método intermitente introdujo la mayor velocidad de nado entre los protocolos en comparación con el tratamiento intervalado y el continuo (1.53 +/- 0.10m/seg). En el análisis del ácido láctico, el protocolo intermitente de recuperación traduce una diferencia significativa con respecto al protocolo continuo e intervalado, en la última muestra (1.9 +/- 1.16mmol/l vs 4.1 +/- 1.9mmol/l vs 5.3 +/- 2.06mmol/l,  $p < 0.05$ ). Comparando el rango de caída de la curva, se observa que la metodología continua muestra una caída igual o aún mejor que la intermitente en promedio (-10.4 +/- 1.8mmol/l vs -10.2 +/- 3.6mmol/l respectivamente,  $p < 0.05$ ). La variable flexibilidad muestra que aplicando el protocolo de elongación previo en comparación con el que no lo aplica, la misma no es significativamente diferente,  $p < 0.05$ . En cuanto a los tratamientos, el continuo muestra en promedio una diferencia significativa con respecto al intermitente y al intervalado entre el antes y el después (2.4 +/- 1.85cm vs 1.85 +/- 2.26cm vs 0.00 +/- 1.27cm respectivamente,  $p < 0.05$ ). De todo lo anterior se concluye que se acepta de manera parcial la hipótesis de trabajo, ya que en primer lugar es evidente que los ejercicios aplicados muestran una recuperación de las variables, pero no es el método intervalado, como se proponía, el que traduce la mayor recuperación, más allá de todo lo expuesto a favor del mismo.



## 1. Introducción

### 1.1 Marco Teórico:

#### a- Natación

La natación incluye competencias en cuatro estilos diferentes (libre, mariposa, espalda y pecho) así como individuales (el mismo nadador realiza todos los estilos) y relevos. Las carreras se dividen típicamente en sprint o carrera corta de velocidad (50-100m), de media distancia (200-400m) y de distancia (800-1500m), aunque éstas distinciones difieren de la de base fisiológica que se aplica a otros deportes. Por ejemplo, el sprint más corto en la natación tiene una duración de  $> 20''$ , mientras que el récord mundial para carreras de distancia es de  $7'$  a  $8'$  y de  $14'$  a  $16'$  para los 800 a 1500m respectivamente. Así, la natación de competencia se caracteriza por una alta tasa de movimiento de energía, con una prioridad relativa para los fosfatos de alta energía y la glucólisis anaerobia para los sprints, y la glucólisis aerobia para las competencias de distancia. Se observa altas concentraciones de lactato en sangre (12-20mMol/lit en hombres de élite; más bajo en mujeres) al finalizar las carreras, especialmente en las de 100 a 400m, con probables limitaciones en el desempeño como resultado de la alteración del pH intracelular.

El éxito en la natación radica en la producción de grandes cantidades de fuerza con una técnica altamente coordinada y eficiente. Los nadadores tienen una gran capacidad aeróbica absoluta, aunque cuando se la expresa por kg de masa muscular, es menor que las de otros deportistas de resistencia. En general, los nadadores son más altos, fuertes y pesados que sus contrapartes sedentarios, o que otros deportistas con entrenamiento de resistencia; algunos estudios muestran un aumento en la altura y en la masa magra promedios en los competidores de élite en las últimas décadas, y una diferencia entre los ganadores de las competencias y los que no llegan a las finales (Hagerman, 1994; Troup y cols., 1994).

Los nadadores, especialmente los de velocidad, se caracterizan por tener el cuerpo y los brazos largos, y un gran desarrollo muscular en las piernas y en la parte superior del cuerpo. Un estudio oficial de la antropometría de los nadadores del Campeonato Mundial de Perth, Australia, en 1991, informó que las alturas y masas corporales promedio eran de 171,5 cm y 63,1 kg para las mujeres y 183,8 cm y 78,4 kg para los hombres (Carter y Ackland, 1994). Existen algunas diferencias en las características físicas de los nadadores de diferentes estilos; los de distancia y pecho tienden a ser más pequeños (menos altura y menor masa corporal) que los especializados en velocidad y espalda.

La natación es una disciplina con soporte de peso. Aunque los deportistas mueven su propia masa corporal, están sostenidos por la flotación en el agua reduciéndose el costo energético asociado con ese movimiento. Como resultado, los nadadores son más delgados que sus contrapartes sedentarios, son más pesados y presentan en general mayores niveles de grasa corporal que otros deportistas de resistencia. Los programas de entrenamiento se asocian con un aumento de la masa magra y una pérdida de grasa corporal a lo largo de la temporada (Petersen y cols, 2006; Pyne y cols, 2006).<sup>1</sup>



### **b- Entrenamiento, Carga de Trabajo y Competición.**

El entrenamiento: el concepto “entrenamiento” se utiliza en la lengua coloquial para los ámbitos más diversos y se suele utilizar en el sentido de un proceso de ejercicio que busca un grado más o menos acentuado de mejora en los objetivos de cada momento. En un sentido muy general Martin (1977, 14) considera al entrenamiento como proceso que genera un cambio de estado (físico, motor, cognitivo, afectivo). La fórmula “entrenamiento deportivo” delimita el significado, pero deja abierta la cuestión del desarrollo gradual. Matveiev (1972, 1) entiende por entrenamiento deportivo la preparación física, técnico-táctica, intelectual, psíquica y moral del deportista con la ayuda de ejercicios físicos. Desde a la práctica deportiva, Carl (1989, 218), recomienda definir al entrenamiento deportivo como un proceso de acciones complejas cuyo propósito es incidir de forma planificada y objetiva sobre el estado de rendimiento deportivo y sobre la capacidad de presentar de forma óptima los rendimientos en situaciones de afirmación personal.

La entrenabilidad refleja el grado de adaptación a las cargas de entrenamiento. Se trata de una magnitud dinámica que depende de una serie de factores endógenos (constitución corporal, edad, etc.) y exógenos (nutrición, condiciones ambientales, etc.). Dentro de una misma persona puede variar en los distintos sistemas orgánicos y funcionales.<sup>2</sup>

El plan de entrenamiento anual nos informa sobre el modo de configurar el proceso de entrenamiento anual del deportista o grupo. Incluye, los diferentes objetivos de entrenamiento e intereses principales en el transcurso del año; planificación de la carga; la planificación del diagnóstico de rendimiento; la planificación de la competición; la planificación del proceso de evaluación.

- Plan del macrociclo: sirve para configurar a medio plazo.
- Plan de entrenamiento semanal: también llamado microciclo, informa sobre la configuración de sesiones de entrenamiento de varios días, llegando hasta una semana.
- Plan de la sesión de entrenamiento: nos informa sobre la configuración del programa de calentamiento, de la parte principal de la sesión y de la conclusión del entrenamiento.
- Otro autor como, Platonov (2001) menciona una parte del plan como mesociclo diciendo lo siguiente: “el mesociclo de entrenamiento representa una etapa del proceso de entrenamiento relativamente homogénea, cuya duración es de 3 a 6 semanas”.

Organización de la sesión de entrenamiento: la sesión de entrenamiento es la unidad mínima dentro del proceso global de entrenamiento y forma una totalidad cerrada desde el punto de vista del contenido, del tiempo y de la organización. La práctica del entrenamiento ha demostrado la conveniencia de dividir la sesión de entrenamiento en una parte preparatoria, una parte principal y una parte final.

- *Parte Preparatoria*: incluye el planteamiento de las siguientes tareas: crear una disposición óptima ante el entrenamiento (transmitiendo una orientación básica, justificando las exigencias y manteniendo una actitud psíquica adecuada a la



situación), concentrarse en la carga previa psíquica que se va a realizar y en la tarea principal que se quiere solucionar, conseguir una elasticidad muscular óptima mediante ejercicios de relajación y estiramiento, calentamiento y estimulación inicial, familiarizarse con la secuencia motora específica y conseguir una capacidad de reacción óptima.

Se deben elegir ejercicios sencillos y conocidos, con el fin de evitar interrupciones indeseadas y perjudiciales para el calentamiento. El aumento de la carga debe ser progresivo para prevenir lesiones. La duración de la preparación depende de la modalidad deportiva, la temperatura externa, la tarea principal, etc., debería ocupar un tiempo de 15 a 30 minutos.

- *Parte Principal:* incluye tareas pensadas para el desarrollo o la consolidación de la capacidad de rendimiento deportivo. Las tareas consisten principalmente en trabajo técnico, táctico y de condición física, sin descuidar el fenómeno de rasgos de la personalidad que sirvan para optimizar el rendimiento. La duración de la parte principal debería situarse entre 45 y 60 minutos.
- *Parte Final:* aquí deben iniciarse y acelerarse los posteriores procesos de recuperación y regeneración. Así pues, el epílogo incluye el planteamiento de las siguientes tareas, reducir progresivamente la carga con ejercicios de relajación y distensión de los músculos, y disminuir la carga nerviosa disminuyendo la concentración, reconducir de forma activa el sistema cardiovascular y el metabolismo hasta alcanzar valores anteriores a la carga (ej. con carreras suaves), conclusión del trabajo dentro de una atmosfera animada, intentando que la actitud ante la próxima sesión de entrenamiento sea positiva.<sup>2</sup>

La Carga de Entrenamiento: La carga de entrenamiento alude al cálculo cuantitativo de entrenamiento realizado. Suelen reconocerse conceptos como la carga externa, interna y psicológica; por ejemplo, y respectivamente, la cantidad de trabajo hecha, su efecto sobre el cuerpo y el efecto psicológicamente percibido del deportista (Matveyev, 1964; Volkov, 1969; Ozolin, 1970; Tumanyan, 1974). El volumen y la intensidad se consideran las características generales principales de la carga de entrenamiento, (Ozolin, 1949; Matveyev, 1956; Khomenkov, 1970; Nabatinkova, 1972).

La influencia de la carga se expresa por medio de su efecto entrenante, el cual se valora, primeramente, por medio de la magnitud del cambio experimentado por la condición física del deportista.<sup>3</sup>

La Competición: las competiciones deportivas interesan desde distintos puntos de vista. Sirven para consolidar sistemáticamente el rendimiento, para desarrollar el estado de entrenamiento del deportista, para poner a prueba el estado de rendimiento, para controlar la eficacia del entrenamiento (Colectivo de autores, 1982; Neumann, 1994).

Por lo general, las competiciones deportivas no tienen sentido al margen del entrenamiento. Entrenamiento y competición forman una unidad (Lehmann, 1994; Thiess, 1994; entre otros).

A la hora de seleccionar competiciones, hemos de tener en cuenta: la sucesión correcta de las competiciones, manteniendo fases de recuperación suficiente; un número suficiente de competiciones; un nivel de competiciones en consonancia con el estado de preparación del momento, la forma física momentánea.



Para el caso de una preparación de la competición inmediata durante varias semanas, Lehnert (1994, 13), propone la siguiente estructura global; *Fase de Recuperación* (una semana aproximadamente), recuperación activa, sobre todo psíquica, especialmente si la preparación para la competición se ubica al final de una temporada de competición intensa (deporte compensatorio, medidas fisioterapéuticas, volumen de entrenamiento medio e intensidad escasa).<sup>2</sup>

**c- Variables fisiológicas implicadas en el esfuerzo y sus alteraciones (lactato, frecuencia cardíaca, amplitud de movimiento foco en la cadena posterior muscular)**

**Ácido Láctico y Ejercicio:**

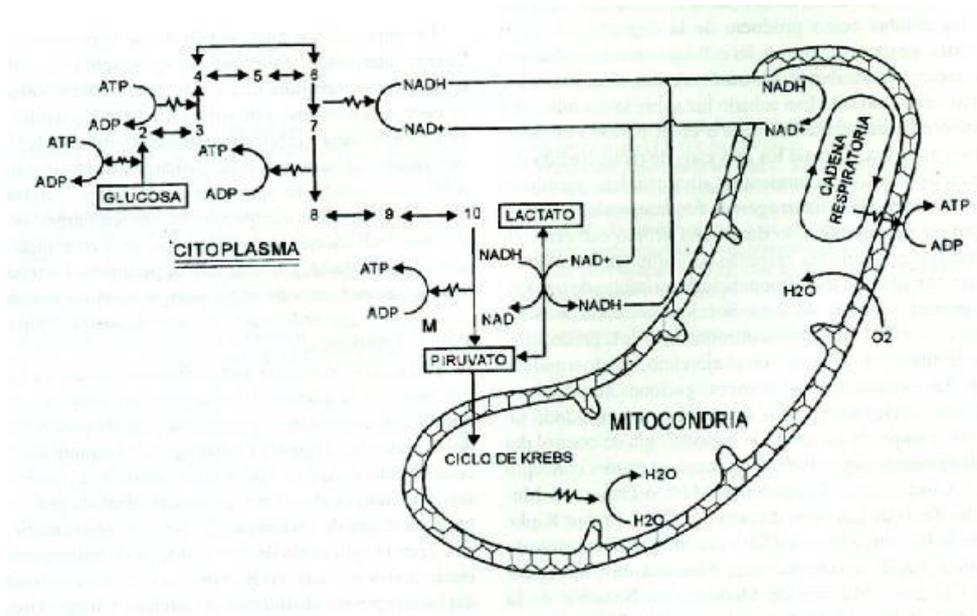
El primer concepto de la conferencia “Diagnóstico Médico-Deportivo Mediante Test de Lactato” dictada por el Dr. Lotar Kipke (Jefe de Investigadores del servicio Médico-Deportivo de la Leipsig, República Democrática Alemana) en el marco de VII Congreso Mundial de Medicina en Natación de FINA (Londres 11-15 Setiembre de 1989) rezó textualmente “la investigación y el control de los niveles de ácido láctico sanguíneo intra- y post- esfuerzo es una de las más importantes herramientas de diagnóstico y pronóstico del rendimiento del entrenamiento y la competencia”.

*Glucólisis y Lactato:* durante muchos años se pensó que la producción de lactato, interpretado éste como un “producto terminal” de la glucólisis, constituía una vía alternativa de generación de energía, en ausencia de suficiente oxígeno tisular (vía anaeróbia) cuyo efecto residuales sobre la acides (ph) intracelular bloqueaban metabólicamente la síntesis de ATP, anticipando la aparición de la fatiga.

El lactato en cuanto metabolito intermedio de la degradación de la glucosa, ha sido persistentemente condenado como una sustancia perniciosa que sólo genera fatiga, dolor muscular, angustia y hasta agonía. También se pensó equivocadamente que el lactato era generado solamente en la ausencia de oxígeno en el medio mitocondrial celular, y en forma en proporcional a la misma. Hoy se ha demostrado fehacientemente que la producción de lactato puede tener lugar tanto en presencia como en ausencia de oxígeno.

El primer sustrato a considerar en el estudio de la vía de la producción de lactato es la glucosa proveniente de la degradación del glucógeno local. El patrón metabólico de la degradación de la glucosa en las células de los mamíferos se denomina glucólisis, y consiste en una sucesión invariable de 11 reacciones bioquímicas específicamente catalizadas y reguladas por enzimas. La figura 1 describe el proceso de degradación glucolítica. Éste proceso de producción de piruvato mediante la degradación de glucosa que tiene lugar en el citoplasma celular, libera parte de la energía contenida en los enlaces químicos de las moléculas de éste glúcido, que puede aprovecharse para efectuar el trabajo químico necesario para la incorporación de fosfato a moléculas ADP mediante enlaces altamente energéticos, formándose ATP, sustancia que permite almacenar energía de reserva, para su utilización ulterior en la producción de trabajos biológicos diversos. Este mecanismo puede considerarse como una forma de generación

de ATP citoplasmático. Puede observarse, por consiguiente que existen dos rutas metabólicamente principales para las transformaciones que puede sufrir el piruvato: oxidarse total e irreversiblemente a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O participando en el Ciclo de Krebs o reducirse parcial e irreversiblemente a lactato. Debiera hablarse de glucólisis rápida (en sustitución de anaeróbica) y lenta (en sustitución de aeróbica).



**Figura 1.** Interrelaciones entre la glucólisis rápida a piruvato, el trabajo mitocondrial y la producción de lactato. El sentido hacia abajo indica disminución del nivel energético molecular. Los números indican los sucesivos metabolitos de la glucólisis, de cuyos nombres se hace abstracción en mérito a la simplicidad.

*Papel del NAD (nicotina-adenina-dinucleotido) en su forma reducida y oxidada:* el proceso glucolítico tiene la particularidad de que el paso del metabolito “6” al “7” implica obligadamente la incorporación del H<sup>+</sup>, que se desprende de la consiguiente oxidación, a moléculas de NAD en su forma oxidada (NAD<sup>+</sup>) transformándolas en su forma reducida NAD-H<sub>2</sub>, se requiere la presencia de NAD<sup>+</sup> en el medio, o sea que las moléculas de NADH sucesivamente producidas deben de alguna manera reoxidarse a NAD<sup>+</sup>.

La reoxidación del NADH, tiene lugar principalmente en dos procesos metabólicamente diferentes: a- en el primer paso de la cadena respiratoria, que implica la cesión del H<sup>+</sup> del NADH para reducir FAD (flavina-adenina-dinucleotido) a FADH dentro de las mitocondrias, con paso ulterior del NAD<sup>+</sup> al citoplasma (“Shuttle” de NAD<sup>+</sup>); b- en la reacción de transformación (reducción) del piruvato a lactato, que implica la cesión de H<sup>+</sup> del NAD (en calidad de coenzima de Láctico-Deshidrogenasa, LDH) para formar la molécula de éste último, con liberación de NAD<sup>+</sup> directamente en el citoplasma. En consecuencia, se puede establecer que:

- 1- El destino metabólico de cada molécula de piruvato producida en la glucólisis rápida estará determinada por la cantidad de NADH presente en el citoplasma o,



- mejor, por la relación-cociente entre las concentraciones de las formas reducidas y oxidadas del NAD (NADH/NAD<sup>+</sup>).
- 2- La intensidad de la glucólisis rápida será un determinante importante de la concentración de NADH en el citoplasma: a mayor tasa de glucólisis, mayor concentración de NADH en el citoplasma.
  - 3- La eficiencia de la cadena respiratoria para oxidar aeróbicamente al NADH dentro de las mitocondrias será, por su parte, un determinante de la concentración de NAD<sup>+</sup> en el citoplasma, a una mayor eficiencia aeróbica mayor concentración NAD<sup>+</sup>.
  - 4- La eficiencia de las mitocondrias para oxidar piruvato a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O a través del Ciclo de Krebs será, a su vez, un en los atenuante de la concentración de piruvato en el citoplasma.

Durante un esfuerzo físico relativamente importante, la velocidad de ruptura glucolítica, generadora de importantes aumentos en los cocientes NADH/NAD<sup>+</sup> y piruvato/lactato, puede aumentar relativamente mucho más que la capacidad oxidativa mitocondrial: esta condición es específicamente importante para entrenadores y técnicos deportivos, por que la velocidad glucolítica está influida en forma casi excluyente por la intensidad del estímulo de esfuerzo, que es uno de los instrumentos metodológicos que ellos utilizan.

*Función Reguladora de las Enzimas de la Glucólisis:* una de las enzimas que tiene una función determinante en éste proceso, es la fosfofructo quinasa (PFK), que cataliza el tercer paso de la glucólisis, su actividad se ve deprimida por diversos factores, entre ellos un nivel citoplasmático elevado de ATP y fosfocreatina, y una alta concentración de citrato proveniente del primer paso del Ciclo de Krebs. La actividad de la PFK es, además, inhibida por un descenso del pH (aumento de la acidez celular), como ocurre cuando se produce aumentos masivos de la concentración de lactato como consecuencia de esfuerzos progresivos e intensos.

Otras enzimas importantes del ciclo glucolítico, son la hexoquinasa (paso 1), fosfoglucomutasa (paso 8) y la piruvatoquinasa (paso 10).

Es fundamental conocer que, con entrenamientos específicos adecuados, es posible incrementar la cantidad (actividad) de éstas enzimas citoplasmáticas, con lo que se logra un aumento de la velocidad (canalización) de los respectivos pasos metabólicos, y con ella una mayor eficiencia de la vía glucolítica rápida.

El entrenamiento de la velocidad de las enzimas permitirá una mayor potencia al servicio del esfuerzo deportivo.

*Lactato Intra- Celular y Lactato Sanguíneo:* numerosas investigaciones que estudian la producción de lactato intra-celular y su correlación con el lactato presente en la sangre demuestran que alrededor de un 50% del lactato producido es transportado al compartimiento intra-vascular.

El lactato que se cuantifica en la sangre es una expresión del balance entre su producción y su remoción (eliminación) a cargo de las células, el lactato sanguíneo aumenta cuando los procesos de producción superan a los de remoción.

La figura 3 muestra que la producción de lactato intra-celular y su curva de remoción se encuentran altamente correlacionadas.

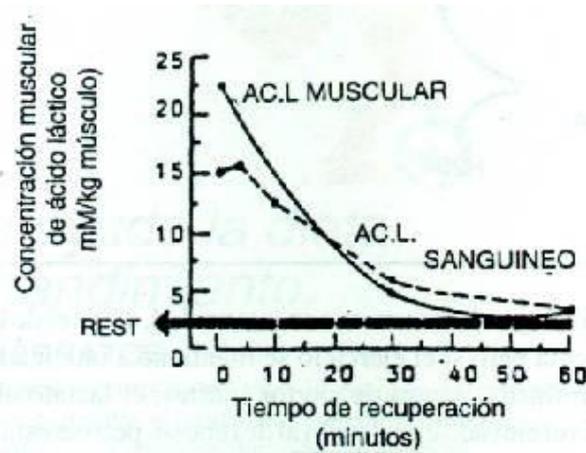


Figura 3

*Mecanismos Celulares de Producción y Remoción de Lactato:* últimamente se ha profundizado el conocimiento del mecanismo reversible que permite la reconversión de lactato a piruvato, sea en el citoplasma de la propia célula, o bien en otras células del organismo (grupos musculares diferentes, corazón, hígado, etc.), para las que el lactato es considerado como un combustible reconvirtiéndose y oxidándose en el ácido piruvico en la mitocondria. Este transporte y reutilización del lactato se conoce como “Lactate Shuttle”. Esto es posible debido a la reversibilidad del paso metabólico entre piruvato y lactato. Ambas direcciones de la reacción son catalizadas por diferentes isoenzimas de una misma enzima, la Láctico Deshidrogenasa (LDH).

Este mecanismo reversible es una de las más importantes opciones metabólicas presentes en la célula para reconvertir el lactato generado durante el ejercicio intenso.

El proceso de reconversión de lactato a piruvato supone una cierta tasa de “recambio” de lactato, llamado “lactate turnover”. Estudios radioisotópicos han demostrado claramente que, para un nivel inicial dado de lactato, la correspondiente tasa de remoción durante el ejercicio es varias veces mayor que en reposo.

Si el ejercicio aumenta en intensidad el nivel de lactato aumenta pero si el ejercicio se mantiene a una intensidad determinada, dentro de ciertos límites, el lactato alcanza un nivel elevado en relación al de reposo pero se estabiliza, lo que indica que las respectivas tasas de producción y de remoción han alcanzado valores similares.

Las metodologías radioisotópicas han demostrado que la tasa de remoción de lactato es dependiente de su concentración sanguínea; o sea que cuando el lactato aumenta en la sangre, los mecanismos de remoción se ven estimulados. También hay un relación casi lineal directa entre la potencia de remoción de lactato y la potencia aeróbica expresada en términos de consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) ( $r= 0.86$ ).<sup>4</sup>

*Producción vs. Remoción de Ácido Láctico Durante el Ejercicio (“Lactate Turnover”):* Numerosas investigaciones con moléculas de ácido láctico “marcados” con radioisótopos (trazadores radioactivos), han probado que el ácido láctico es un metabolito muy activo durante el ejercicio realizado a diferentes grados de intensidad, tanto como en el período de reposo o descanso.

A una intensidad de ejercicio mas elevada, la lactacidemia aumenta por encima de los valores de reposo, pero si la intensidad es mantenida (ya sea en forma continua o intercalada, con pausas muy breves), la lactacidemia se estabiliza en un nivel superior al de la Figura 1 a.

Numerosos trabajos y nuestra propia experiencia de investigación, demuestran que se pueden sostener trabajos en 50 y 80 minutos de duración a una tasa de balance (“turnover” o producción-remoción) tal, que la lactacidemia oscila entre 2 y 3, hasta 4 mM/Lt y que la curva de lactato (Figura 1 b) puede tener fluctuaciones dentro de este rango. Las razones de la mantención del estado de equilibrio de lactacidemia (o “steady-state” lactácido) en un nivel por sobre el de reposo, pero relativamente bajo (menos de 4 mM/Lt) y en un esfuerzo tan prolongado, se debe a un mecanismo multifactorial en el que intervienen la potencia oxidativa mitocondrial, que oxida el piruvato proveniente de la remoción, una mayor participación de los ácidos grasos en la degradación metabólica aeróbica, y una mayor capacidad para transferir el lactato al torrente sanguíneo y transportarlo del mismo modo a otros sitios metabólicos (grupos musculares menos activos o inactivos, corazón, etc.) con activa respiración celular, que toman al lactato como combustible oxidativo. El nivel funcional de ejercicio de este tipo de entrenamiento con un balance entre 2-4 mM/Lt, ha sido por nosotros nombrado como nivel Subaeróbico.

En una tercera situación, (Figura 1 c) ante un ejercicio continuo o intervalado de mayor intensidad (con pausas mayores), la lactacidemia alcanza un nuevo estado de equilibrio (“steady-state”), que transcurre en una franja entre 4-6 mM/Lt de concentración sanguínea. Los trabajos (nominado Superaeróbico), varían entre los 25’ y 40’ de duración según los individuos.

Los estudios con trazadores indican que la tasa de remoción o “clearance metabólico” se incrementa cuando aumenta la lactacidemia.

Sería lógico pensar que convendría realizar ejercicios más intensos que generen un “steady-state” o estado de equilibrio entre producción-remoción más elevado, para aumentar la intensidad del “turnover”. Ello sucede si realizamos ejercicios continuos o intervalados a una intensidad más elevada que en la Figura 1 c, alcanzando una franja o área funcional entre 6 y 9 mM/Lt de lactacidemia (Figura 1 d).

El inconveniente de este tipo de estimulación, es que es muy difícil mantener el equilibrio dinámico en este nivel funcional por más de 12’ a 18’ de trabajo. Hemos denominado a este tipo de entrenamiento como área funcional de Consumo Máximo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub> máx).

Ante un ejercicio con intensidad progresiva y constante, es naturalmente imposible alcanzar un estado de equilibrio; por la intensidad creciente los procesos de producción superan a los de remoción, Figura e.

A través de ésta gráfica podemos comprender con mayor claridad la definición de umbral aeróbico-anaeróbico lactácido, significa el punto de inflexión de una curva de relación entre velocidad (abcisa) y lactato (ordenada), que de un comportamiento casi lineal cambia a otro exponencial.

El lactato producido y removido (y por ende el balance entre la producción y la remoción intracelular) tienen una alta correlación lineal con el nivel de lactato arterial y

venoso, y una correlación exponencial con el VO<sub>2</sub>. Esto está hipotetizado en trabajos de Boyd y cols. (1981) y Brooks y cols. (1985), donde se presume que el punto de ruptura de la curva, es decir, el umbral aeróbico-anaeróbico láctido (Figura 1 e), está dado por un aumento de la tasa de producción o aparición, por sobre la tasa de remoción o desaparición.

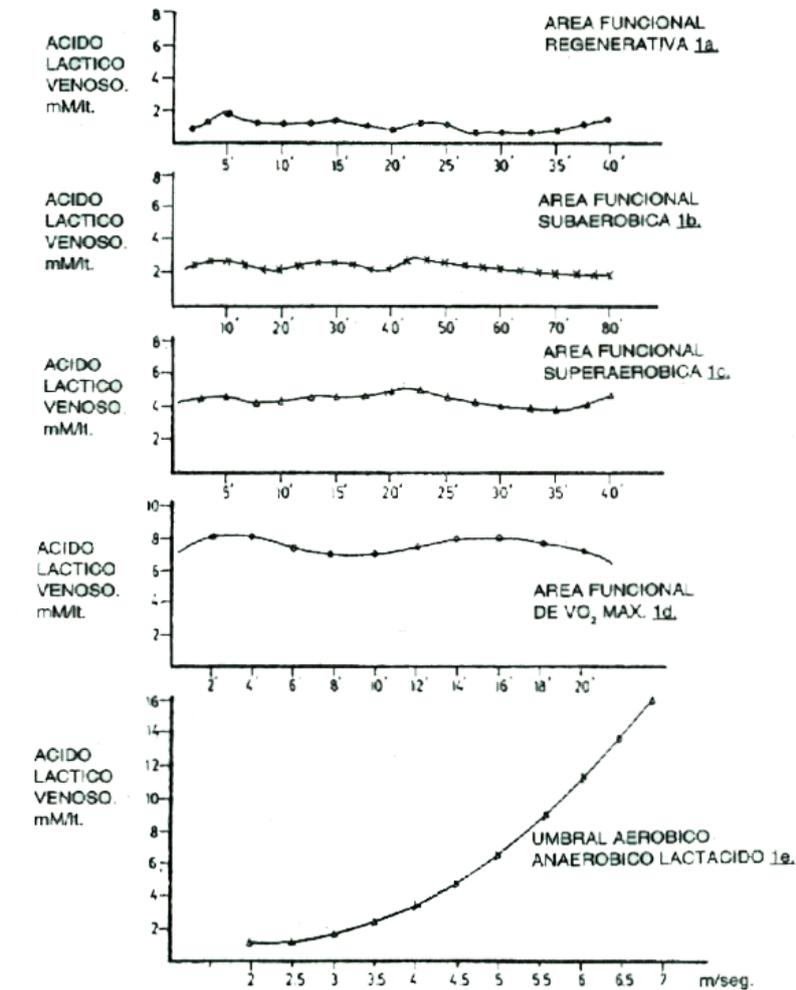


Figura 1

*Caminos Metabólicos del Ácido Láctico Durante los Procesos de Recuperación:* se producen aproximadamente 100 mg/kg/hora de lactato en condiciones de reposo, estimándose que el 50% se reconvierte a piruvato y es oxidado en el Ciclo de Krebs. En la Figura 2 podemos ver porcentuales de lactato que siguen distintos caminos metabólicos.

Esta información vital ha sido obtenida usando radioisótopos en animales, por Brooks y cols. (1973), y Brooks y Grosser (1980), inyectando (U-14 C) lactato a ratas durante ejercicio intenso, hasta la fatiga absoluta. Durante varios momentos de la recuperación fueron medidos los niveles radioisotópicos en sangre, hígado, riñón, corazón y músculos. Se debe considerar que el comportamiento metabólico del lactato, cuando el ejercicio se detiene, dependería de las condiciones metabólicas internas. Por ejemplo, altos niveles de lactato y condiciones casi normales para otros sustratos, como

glucógeno hepático y glucosa sanguínea, favorecerían la oxidación del lactato. Por el contrario, un gran vaciamiento glucogénico y/o una hipoglucemia, favorecerían tanto la neoglucogénesis como la neoglucogenogénesis, con una menor tasa de oxidación de lactato.

Por lo tanto, podemos afirmar que, durante el proceso de recuperación, más del 70% del lactato es reconvertido a piruvato y oxidado en el Ciclo de Krebs.

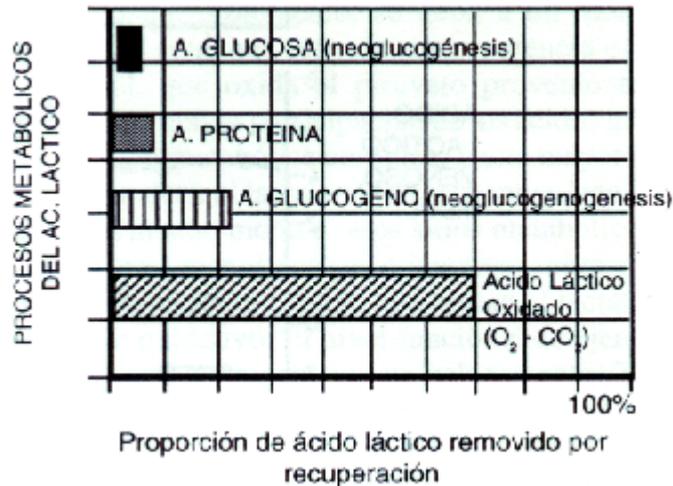


Figura 2

El otro 30% del lactato removido en el proceso de recuperación tiene diferentes destinos ya enunciados, en orden de prioridades:

- Un 2-3% se utiliza para la restitución de la glucosa sanguínea.
- Un 20% es precursor neoglucogénico (en músculo y corazón en primera instancia, y luego en hígado).
- 5-7% se emplea para la restitución de aminoácidos y proteínas.

*Tasa de Remoción en la Recuperación Activa y Pasiva:* numerosas investigaciones han demostrado que la curva de desaparición del lactato sanguíneo, es sensiblemente diferente y mucho más rápida con trabajo regenerativo activo, como en la Figura 3. Mucho se ha polemizado acerca de la intensidad (en % de VO<sub>2</sub> máx.) o la velocidad (en % de la velocidad máxima de competición) a las que deben realizarse los trabajos de recuperación activa.



Figura 3

Considerando los deportes de base como el atletismo y la natación, podemos sintetizar las conclusiones de numerosas investigaciones, diciendo que en carrera se alcanzan los más elevados niveles de oxidación y remoción a una intensidad entre el 30% y 45%  $VO_2$  máx., equivalente a velocidades entre el 35 y el 50% de la velocidad máxima (Figura 4).

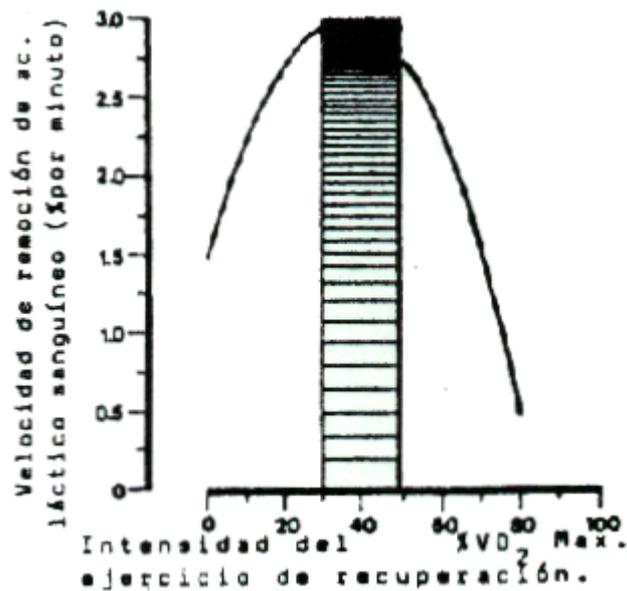


Figura 4

El papel del trabajo regenerativo activo es de capital importancia en los procesos de recuperación activos. El respaldo científico de esta aseveración radica en que la actividad física a ritmo suave, es activadora del proceso de reconversión de lactato residual y de su posterior oxidación intramitocondrial. Con respecto a este proceso, podemos considerar dos situaciones:

- a- El transporte de lactato dentro del músculo activo (“Lactate Shuttle” dentro del músculo).
- b- El transporte de lactato hacia la sangre y de allí a otros grupos musculares y regiones celulares de alto potencial oxidativo (“Lactate Shuttle” intravascular).

Con respecto a la situación a-, aproximadamente sólo la mitad del lactato formado en el músculo ejercitado es liberado a la circulación venosa; la otra mitad, es consumido dentro del músculo y aparece como CO<sub>2</sub> en la sangre venosa. Basados en resultados de Baldwin y cols. (1977, 1978), puede observarse que el lactato producido preponderantemente en fibras glucolíticas anaeróbicas (II b), e difundido y oxidado dentro del propio músculo a fibras lentas o aeróbicas (Tipo I), o también a fibras rápidas semioxidativas (II a) (Figura 5).

Considerando la situación b-, el trabajo regenerativo activo logra que el lactato circule en una fracción de 1 minuto, alcance el corazón y sea enviado por la circulación arterial a territorios musculares.

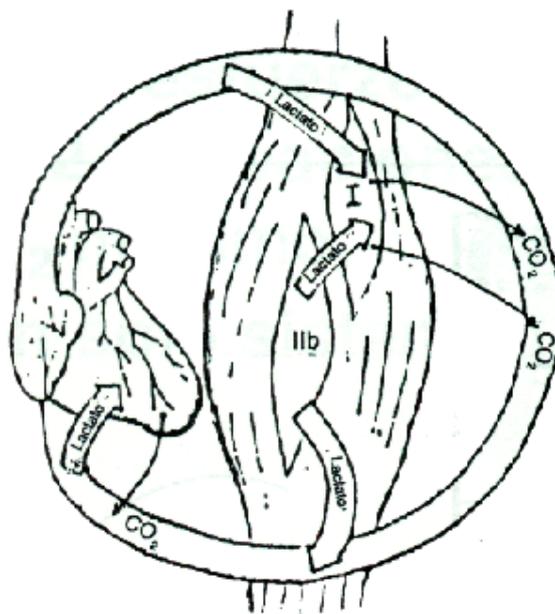


Figura 5

Es obvio concluir que este proceso será beneficioso por el aumento del volumen minuto y de la redistribución del flujo sanguíneo, variables incrementadas con el trabajo activo y disminuidas durante la recuperación pasiva.<sup>5</sup>



### **Frecuencia Cardíaca y Ejercicio:**

El sistema cardiovascular distribuye nutrientes y oxígeno, y elimina dióxido de carbono y productos metabólicos de desecho de todas las células del cuerpo. Mantiene la temperatura del cuerpo, la capacidad de amortiguamiento de la sangre ayuda a controlar el pH del cuerpo. Mantiene unos niveles apropiados de fluidos para prevenir la deshidratación.

*Estructura y función del sistema cardiovascular:* el corazón tiene dos aurículas actuando como cámaras de recepción y dos ventrículos como unidades de emisión. Es la bomba principal que hace circular la sangre por todo el sistema vascular. La sangre del cuerpo vuelve a través de las grandes venas (vena cava superior e inferior) a la aurícula derecha, recibe sangre desoxigenada del cuerpo. Desde la aurícula derecha la sangre pasa a través de la válvula tricúspide al ventrículo derecho. Esta cámara bombea la sangre a través de la válvula pulmonar semilunar hasta la arteria pulmonar, que lleva la sangre a los pulmones derecho e izquierdo.

Después de recibir el aporte fresco de oxígeno, la sangre abandona los pulmones a través de las venas pulmonares que la vuelven a llevar hacia el corazón y hacia la aurícula izquierda. Desde ésta, la sangre pasa a través de la válvula bicúspide (mitral) hacia el ventrículo izquierdo. La sangre abandona el ventrículo izquierdo pasando por la válvula aórtica semilunar hacia la aorta, que finalmente la envía a todas las partes del cuerpo.

*Sistema cardíaca de conducción:* el músculo cardíaco tiene la capacidad única de generar su propia señal eléctrica. Sin estimulación hormonal ni neural, la frecuencia cardíaca intrínseca efectúa entre 70 y 80 latidos (contracciones) por minuto, pero en las personas que siguen entrenamientos de resistencia puede descender a niveles inferiores. Los cuatro componentes del sistema cardíaco de conducción son: Nódulo Senoauricular; Nódulo auriculoventricular; Fascículo atrioventricular (haz de Hiz); Fibras de Purkinje. El impulso para la contracción cardíaca se inicia en el nódulo senoauricular, sitas en la pared posterior de la aurícula derecha. Éste impulso se difunde por los dos ventrículos y llega hasta el nódulo atrioventricular, localizado en la pared auricular cerca del centro del corazón. El nódulo auriculoventricular dirige el impulso desde las aurículas hasta los ventrículos. El impulso es retrasado aproximadamente 0.13 segundos cuando pasa a través del nódulo auriculoventricular. Este retraso permite que las aurículas se contraigan antes que lo hagan los ventrículos. El fascículo auriculoventricular viaja a lo largo del tabique ventricular y luego envía ramificaciones de los fascículos derecho e izquierdo hacia ambos ventrículos. Estas ramas terminales del fascículo auriculoventricular son las fibras de Purkinje. Esta rápida conducción permite que todas las paredes del ventrículo se contraigan al mismo tiempo.<sup>6</sup>

*Mecanismos reguladores de la respuesta cardíaca al ejercicio:* son tres los mecanismos los encargados de este control: Mecanismos de Tipo Nervioso, Mecanismos Homonales-Humerales; Mecanismos Hidrodinámicos. Debemos tener en cuenta que estos mecanismos no son exclusivos de la respuesta al ejercicio, sino que son los que permiten al corazón, funcionar de acuerdo a cada situación fisiológica.

Los mecanismos nerviosos son parte del control extrínseco de la función cardíaca. El sistema nervioso es el responsable de los cambios rápidos que acontecen durante el



ejercicio. Distinguimos los mecanismos centrales de los periféricos. Entendemos por centrales a aquellos estímulos u órdenes procedentes de estructuras nerviosas que actúan sobre centros nerviosos especializados en la regulación del sistema cardiovascular. Cuando hablamos de mecanismos periféricos estamos haciendo referencia a procesos reflejos iniciados desde diferentes receptores situados en las periferias del organismo que actúan sobre los centros cardioreguladores originando una respuesta. Los centros nerviosos especializados en la función cardiovascular se encuentran en la porción ventrolateral del bulbo. A su vez, en estos centros se recibe información procedente del hipotálamo, donde se regulan las funciones vegetativas. El centro vasomotor del bulbo actúa sobre el sistema cardiovascular a través de las vías simpáticas y parasimpáticas que llegan al corazón y a los vasos sanguíneos. Durante el ejercicio se produce en líneas generales una activación de las vías nerviosas simpáticas a la vez que se inhibe el control parasimpático. Estas modificaciones de control con respecto a la situación de reposo (en la cual existe normalmente un predominio de la actividad parasimpática) se debe a una serie de señales que recibe el centro vasomotor, procedentes de diversos lugares del organismo y que se desencadenan cuando se inicia el ejercicio.

Los mecanismos humorales pueden ser localizados en el musculo en ejercicio (mecanismos tisulares) o como respuestas generalizadas del organismo provocadas por las hormonas (mecanismos hormonales).

Los cambios metabólicos que tienen lugar en el musculo durante el ejercicio (aumento de la presión de CO<sub>2</sub>, disminución de la presión de O<sub>2</sub>, disminución del pH) como consecuencias de los procesos catabólicos glucolíticos y oxidativos regulan la adecuación del flujo sanguíneo a las demandas tisulares.

Los mecanismos hormonales, en consecuencia de la activación simpática del organismo durante el ejercicio, se produce un aumento de la síntesis y liberación de las catecolaminas de la médula suprarrenal. Además se activa el eje hipotálamo-hipofisario dando lugar a la respuesta endócrina al ejercicio. Entre las diversas hormonas que forman parte de la respuesta, destacamos un aumento del péptido natri urético auricular y del eje renina-angiotensina-aldosterona, así como de la hormona antidiurética (ADH), por la importancia que tienen en la regulación de la función vascular.

El mecanismo hidrodinámico son los cambios que experimenta el retorno venoso y que repercuten directamente sobre la función cardíaca. El aumento del retorno venoso es uno de los principales factores capaces de aumentar el volumen sistólico, y por tanto el gasto cardíaco, gracias al mecanismo de Frank-Starling, en virtud del cual, al aumentar el volumen telediastólico o volumen de llenado del ventrículo, las fibras musculares ventriculares se elongan permitiendo que la siguiente contracción se realice generando más tensión, de forma que aumenta el volumen sistólico. Los motivos por los cuales aumenta el retorno venoso a la aurícula derecha, fundamentalmente a través de la vena cava inferior, son los siguientes: efecto de bombeo muscular, aumento de la inervación simpática general, acción de la bomba de aspiración torácica.<sup>7</sup>

*Respuesta cardiovascular al ejercicio:*

- Frecuencia cardíaca: es uno de los parámetros más sencillos e informativos. Medirla implica simplemente tomar el pulso del sujeto (radial o carotideo). La frecuencia cardíaca refleja la intensidad del esfuerzo que debe hacer el corazón

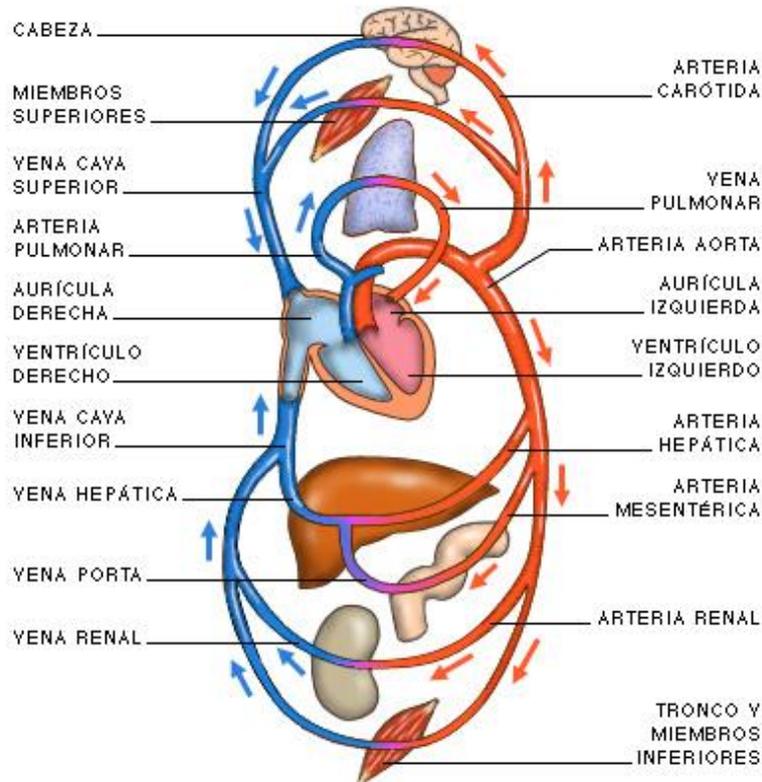


para satisfacer las demandas incrementadas del cuerpo cuando está inmerso en una actividad. La frecuencia cardíaca en reposo de promedio es de 60 a 80 latidos/minutos. En deportistas muy en forma que siguen entrenamientos de resistencia, se han descrito frecuencias en reposo que oscilan entre 28 y 40 latidos/minutos. Las estimaciones fiables de la verdadera frecuencia cardíaca en reposo deben hacerse solamente bajo condiciones de total relajación, tales como las primeras horas de la mañana al levantarse. La frecuencia cardíaca durante el ejercicio se incrementa rápidamente proporcionalmente a la intensidad del ejercicio. La frecuencia cardíaca máxima es el valor más alto que alcanzamos en un esfuerzo total hasta el punto del agotamiento. Puede calcularse restando nuestra edad de 220, obteniendo una aproximación de dicho valor. Esto es una estimación, los valores individuales varían considerablemente.

- Volumen sistólico: cambia también durante el ejercicio para permitir que el corazón trabaje más eficazmente. La mayoría de los investigadores están de acuerdo en que el volumen sistólico aumenta con ritmos crecientes de esfuerzo, pero solamente hasta intensidades de ejercicio de entre el 40 y el 60% de la capacidad máxima.
- Gasto cardíaco: los cambios son el producto de la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico. El valor de reposo para el gasto cardíaco es aproximadamente de 5.0 litros/minutos. Aumenta en proporción directa con el incremento de la intensidad del ejercicio hasta al menos 20 a 40 litros/minutos. Cuando nuestro cuerpo pasa de una posición de tendido a otra de pie, el volumen sistólico cae inmediatamente. Al mismo tiempo el ritmo de nuestro corazón aumenta. Es simplemente una adaptación para mantener el gasto cardíaco. El volumen sistólico también aumenta con el ejercicio, incrementando aún más el gasto cardíaco. Durante las fases iniciales del ejercicio, el mayor gasto cardíaco se debe a un aumento en la frecuencia cardíaca en el volumen sistólico. Cuando el nivel de ejercicio rebasa el 40 o el 60% de la capacidad individual, el volumen sistólico se ha nivelado. Por lo tanto, los nuevos incrementos del gasto cardíaco son el resultado principalmente de aumentos de la frecuencia cardíaca.
- Flujo de sangre: se redirige, mediante la acción del sistema nervioso simpático, alejándola de áreas donde no es esencial hacia áreas que están activas durante el ejercicio. Cuando el cuerpo comienza a sobrecalentarse, como consecuencia directa del ejercicio o por temperaturas ambientales elevadas, se redirige más sangre hacia la piel para alejar el calor del centro del cuerpo hacia la periferia. Esto ocasiona un menor retorno venoso hacia el lado derecho del corazón. A su vez, esto reduce el volumen sistólico la frecuencia cardíaca aumenta, compensando de esta manera el volumen sistólico disminuido en un esfuerzo por mantener el gasto cardíaco.
- Sangre: cuando el metabolismo aumenta durante el ejercicio, las funciones de la sangre se hacen más vitales para que el rendimiento sea eficaz. La diferencia arteriovenosa de oxígeno puede llegar a aumentar aproximadamente hasta tres veces desde el reposo hasta los niveles máximos de ejercicio. Con esfuerzos

prolongados puede producirse una reducción de entre el 10 y el 20% o superior en el volumen del plasma.

- pH sanguíneo: cuando la intensidad aumenta por encima del 50%, el pH comienza a reducirse al mismo tiempo que la sangre se vuelve más ácida.<sup>6</sup>



*Frecuencia cardíaca postejercicio:* la recuperación después de un ejercicio breve o de un ejercicio de baja intensidad suele ser rápida. Las velocidades de recuperación varían de un individuo a otro y dependen del nivel de entrenamiento de resistencia. La pendiente de la disminución de la frecuencia cardíaca postejercicio es la misma, cualquiera que sea el nivel de entrenamiento. La diferencia reside en el hecho de que, para una misma potencia absoluta de ejercicio, el deportista entrenado tiene una frecuencia cardíaca inferior a la del no entrenado, por lo tanto, recupera más rápidamente un valor de 100 latidos/minutos. Ésta sigue estando, con diferencia, por encima de su frecuencia cardíaca en reposo, más baja que la del no deportista de resistencia (40-45 latidos/minutos para el deportista no resistente). La recuperación de un ejercicio de larga duración (1 hora o más) es mucho más lenta debido a la elevación de la temperatura interna, lo que se acentúa en caso de práctica en ambiente cálido y húmedo.<sup>8</sup>



### **Amplitud de Movimiento foco en la Cadena Posterior Muscular:**

La amplitud hace alusión a una extensión espacial determinada. Por otro lado, casi todos coinciden en que lo propio de la flexibilidad es incrementar, agrandar, aumentar una particular amplitud entendida como una determinada magnitud angular en una o varias articulaciones del cuerpo humano.

Una articulación (articular significa unir, enlazar), en el cuerpo humano es la unión de dos o más huesos. Sus elementos constitutivos son numerosos, huesos, cartílagos articulares, cápsulas, ligamentos, rodetes, tendones e inserciones no tendinosas, músculos, etc. Cabe aclarar que la flexibilidad de una determinada articulación depende del conjunto, de la totalidad, de todos y cada uno de los elementos constitutivos, y no solo de uno o algunos. Recordar también que para cada articulación y cada movimiento, la proporción de la resistencia ofrecida por cada uno de éstos tejidos puede variar considerablemente.

Manfred Grosser (1985), por su parte, nos recuerda algo que, sin duda, gravita determinantemente en la manifestación de ésta capacidad: el factor neurológico. Grosser establece claramente que la flexibilidad está impregnada en gran medida por condiciones psiconeurocoordinativas y no debe, por tanto, restringirse al conjunto de capacidades motrices-condicionales. Para que un estímulo físico-mecánico, concretamente la fuerza de tracción, pueda repercutir y modificar efectivamente este tejido, debe superarse con anterioridad la resistencia defensivo-protectora que el sistema nervioso, con sus dispositivos propios, establece.

Según Dantas, E. (1991) “la flexibilidad es la cualidad física responsable de la ejecución voluntaria de un movimiento de amplitud máxima, por una articulación o conjunto de articulaciones, dentro de sus límites morfológicos, sin riesgo de provocar lesión”.

*Resistencias a la amplitud articular:* la composición de las estructuras que, limitan la amplitud de movimiento (ADM) articular es muy variada. Así, en un simple movimiento cuya extensión altere significativamente las amplitudes habituales,



reflejos distintos se generan a partir de magnitudes y velocidades distintas de alargamiento. Al mismo tiempo, diferentes tejidos, cuya composición porcentual de elastina, reticulina y de colágeno puede no ser la misma, ofrecerán resistencias de distinta magnitud y en un orden que no siempre resulta coincidente.

En cuanto a los componentes morfológicos artromusculares y su grado de contribución parcial a la rigidez durante la ejecución de movimientos funcionales dinámicos, no es extraño que todavía la clasificación propuesta por Johns & Wrighr (1962) resulte orientadora. Los porcentajes se distribuyen como sigue: Músculos, fascias y aponeurosis 41%; Cápsula articular, ligamentos y geometría de las superficies articulares 35%; Piel 11%; Tendones y sus vainas 10%.

*Elongación y Flexibilización*: estos dos términos son adaptaciones de lo que en Brasil se conoce como Alongamento y Flexonamento. Estélio Dantas (1991) aclara perfectamente que ambas refieren pura y exclusivamente a formas de trabajo, alternativas metodológicas para el desarrollo de la flexibilidad, basadas en la extensión muscular longitudinal. Adoptamos en nuestro medio las denominaciones de elongación y flexibilización. Las dos posibilidades se distinguen, básicamente, por el nivel de intensidad alcanzado. Así, al hablar de elongación nos referimos a extensiones o estiramientos submaximales o de baja intensidad y, cuando de flexibilización se trata, aludimos a estímulos de carácter maximal o de alta intensidad.

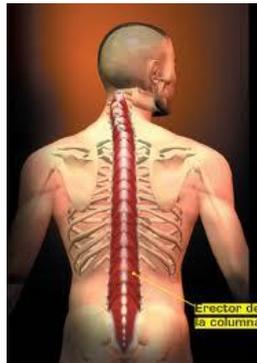
*Fatiga Local y General*: numerosos expertos en el tema coinciden al afirmar que la flexibilidad disminuye cuanto mayor es el agotamiento, tanto local como general. Grosser (1985) establece que los esfuerzos excesivos conllevan fisiológicamente a un cansancio nervioso y a un aumento involuntario de la tensión muscular, desencadenando dolor y rigidez. Martin y Borra (1933) opinan que, si la musculatura ve aumentado su grado de acidez debido a ejercicios anaeróbicos muy fuertes, las células se hinchan como consecuencia del incremento de la absorción de agua por parte de las mismas. Este fenómeno desencadena rigidez muscular general con la correspondiente pérdida de los grados de ADM. Igualmente, Weineck (1988 y 1994) expresa que la reducción del ATP muscular después de un ejercicio agotador (y de los sustratos de recomposición de ATP) dificulta la desvinculación de los filamentos de actina y misiona entre sí lo cual de hecho, restringe la extensibilidad de músculo.

Por otro lado, el aumento local de ácido láctico altera los umbrales de sensibilidad de los receptores cuya estimulación desencadena reflejos de incidencia directa y determinante sobre el grado de flexibilidad de una persona.

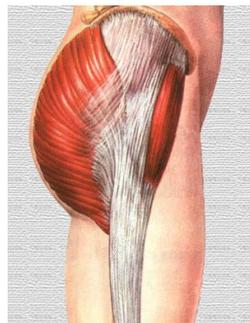
La elongación o extensión muscular submaximal no entraña riesgo de lesión, contribuye a acelerar los procesos de recuperación facilitando la rápida evacuación del lactato por difusión. Es la flexibilización o extensión maximal la que sugerimos evitar debido a su alta peligrosidad luego de entrenamientos altamente fatigantes.<sup>9</sup>

*Anatomía de la Cadena Posterior Muscular:*

- *Músculo Erector o Extensor de la Columna:* también llamado sacroespinoso, comprende tres series de músculos organizados en columnas paralelas. De lateral a medial son: eliocostales, longísimos, espinosos. Origen: cintillas de músculo que surgen del sacro. Cresta ilíaca. Apófisis espinosas y transversas de las vértebras. Costillas. Inserción: costillas, apófisis transversas y espinosas de las vértebras. Occipital. Acción: extiende y flexiona lateralmente la columna vertebral (es decir, posteroflexión y lateroflexión). Ayuda a mantener la correcta curvatura de la columna en las posturas erecta y de sedación. Estabiliza la columna vertebral sobre la pelvis al caminar. Nervio: ramos dorsales de los nervios espinales cervicales, dorsales y lumbares.<sup>10</sup>

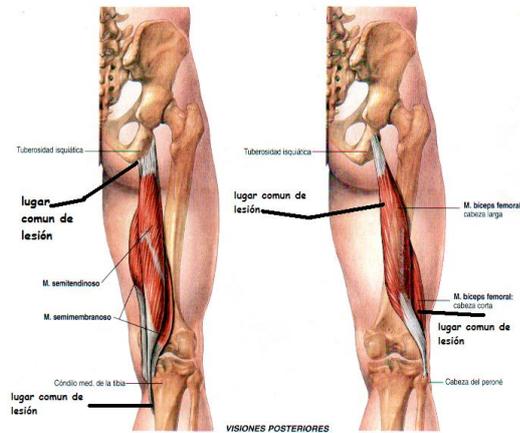


- *Músculo Glúteo Mayor:* es el músculo de fibras más duras y el más pesado del cuerpo, y proporciona volumen a las nalgas. Origen: superficie externa de ilion y superficie posterior del sacro y cóccix (por encima de la articulación sacroilíaca). Inserción: área posterosuperior del fémur. Cintilla iliotibial (tendón largo) de la fascia lata. Acción: extiende y gira lateralmente la articulación coxofemoral (extensión forzada como al correr o levantarse de una silla). Extiende el tronco. Ayuda a la aducción de la articulación coxofemoral. Nervio: nervio glúteo inferior, L5, S1, 2.<sup>10</sup>

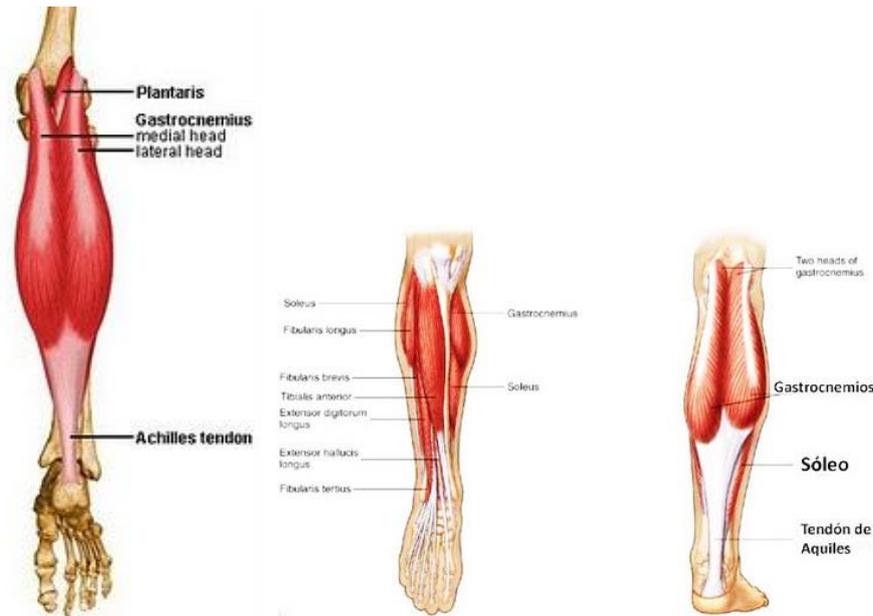


- *Músculos Isquiotibiales:* se componen de tres músculos. De medial a lateral son: semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral. Origen: tuberosidad isquiática (porción larga). El bíceps femoral (porción corta) también se origina en la cara posterior del fémur. Inserción: Semimembranoso: parte posterior del cóndilo medial de la tibia (porción superior interna d la tibia). Semitendinoso: superficie superomedial de la diáfisis de la tibia. Bíceps femoral: cabeza (porción superior) del peroné. Cóndilo lateral de la tibia (porción superior

externa de la tibia). Acción: flexiona la articulación de la rodilla. Extienden la articulación coxofemoral. El semimembranoso y el semitendinoso también rotan medialmente la pierna cuando la rodilla está flexionada. El bíceps femoral rota lateralmente la pierna cuando la rodilla está flexionada. Nervio: ramos del nervio ciático, L4, 5, S1, 2, 3.<sup>10</sup>



- **Músculo Gemelo (Gastrocnemio):** es parte de un músculo compuesto llamado “tríceps sural”, que forma el contorno prominente de la pantorrilla. El tríceps sural comprende: gastrocnemio, sóleo y plantar. La fosa poplíteica en el dorso de la rodilla está formada en sentido inferior por los vientres del gastrocnemio y plantar, lateralmente por el tendón del bíceps femoral y medialmente por los tendones del semimembranoso y el semitendinoso. Origen: Gemelo Interno (cabeza medial): superficie inferoposterior del fémur encima del cóndilo medial. Gemelo Externo (cabeza lateral): cóndilo lateral y superficie inferoposterior del fémur. Inserción: superficie posterior del calcáneo a través del tendón de Aquiles; que es una fusión de los tendones del gastrocnemio y el sóleo. Acción: el músculo plantar flexiona el pie en la articulación del tobillo. Ayuda a la flexión de la articulación de la rodilla. Es la principal fuerza propulsora al caminar y al correr.<sup>10</sup>
- **Músculo Sóleo:** parte del tríceps sural. El tendón de Aquiles de los músculos sóleo y gastrocnemio es el tendón más grueso y fuerte del cuerpo. Origen: superficies posterosuperiores de la tibia y el peroné. Inserción: con el gastrocnemio, mediante el tendón de Aquiles, en la superficie posterior del calcáneo. Acción: flexión plantar de la articulación del tobillo. El sóleo suele contraerse cuando estamos de pie para prevenir que el cuerpo caiga hacia adelante en la articulación del tobillo; es decir, contrarresta la línea de tracción del centro de gravedad del cuerpo. Por tanto, ayuda a mantener la postura erguida. Nervio: nervio, L5, S1, 2.<sup>10</sup>



#### **d- Recuperación Post Esfuerzo, vuelta a la calma, métodos y medios:**

*Vuelta a la calma o enfriamiento:* así como la entrada en calor, es considerada una transición del estado biológico normal de la actividad cotidiana al entrenamiento de alta intensidad, la vuelta a la calma tiene el efecto progresivamente opuesto, para retomar al cuerpo a sus funciones normales.

Durante un enfriamiento de 10-20 minutos, el deportista puede realizar ciertas actividades las cuales podrían facilitar una más rápida recuperación y regeneración de los esfuerzos del entrenamiento. Teniendo este propósito en mente, sería inapropiado por parte del atleta retirarse hacia las duchas, inmediatamente después del último ejercicio.

Como resultado del entrenamiento, especialmente después de un trabajo intenso, el atleta produce altas cantidades de ácido láctico. Además, los músculos están agotados. Tensos y rígidos. La eliminación del ácido láctico de la sangre y de los músculos podría también ser necesaria, si se necesita eliminar el efecto de la fatiga rápidamente. La mejor manera de lograrlo es realizando de 15-20 minutos de actividad de tipo aeróbico, suave y continua.<sup>11</sup>

Los estiramientos desempeñan aquí un papel cuya importancia, por cierto significativa, puede resumirse a la luz de un doble propósito: en primera instancia, facilitar la evacuación del ácido láctico y su metabolización en otros órganos y, en segundo lugar, atenuar las hipertonías afuncionales localizadas en distintas regiones del sistema muscular.

Ahora bien, no todos los entrenadores entienden como necesario el evacuar primero el ácido láctico de la fibra muscular para que luego sea éste procesado metabólicamente por otros órganos como, por ejemplo, el hígado en el transcurso del ciclo de Cori. Prefieren que el lactato sea oxidado por la cadena respiratoria de la misma célula muscular que lo produjo, a partir del trabajo aeróbico y gracias a la actividad mitocondriaca. En este caso, como no resulta difícil advertir, el papel de los



estiramientos se limita al segundo cometido, es decir, a la compensación de las hipertonías afuncionales y no ya a la expulsión del lactato celular. Por consiguiente, caemos en la necesidad de admitir la importancia de disponer de una doble propuesta para cualificar la parte final de la sesión de entrenamiento o la competencia: un primer modelo para el caso de preferir evacuar primero el ácido láctico de la fibra muscular y luego promover su traslado a otras regiones en donde se procese metabólicamente y, alternativamente, un segundo modelo si la opción fue la de inducir su metabolización en la misma fibra muscular donde se produjo inicialmente.

El primer modelo supone la evacuación prematura del ácido láctico de la fibra muscular y consta de cuatro pasos:

- **Elongación muscular Inicial:** los suaves estiramientos de este primer paso promueven la evacuación progresiva del ácido láctico desde la fibra muscular hacia el medio intersticial vecino. La intensidad de las extensiones musculares debe ser sumamente baja. La duración de los estiramientos puede llegar hasta los 12 segundos y más todavía. Las técnicas de elongación sugeridas son exclusivamente estáticas, no dinámicas. El orden de los estiramientos es, en este caso, se suma importancia. Tanto las extensiones musculares submaximales como las movilizaciones articulares deberían realizarse en una secuencia próximo-distal y no a la inversa, el objetivo es que ácido láctico evacuado no encuentre, en su viaje hacia los grandes órganos donde se metaboliza, enlentecedoras obstrucciones. Sugerimos no mezclar los estímulos de estiramiento sino realizar todas las repeticiones en forma consecutiva en el mismo grupo muscular antes de pasar a otro.
- **Movilidad articular:** luego de la fase de elongación inicial, los ejercicios de movilidad articular general facilitan el comienzo del proceso de transporte de lactato por el sistema circulatorio.
- **Trabajos aeróbicos regenerativos:** la actividad aeróbica continua en áreas funcionales a escaso porcentaje del VO<sub>2</sub> máximo promueve la distribución del ácido láctico a lo largo de todo el torrente sanguíneo acelerando, con ello, el proceso de su metabolización eliminativa. Algunos insisten en que entre el 35 y 50% de VO<sub>2</sub> máx. se logran los mejores resultados. Otros optan por una intensidad comprendida entre el 40 y el 60% del VO<sub>2</sub> máx. y, finalmente, no faltan aquellos que aconsejan estimular el área funcional inmediatamente inferior a aquella trabajada predominantemente durante la parte principal de la sesión.
- **Elongación final:** su objetivo no es otro que el atenuar y compensar las hipertonías afuncionales residuales. Los deportistas tienden a optar por la espalda y las pantorrillas.

El segundo modelo prioriza la combustión celular interna del lactato a partir de la actividad aeróbica generada en la misma fibra muscular en que éste se produjo. Por consiguiente, los estiramientos previos al trabajo aeróbico están aquí fuera de lugar. Los pasos de este modelo se reducen, por consiguiente, a dos:

- Trabajo aeróbico regenerativo 20'-30'
- Elongación muscular 5'-10'



Por lo pronto, nuestra preferencia nos inclina hacia el primer modelo, no sólo por su operatividad sino, y por sobre todo, por su efectividad.<sup>9</sup>

*Remoción-Oxidación de Lactato:*

> La oxidación es la ruta mayor de metabolización de lactato, tanto durante el reposo (40-50%) como durante el ejercicio de baja intensidad (55-87%).

> La tasa de producción de lactato se incrementa durante el ejercicio, pero al mismo tiempo también aumenta la tasa de remoción.

> La remoción de lactato ocurre mayormente en los músculos en ejercicio; la tasa de remoción correlaciona  $r=0.86$  con  $VO_2$  max.

> El músculo esquelético produce, remueve y oxida lactato, todo al mismo tiempo.<sup>12</sup>

*Aceleración de los procesos de recuperación:* Según Astrand y Rodhal (1992), la concentración de lactato al final del ejercicio es más elevada en los músculos activos en la sangre, después de aproximadamente cinco minutos los valores entre los dos compartimentos tienden a equilibrarse y recién luego, entre los cinco y ocho minutos se obtienen los niveles máximos en sangre.

El lactato difunde desde la fibra muscular hacia el torrente sanguíneo a través de la membrana plasmática o sarcolema. La difusión es el pasaje de una solución desde un compartimento de mayor presión hacia uno donde ésta es menor. Los estiramientos, al final de la sesión, generan un incremento de la presión intrasarcoplasmática en virtud de la compresión que el endomisio ejerce sobre el sarcolema. Por consiguiente, al elongar, la presión intrasarcoplasmática aumenta y la difusión del lactato hacia el compartimento sanguíneo puede ser mayor y, sobre todo, más rápida. La consecuencia directa de este proceso sería la aceleración en el alcance de las concentraciones pico de lactato en sangre luego del esfuerzo, pero con menores niveles en los minutos que, sin estirar, se logran habitualmente los mayores índices. Algunos denominan a este fenómeno “efecto esponja”. Un interesante trabajo de investigación sobre este problema se realizó en la ciudad de San Jorge, Provincia de Santa Fe, durante el año 1998. Fue llevado a cabo con nadadores y atletas de sexo masculino, de entre 16 y 18 años de edad, todos pertenecientes al Club Atlético San Jorge. Con elongación post esfuerzo, las concentraciones de lactato eran superiores en los primeros segundos de finalizado la prueba y eran menores a los 3, 5 y 7 minutos comparado con los casos en los que los deportistas no elongaban.

Otro de los interesantes aspectos relativos al posible nexo entre los ejecución de estiramientos livianos post esfuerzo y la aceleración de los procesos de recuperación tiene que ver no ya con la evacuación de sustancias tóxicas producto del metabolismo anaeróbico glucolítico láctico, desde el interior de la célula hacia el intersticio sino, por el contrario, con su influencia sobre el proceso de ingreso de sustancias de restablecimiento, léase glucosa, aminoácidos y otros nutrientes, desde el interior hacia la fibra muscular. Bien sabemos que este fenómeno depende, en primera instancia, de la presencia de insulina en cantidad adecuada y, en segundo, de la disponibilidad inmediata, no sólo en volumen sino también en calidad, de los nutrientes esenciales y de las unidades estructurales básicas para la reconstrucción adaptativa de los componentes dañados durante la actividad muscular.<sup>9</sup>



*Recuperación y tratamiento del esfuerzo:* la recuperación forma parte integral del entrenamiento y la práctica generales, por lo que debe aplicarse teniendo siempre presentes los objetivos a corto y mediano plazo.

Al integrar las investigaciones y la práctica como parte de un sistema de entrenamiento de gran éxito, los rusos suelen reconocer tres clases de recuperación:

- Recuperación pedagógica (entrenador), que emplea programas cuidadosamente periodizados para optimizar el equilibrio entre el esfuerzo desarrollado en el entrenamiento y los procesos de recuperación natural.
- Recuperación médico-biológica, que cubre un amplio espectro de medidas terapéuticas ofrecidas por médicos y fisiólogos.
- Recuperación psicológica, que consiste en dirigir el estado mental

Se establece una distinción clara entre recuperación y rehabilitación. La recuperación forma parte integral del programa de entrenamiento global, planificado para ajustarse a los períodos más eficaces o apropiados del entrenamiento. La rehabilitación comprende la recuperación de un deportista lesionado hasta que recobra su capacidad funcional completa. Son varios los expertos que subrayan la existencia de un efecto complementario producido por el empleo integrado de varios medios y métodos de recuperación cuidadosamente introducidos en estadios específicos de un programa de entrenamiento.<sup>3</sup>

*Técnicas de recuperación:*

- La recuperación activa
- El reposo completo o el descanso pasivo
- El masaje
- La terapia con calor
- La terapia fría
- Recuperación psicológica.<sup>13</sup>

*Acelerando la Recuperación Después del Ejercicio:* La recuperación es el proceso a través del cual pasa el atleta para volver a estar listo para rendir. Involucra el restablecimiento de las reservas de energía y nutrientes, un retorno a la función fisiológica normal, una reducción de los dolores musculares y la desaparición de síntomas psicológicos (irritabilidad, desorientación, inhabilidad para concentrarse) asociados con una fatiga extrema.

Las sesiones de entrenamiento y competencia pueden hacerte sentir totalmente exhausto. Si no te recuperas apropiadamente, no estarás listo para rendir bien durante la próxima sesión de entrenamiento o competencia. Fallar en recuperarse podría eventualmente, producir sobreentrenamiento y hacerte claudicar. Aquí hay algunos tipos de recuperación que pueden ayudarte a sentir más enérgico y listo para comerte al mundo:

- No abandones el trabajo: Después del ejercicio exhaustivo, no te pares y descansas inmediatamente.
- Estírate principalmente después del ejercicio
- Aliméntate rápido, los carbohidratos son lo mejor



- Llena tu tanque: Los fluidos corporales se pierden en el sudor y su reemplazo rápido es crucial; la sal es súper: Cuando sudas tu cuerpo pierde agua y electrolitos (principalmente sal -Cloruro de sodio- y algo de Potasio)
- Ayudantes curativos
- Duerme bien.<sup>14</sup>

*Efectos de la Recuperación Activa vs. la Recuperación Pasiva sobre la Producción de Potencia durante Series Repetidas de Ejercicio de Alta Intensidad y de Corta Duración:* La ventaja de una recuperación activa versus una recuperación pasiva sobre el rendimiento subsiguiente en ejercicios de alta intensidad y corta duración ha sido bien documentado (Ainsworth et al., 1993; Stanley et al., 1988). Además, se ha sugerido que el trabajo de baja intensidad de aproximadamente 20-40 minutos es apropiado para evitar la reducción en la producción de potencia en series repetidas de ejercicio de alta intensidad y corta duración (Bangsbo, 1994). El ejercicio de alta intensidad resulta en un incremento en los niveles de lactato, tanto intramusculares como circulantes (McLoughlin et al., 1991; Rowell et al., 1986). Signorile et al. (1993) reportaron incrementos significativos en el pico de potencia y en el trabajo total realizado durante 30 segundos luego de una recuperación activa y en comparación con la recuperación pasiva. Bond et al. (1991) hallaron que, luego de 20 minutos de recuperación activa o pasiva subsiguiente a la realización de una serie supramáxima de trabajo de 60 segundos de duración, los valores del torque pico isocinético no eran significativamente diferentes entre los modos de recuperación activa o pasiva, pero que los valores de lactato eran significativamente menores luego de 20 min de recuperación activa en comparación con la recuperación pasiva.<sup>15</sup>

**e- Investigaciones relacionadas con los procesos de recuperación en Natación:**

- *Blood lactate concentration and clearance in elite swimmers during competition:*

La contribución glucolítica de un esfuerzo de ejercicio máximo durante 20 a 120 segundos resulta en la acumulación de lactato en músculo y sangre. La concentración de lactato tras el ejercicio máximo se relaciona positivamente con el rendimiento en eventos de natación y carrera. La evaluación tras carreras competitivas también proporciona evidencia del stress fisiológico para un atleta individual en un evento determinado.

Varios grupos de investigadores han reportado que la concentración de lactato tras carreras competitivas de natación es más alto después de 100m y 200m de distancia de carrera. Bonifazi y Benelli observaron diferencias entre sexos en el nivel alto y máster de nadadores respectivamente, sin embargo el rango de los valores de lactato en sangre después de carreras de competición fue similar en un grupo de nadadores jóvenes hombres y mujeres.

Los nadadores competirán en general en una ronda pre eliminar así como en una fase final, a menudo participan en múltiples eventos dentro de un solo día. Este programa competitivo requiere recuperar y preparar a los nadadores a través de



días, y un intento por lograr un rendimiento óptimo para cada evento. La recuperación activa siguiente a un ejercicio exhaustivo facilita la remoción de lactato en sangre comparado con la recuperación pasiva.

Greenwood recientemente demostró que 10 minutos de recuperación activa realizada en torno a la intensidad de ejercicio correspondiente al umbral de lactato resulta en la más alta remoción de lactato en un test de 200m de nado. La duración de la recuperación activa descrita en la literatura ha sido estandarizada a 10-15 minutos.

**Análisis de lactato:** Las muestras de lactato son recolectadas dentro de 3 y 5 minutos después de la carrera de competición. Mientras que Bonifazi observó el pico de lactato alrededor de los 6 a 7 minutos después del evento competitivo.

**Discusión:** la más alta concentración de lactato fue observada para los 100m y 200m de carrera y los más bajos para eventos de 50m y 1500m. Porque en la corta duración de 50m de carrera (+/- 22-26 segundos) el sistema ATP-PC es capaz de suministrar la proporción de la energía necesaria para este evento.

Kindermann y Keul reportaron que la concentración de lactato de los 400m-800m de carrera rápida (+/- 45-120 segundos), es equivalente en duración a eventos de 100m-200m para nadadores de elite. Es estimado que el 37%-63% de la energía suministrada para eventos de esta duración viene desde la glucólisis, y como es esperado sustancialmente ocurre acumulación de lactato en sangre durante este evento. La recuperación activa seguida de la natación de alta intensidad mejora la desaparición de lactato en sangre comparado con la recuperación pasiva. Los atletas en el corriente estudio completaron su recuperación activa acorde a su protocolo individual designado por el entrenador.

McMaster demostró que nadando por 15 minutos entre el 55-75% de la velocidad de carrera después de un desafío de 200 yardas de nado resultó que la concentración de lactato retorne a base (+/- 2mmo.L).

Greenwood provee evidencia que el rendimiento de la recuperación activa a la velocidad asociada con el umbral de lactato es más efectiva por la reducción de la concentración de lactato comparado con velocidades por encima o por debajo del umbral.<sup>16</sup>

- *Rendimiento en la natación después de la recuperación activa y pasiva de diferente duración:*

**Método:** once nadadores de competición (5 hombres y 6 mujeres, edad: 17,3 +/- 0,6 años) completaron dos pruebas de 100m con un intervalo de 15 minutos a un esfuerzo máximo de natación bajo tres condiciones experimentales. La recuperación entre las pruebas de 15 minutos pasiva, 5 minutos activa, y 10 minutos pasiva o 10 minutos activos y 5 minutos pasivos. La recuperación activa seleccionada comenzó inmediatamente después de la primera prueba, correspondiente a 60 +/- 5% de los 100m. Se tomaron muestras sanguíneas en reposo, 5, 10 y 15 minutos después de la primera prueba, así como 5 minutos después de la segunda prueba de 100m para determinar el lactato en sangre. La frecuencia cardíaca se registró también durante los períodos correspondientes.



**Resultados:** El rendimiento en tiempo de los primeros 100m no fue diferente entre las condiciones ( $p > 0,05$ ). La segunda prueba de 100m después 5 minutos activos ( $64,49 \pm 3,85s$ ) fue más rápido que 10 minutos activos ( $65,49 \pm 4,63s$ ) y recuperación pasiva ( $65,89 \pm 4,55s$ )  $p < 0,05$ . El lactato en sangre durante el período de recuperación de 15 minutos entre los esfuerzos de 100m fue menor en ambas condiciones de recuperación activa en comparación con la recuperación pasiva ( $p < 0,05$ ). La frecuencia cardíaca fue mayor durante las condiciones de 5 minutos activos y 10 minutos activos en comparación con el pasivo durante el período de recuperación de 15 minutos ( $p < 0,05$ ).

**Conclusión:** cinco minutos de recuperación activa durante un período de intervalo de 15 minutos es suficiente para facilitar la remoción de lactato en sangre y mejorar el rendimiento de los nadadores. La recuperación pasiva y/o minutos de recuperación activa no es recomendada.<sup>17</sup>

- *La comparación de la recuperación de natación y la estimulación muscular en la eliminación de lactato después de sprint de natación:* la natación competitiva requiere de múltiples series de ejercicios de alta intensidad, dando lugar a lactatos elevados. La recuperación activa ha demostrado disminuir el lactato más rápidamente que el descanso pasivo, pero no siempre es la manera más práctica. Un tratamiento alternativo, la estimulación eléctrica muscular, puede llegar a tener beneficios similares a la recuperación activa en cuanto a la disminución del lactato en sangre pero hasta la fecha no ha sido estudiada. Sin embargo, este estudio compara natación submaximal y la estimulación eléctrica en el músculo en cuanto a la reducción del lactato en sangre luego de un sprint. Treinta nadadores de competición (19 hombres y 11 mujeres) participaron en este estudio. Cada sujeto realizó 3 sesiones de pruebas que consistían en calentamiento, 200 yardas de crawl frontal a máximo sprint, y 1 a 3 tratamientos de 20 minutos de recuperación administrados de forma aleatoria. Los tratamientos de recuperación consistieron en recuperación pasiva, recuperación submaxima o la estimulación eléctrica del músculo. Se evaluó el lactato en sangre en condiciones basales, después del sprint de 200 yardas y luego de 10 y 20 minutos de recuperación. Se observó una interacción significativa ( $p < 0,05$ ) entre el tratamiento de recuperación y el tiempo de recuperación. Los niveles de lactato en sangre para la recuperación fue significativamente menor a los 10 minutos ( $3.5 \pm 1,57 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) y a los 20 minutos ( $1.60 \pm 0,57 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) de recuperación de cualquiera de los otros dos tratamientos. La estimulación eléctrica del músculo condujo a un nivel medio más bajo de lactato en sangre ( $3.12 \pm 1.41 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) luego de 20 minutos de recuperación comparado con el descanso pasivo ( $4.11 \pm 1.35 \text{ mmol.L}^{-1}$ ). La natación submaxima demostró ser más eficaz en la reducción de lactato en sangre, pero la estimulación eléctrica también redujo la cantidad de lactato 20 minutos después del ejercicio mucho mejor que el descanso pasivo. La estimulación eléctrica muestra ser una alternativa de tratamiento para la recuperación, con el propósito de disminuir lactato en sangre.<sup>18</sup>



- *Efecto de diferentes intensidades de recuperación activa en el rendimiento de sprint de natación:* la recuperación activa reduce la concentración de lactato en sangre más rápidamente que la recuperación pasiva y, cuando la intensidad se aplica un efecto positivo en el rendimiento se espera. El propósito del estudio fue investigar el efecto de diferentes intensidades de la recuperación activa en el rendimiento durante series repetidas de sprints en natación. Nueve hombres nadadores bien entrenados realizaron 8 repeticiones de 25m de sprints (8 x 25m) intercalados con intervalos de 45s, seguido por sprint de 50m de prueba 6 minutos más tarde. Durante los períodos de intervalos de 45s y 6 minutos, los nadadores o bien descansaban de forma pasiva o nadando a una intensidad correspondiente al 50% y el 60% de su velocidad individual en 100m. El lactato en sangre fue mayor en el ensayo pasivo en comparación a los ensayos activo al 50% y 60% ( $p < 0,05$ ), mientras que el amoníaco en plasma y la concentración de glicerol no fueron diferentes entre los ensayos ( $p > 0,05$ ). El tiempo promedio de rendimiento de los 8 x 25m en sprints fue mejor en el pasivo en comparación con los ensayos activo al 50% y 60% (pasivo: 13,10+/-0,07 vs activo 50%: 13,43+/-0,10 y activo 60%: 13,47+/-0,10s,  $p < 0,05$ ). Los primeros 25 metros no fueron diferentes entre los ensayos ( $p > 0,05$ ), pero después hay disminución del rendimiento durante las pruebas de sprints de los 2 ensayos con recuperación activa (activo 50% y 60%) en comparación con el ensayo de recuperación pasiva ( $p < 0,05$ ). El tiempo de rendimiento para el sprint de 50m realizado 6 minutos después de las 8 x 25m de sprint no fue diferente entre los ensayos ( $p > 0,05$ ). Estos resultados indican que la recuperación activa a intensidades correspondientes al 50% y 60% de la velocidad de 100m en repetidas carreras de natación disminuye el rendimiento. La recuperación activa reduce la concentración de lactato en sangre, pero no afecta el rendimiento en una carrera de velocidad de 50m, cuando seis minutos de 6 minutos de recuperación es provisto. La recuperación pasiva se recomienda durante el corto intervalo de entrenamiento de sprint repetido en nadadores bien entrenados.<sup>19</sup>
- *Efectos de la recuperación activa y pasiva en el rendimiento durante la práctica de sprints repetidos en natación:* el efecto de la recuperación activa y pasiva en sprints repetidos en natación se ha estudiado en ocho nadadores de élite. Los participantes realizaron tres ensayos de dos grupos de estilo crawl frontal con 5 minutos de descanso entre series. La serie "A" consistía de cuatro repeticiones de 30s de alta intensidad de natación atados separados por 30s de recuperación pasiva, mientras que la serie "B" se componía de cuatro repeticiones de 50 yardas de natación a sprint máximo a intervalos de 2 minutos. La recuperación activa fue sólo entre series (ensayo AP), entre series y repeticiones de la serie B (ensayo AA) o pasiva (ensayo PP). Las respuestas del rendimiento y del metabolismo durante y después de la Serie A fueron similares entre los ensayos. La concentración de lactato en sangre después de la Serie B fue superior y el pH de la sangre fue más bajo en el PP (18,29+/-1,31 mmol xl (-1) y 7,12+/-0,11, respectivamente) y AP (17,56+/-1,22 mmol xl (-1) y 7,14+/-0,11, respectivamente) en comparación con los ensayos de la AA (14,13+/-1,56 mmol



xl (-1) y 7,23+/-0,10, respectivamente) ensayo ( $p < 0,01$ ). El rendimiento en tiempo durante la serie B no fue diferente entre los ensayos ( $p > 0,05$ ), pero la disminución en el rendimiento durante la serie B de la prueba AP fue menos marcada que en los ensayos de AA o PP (principal efecto de sprints,  $p < 0,05$ ). Los resultados sugieren que la recuperación activa (60% de la velocidad de 100m) podría ser beneficiosa entre las series de entrenamiento, y puede comprometer el rendimiento de natación entre las repeticiones, cuando la recuperación es de corta duración ( $< 2$  min).<sup>20</sup>

- *Intensidad de la recuperación del ejercicio, desaparición del lactato en sangre, y posterior rendimiento en natación:* el objetivo de éste estudio fue examinar los efectos de la recuperación activa frente a la pasiva sobre la desaparición del lactato en sangre y el posterior rendimiento máximo en nadadores de competición. Catorce nadadores masculinos de la Universidad de Virginia del equipo de natación (edad media 20,3 años, s:4,1; estatura 1,85m, s: 2,2; masa corporal: 81,1, s: 5,6) completaron una sesión de creación de perfiles de lactato durante la cual la velocidad al umbral de lactato (V(LT)), la velocidad al 50% del umbral de lactato (V(LT.5)), y la velocidad al 150% del umbral del lactato (V(LT.1.5)) fueron determinados. Los participantes también completaron cuatro sesiones experimentales asignados al azar que consistía de un máximo esfuerzo de 200 yardas de natación seguido de 10 minutos de recuperación (pasivo, V (LT.5), V (LT), V (LT1.5)) y un posterior esfuerzo máximo de 200 yardas de natación. Todas las sesiones de recuperación activa resultaron en la mayor desaparición del lactato que la recuperación pasiva ( $p < 0,0001$  para todas las comparaciones), con la mayor desaparición de lactato asociado a la recuperación en V (LT) ( $p = 0,006$  y  $0,007$  vs V (LT.5) y V (LT1.5), respectivamente) la desaparición del lactato en sangre fue de 2.1 mmol l(-1) (s:2.0), 6.0 mmol l(-1) (s:2.6), 8.5 mmol l(-1) (s:1.8), y 6.1 mmol l(-1) (s:2.5) para el pasivo, V (LT.5), V(LT) y V (LT1.5), respectivamente. La recuperación activa en VLT y V (LT1.5) resultaron en un rendimiento más rápido en las 2 pruebas contra reloj que la recuperación pasiva ( $p = 0,005$  y  $0,03$ , respectivamente) sin embargo, sólo la recuperación activa a V (LT) ha permitido mejorar el rendimiento las 2 pruebas contra reloj (TT2) en relación a la prueba contra reloj 1 (TT1) (TT2-TT1: pasivo + 1.32s (s: 0.64), V (LT.5) +1.01s (s: 0.53), V (LT) -1.67s (s: 0.26), V (LT1.5) -0.07s (s: 0.51);  $p < 0,0001$  para V (LT)). En conclusión, la recuperación activa asociada con el umbral de lactato resulta en la más rápida desaparición del lactato y mejora el rendimiento posterior en los 14 nadadores. Nuestros resultados sugieren que los entrenadores deben considerar la incorporación de la recuperación a la velocidad en el umbral del lactato durante la competición y tal vez durante las sesiones de entrenamiento duro.<sup>21</sup>



### **1.2 Planteo del Problema:**

En el ámbito deportivo bien se conoce que una sesión de entrenamiento o la competencia se componen de tres partes, entrada en calor, parte principal y la vuelta a la calma o enfriamiento. Esta última, genera incertidumbre sobre qué métodos o medios utilizar para favorecer los procesos de recuperación de diferentes variables fisiológicas alteradas ante el esfuerzo físico.

### **1.3 Hipótesis General:**

El estado actual del conocimiento sobre el tema permite hipotetizar, en general, que aplicando ejercicios de moderada a baja intensidad posterior a una carga intensa de trabajo, se favorecería la recuperación de diferentes variables fisiológicas modificadas ante la misma. Con esto acelerar los procesos de recuperación y poder aplicar una carga de entrenamiento y/o competencia con la menor fatiga residual.

### **1.4 Hipótesis de Trabajo:**

Aceptando a priori la Hipótesis General enunciada, se propone que al efectuar ejercicios de vuelta a la calma de baja a moderada intensidad, en un grupo de nadadores de mediano rendimiento de 14 a 24 años de edad, es preciso hallar entre las metodologías propuestas, cuál de todas responde mejor a la reducción de las variables fisiológicas, (lactato, frecuencia cardíaca, amplitud de movimiento (cadena posterior muscular)) estimadoras de la fatiga. Se expondrán propuestas metodológicas de carácter continuo, intervalado e intermitente, con una duración aproximada de 20', comparándolas entre sí. Se cree que la metodología intervalada sería la que mejor resultado obtenga, en relación a los dos tratamientos mencionados.

### **1.4 Objetivo General:**

El objetivo general de este trabajo es procurar el refuerzo de la hipótesis general expuesta. Mediante este estudio realizar un aporte a la solución del problema planteado, aplicando ejercicios de baja a moderada intensidad para reducir las variables fisiológicas alteradas ante un esfuerzo; además observar la influencia de la elongación muscular en dicho proceso, corroborando cuál metodología es más efectiva.

### **1.5 Objetivos Específicos:**

- Comparar las diferentes metodologías de trabajos entre sí, observando cuál de ellas favorece a la reducción más efectiva de las variables fisiológicas en estudio.
- Comparar la respuesta de los sujetos de la muestra, en las metodologías propuestas.
- Verificar la influencia de la elongación muscular en los procesos de recuperación.
- Identificar las velocidades relativas de nado que se utilizaron en las diferentes metodologías.



- Brindar un aporte metodológico/procedimental al medio sobre los procesos de recuperación activos, para favorecer el proceso de recuperación de las variables evaluadas, y así poder aplicar una nueva carga de trabajo.

De ésta manera se podrá desafiar en la práctica la hipótesis de trabajo, para que los resultados puedan ser interpretados a favor de la solución del problema planteado.

## 2. Material y Método

- Unidad de Estudio: Se trabajó con nadadores del club Echesortu Fútbol Club de la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina. Los mismos son federados nacionales y compiten en campeonatos de tal índole. La edad promedio es de 16,9 +/- 3,11; talla promedio 179,7 +/- 7,05; peso promedio 70,81 +/- 9,51. De los mismos se desconocen hábitos alimentarios y de descanso.

La evaluación fue llevada a cabo los días 23, 24 y 29 de Noviembre además del 01 de Diciembre de 2011, en las instalaciones del natatorio del club Echesortu Fútbol Club localizado en 9 de Julio 4060 de la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina.

En dicha evaluación se aplicó una carga de trabajo y posteriormente se midieron diferentes variables fisiológicas, observando su comportamiento. Las variables mencionadas son ácido láctico en sangre, medido a través del analizador Yellow Springs Instruments (Y.S.I.) 1500 Sports; frecuencia cardíaca medido con cardiotacómetro Polar; número de brazadas medido a través de cuenta ganado manual; flexibilidad de la cadena posterior muscular medido con el método Seat & Reach o test del cajón, por medio de un cajón diseñado especialmente.

Luego se aplicó el protocolo de vuelta a la calma correspondiente al día, para posteriormente volver a medir las variables en estudio y observar el comportamiento de las mismas en cada caso.

- Población y Muestra a ensayar: el número de individuos de la población a evaluar fue de 10 nadadores, los mismos todos pertenecientes al club Echesortu Fútbol Club de la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina. Todos ellos compiten a nivel nacional en los torneos de federados de la C.A.D.A. (Confederación Argentina de Deportes Acuáticos). El muestreo fue llevado a cabo por el entrenador del club, priorizando el nivel de entrenamiento y rendimiento de los evaluados.
- Diseño del Trabajo: los tratamientos efectuados fueron 3 (tres), aplicándolos siempre sobre la misma muestra de nadadores. Previo a ello se evaluó su capacidad de recuperación y la intensidad de la misma mediante un test de 10 series de 100m buscando un nivel de lactato de 2 a 4 mmol/l (área sub-aeróbica). Con los resultados obtenidos se propusieron las intensidades de trabajo para los tratamientos. Los mismos se detallan a continuación:
  - 1- Sprint de 100m (mejor estilo del nadador); posteriormente medición de variables, lactato al 1', 3', 5'; frecuencia cardíaca al 1', 2', 3'; test de Seat & Reach de flexibilidad de la cadena posterior muscular. De los 10 (diez) nadadores, 5 (cinco) de ellos realizaban trabajos de elongación (músculos:



cuádriceps, adductores, isquiotibiales, glúteos, gemelos, hombros + tríceps, pectorales + bíceps, flexión lateral de tronco para lumbares. 2 series de 15'' por cada grupo), los mismos fueron sorteados previamente. Por último se aplicó una carga de 1500m de nado continuo estilo crol, midiendo las variables cada 500m, lactato, frecuencia cardíaca y número de brazadas. El test de flexibilidad se realizó al finalizar la carga.

- 2- Sprint de 100m (mejor estilo del nadador); posteriormente medición de variables, lactato al 1', 3', 5'; frecuencia cardíaca al 1', 2', 3'; test de Seat & Reach de flexibilidad de la cadena posterior muscular. De los 10 (diez) nadadores, 5 (cinco) de ellos realizaban trabajos de elongación (músculos: cuádriceps, adductores, isquiotibiales, glúteos, gemelos, hombros + tríceps, pectorales + bíceps, flexión lateral de tronco para lumbares. 2 series de 15'' por cada grupo), los mismos fueron sorteados previamente. Por último se aplicó una carga de 12 repeticiones de 100m estilo crol con 40 segundos de pausa. Las muestras de las variables lactato y frecuencia cardíaca se realizaban en las repeticiones pares, y el número de brazadas en todas. El test de flexibilidad se realizó al finalizar la carga.
  - 3- Sprint de 100m (mejor estilo del nadador); posteriormente medición de variables, lactato al 1', 3', 5'; frecuencia cardíaca al 1', 2', 3'; test de Seat & Reach de flexibilidad de la cadena posterior muscular. De los 10 (diez) nadadores, 5 (cinco) de ellos realizaban trabajos de elongación (músculos: cuádriceps, adductores, isquiotibiales, glúteos, gemelos, hombros + tríceps, pectorales + bíceps, flexión lateral de tronco para lumbares. 2 series de 15'' por cada grupo), los mismos fueron sorteados previamente. Luego se aplicó una carga de 3 bloques de 10 repeticiones de 25 metros con 20 segundos de nado por 20 segundos de pausa (las intensidades en segundos de nado se ajustaron a las velocidades individuales de cada nadador, pero siempre se respeto la secuencia de 20'' x 20''). El test de flexibilidad se realizó al finalizar la carga.
- Análisis Estadístico: los resultados se analizaron a través de ANOVAs para cada una de las variables analizadas, a fin de de detectar diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, realizándose el test de comparación múltiple en caso que sea necesario. Previamente se realizó una descripción de la población a mediante estadística descriptiva.

### 3. Resultados Obtenidos:

Conforme a los objetivos planteados, se estudió la comparación entre las diferentes metodologías propuestas y las variables fisiológicas en estudio:

- a- Metodología Continua (lactato; frecuencia cardíaca; velocidades de nado; número de brazadas; flexibilidad pre y post trabajo)
- b- Metodología Intervalada (lactato; frecuencia cardíaca; velocidades de nado; número de brazadas; flexibilidad pre y post trabajo)
- c- Metodología Intermitente (lactato; frecuencia cardíaca; velocidades de nado; número de brazadas; flexibilidad pre y post trabajo)



**Descripción de los Nadadores**  
**Estadísticos descriptivos**

Variables	Mínimo	Máximo	Media	D.S.	Percentiles		
					25	50	75
Edad	14	24	16,90	3,107	14,00	16,50	18,25
Talla	169,7	191,5	179,660	7,0462	172,750	179,100	185,325
Peso	55,700	85,000	70,8100	9,50864	62,4500	73,1000	77,8750
Seat & Reach	-8	22	9,85	9,304	3,75	9,00	19,50
Pc_Tricipital	5,0	14,2	6,765	2,7428	5,225	6,025	6,900
Pc_Subescap	5,15	9,80	7,1850	1,44242	6,2125	7,0250	8,4250
Pc_Supraesp	4,8	15,2	6,660	3,0520	5,188	5,975	6,350
Pc_Abdom	5,8	20,1	8,400	4,1530	6,900	7,300	7,688
Pc_Muslo	5,3	16,8	10,135	3,1955	8,263	9,100	12,550
Pc_Pantorrilla	5,45	15,80	8,0000	3,01441	6,3000	7,0500	8,5500
Tiempo promedio test suaberbico 10x100m	70,068	79,379	74,7197	3,82924	70,5712	74,9790	78,9007
Velocidad promedio	1,260	1,429	1,343	0,069	1,268	1,335	1,418
Brazadas promedio	44,9	74,4	58,390	10,0197	47,575	60,550	65,550
FC promedio	146,2	176,4	162,260	9,9845	153,400	162,900	170,800
YSI promedio	1,524	3,680	2,58900	,664777	2,07750	2,63100	3,05200
Mejor Marca (en seg)	53,5	70,2	62,729	5,0616	59,750	62,215	67,200
Mejor Marca m/seg	1,426	1,871	1,604	0,132	1,489	1,607	1,674

- ✓ La mejor marca se refiere al tiempo realizado en un sprint de 100m en la especialidad de nado de cada nadador; las mismas fueron facilitadas por el entrenador y todas ellas pertenecen al año 2011.

### Descripción de las variables según la metodología

#### NÚMERO DE BRAZADAS:

Metodología	N	Media	D.S.	Máximo	Mínimo	P25	Mediana	P75
Total	30	156,16	122,273	377	43	69	84,5	278
Continua	10	320,9	48,5282	377	246	278	329	369
Intermitente	10	85,7	13,0132	106	67	76	84,5	95
Intervalada	10	61,9	10,3328	77	43	57	60	70

La comparación entre los métodos muestra en la variable número de brazadas, que los tres tratamientos son significativamente diferentes con  $p < 0.05$ . La eficiencia mecánica dividiendo la cantidad de metros recorridos muestra a la metodología intervalada como la mejor (continua: 1.56m; Intervalada: 1.61m; Intermitente: 1.46m)

Además sometidos los sujetos al protocolo de elongación previo resulta que los que aplican estiramientos obtienen un mayor número de brazadas 166.2 +/-136 vs 146.1 +/-109 con respecto a los que no lo hicieron,  $p < 0.05$ .

#### FRECUENCIA CARDÍACA:

Variable		n	Min	Max	Media	D.S.	Pctil25	Mediana	Pctil75
FC_1	Total	30	104	156	138,3	13,7	127	141,5	150
	Continua	10	127	155	147,4	8,2	144	150,5	151
	Intermitente	10	104	156	129,7	15,3	120	129,5	137
	Intervalada	10	112	152	137,8	11,4	134	140	145
FC_2	Total	30	97	137	119,8	10,4	112	121	127
	Continua	10	115	137	126,8	7,0	124	126	130
	Intermitente	10	97	130	112,9	10,9	103	111,5	121
	Intervalada	10	108	132	119,8	8,6	113	117	126
FC_3	Total	30	86	130	109,4	11,3	103	110	116
	Continua	10	106	130	115,6	8,5	109	113,5	125
	Intermitente	10	86	122	102,7	10,9	93	103	110
	Intervalada	10	91	124	110,0	11,2	98	112	119
FC_5	Total	30	80	122	105,6	10,1	100	105,5	112
	Continua	10	100	122	111,3	7,7	105	109,5	117
	Intermitente	10	80	112	99,2	9,9	95	100,5	104
	Intervalada	10	91	120	106,3	9,3	100	107	113
FC post (ultima)	Total	30	126	187	167,067	15,0469	155	169	177
	Continua	10	146	186	166,8	12,761	155	167,5	171
	Intermitente	10	126	185	158,3	18,355	148	159	171
	Intervalada	10	165	187	176,1	7,325	171	175,5	181

En comparación entre las metodologías aplicadas, la frecuencia cardíaca difiere estadísticamente entre los protocolos. Siendo el método intermitente diferente al intervalado (158 +/-18 vs 176 +/-7,  $p < 0.05$ ), pero no al continuo (158 +/-18 vs 166 +/-12, n.s.). Ocurrendo lo mismo con el intervalado hacia el tratamiento continuo (176 +/-7 vs 166 +/-12, n.s.).



**VELOCIDAD DE NADO:**

Variable	Metodología	N	Min	Max	Media	D.S.	Pctil25	Mediana	Pctil75
Tiempo en seg Sprint	Total	30	55,36	75,7	65,903	5,47124	62,54	65,25	70,42
	Continua	10	55,36	73,42	65,189	5,463	62,41	65,185	70
	Intermitente	10	56,33	74,58	66,546	6,086	63,53	65,25	73,6
	Intervalada	10	57,3	75,7	65,974	5,343	63,13	65,41	70,42
Velocidad (m/seg) Sprint	Total	30	1,321	1,80636	1,52762	0,12819	1,42005	1,53257	1,59898
	Continua	10	1,362	1,806	1,544	0,133	1,429	1,534	1,602
	Intermitente	10	1,341	1,775	1,514	0,140	1,359	1,533	1,574
	Intervalada	10	1,321	1,745	1,525	0,123	1,420	1,529	1,584

Variable	Metodología	N	Media	D. S.	Max	Min	P25	Mediana	P75
Velocidad de los protocolos	Total	210	1,40	0,12	1,67	1,11	1,30	1,39	1,47
	Continua	30	1,27	0,08	1,41	1,11	1,21	1,27	1,34
	Intermitente	60	1,53	0,11	1,67	1,39	1,47	1,52	1,67
	Intervalada	120	1,37	0,08	1,52	1,24	1,30	1,37	1,44

La variable velocidad de nado, en el sprint, muestra que hay diferencias significativas entre las metodologías,  $p < 0.05$ . Se observa diferencia significativa entre la velocidad promedio en la metodología continua y la intermitente, siendo en ésta última menor (1.54m/seg vs 1.51m/seg). La metodología intervalada (1.52m/seg) no es estadísticamente diferente a ninguna de las anteriores,  $p < 0.05$ . Recordar que cada nadador realizó el sprint en su especialidad de nado.

En cuanto a los protocolos de recuperación los tres métodos son estadísticamente diferentes. Es la metodología intermitente la que introdujo la mayor velocidad de nado entre los protocolos en comparación con el tratamiento intervalado y el continuo, respectivamente (1.53 +/- 0.10m/seg vs 1.37 +/- 0.06m/seg vs 1.25 +/- 0.09m/seg,  $p < 0.05$ ).

**LACTATO:**

Variable		N	Min	Max	Media	D.S.	Pctil25	Mediana	Pctil75
YSIpre_1	Total	30	5,0	16,0	11,5	2,8	10,5	11,7	13,1
	Continua	10	10,7	16,0	13,0	2,1	10,9	12,9	15,1
	Intermitente	10	5,0	15,8	10,6	3,6	7,7	11,4	12,9
	Intervalada	10	7,7	14,6	11,0	2,0	9,4	10,7	12,3
YSIpre_3	Total	30	5,5	18,5	12,9	3,1	11,0	13,2	15,2
	Continua	10	10,8	18,5	14,2	2,2	12,0	14,4	15,2
	Intermitente	10	5,5	17,0	11,8	4,0	9,1	12,6	15,2
	Intervalada	10	8,0	15,5	12,7	2,5	11,0	12,6	15,0
YSIpre_5	Total	30	5,1	18,3	13,1	3,2	11,7	13,4	15,3
	Continua	10	11,1	18,3	14,3	2,0	13,4	14,4	15,2
	Intermitente	10	5,1	16,5	11,8	4,2	7,3	12,7	15,4
	Intervalada	10	8,3	17,5	13,2	2,8	11,7	12,4	15,4
YSI post (ultima)	Total	30	0,81	8,16	3,81567	2,22444	2,04	3,315	5,64
	Continua	10	1,38	6,9	4,136	1,914	2,67	4,075	5,58
	Intermitente	10	0,81	3,45	1,943	1,161	0,98	1,26	3,24
	Intervalada	10	2,31	8,16	5,368	2,060	3,18	5,67	6,57

**Estadísticas descriptivas para LACTATO pico post sprint**

Metodología	N	Media	D.S.	Máximo	Mínimo	P25	Mediana	P75
Total	30	13,3777	3,22108	18,45	5,49	11,88	13,4	15,86
Continua	10	14,612	2,10514	18,45	11,1	13,38	15,135	15,86
Intermitente	10	12,222	4,23554	17,01	5,49	9,06	12,675	16,44
Intervalada	10	13,299	2,80653	17,46	8,34	11,88	12,795	15,54

Los datos muestran que los lactatos picos en la recuperación (1', 3' y 5') post sprint difieren estadísticamente entre las metodologías,  $p < 0.05$ . La metodología continua y la intermitente son las que difieren entre sí, siendo ésta última la que tiene en promedio lactato máximo post sprint más bajo (14.6mmol/l +/-2.1 vs 12.2mmol +/-4.2, respectivamente). La metodología intervalada no difiere de las anteriores estadísticamente (13.3mmo/l +/-2.8, n.s.)

Por otra parte el ácido láctico comparado entre las metodologías de recuperación debe dividirse en dos partes, la última muestra y el rango de caída en el transcurso del protocolo. En primer medida encontramos que es el protocolo intermitente de recuperación el que traduce una diferencia significativa con respecto al protocolo continuo e intervalado, en la última muestra (1.9 +/-1.16mmol/l vs 4.1 +/- 1.9mmol/l vs 5.3 +/- 2.06mmo/l,  $p < 0.05$ ). Comparando el rango de caída de la curva, se observa que la metodología continua muestra una caída igual o aún mejor que la intermitente en promedio (-10.4 +/-1.8mmo/l vs -10.2 +/-3.6mmo/l respectivamente,  $p < 0.05$ ).



### Estadísticas descriptivas para FC y YSI según metodología

Metodología	Variable	N	Media	D.S.	Mínimo	Máximo
Continua	FC	30	167,8	11,7	136	186
	YSI	30	5,4	2,4	1,38	11,41
Intermitente	FC	60	154,6	17,4	111	187
	YSI	60	3,3	2,7	0,75	13,59
Intervalada	FC	60	171,6	9,0	137	190
	YSI	60	6,7	2,9	2,19	14,79

Correlaciones de Pearson, según metodología.

Metodología	Correlación	P-value
Continua	0,219	0,2452
Intermitente	0,003	0,98
Intervalada	0,002	0,86

Se observa que las correlaciones entre FC y YSI para las tres metodologías son muy bajas y ninguna resulta significativamente distinta de cero.



**FLEXIBILIDAD:**

Variable	Metodología	n	Min	Max	Media	D.S.	Pctl25	Mediana	Pctl75
Flexibilidad Pre	Total	30	0	25	13,7833	7,34927	9	14	21
	Continua	10	0	23	11,5	7,542	5	11	17,5
	Intermitente	10	5	25	15,2	7,193	10	16	21
	Intervalada	10	3	23,5	14,65	7,521	9	15,5	22
Flexibilidad Post	Total	30	3	25	15,2	6,93392	9	16,5	21,5
	Continua	10	3	23	13,9	7,125	8	14,5	20
	Intermitente	10	6	25	17,05	6,414	12	17	23,5
	Intervalada	10	3	23	14,65	7,550	7	17	21,5

Variable	Metodología	Elonga	N	Media	D.S.	Max	min	P25	Mediana	P75	
Flexibilidad Previa	Total	NO	15	13,2	7,1	23	3	9	10	22	
		SI	15	14,3	7,8	25	0	5	14	21	
	Continua	NO	5	14,3	5,9	23	9	10	12	17,5	
		SI	5	8,7	8,6	21	0	3,5	5	14	
	Intermitente	NO	5	13,4	6,9	23	6	10	10	18	
		SI	5	17,0	7,8	25	5	14	20	21	
	Intervalada	NO	5	12,0	9,4	22	3	4	9	22	
		SI	5	17,3	4,6	23,5	12	14	17	20	
	Flexibilidad Post	Total	NO	15	14,6	6,8	24	3	9	16	21,5
			SI	15	15,8	7,2	25	3	8	18	22
		Continua	NO	5	16,0	5,4	23	9	13	16	19
			SI	5	11,8	8,6	22	3	6	8	20
Intermitente		NO	5	16,0	5,4	24	10	12	17	17	
		SI	5	18,1	7,8	25	6	15	21	23,5	
Intervalada		NO	5	11,9	9,6	23	3	5	7	21,5	
		SI	5	17,4	4,2	22	11	16	18	20	

**Estadísticas descriptivas para diferencia de elongación (Antes/después)**

Metodología	N	Media	D. S.	Máximo	Mínimo	P25	Mediana	P75
Total	30	1,42	2,06	7	-2	0	1	2,5
Continua	10	2,4	1,85	6	0	1	2,75	3
Intermitente	10	1,85	2,26	7	-1	1	1	2,5
Intervalada	10	0	1,27	2	-2	-1	0	1

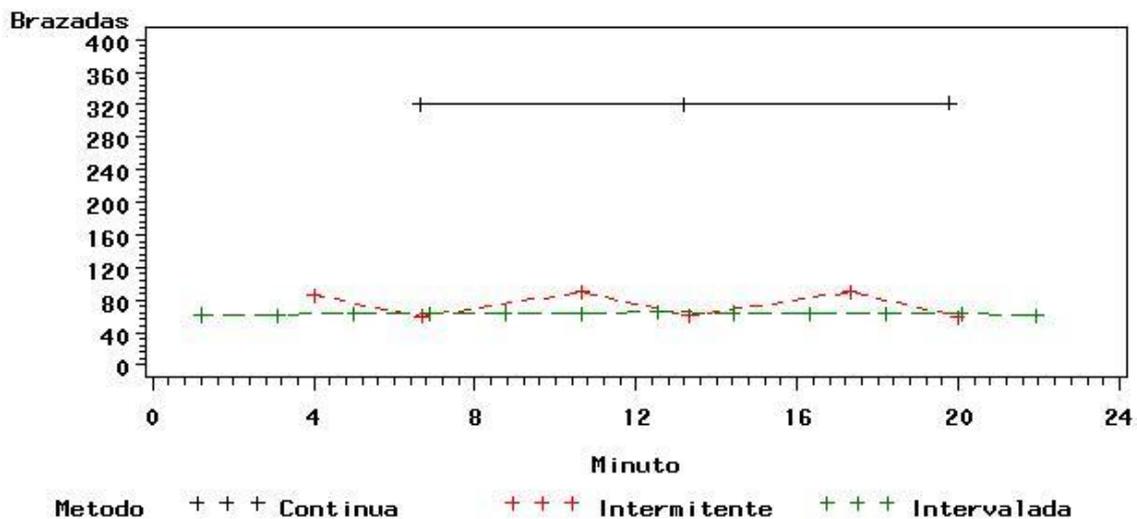
La variable flexibilidad comparada antes y después del protocolo muestra que aplicando el protocolo de elongación previo en comparación con el que no lo aplica, la misma no difiere estadísticamente entre los que elongan y los que no,  $p < 0.05$  (antes: 13.2cm los que no elongaron, 14.3cm los que si lo hicieron vs 14.6cm y 15.8cm respectivamente) En cuanto a los tratamientos, el continuo y el intervalado muestran diferencias significativas en el antes y el después (2.4 +/-1.85cm vs 0.0+/-1.27cm, respectivamente,  $p < 0.05$ ), el intermitente no difiere de los protocolos anteriores (1.85+/-2.26cm, n.s.)



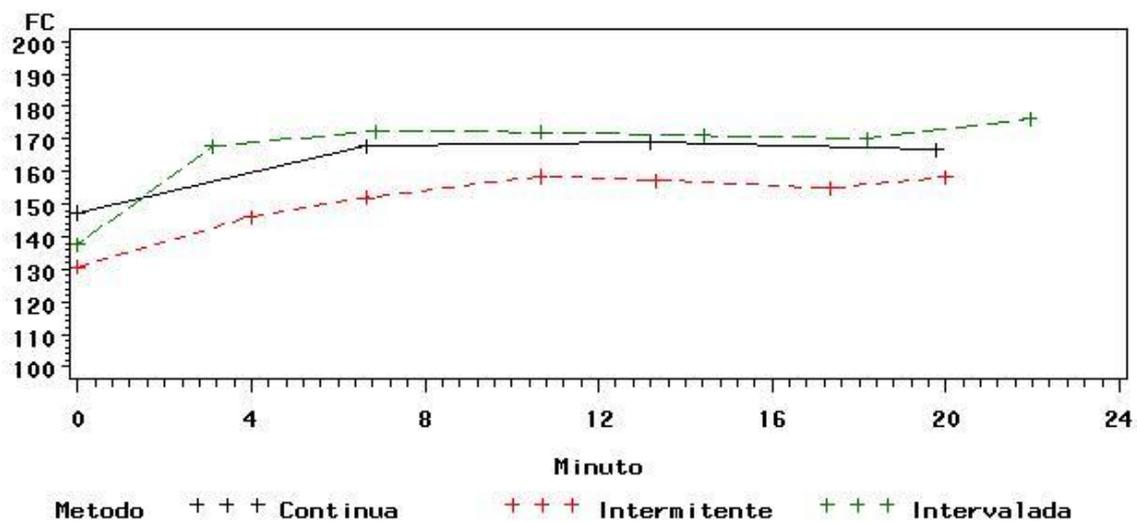
**Descripción gráfica de las variables según la metodología:**

**Datos promedios:**

### Evolucion de las brazadas

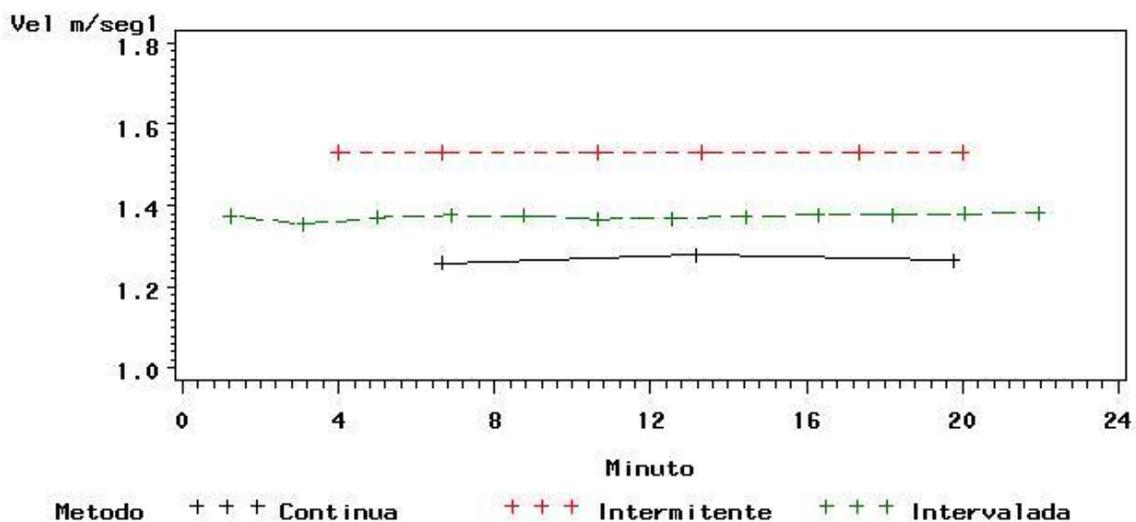


### Evolucion de la FC

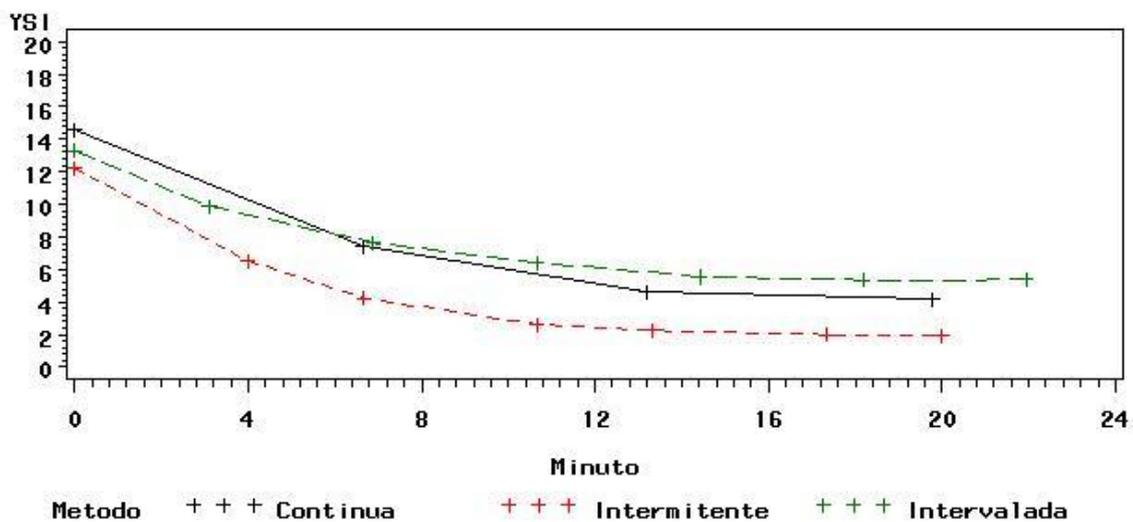




## Evolution of the velocities

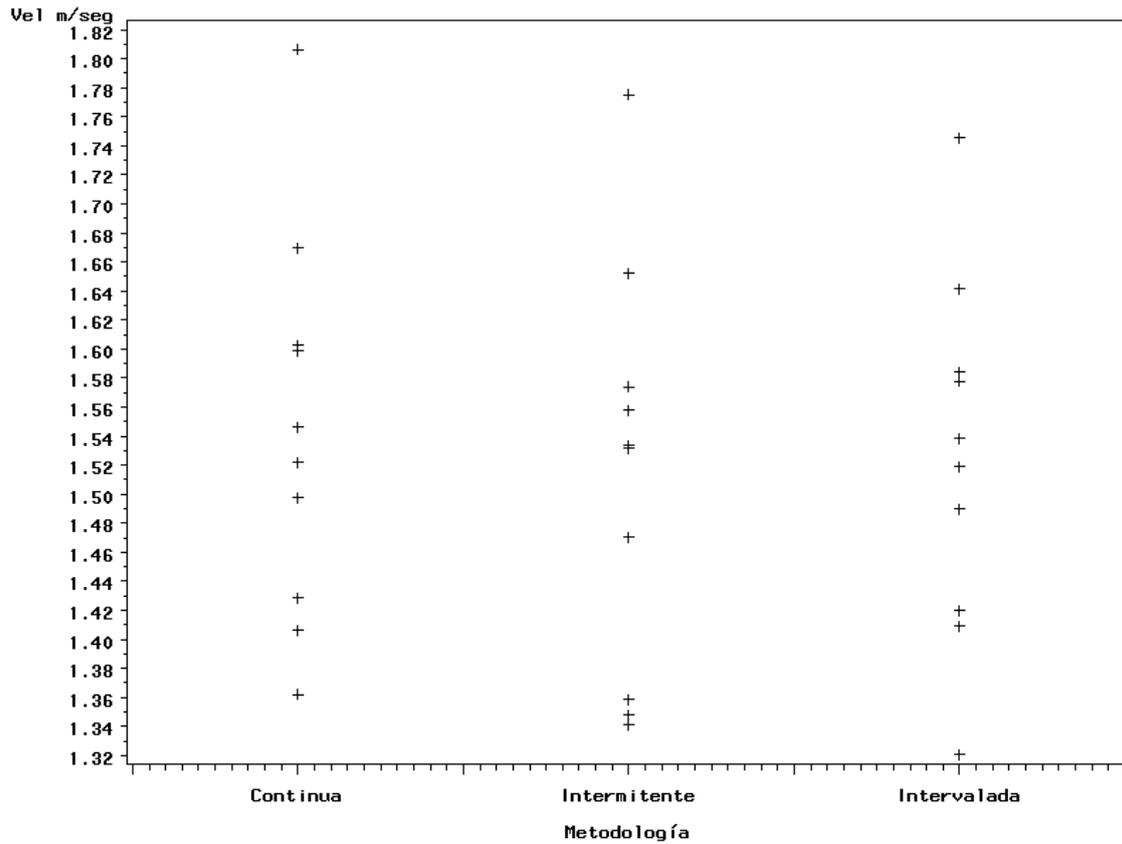


## Evolution of the YSI

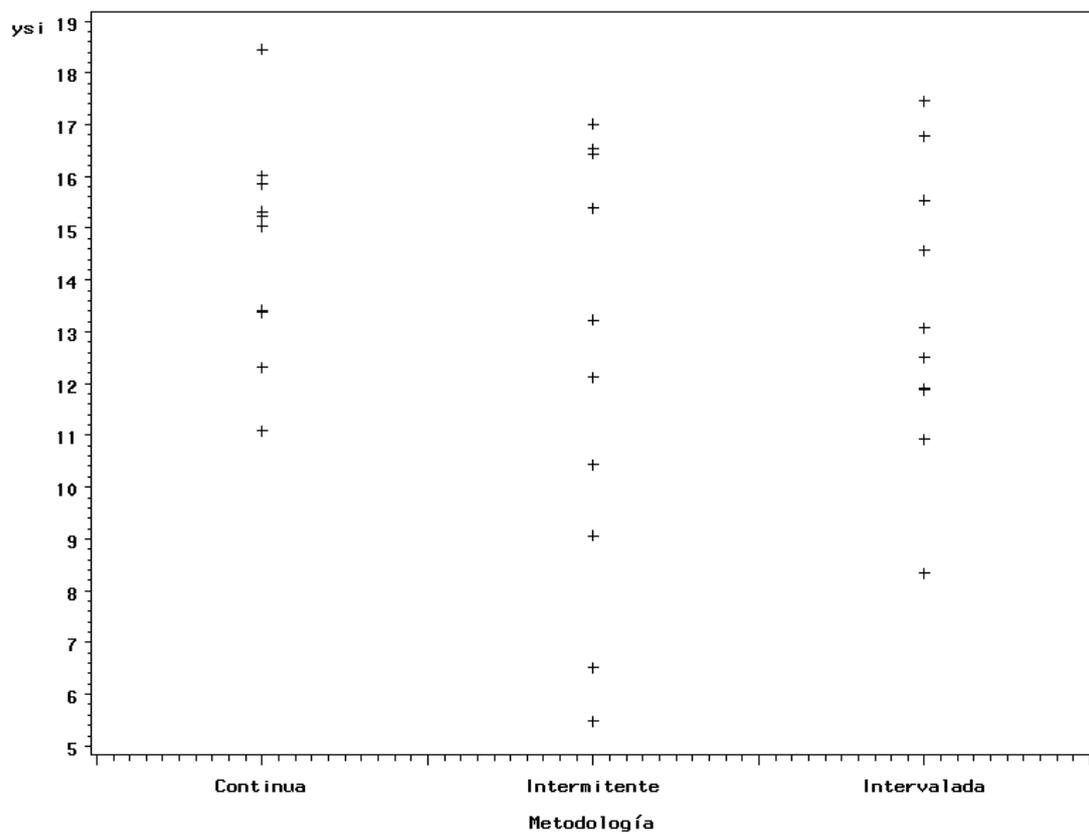




### Velocidad (m/seg) de los sprints según metodología

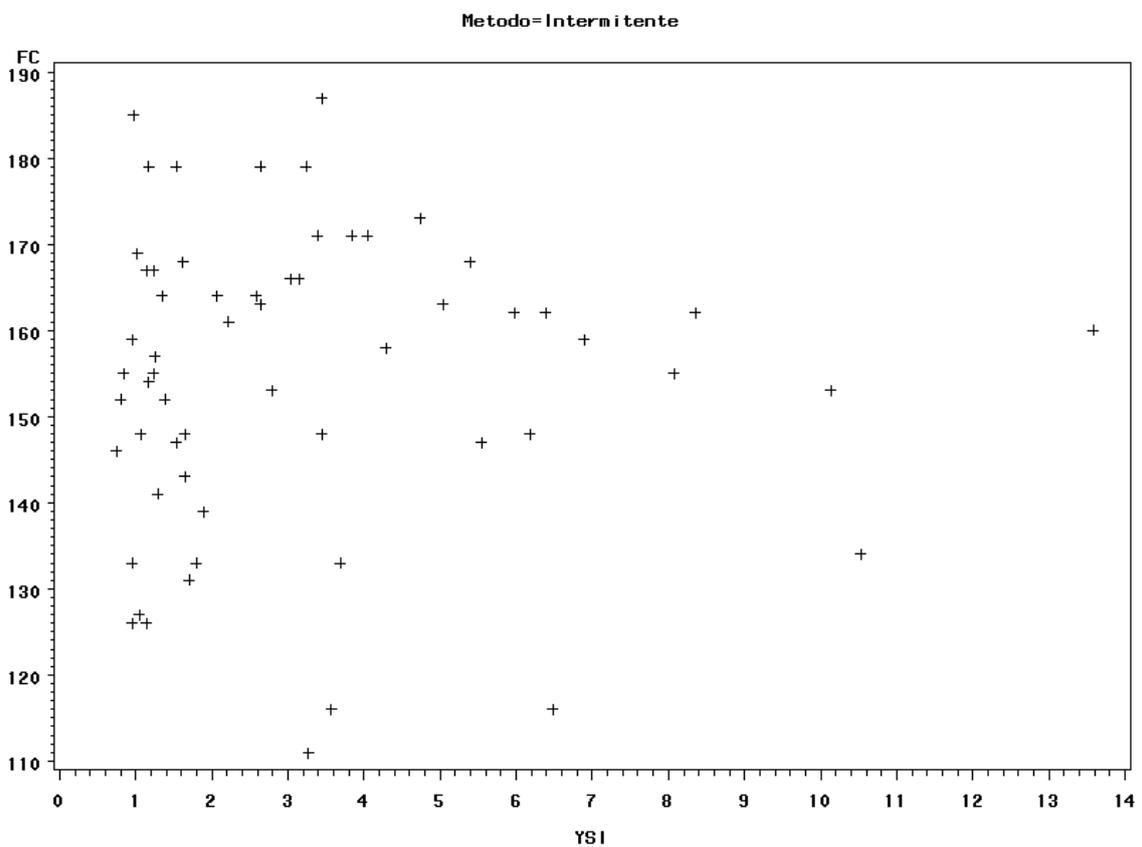
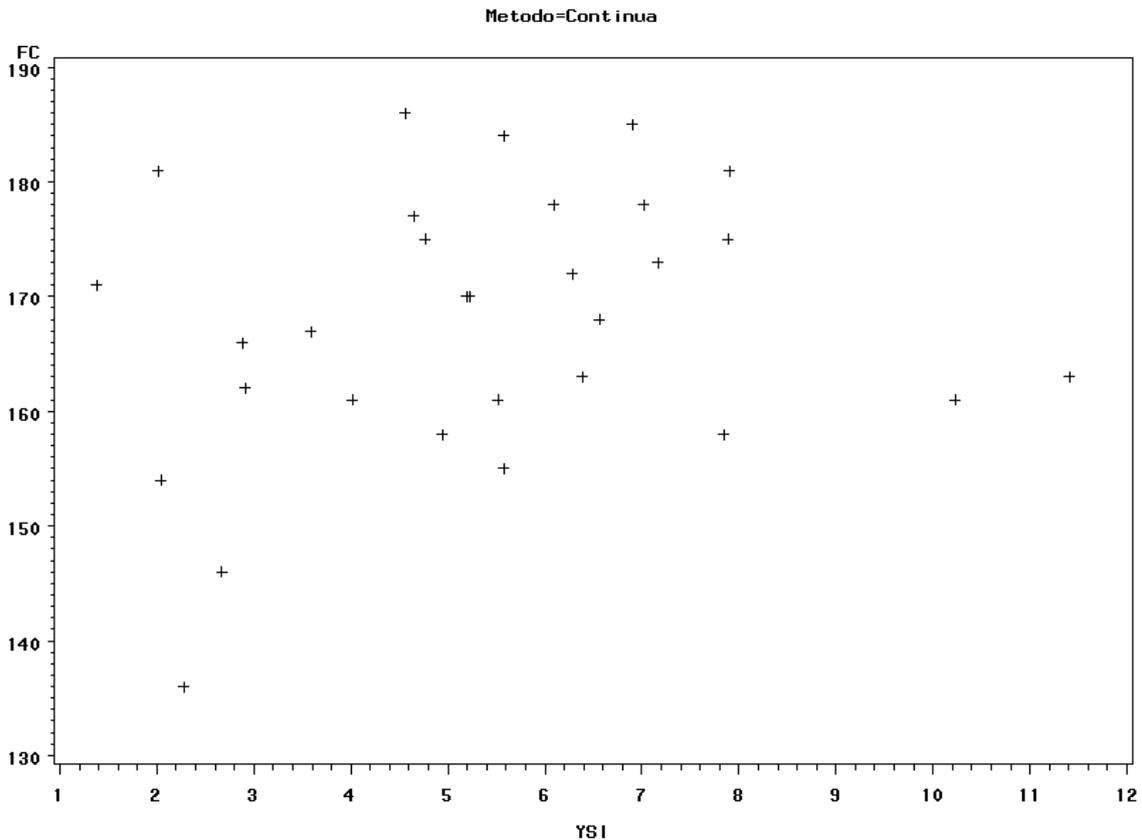


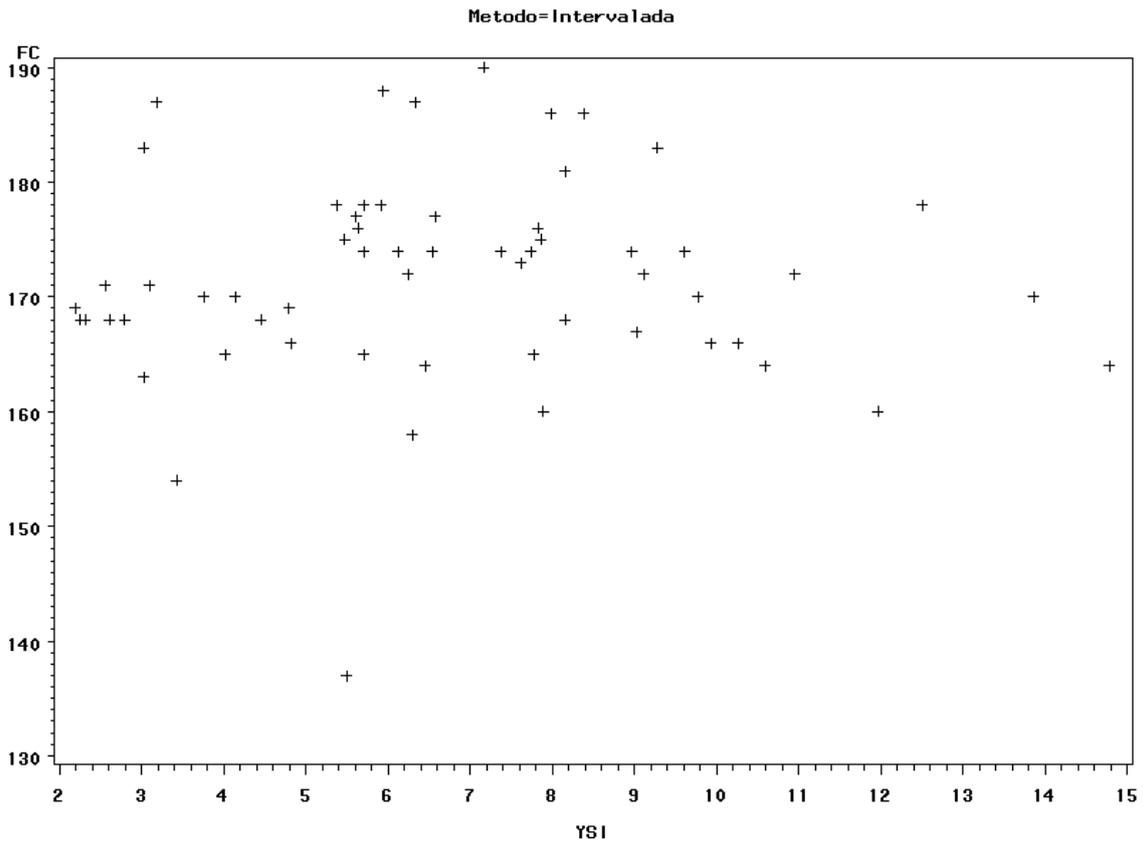
### Lactato Pico (entre 1', 3' y 5' post sprint) según metodología





### Correlación entre la Frecuencia Cardíaca (FC) y el Lactato (YSI) en la pruebas Gráficos de dispersión FC – Lactato, según metodología







#### 4. Discusión:

La trascendencia de los resultados obtenidos radica en reafirmar la importancia de realizar ejercicios de moderada a baja intensidad posterior a una carga intensa de trabajo. Estudios relacionados y la bibliografía consultada también así lo indican, al margen que no existe una propuesta preestablecida sobre la protocolización de los ejercicios, todo conlleva a que los mismos deben ser a una intensidad de trabajo tal que favorezca la remoción sobre la producción de ácido láctico<sup>5</sup>, ya que éste es uno de los parámetros fisiológicos que mejor determinan la intensidad de un ejercicio.

Los estudios relacionados sobre los procesos de recuperación en nadadores que se detallan en el marco teórico sugieren que la recuperación activa ante un esfuerzo beneficia la performance posterior a comparación de la recuperación pasiva<sup>16-21</sup>. Cabe aclarar que esto se ve resaltado aún más cuando el stress metabólico hace que la concentración de lactato sea alta, caso tal a sprints de 100 y 200 metros en natación o bien esfuerzos de tal duración. Esto sería más destacado cuando los esfuerzos de tal magnitud deben ser expresados por ejemplo en un mismo día, como ocurre muchas veces en torneos o competiciones en donde la ronda clasificatoria y final se realiza el mismo día.

Argumentando específicamente sobre el presente trabajo, se observa claramente que el proceso activo de recuperación, al margen del tratamiento aplicado, conlleva a una reducción de la concentración de lactato en sangre. En cuanto a la velocidad de nado, a pesar que se utilizó un test previo para determinarla, se realizó una corrección metodológica para ser más precisos con los resultados, esto debido a que ante un esfuerzo de menor distancia el nadador podía desarrollar una velocidad levemente superior, caso que se observa en la metodología intermitente, principalmente. El comportamiento de la frecuencia cardíaca, como era de esperar, fue dispar ya que como se ha expuesto anteriormente, la factores que influyen sobre la misma no sólo responden al orden metabólico de una carga física, sino a factores influenciados por el medio externo, como por ejemplo la motivación, la ansiedad, altitud, entre otros<sup>6</sup>, observando los datos quedo bien especificado que los nadadores no obtienen valores elevados de frecuencia cardíaca post sprint (media: 138 ppm al 1'), la misma es más alta durante los tratamientos que post esfuerzo (media: 167 ppm última muestra); a diferencia de la aparición del lactato, medido a nivel del mar, que radica su expresión mediante la velocidad de la contracción muscular, medio que regula su producción. A favor de esto la correlación entre la frecuencia cardíaca y el lactato intra-tratamiento no difiere significativamente de cero (Continua: 0.219; Intermitente: 0.003; Intervalada: 0.002). Con respecto a la biomecánica de nado observada por el número de brazadas, las mismas mantienen un número similar en el total del tiempo de trabajo de cada tratamiento comparándose intra individuos mostrados por las gráficas, en algunos casos, la variabilidad expresada en el desvío estándar puede verse afectada por el largo de brazos de los nadadores, variable que no se tomó. Esto nos indica que la velocidad y el stress del trabajo era el optimo ya que caso



contrario este número debería haber sido muy dispar, favorecido por la incoordinación motora, expresada no sólo por un aumento en el número de brazadas, sino también en un aumento del tiempo de trabajo, lo cual indicaría la pérdida de eficiencia y eficacia mecánica, traducido por la fuerza muscular aplicada.

En la variable flexibilidad el análisis de datos nos indica que la misma no se ve afectada en los tratamientos cuando los nadadores aplican el protocolo de vuelta a la calma que incluye los estiramientos antes del trabajo metodológico, en comparación con los que no lo aplicaron. Cabe aclarar que en la bibliografía hay estudios que concluyen que los estiramientos provocarían un efecto “esponja” generando una mayor difusión del lactato<sup>9</sup>, cosa que se supone que aquí no ocurrió ya que no existe una diferencia significativa en los resultados en último lactato ( $p < 0.05$ ). El aporte principal en éste caso de la elongación muscular radica en que favorecería la amplitud de movimientos descomprimiendo los puentes de actina y miosina que queden enlazados post esfuerzos, evitando el acortamiento y la retracción muscular y/o articular<sup>9</sup>. Más allá que los que no aplicaron los estiramientos previos, obtuvieron mejores de igual magnitud que los que si lo realizaron.

Buscando generar un aporte a la solución del problema, se planteó como objetivo el hecho de que metodología respondería mejor a la recuperación de las variables en estudio, verificando, encontramos que el número de brazadas se encuentra equilibrado cuando vemos el efecto intratratamientos, como se mencionó anteriormente. Pero cuando se comparan los tratamientos se observa que en promedio los sujetos que efectuaron elongación en el protocolo tienen un mayor número de brazadas, esto estaría justificado tal vez, a que los estiramientos favorecieron la relajación muscular y redujeron el reclutamiento de fibras musculares<sup>9</sup>, por ende la fuerza aplicada en las brazadas era menor y se tradujo a un mayor número en total. En sí el protocolo intervalado muestra una mejor relación con ésta variable en la eficiencia mecánica (continua: 1.56m/brazada; intervalada: 1.61m/brazada; intermitente: 1.46m/brazada), más allá que las distancias de nado fueron diferentes en cada protocolo (Continuo muestras cada 500m; Intervalado cada: 100m; Intermitente cada: 125m -150m y 100m-). Quedaría por corroborar qué sucedería si los estiramientos fueran de menor duración, como por ejemplo 10 segundos en lugar de 15, y así de ésta manera no favorecer tanto a la relajación muscular.

En cuanto a la frecuencia cardíaca, se muestra que después de los sprint el valor es menor en promedio que durante los protocolos. Sucedió que la metodología intermitente es aquella que obtuvo los valores más bajos entre los tres tratamientos, esto se traduce a que el trabajo es discontinuo a comparación de los otros dos tratamientos y el caso de los frenados constantes cada 20 segundos detienen el esfuerzo cardiovascular y él stress; si nos centramos en la metodología intervalada encontramos que hay un número más elevado, esto es la consecuencia de la relación trabajo/pausa en donde los sujetos mantenían un stress por encima del minuto de trabajo y luego debían detenerse (en la pausa el



stress cardiovascular disminuye). En cambio el método continuo al ser como la palabra lo indica, la variable se mantenía por más tiempo en stress, esto ayudaría que a lo largo de los minutos se estabilice mejor y no sufra cambios de ritmo constantes en los latidos al no tener detenciones. Más allá de lo expuesto, estadísticamente encontramos que el protocolo continuo no difiere entre el protocolo intervalado o del intermitente; son estos dos últimos lo que estadísticamente tienen una diferencia significativa. No olvidar, como se mencionó anteriormente que la frecuencia cardíaca se ve afectada por varios factores, no sólo por una carga física (la correlación con el lactato no difiere estadísticamente de cero); el método continuo fue el primero en evaluarse, el intervalado lo siguió y por último el intermitente, hablando del proceso de evaluación, y quizás factores como la ansiedad o el nerviosismo hayan hecho eco sobre la variable, más aún teniendo en cuenta que los nadadores el fin de semana que estaba por medio al trabajo tenían una competición.

En la variable flexibilidad aquellos que realizaron el protocolo con elongación previa en comparación con los que no lo realizaron, no se refleja una mejora en el test post trabajo ( $p < 0.05$ ). Donde existe diferencia significativa en ésta variable es en el protocolo aplicado, donde el continuo obtuvo un mejor resultado en promedio entre el antes y el después ( $2.4 \pm 1.85\text{cm}$ ) en comparación con el intervalado ( $0.0 \pm 1.27\text{cm}$ ). El tratamiento intermitente no difiere significativamente de los dos anteriores. Los resultados indicarían que la intensidad de trabajo del protocolo intervalado, al ser mayor en comparación con el continuo, llevaría a que los puentes de actina y miosina estén enlazados en un mayor número, por la fuerza aplicada (además las concentraciones de lactato en sangre muestran en la curva de caída que el protocolo continuo es más eficiente que el intervalado al final). Al margen que el tratamiento intermitente realizó intensidades de nado mayores a los anteriores, la misma tenía una relación de trabajo pausa 1:1, y con ello una menor carga de trabajo mecánico absoluto.

El ácido láctico analizado estadísticamente nos conlleva a inferir que es la metodología intermitente la cual traduce una mejora más próxima al estado basal de la concentración de lactato en sangre. Esto radicaría en dos detalles muy importantes, en primer lugar se parte en promedio de niveles más bajos de ácido láctico en este protocolo en comparación con el continuo, en referencia al post sprint, pero ambos muestran una caída de la curva de recuperación semejante; además esto traducido a que la velocidad de nado fue menor en el sprint previo, lo que podría estar explicado por variables no controladas como descanso, hidratación, nutrición, etc; y más aún teniendo en cuenta que en medio del proceso de la investigación participaron en una competencia representando a su Institución. Otro atenuante, es que las muestras de lactato que se realizaban en el protocolo, se hacían en lapso de 20 segundos en el intermitente, y en el continuo lo más rápido posible cada 500m de nado, quizás el tiempo era muy estrecho para que el lactato difundiera al territorio vascular y se nivele en sangre, generando así el balance neto de la producción del mismo entre ambos territorios<sup>4</sup>, a diferencia del protocolo intervalado que se realizaba con 40



segundos de pausa. Sin embargo la metodología continua traduce mejoras iguales o mayores que el protocolo intermitente, comparando la curva de caída del lactato y el tratamiento estadístico, como se mencionó anteriormente.

El lactato en la metodología intervalada cae en promedio hasta 5 mmol/l, quizás esto se debe a que el test subaeróbico que se tomó para determinar la velocidades, en donde se buscó el lactato de 3 mmol/l para favorecer la remoción sobre la producción<sup>5</sup>, no haya realizado el mismo efecto en toda la muestra, especulando que algunos nadadores quizás no tengan la suficiente carga de trabajo con stress aeróbico, como para tener bien desarrollado el sistema.

Dos detalles no menos importantes son que en la metodología continua se verifica alrededor de los 15 minutos del protocolo, un estado estable del lactato (aproximadamente 4mmol/l de promedio) que no se modifica demasiado hasta el final del tratamiento, esto acuerda con la literatura que sugiere entre 15 y 20 minutos de recuperación o vuelta a la calma post- esfuerzo. Más allá de esto el valor en promedio de lactato debería ser más bajo (3mmol/l aproximadamente) para asegurarse que el mismo no altere la performance que pueda realizarse posteriormente, es decir que sería ideal realizar unos minutos más de carga para favorecer aún más este nivel.

Por último queda por descifrar que hubiera pasado si el protocolo intervalado hubiera sido con un mayor tiempo de trabajo, como por ejemplo 200 metros en lugar de 100 metros, ya que esto podría mantener más stress metabólico por más tiempo y favorecería la remoción de lactato por mantener una intensidad de trabajo relativamente mayor que el continuo.

Un detalle importante fue que una vez concluido el proceso, los nadadores se enfrentaron a una serie de competiciones en la temporada de verano, el entrenador manifestó una mejora en el rendimiento de los mismos, ya que aplicó parte de los datos obtenidos para ajustar ciertos parámetros del proceso de entrenamiento, como por ejemplo la intensidad de los trabajos de recuperación.



## 5. Conclusiones:

Tal como lo indica la hipótesis de trabajo, se aplicaron los protocolos de vuelta a la calma post esfuerzo, continuo, intervalado e intermitente, comparándolos entre sí. De los resultados obtenidos, se concluye apoyando a la hipótesis general, que la aplicación de ejercicios de baja a moderada intensidad favorece la recuperación de las variables fisiológicas en estudio, con excepción de la frecuencia cardíaca donde los valores en los protocolos son más elevados que post sprint. Esto sugiere que la frecuencia cardíaca está controlada por diversos factores que no sólo rodean a la intensidad del ejercicio y la recuperación, sino a factores de carácter externo que no fueron controlados y estudiados.

En cuanto al protocolo que mejor estableció la recuperación del lactato, tomando a éste como factor limitante y fundamental en el rendimiento, se observa al método intermitente y al continuo como los óptimos, contradiciendo de alguna manera a lo expuesto en la hipótesis correspondiente. Esto ha sido aclarado en la discusión que puede deberse a diversos factores. En promedio el lactato del cual se parte en el método intermitente es sustancialmente menor que en el continuo (hubo diferencias significativas en la velocidad de nado del sprint previo), pero no al intervalado; en segundo lugar, a favor de la hipótesis, la difusión del lactato al torrente sanguíneo contaba de 20 segundos para su muestra en el intermitente, y el continuo se realizaba lo más rápido posible cada 500 metros, esto quizás tomado en un mayor tiempo radicaría en otro valor, como por ejemplo en la pausa del método intervalado que era de 40 segundos. Un atenuante, además, manifestado por el entrenador, es que los nadadores en sus entrenamientos utilizaban intensidades relativamente menores para la recuperación, al margen que para la investigación se realizó un test para determinar las velocidades de los protocolos, el mismo fue de carácter intervalado (a esto se debió la corrección metodológica en cada protocolo), ello podría haber afectado el resultado final del estudio, por una cuestión de adaptación a la velocidad de remoción de ácido láctico. Queda por dilucidar qué hubiera pasado si se mantenía el stress del método intervalado por más tiempo, como por ejemplo en repeticiones de 200 metros, esto se acercaría más a un trabajo continuo en tiempo. Además, se observó un aumento del número de brazadas, en promedio, de los nadadores que realizaban el protocolo de elongación previo, quizás realizando una modificación en menor tiempo de los estiramientos, favorecería a ésta variable. La misma en el presente trabajo no favoreció a la recuperación del lactato en sangre, comparando los que aplicaron elongación y los que no lo hicieron. El protocolo continuo mejoró esta variable en comparación con el intervalado, no así con el intermitente, donde éste último no difiere de ninguno de los anteriores.

Por último como aporte a los entrenadores se sugiere que, observando los valores elevados de lactato en sangre de los que se parten post sprint, cuando realicen trabajos con un alto contenido glucolítico, se debería realizar no menos de 20 minutos de recuperación activa, o inclusive más de éste tiempo, favoreciendo así la remoción de ácido láctico. Más aún, sabiendo que en 20



minutos no todos llegan a un estado basal del mismo o valores similares como muestran el estudio. De todo lo anterior se concluye que se acepta de manera parcial la hipótesis de trabajo, ya que en primer lugar es evidente que los ejercicios aplicados muestran una recuperación de las variables (lactato principalmente), pero no es el método intervalado el que conlleva a una reducción mayor, más allá de todo lo expuesto a favor del mismo.



## 6. Reconocimientos y Agradecimientos:

Los agradecimientos son infinitos e impagables a todos aquellos que hicieron y hacen que uno pueda seguir adelante en algo que le apasiona y le quita el sueño más de una vez, como es el caso esta hermosa profesión. El proceso fue algo engorroso ya que se ha modificado en gran parte el estudio por diversos motivos, pero ahí fue cuando mayor uno sintió el apoyo que necesitaba.

En primer lugar agradecer a mis padres, que desde el primer momento me apoyaron en todo, y más de lo que podían, para que pueda capacitarme, caso que jamás me voy a arrepentir. Ellos son los grandes responsables que uno hoy pueda decir que tuvo todas las posibilidades habidas y por haber para crecer desde lo humano y profesional, siempre con un apoyo incondicional, ¡Eternamente gracias!

A Belén, mi pareja, que tuvo que soportar las idas y vueltas, mis malos humores, mis estados de ánimos tan cambiantes en vivo, cuando fue el proceso de evaluación y la toma de datos, sin lugar a dudas fue un pilar para serenarme, tranquilizarme en los momentos que lo necesité. Gracias a ella por soportar tanto y apoyarme de la misma manera, al margen de lo expuesto, me cambió la vida conocer a una persona tan especial, ¡por y para siempre mil gracias!

Al staff docente de la Licenciatura en Educación Física con orientación en Ciencias del Ejercicio, a todos y cada uno de ellos muchas gracias por generarnos no sólo el conocimiento, que en sí es muy valioso, sino también por transmitirlo con tanta pasión, eso hace que uno genere un sentido de pertenencia incalculable y además ame cada día más lo que hace.

Al Dr. Eugenio Gordon, director de la tesis, que desde un primer momento me apoyo con mis ideas tan alocadas. Gracias por lo compartido, por ser tan humano y por su capacidad como profesional.

Al Dr. Juan Carlos Mazza que además de ser el director de la carrera más brillante que conozco, es un profesional que considero una eminencia, mi respeto más profundo a su trayectoria, lo admiro. Gracias por su apoyo principalmente en el proceso arduo de evaluación, y dedicar mucho de su preciado tiempo al trabajo de campo y la logística.

Al cuerpo de recursos humanos del Laboratorio de Evaluaciones Médica-Deportivas de la Provincia de Santa Fe, Lic. Oscar Ramos, Dr. Carlos Groppo y la Prof. Carolina Marchessini, por colaborar en las evaluaciones.

Al club Echessortu Fútbol Club de la ciudad de Rosario por facilitar a los nadadores y el natatorio a través de la gestión del entrenador Prof. Gustavo D'Andrea, siendo los principales responsables de que todo el trabajo se pueda realizar, ya que sin la predisposición de todos ellos nada se habría podido hacer.

Al Licenciado Lisandro Ruffo, no sólo gran compañero de trabajo, sino una gran persona y mejor amigo, el capitán del barco en muchos lapsos de la evaluación. Desinteresadamente me cedió horas de trabajo del Gimnasio, del cual es el encargado, para realizar el trabajo de campo. Además estuvo siempre a disposición para todo. Nunca lo voy a olvidar. ¡Mil gracias Palomo!



Al Profesor Luciano Meritano, como capitán del Grupo de Entrenamiento Físico Rosario Team Merrell por facilitar y donar la hidratación con bebida deportiva, en este caso Gatorade para los nadadores. Además de la colaboración en la evaluación y toma de datos.

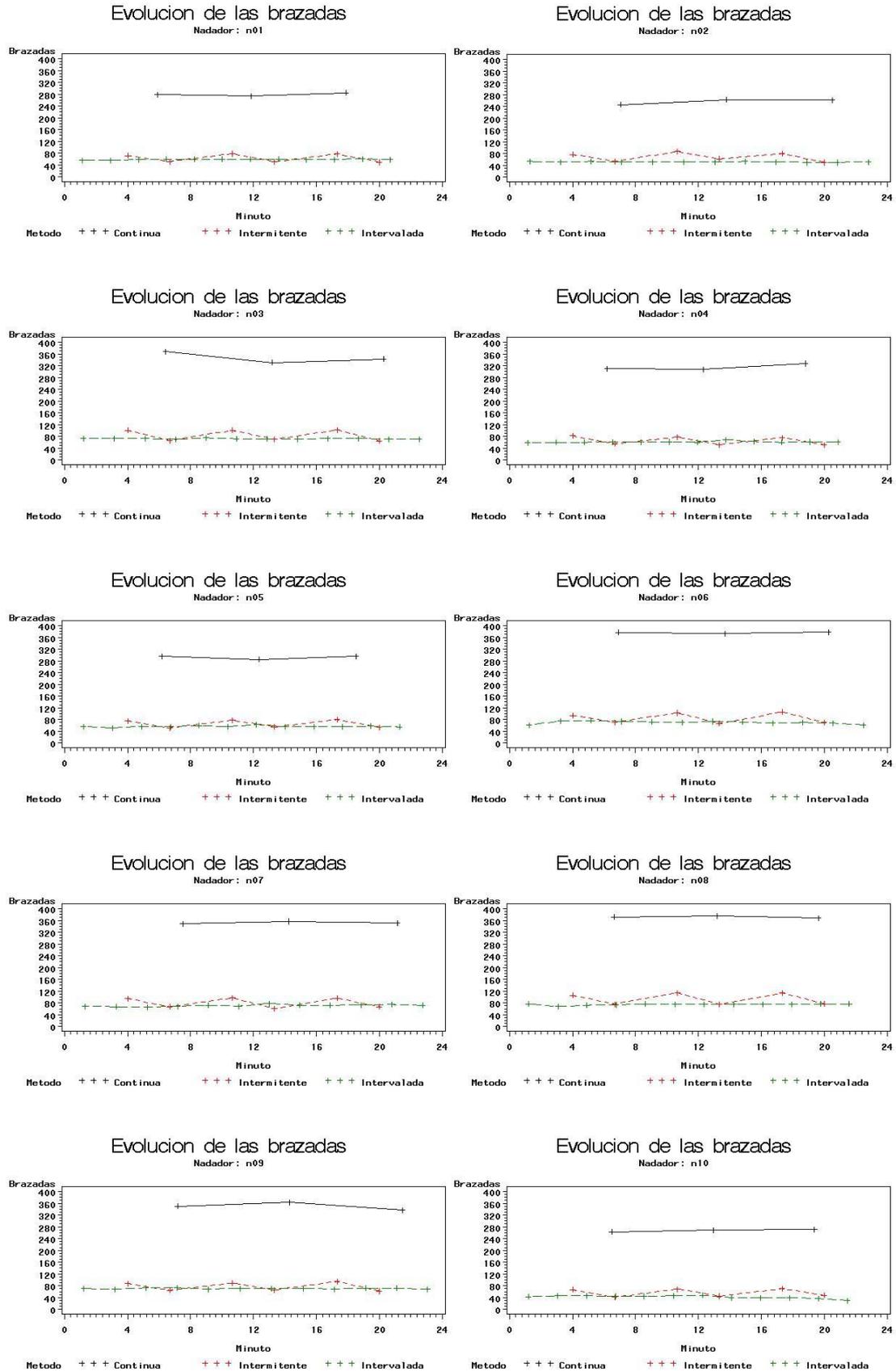
A todos y cada uno de los amigos que colaboraron con la toma de datos, tiempos, contando brazadas, anotando, etc. que quizás para varios de ellos fue una experiencia totalmente nueva y se adaptaron espectacularmente. Muchas gracias sinceramente, estoy en deuda de por vida con todos ellos; Rocío Colauti, Nicolás Gerosa, Juan Cruz Aramburu, Sebastián Burgues, Madeliene Madelón, Julián Mencia, David Carnero, Santiago Reboul, Sabrina Goddard, Emanuel Mencuchi, Diego Ojeda y Ana Cardozo.



# ANEXO

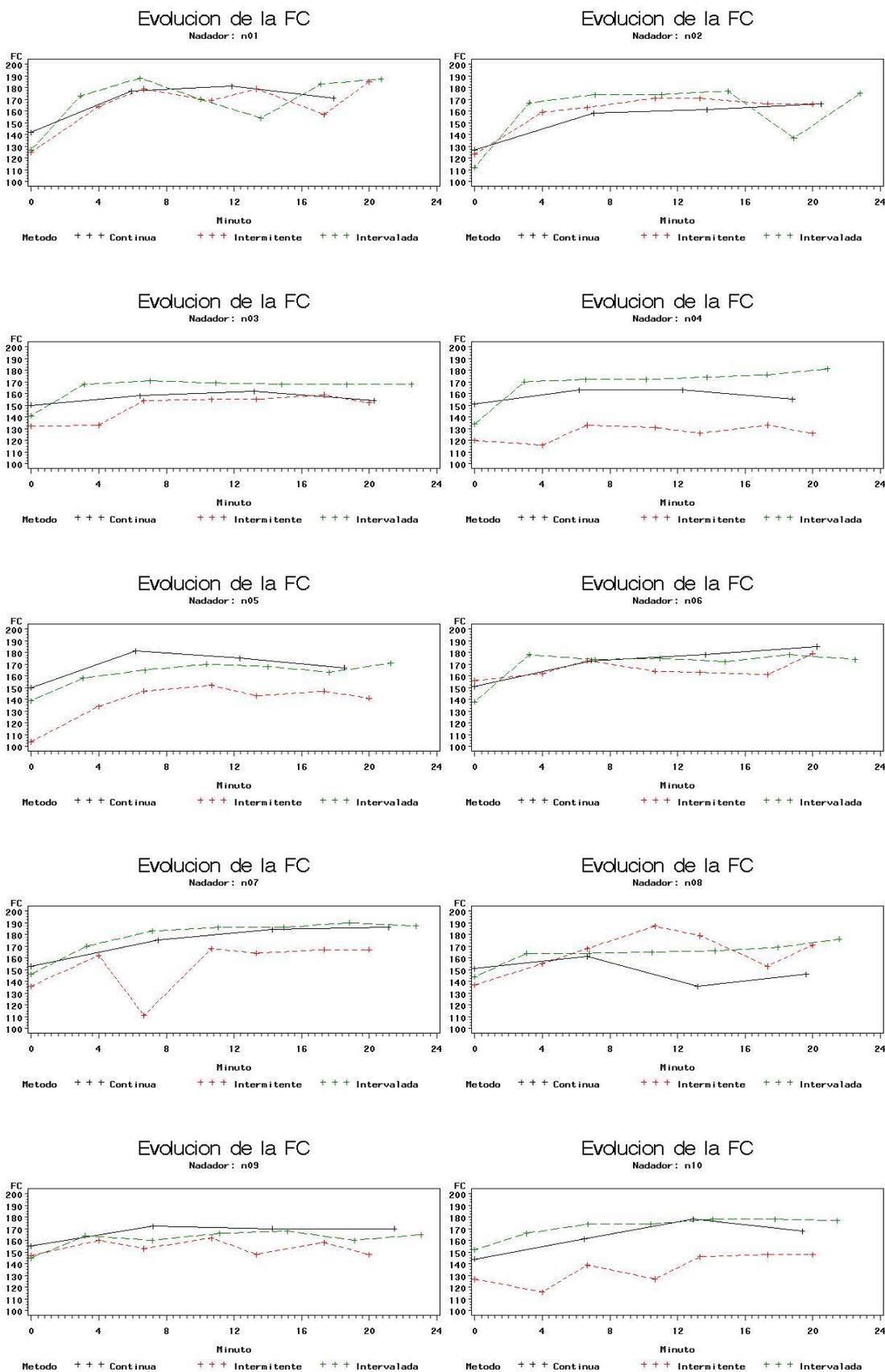


### Datos individuales: Número de Brazadas





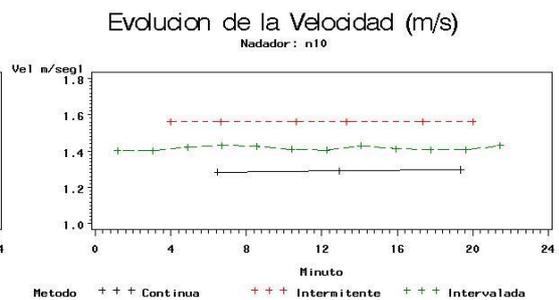
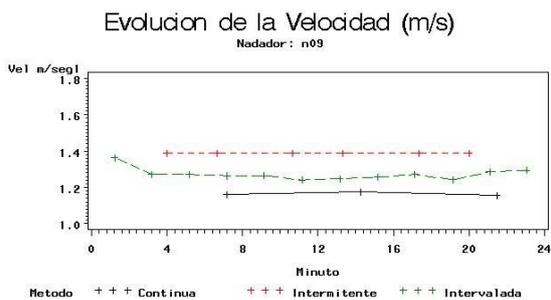
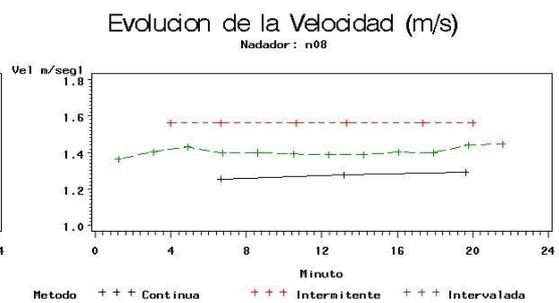
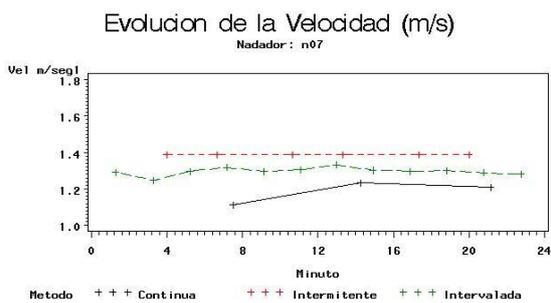
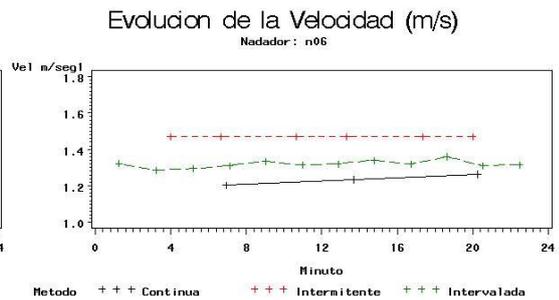
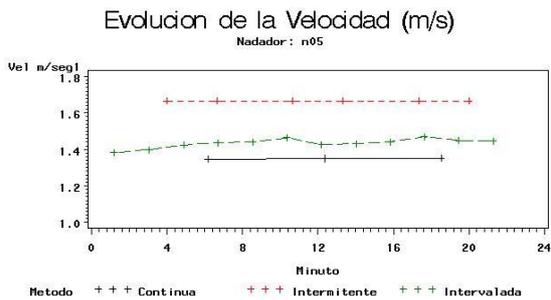
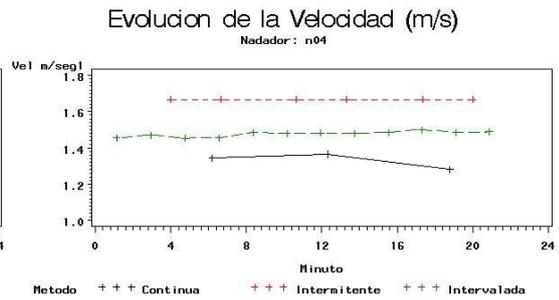
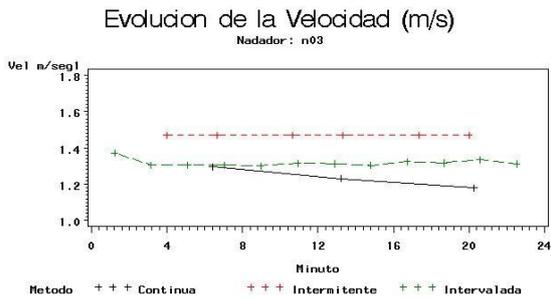
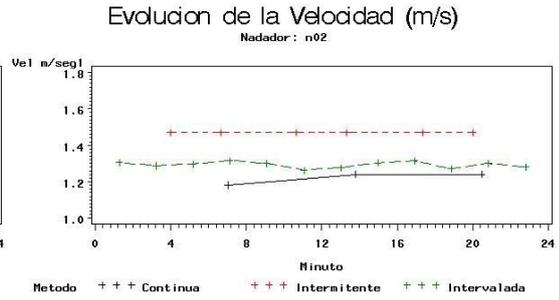
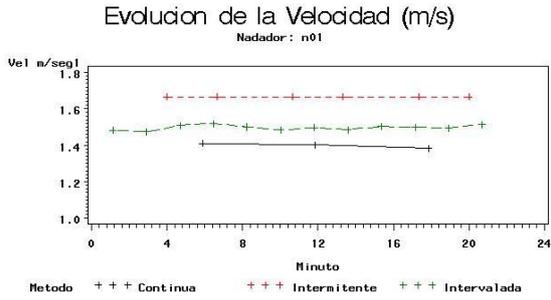
### Datos individuales: Frecuencia Cardíaca



✓ La frecuencia cardíaca de inicio es la mayor que se alcanzó (post sprint 1'; 2'; 3'; 5') posterior al sprint de 100m realizado antes del comienzo de cada metodología.

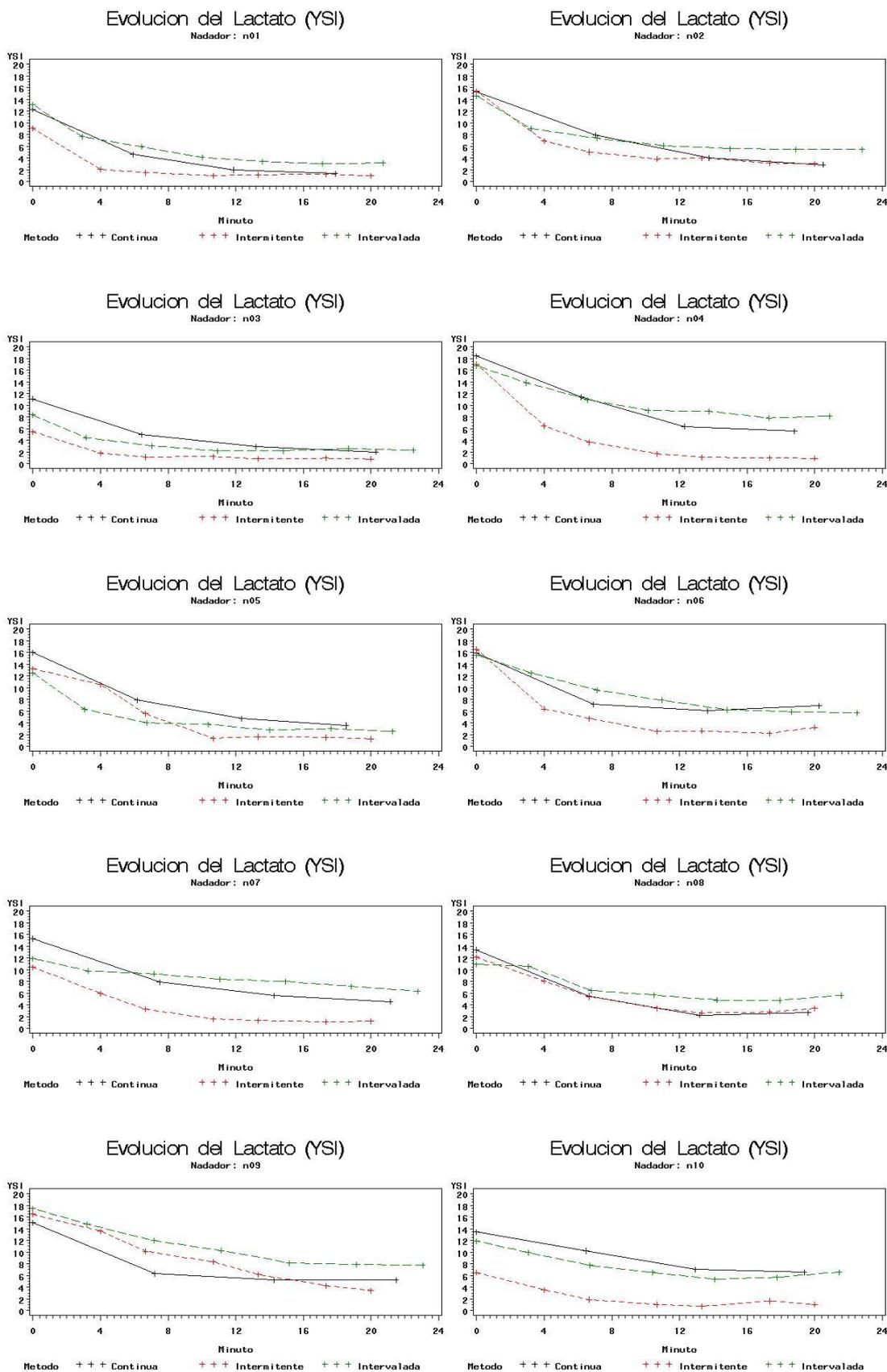


**Datos individuales:  
Velocidades de Nado**



## Datos individuales:

### Lactato



- ✓ El lactato de inicio es el mayor que se alcanzó (post sprint 1'; 3'; 5') posterior al sprint de 100m realizado antes del comienzo de cada metodología.



## Estadística Completa

### Variable: Número de Brazadas

The GLM Procedure

Dependent Variable: Brazadas

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	14	428419.7176	30601.4084	89.16	<.0001
Error	15	5148.4490	343.2299		
Corrected Total	29	433568.1667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Brazadas Mean
0.988125	11.86327	18.52647	156.1667

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Metodo	2	409888.2667	204944.1333	597.10	<.0001
Id	9	9226.3510	1025.1501	2.99	0.0297
Elonga	1	1662.9495	1662.9495	4.85	0.0438
Metodo*Elonga	2	1661.7843	830.8922	2.42	0.1227

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Brazadas

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	15
Error Mean Square	343.2299
Critical Value of Studentized Range	3.01432
Minimum Significant Difference	14.419

Means with the same letter are not significantly different.

Level of	-----Brazadas-----		
Elonga	N	Mean	Std Dev
NO	15	146.133333	109.628507
SI	15	166.200000	136.875961

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Brazadas

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	15
Error Mean Square	343.2299
Critical Value of Studentized Range	3.67338
Minimum Significant Difference	21.521



Means with the same letter are not significantly different.

Level of	-----Brazadas-----		
Metodo	N	Mean	Std Dev
Continua	10	320.900000	48.5282278
Intermitente	10	85.700000	13.0132411
Intervalada	10	61.900000	10.3327957

**Variable: Última FC**

Fuente	Gl	Type III SS	Mean Square	F Valor	Pr > F (0.05)
<b>Método</b>	<b>2</b>	<b>1585.266667</b>	<b>792.633333</b>	<b>5.31</b>	<b>0.0180</b>
Id (efecto nadador)	9	2522.781750	280.309083	1.88	0.1349
Elonga	1	9.977638	9.977638	0.07	0.7995
Método*Elonga	2	107.218787	53.609393	0.36	0.7041

Level de	-----FC_ult-----		
Metodo	N	Media	Std Dev
Continua	10	166.800000	12.7610519
Intermitente	10	158.300000	18.3548359
Intervalada	10	176.100000	7.3249953

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	Método
A	176.100	10	Intervalada
B A	166.800	10	Continua
B	158.300	10	Intermitente

**Variable: Velocidad de nado**

Fuente	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F (0.05)
<b>Método</b>	<b>2</b>	<b>0.37350670</b>	<b>0.18675335</b>	<b>107.31</b>	<b>&lt;.0001</b>
Id (efecto nadador)	9	0.17322997	0.01924777	11.06	<.0001
Elonga	1	0.00083749	0.00083749	0.48	0.4985
Metodo*Elonga	2	0.00130454	0.00065227	0.37	0.6937

Level of	-----Vel_m_seg1-----		
Método	N	Mean	Std Dev
Continua	10	1.25920842	0.09471748
Intermitente	10	1.53145425	0.10981735
Intervalada	10	1.37441099	0.06104868

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	Método
A	1.53145	10	Intermitente
B	1.37441	10	Intervalada
C	1.25921	10	Continua



**Variable: Último YSI**

Fuente	Gl	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F (0.05)
<b>Método</b>	<b>2</b>	<b>60.19232667</b>	<b>30.09616333</b>	<b>15.01</b>	<b>0.0003</b>
Id (efecto nadador)	9	33.54533217	3.72725913	1.86	0.1385
Elonga	1	0.21388201	0.21388201	0.11	0.7485
Metodo*Elonga	2	1.94247217	0.97123609	0.48	0.6253
Nivel de -----ysi_ult-----					
Metodo	N	Media	Std Dev		
Continua	10	4.13600000	1.91350290		
Intermitente	10	1.94300000	1.16142680		
Intervalada	10	5.36800000	2.06046273		

**Variable: Diferencia en YSI (del último con respecto al máximo entre el 3er y 5to minuto)**

Fuente	Gl	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F (0.05)
<b>Método</b>	<b>2</b>	<b>40.0964600</b>	<b>20.0482300</b>	<b>6.28</b>	<b>0.0105</b>
Id (efecto nadador)	9	128.7899982	14.3099998	4.48	0.0053
Elonga	1	0.5910766	0.5910766	0.19	0.6732
Metodo*Elonga	2	12.5550741	6.2775371	1.97	0.1745
Nivel de -----YSI_dif-----					
Método	N	Mean	Std Dev		
Continua	10	-10.4760000	1.86359986		
Intermitente	10	-10.2790000	3.65104080		
Intervalada	10	-7.9310000	2.09819208		

**Variable: Último YSI**

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	Método
A	5.3680	10	Intervalada
A	4.1360	10	Continua
B	1.9430	10	Intermitente

**Variable: Diferencia en YSI (del último con respecto al máximo entre el 3' y el 5')**

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	Método
A	-7.9310	10	Intervalada
B	-10.2790	10	Intermitente
B	-10.4760	10	Continua



**Variable: Última Flexibilidad**

Fuente	Gl	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F (0.05)
Método	2	54.150000	27.075000	11.00	0.0011
Id (efecto nadador)	9	1172.471192	130.274577	52.92	<.0001
Elonga	1	19.536830	19.536830	7.94	0.0130
Metodo*Elonga	2	1.546192	0.773096	0.31	0.7352

Nivel de -----Flex\_post-----

Elonga	N	Media	Std Dev
NO	15	14.6333333	6.84644503
SI	15	15.7666667	7.21324839

Nivel de -----Flex\_post-----

Metodo	N	Media	Std Dev
Continua	10	13.9000000	7.12507310
Intermitente	10	17.0500000	6.41374392
Intervalada	10	14.6500000	7.55001840

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	Método
A	17.0500	10	Intermitente
B	14.6500	10	Intervalada
B	13.9000	10	Continua

**Tabla ANOVA para la Velocidad (m/seg) en el sprint**

Fuente de variación	GL	Cuadrados	Cuadrado Med	F Value	Pr > F
Model	11	0.46872336	0.04261121	98.37	<.0001
Error	18	0.00779743	0.00043319		
Corrected Total	29	0.47652079			

R-Cuadrado	Coef Var	Root MSE	Vel Media
0.983637	1.362460	0.020813	1.527621

Fuente de variación	GL	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Método	2	0.00456313	0.00228157	5.27	0.0158
Id	9	0.46416023	0.05157336	119.05	<.0001

Tukey Grouping	Mean	N	Método
A	1.543988	10	Continua
B A	1.524659	10	Intervalada
B	1.514217	10	Intermitente

**Tabla ANOVA para la YSI post sprint**

Fuente de variación	GL	Cuadrados	Cuadrado Med	F Value	Pr > F
Model	11	250.4737300	22.7703391	8.13	<.0001
Error	18	50.4122067	2.8006781		
Corrected Total	29	300.8859367			

R-Cuadrado	Coef Var	Root MSE	YSI Medio
0.832454	12.50982	1.673523	13.37767



Fuente de variación	GL	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
<b>Método</b>	<b>2</b>	<b>28.6533267</b>	<b>14.3266633</b>	<b>5.12</b>	<b>0.0174</b>
Id	9	221.8204033	24.6467115	8.80	<.0001
Tukey Grouping					
	Mean	N	Método		
	A	14.6120	10	Continua	
	B A	13.2990	10	Intervalada	
	B	12.2220	10	Intermitente	

### Diferencia de Flexibilidad (antes/después)

Dependent Variable: flex\_dif

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	42.2416667	8.4483333	2.51	0.0579
Error	24	80.8000000	3.3666667		
Corrected Total	29	123.0416667			
R-Square Coeff Var Root MSE flex_dif Mean					
	0.343312	129.5187	1.834848	1.416667	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
<b>Metodo</b>	<b>2</b>	<b>31.61666667</b>	<b>15.80833333</b>	<b>4.70</b>	<b>0.0190</b>
Elonga	1	0.00833333	0.00833333	0.00	0.9607
Metodo*Elonga	2	10.61666667	5.30833333	1.58	0.2273

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for flex\_dif

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	24
Error Mean Square	3.366667
Critical Value of Studentized Range	3.53170
Minimum Significant Difference	2.0492

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	Método
A	2.400	10	Continua
B A	1.8500	10	Intermitente
B	0.0000	10	Intervalada

## Imágenes del trabajo





## 7. Referencias Bibliográficas:

- <sup>1</sup> Burke, Louise. *Nutrición en el Deporte, un enfoque práctico*. Editorial Médica Panamericana. Madrid (España). 2010.
- <sup>2</sup> Weineck, Jürgen. *Entrenamiento Total*. Primera Edición. Editorial Paidotribo. Barcelona (España). 2005.
- <sup>3</sup> Verkoshhansky, Yuri; Siff, Mel. *Superentrenamiento*. Segunda Edición. Editorial Paidotribo. Barcelona (España). 2004.
- <sup>4</sup> Mazza, J.C. *Ácido Láctico y Ejercicio (Parte I)*. Actualización en Ciencias del Deporte. Vol. 5-nro. 14. 1997.
- <sup>5</sup> Mazza, J.C. *Ácido Láctico y Ejercicio (Parte II)*. Actualización en Ciencias del Deporte. Vol. 5-nro 14. 1997.
- <sup>6</sup> Wilmore, J.- Costill, D. *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. Quinta Edición. Editorial Paidotribo. Barcelona (España). 2004.
- <sup>7</sup> López Chicharro, J. – Fernández Vaquero, A. *Fisiología del Ejercicio*. Tercer Edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid (España). 2006.
- <sup>8</sup> Billat, V. *Fisiología y Metodología del Entrenamiento*. Primera Edición. Editorial Paidotribo. Barcelona (España). 2002.
- <sup>9</sup> Di Santo, M. *Amplitud de Movimiento*. Primera Edición en Español. Editorial Gráficamente Ediciones. Córdoba (Argentina). 2006.
- <sup>10</sup> Jarmey, C. *Atlas Conciso de los Músculos*. Primera Edición. Editorial Paidotribo. Barcelona (España). 2008.
- <sup>11</sup> Bompa, T. *Periodización de la Fuerza*. Editado por Biosystem Servicio Educativo. Rosario (Santa Fe) 1995. Reproducido de la Edición original en Inglés *Periodization of Strength-The New Wave in Strength Training*, by Tudor O. Bompa 1993.
- <sup>12</sup> Mazza, Juan Carlos. *Apuntes cátedra de Fisiología y Bioquímica del Ejercicio I*, Licenciatura en Educación Física con orientación en Ciencias del Ejercicio. Universidad de Concepción del Uruguay Centro Regional Rosario. Rosario (Santa Fe) 2009.
- <sup>13</sup> Bompa, T. *Periodización de la Fuerza*. Editado por Biosystem Servicio Educativo. Rosario (Santa Fe) 1995. Reproducido de la Edición original en Inglés *Periodization of Strength-The New Wave in Strength Training*, by Tudor O. Bompa 1993.
- <sup>14</sup> Arnett, B.. Bernardot, Dan. Tedeschi, Fred. Maughan, R.. Steuwald, B.. *Acelerando la Recuperación Después del Ejercicio*. PubliCE Standard. 09/06/2003. Pid: 163.
- <sup>15</sup> Connolly, Declan A. Brennan, Kevin M. Lauzon, Christie D. *Efectos de la Recuperación Activa vs. la Recuperación Pasiva sobre la Producción de Potencia durante Series Repetidas de Ejercicio de Alta Intensidad y de Corta Duración*. PubliCE Standard. 24/03/2006. Pid: 613.
- <sup>16</sup> Vescovi, J.; Falenchuk, O.; Wells, G. *Blood lactate concentration and clearance in elite swimmers during competition*. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 6: 106-117. 2011.



<sup>17</sup> Toubekis AG, Tsolaki A, Smilios I, Douda HT, Kourtesis T, Tokmakidis SP; Swimming performance after passive and active recovery of various durations; *Int J Sports Physiol Perform.* 3: 375-86. 2008.

<sup>18</sup> Neric FB, Beam WC, Brown LE, Wiersma LD. Comparison of swim recovery and muscle stimulation on lactate removal after sprint swimming. *J Strength Cond Res.* 23: 2560-7. 2009.

<sup>19</sup> Toubekis AG, Smilios I, Bogdanis GC, Mavridis G, Tokmakidis SP. Effect of different intensities of active recovery on sprint swimming performance. *Appl Physiol Nutr Metab.* 31: 709-16. 2006.

<sup>20</sup> Toubekis AG, Peyrebrune MC, Lakomy HK, Nevill ME. Effects of active and passive recovery on performance during repeated-sprint swimming. *J Sports Sci.* 26: 1497-505. 2008.

<sup>21</sup> Greenwood JD, Moses GE, Bernardino FM, Gaesser GA, Weltman A. Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequent swimming performance. *J Sports Sci.* 26: 29-34. 2008.