

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS**  
**REPUBLICA DE GUATEMALA**

**Exploración de la Respuesta Cardiovascular  
del Adulto Joven Guatemalteco ante  
el Ejercicio Físico Severo**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS MEDICAS DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**

**POR**

**BENJAMIN TORUN**

**EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA DE  
MEDICO Y CIRUJANO**

## **DEDICATORIA**

**He llegado a este punto de mi vida gracias a los esfuerzos de mi padre, Salomón Torún (Q.E.P.D.), y de mi madre, Rebeca de Torún.**

**A ellos dedico este acto y esta tesis, lamentando que sólo uno de los dos esté aquí presente.**

al Dr. Ascoli, agradeciendo su colaboración en  
la recopilación de los datos para este trabajo.

Afectuosamente,

B. Torres

23-VIII-66

La investigación que sirvió de base a este Trabajo de Tesis, fue realizada en la División Biomédica del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), con la asesoría del Doctor Fernando E. Viteri, Jefe de dicha División. El Dr. José Méndez de la Vega, Jefe Asociado de la División de Química Fisiológica del Instituto, tuvo a su cargo la revisión correspondiente.

Departamento de Ciencias Fisiológicas  
Facultad de Ciencias Médicas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## PLAN DE TESIS

	Pág.
I. INTRODUCCION .....	9
II. ANTECEDENTES .....	11
A. Estado Nutricional y Capacidad Física .....	11
B. De iniciación de Capacidad o Aptitud Física .....	14
C. Consideraciones Fisiológicas .....	14
D. Metodología .....	15
1. Consideraciones generales .....	16
2. Prueba de la grada de Harvard .....	16
3. Aplicaciones .....	17
4. Limitaciones y modificaciones .....	18
III. OBJETIVOS .....	21
IV. MATERIAL Y METODOS .....	23
A. Selección de la Muestra .....	23
1. Civiles .....	23
2. Soldados .....	27
B. Investigación de Reproducibilidad .....	29
C. Mediciones Preliminares .....	29
1. Datos climatológicos .....	29
2. Datos antropométricos .....	30
3. Ocupación y deportes .....	32
4. Datos fisiológicos .....	32
5. Motivación .....	32
D. Método Experimental .....	33
E. Cálculo del Indice .....	34
1. Fórmula original .....	34
2. Tabla para cálculo rápido .....	34
F. Clasificación de Resultados .....	36

	Pág.
G. Características Climatológicas .....	36
H. Métodos Estadísticos .....	37
I. Resumen Esquemático .....	37
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>39</b>
A. Resultados Generales .....	39
1. Confiabilidad y reproducibilidad de la prueba .....	39
2. Indices obtenidos en la muestra total .....	40
3. Duración del ejercicio .....	42
4. Interrupción prematura del ejercicio .....	44
B. Edad .....	46
C. Funciones Fisiológicas Cardiovasculares .....	46
1. Pulso pre-ejercicio .....	46
2. Presión arterial sistólica pre-ejercicio .....	51
3. Presión arterial diastólica pre-ejercicio .....	54
D. Actividad Física Habitual .....	56
1. Actividad física ocupacional .....	56
2. Actividad física deportiva .....	61
E. Mediciones Antropométricas .....	61
1. Consideraciones generales .....	61
2. Peso .....	64
3. Relación peso/talla .....	66
4. Espesor del pánículo adiposo tricipital .....	69
5. Talla .....	71
6. Relación talla sentado/talla total .....	73
F. Condiciones Ambientales .....	76
1. Altura sobre el nivel del mar .....	76
2. Temperatura ambiental .....	79
3. Humedad relativa .....	80
G. Comparación con Estudios Similares en Otras Poblaciones .....	81
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>VII. SUMARIO .....</b>	<b>89</b>
<b>VIII. RECONOCIMIENTOS .....</b>	<b>91</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>93</b>

## I. INTRODUCCION

La naturaleza gregaria del género humano hace que los hombres vivan agrupados y dirijan sus esfuerzos hacia el mejor desarrollo de la sociedad de la cual forman parte. Con esa finalidad el hombre se preocupa por contribuir cada vez más en beneficio de la colectividad, aportándole los frutos de su trabajo físico e intelectual. El acelerado progreso individual y colectivo que impone nuestra civilización depende directamente de ese trabajo y es por ello que, en los últimos años, ha ido cobrando auge el estudio de la capacidad física e intelectual que el hombre posee para rendir al máximo en su ambiente, y lograr así el mayor desarrollo de la comunidad a que pertenece.

En países poco industrializados como el nuestro, el trabajo físico de la población adulta es un factor decisivo para el progreso nacional. Sin embargo, para que dicho progreso alcance, en el menor plazo posible, el ritmo establecido por países más desarrollados, es de suma urgencia preocuparse por todos los aspectos que puedan incrementar la capacidad de trabajo de los guatemaltecos. De aquí que sea necesaria la evaluación actual de dicha capacidad física, para luego explorar las posibilidades de mejorarla. Además, esa evaluación inicial ha de servir también como base para el análisis de los adelantos que, en tal sentido, puedan lograrse en el futuro.

Con frecuencia se expresa la opinión de que una gran mayoría de nuestros conterráneos, particularmente los campesinos, no rinden en el trabajo como podrían hacerlo, debido a la cronicidad de su mala nutrición, a las condiciones higiénicas poco adecuadas, a la endemidad de las parasitosis e infecciones de que son víctimas, y a otra serie de factores, en su mayoría prevenibles. Esta opinión es po-

pular en muchos otros países y se encuentra muy difundida tanto entre los profanos como entre los versados en las ciencias médicas y sociales.

No obstante, hasta la fecha no se ha llevado a cabo ningún estudio exhaustivo en ninguna parte del mundo que confirme o niegue tales aseveraciones. Si se llegase a demostrar que este bajo rendimiento en el trabajo físico de nuestra población realmente ocurre, el paso siguiente sería estudiar el grado de mejoría que es posible lograr en el desarrollo de su potencial físico, sometiendo a un grupo de individuos adultos a cierto tratamiento de recuperación que disminuya, elimine o anule los efectos de los factores que podrían determinar el rendimiento deficiente. Si la capacidad física para el trabajo es susceptible de mejorar apreciablemente con tal tratamiento, habría que adoptar las medidas pertinentes que persigan la ampliación de ese tratamiento a toda la población, ya que en esta forma, se lograrían frutos inmediatos para el progreso de nuestro país.

No debemos olvidar, sin embargo, que el ideal verdadero de la medicina preventiva es anticiparse a la aparición de efectos nocivos evitando sus causas. Por lo tanto, habría necesidad de incrementar la aplicación de medidas adecuadas, desde la infancia, para que nuestros niños y adolescentes lleguen a ser, en el futuro, adultos eficientes en el trabajo.

El principal propósito de esta tesis es contribuir al inicio de una serie de investigaciones en el campo de la Fisiología del Trabajo tratando de explorar, a un nivel nacional, el estado actual de la capacidad física para el trabajo muscular del adulto joven guatemalteco, valorándolo en base a su respuesta cardiovascular ante un ejercicio físico severo de corta duración.

## II. ANTECEDENTES

### A. ESTADO NUTRICIONAL Y CAPACIDAD FISICA

Diversos estudios efectuados por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) han revelado que la ingesta calórica en el área rural de Guatemala es adecuada y que satisface los requerimientos del adulto promedio (24), considerando que las necesidades calóricas de nuestra población son similares a las que establecen las recomendaciones nutricionales diarias para las poblaciones de Centro América y Panamá adoptadas por el mismo INCAP (39). Dicha ingesta calórica, sin embargo, no proporciona cierto grado de reserva, ya que por exámenes antropométricos y clínico-nutricionales se ha podido comprobar que el adulto guatemalteco posee cantidades muy bajas de tejido adiposo subcutáneo (57). La ingesta total de proteínas de la población adulta es adecuada en cuanto a cantidad, pero el consumo de proteínas de origen animal, de alto valor biológico, es marcadamente deficiente, lo que disminuye la calificación proteica de la dieta rural de Guatemala. A pesar de ello, parece ser que las personas adultas sí satisfacen sus necesidades proteicas, gracias a que éstas son relativamente bajas (de 0.4 a 0.5 g. de proteína/kg/día) (39).

Las visitas a los hospitales públicos fácilmente ponen de manifiesto la existencia de un gran número de adultos que padecen desnutrición proteico-calórica primaria. Este hallazgo indica que debe existir un grupo bastante numeroso de adultos con una nutrición proteico-calórica marginal que los mantiene en equilibrio inestable. De aquí que una serie de padecimientos, que en sujetos normalmente nutridos no tendrían consecuencias serias, en este grupo de pobla-

ción parece lanzarlos hacia el estado avanzado de desnutrición (76).

Todos estos hechos apuntan hacia la suposición de que el adulto guatemalteco padece de cierto estado de "desnutrición moderada", subclínica o crónica, al que éste se adapta y logra sobrevivir, pero sin estar protegido en contra de los posibles efectos que múltiples situaciones ambientales desfavorables, pueden occasionar.

Estudios recientes sobre la composición corporal del adulto, llevados a cabo en la División Biomédica del INCAP, han sugerido que, en contraposición con el concepto anterior, el hombre adulto de Guatemala perteneciente a grupos socioeconómicos bajos, se adapta de manera extraordinaria a su baja ingesta, utilizando en forma sumamente eficiente su provisión alimentaria con el objeto de llenar, de la mejor manera, los compartimientos corporales que más necesita (37). Si bien el grado de desnutrición del adulto de Guatemala parece discutible, existen pocas dudas de que éste es subóptimo.

Teniendo en cuenta que el propósito de este trabajo de tesis es explorar ciertos aspectos de la capacidad física del adulto guatemalteco en relación a su estado nutricional, viene al caso considerar críticamente lo que la literatura mundial sobre este tema establece. En realidad, la literatura disponible en este campo es sumamente escasa, y la mayoría de los estudios realizados conciernen a grupos experimentales pequeños, los cuales han sido sometidos a diversas dietas con el objeto de inducir deficiencias. En otras palabras, estos individuos han sufrido un período agudo de deficiencia nutricional, habiendo estado previamente bien nutridos, hecho que difiere de la situación de nuestras poblaciones (47). Asimismo, otros estudios llevados a cabo por investigadores que han aprovechado los grados de desnutrición que surgen como consecuencia de conflictos bélicos, se refieren a situaciones aproximadamente similares a las descritas dentro de los grupos experimentales, es decir, de sujetos con deficiencias agudas o subagudas (56).

La revisión del problema llevada a cabo por Keller y Kraut (46), subraya el hecho de que la restricción calórica a que debieron someterse algunas poblaciones durante la Segunda Guerra Mundial ocasionó, concomitantemente, un descenso en la producción industrial de las minas de carbón de Alemania. Este es, en nuestro criterio, el estudio que más se acerca a la evaluación cuantitativa del efecto de la

desnutrición sobre el rendimiento en el trabajo de poblaciones adultas. Sin embargo, se sabe que durante la época de restricción calórica por la que atravesó Alemania, también hubo una serie de restricciones morales y de tipo mecánico industrial debidas a los daños causados por la destrucción bélica.

Se cuenta también con algunos estudios en los cuales se logró establecer cierta mejoría en cuanto a rendimiento, en términos de trabajo, de grupos de obreros a los que se les administraba regularmente refrigerios, durante las jornadas de trabajo (32). Esto puede interpretarse como una mejora del aspecto nutricional calórico, o bien como un incentivo que hace más placentero el trabajo y, por lo tanto, estimula el espíritu productivo del obrero. Iguales resultados se han obtenido, por ejemplo, como consecuencia de la administración de cigarrillos, en lugar de alimentos ricos en calorías, aun cuando el aumento de rendimiento en el trabajo se acompañe de detrimientos en el estado nutricional de los trabajadores (25).

En Ceilán, Cullumbine y colaboradores (19) han hecho ciertos estudios en la población, distribuyéndola en tres grupos, de acuerdo a las características geográficas y climáticas del área donde viven; además, dentro de cada una de estas zonas han distribuido a la población en tres grupos socioeconómicos distintos. Dichos investigadores han encontrado que el posible efecto de los diversos grados de adecuación alimentaria de estos tres grupos, determinados con base en una encuesta dietética y en varios estudios de campo, no explica los grados diferentes de resistencia física o de fuerza, ni la habilidad, también variable, para desarrollar velocidad o para soportar trabajo agudo. Sin embargo, según parece, sí existe cierta tendencia en los grupos con menor ingesta total, a exhibir una menor resistencia física.

Los estudios llevados a cabo en Formosa por Consalvo y colaboradores (9) han demostrado que aquellos sujetos cuya ingesta de tiamina es deficiente, tienen mayor gasto energético al ejecutar tareas con las cuales están familiarizados.

Existen numerosas publicaciones acerca del posible efecto de las suplementaciones vitamínicas sobre el rendimiento en el trabajo. No obstante, los resultados son contradictorios en muchos casos y, por otro lado, casi todos estos trabajos se realizaron sin controles adecuados (2, 61, 80).

Es posible que la escasez de estudios sobre la capacidad física de poblaciones, se deba a la dificultad que entraña el logro de una evaluación adecuada de dicha capacidad en grupos representativos.

## B. DEFINICION DE CAPACIDAD O APTITUD FISICA

Previo a exponer la metodología a que se ciñó este trabajo de tesis, es necesario esclarecer, con la mayor precisión posible, el concepto de lo que es capacidad física, así como de los parámetros que se utilizan para valorar por medio de las diversas pruebas diseñadas con ese propósito.

En un sentido amplio la capacidad física puede ser definida como la expresión cuantitativa de la condición física del individuo. De una manera más estricta, también puede definirse como la capacidad o aptitud del sujeto para desempeñar una tarea específica que requiera esfuerzo muscular, valorada principalmente en base de la forma en que éste se tolere, y de la velocidad con que se realice (8).

Asimismo, puede considerarse la existencia de tres tipos de capacidad o aptitud física (27), de acuerdo con los siguientes factores:

- a) Aptitud estática o médica, que se relaciona con la rígidez de los órganos del cuerpo;
- b) Aptitud funcional o dinámica, que concierne a la eficiencia del organismo para el trabajo fuerte inespecífico; y
- c) Aptitud para habilidades motoras, esto es, aquella relacionada con la fuerza y coordinación musculares que requiere la ejecución de tareas específicas.

El trabajo de que aquí se da cuenta se ocupa directamente de la aptitud funcional o dinámica, y a ella se refiere el término cada vez que se menciona "capacidad o aptitud física para el trabajo".

## C. CONSIDERACIONES FISIOLOGICAS

La aptitud física es un término vago que se emplea para referirse a la capacidad de un sujeto dado para el ejercicio físico en general. La valoración de esta aptitud o capacidad se basa en la medición de uno de los múltiples efectos fisiológicos que produce el ejercicio, puesto que, siendo

estos efectos de muy diversa índole y abarcando múltiples funciones, son muchas las pruebas específicas diseñadas para este fin. La interpretación comparable de una con otras, sin embargo, es posible, ya que se ha comprobado que existe interrelación e interdependencia de múltiples reacciones fisiológicas ante el ejercicio, de modo que la medición de una de ellas —ante un ejercicio de duración e intensidad conocidas— además de valorar algún aspecto de la aptitud física, permite estimar también otras reacciones (16, 42). Así, la comparación de los resultados obtenidos al medir diversas respuestas fisiológicas de un sujeto con buena aptitud física, y de otro menos apto para un ejercicio submáximo, revela entre otras diferencias, que el más apto tiene una menor alza de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial durante el trabajo; además consume menos oxígeno, alcanza mayor ventilación máxima, su coeficiente respiratorio es menor, y presenta niveles inferiores de ácido láctico sanguíneo. No menos importante, concluido el trabajo, su frecuencia cardíaca y su presión arterial retornan con mayor rapidez, a los niveles basales (8, 14, 34, 40, 42, 60, 65).

Por supuesto, todas las reacciones fisiológicas que pueden tomarse como base para valorar la aptitud física de un individuo, tienen sus ventajas y desventajas. Quizá el método más usado en la actualidad sea la estimación del gasto calórico, durante y después del desempeño de una tarea, mediante el análisis de oxígeno y anhídrido carbónico en el aire expirado (53); sin embargo, este método requiere personal y equipo especializados siendo, por lo tanto, poco práctico en trabajos de campo y en el estudio de grandes masas de población. Por otra parte, aunque la medición de la frecuencia cardíaca en el período de recuperación de un trabajo determinado (es decir, el grado de descenso del número de pulsaciones después de efectuar un ejercicio físico), no permite valorar la capacidad o aptitud física con tanta exactitud como otros métodos de laboratorio, tiene la enorme ventaja de que no requiere personal ni equipo especializados, consume poco tiempo y es fácilmente realizable en trabajos de campo (8, 13, 50, 53, 60). Además, se ha demostrado que dentro de ciertos límites, existe una correlación lineal entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno, hecho que permite calcular el gasto energético a partir de la medición del pulso (1, 3, 21, 22, 50, 53, 54).

## D. METODOLOGIA

### 1. Consideraciones generales

Sea cual fuere la reacción fisiológica a medir, una buena prueba para determinar la capacidad física de los individuos debe reunir las siguientes condiciones:

- a) Utilizar grandes grupos musculares de modo que el factor limitante sea la dificultad cardiorespiratoria y no la fatiga muscular local (8, 27, 70);
- b) Dar al corazón y pulmones tanto trabajo que no permita mantener un "estado estable" (8, 27);
- c) Ser tan intensa que alrededor de la tercera parte de los sujetos sometidos a ella interrumpan el ejercicio a causa de agotamiento en el término de cinco minutos después de iniciado, pero no tan severa como para que la motivación desempeñe un papel dominante (8);
- d) No requerir habilidad especial para efectuarla (8, 27);
- e) Por último, la carga de trabajo, además de cuidadosamente determinada, debe ser reproducible y moderadamente fácil de imponer, de modo que la eficiencia mecánica se mantenga relativamente constante (8).

### 2. Prueba de la Grada de Harvard

La prueba de la grada de Harvard satisface los requisitos citados. Esta fue desarrollada por Lucien Brouha y colaboradores (5) en 1942, en el Laboratorio de Trabajo del Departamento de Higiene de la Universidad de Harvard, Estados Unidos de América, y permite estimar la capacidad física a partir del grado de adaptación cardiovascular que se requiere ante un trabajo físico fuerte y agudo, y de la velocidad de recuperación de dicho sistema después de concluir el esfuerzo. La prueba se basa en el grado de desaceleración de la frecuencia cardíaca después de efectuar un ejercicio severo durante un período de tiempo determinado, el cual consiste en subir y bajar una grada de 20" de altura a razón de 30 veces por minuto durante cinco minutos, a menos que el agotamiento force al sujeto a parar prematuramente. Se cuenta el pulso de 1 a 1½, de 2 a 2½ y de

3 a 3½ minutos después de terminado el ejercicio, y el resultado de cada uno de esos recuentos se multiplica por 2 a fin de obtener los datos convencionales de pulsaciones por minuto. De la relación entre el tiempo de duración del ejercicio y la suma de los pulsos contados en el período de recuperación, se obtiene un índice que permite valorar semi-quantitativamente el estado físico de los sujetos (véase capítulo "Material y Métodos").

### 3. Aplicaciones

La mayoría de autores que se consultó en relación con el presente trabajo concuerdan en que se trata de una prueba de ejercicio severo, aunque Cullumbine la considera como de ejercicio moderado (14), y Cogswell *et al.* (7) como una prueba de esfuerzo submáximo. Tiene aplicación en la selección de individuos para trabajos fuertes, puesto que permite una separación entre los más aptos y los menos aptos, es útil en la estimación del progreso logrado mediante programas de entrenamiento físico (23) y se ha usado también para evaluar, en grupos especializados de sujetos, el mérito de diversas dietas (41) y los efectos de condiciones ambientales variadas sobre la ejecución del trabajo (54). La prueba es suficientemente severa para ayudar a distinguir a los individuos capaces de un esfuerzo muscular sostenido de aquellos que no lo son (43), y los suficientemente sensibles como para demostrar la mejoría en la aptitud dinámica después de un período de entrenamiento físico adecuado (14, 70).

La prueba de la grada de Harvard ha sido empleada entre otros experimentos, en una encuesta nacional de aptitud física que incluyó 7,000 ceilaneses de ambos sexos, de 10 años de edad en adelante (16); en la valoración del efecto del entrenamiento físico en estudiantes y atletas sud-africanos (45, 71), estadounidenses (10) y ceilaneses (14, 17); en la selección de oficiales de combate estadounidenses, en la Segunda Guerra Mundial (45); en la evaluación física de los efectos del entrenamiento en diversos grupos estudiantiles integrados por hombres y mujeres, así como en diversas ramas de las Fuerzas Armadas de Estados Unidos de América (10, 35, 69, 81); en un estudio sobre variaciones en la aptitud física de soldados sometidos a diversas dietas experimentales (41), y, finalmente, en el estudio de la relación de algunas características antropométricas y la

aptitud física dinámica (68). En Finlandia, Virkkula y Ervasti (75) utilizaron una modificación de la prueba para clasificar a pacientes que serían sometidos a cirugía torácica, en base a sus reservas cardiopulmonares. Durante la Segunda Guerra Mundial se usó con muy diversos fines, entre otros, para determinar la aptitud física de soldados estadounidenses convalecientes, antes de retornar al servicio activo (58). Weld (77) señala, por otro lado, que la prueba es útil para el médico porque lo guía en la decisión en cuanto a recomendar la práctica o privación de ejercicio físico a sus pacientes y, en caso positivo, cuán riguroso debe ser éste. Además, por ser cuantitativa y sensible a cambios en la condición general del paciente, también puede servirle como punto de referencia para futuras evaluaciones.

#### 4. Limitaciones y Modificaciones

A pesar de la gran cantidad de usos que se ha dado a la prueba de la grada de Harvard, debe tenerse en mente que lo que mide es una fracción de la reacción total del organismo ante un ejercicio físico corto, de intensidad moderada o fuerte, como es el comportamiento del sistema cardiovascular. Por lo tanto, el resultado de esta prueba no debe considerarse como definitivo en la valoración de la capacidad física. Existen muchos aspectos de índole muy variable y de enorme importancia en el campo de la evaluación de la condición física de poblaciones que esta prueba no pretende valorar.

Se han ideado varias modificaciones de la prueba con el objeto de explorar diversos aspectos, o de aplicarla a grupos distintos de población cambiando el tiempo de duración del ejercicio (40), ajustando la altura de la grada al sexo (33, 66, 69) y a la edad de los sujetos (26), contando el pulso durante el período de recuperación a diversos intervalos (6) y estableciendo diversas maneras de calcular los índices (8). En el curso del presente estudio la prueba se aplicó en la forma originalmente ideada para el estudio y medición de la aptitud física de hombres adultos (5), tal como se describe en el Capítulo "Material y Métodos".

En la interpretación de los resultados de la prueba de la grada de Harvard siempre debe tenerse presente que en ella influyen muy diversos factores, entre éstos, la motivación, ya que muchos sujetos que interrumpen el ejercicio antes del tiempo predeterminado, no lo hacen puramente

por agotamiento, sino por variaciones en su motivación. Sin embargo, lo mismo sucede prácticamente con todas las pruebas diseñadas para medir la capacidad para el trabajo muscular que tienen como uno de sus componentes principales, la realización de un esfuerzo físico durante un mínimo de tiempo. El hecho de que la prueba se preste a ser efectuada con números grandes de sujetos en los que, en general, existe buena motivación, resta importancia a esa causa de error. La reproductividad y confiabilidad de la prueba han sido comprobadas por diversos autores que la han utilizado, y ello representa cierta garantía para su aplicación a diversos grupos de población y a distintos intervalos de tiempo (14, 26).

Como sucede en el caso de la mayoría de los ejercicios físicos, la repetición de la prueba en diversas oportunidades y en un período relativamente corto de tiempo, arroja valores progresivamente más altos, resultantes del desarrollo de habilidad específica para su ejecución. Esto, sin embargo, no tiene importancia en la interpretación de los resultados de estudios en grupos de poblaciones, puesto que en estos casos no existe entrenamiento repetido previo.

### **III. OBJETIVOS**

Los objetivos del presente trabajo son, en síntesis:

1. Obtener una primera guía general del estado de la capacidad o aptitud física para el trabajo de los adultos jóvenes guatemaltecos, del sexo masculino.
2. Explorar la posibilidad de que algunos antecedentes y ciertas características fisiológicas, antropométricas y ambientales, influyan positiva o negativamente sobre tal capacidad.
3. Investigar si, en nuestra población, dichas características y antecedentes afectan los resultados de la prueba en forma semejante a la descrita en el caso de otras poblaciones.

## IV. MATERIAL Y METODOS

### A. SELECCION DE LA MUESTRA

La prueba de la grada de Harvard se practicó en 610 hombres, aparentemente sanos, de 15 a 40 años de edad: 249 civiles y 361 soldados de las Fuerzas Armadas activas del país. El estudio se llevó a cabo como un proyecto especial de la encuesta clínico-nutricional que el INCAP realizó en nuestro país del 8 de febrero al 23 de abril de 1965, en colaboración con el Comité Interdepartamental de Nutrición para el Desarrollo Nacional (ICNND)\* de los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos de América y con la cooperación del Gobierno de Guatemala.

#### 1. Civiles

Ya que habría sido imposible evaluar el estado nutricional de los cuatro millones de habitantes con que el país cuenta, de acuerdo con el VII Censo General de Población realizado en 1964 (30), se acordó incluir en la encuesta a 100 personas en cada uno de 40 poblados distintos, esto es, un total estimado de 4,000 personas, o sea alrededor de 1/1,000 de la población total. Cabe señalar que los pueblos seleccionados fueron únicamente cabeceras municipales, teniendo en cuenta las dificultades de transporte que se enfrenta para llegar a lugares de menor importancia (38). Asimismo, en vista de que según el último Censo de Población y Vivienda, (30) el promedio por vivienda es de 5 in-

---

\* En la actualidad el ICNND es la Oficina de Investigaciones Internacionales (OIR) de los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos de América (NIH).

dividuos, se decidió distribuir las 100 personas escogidas en cada cabecera municipal, en 20 familias, entendiéndose como "familia" a todos aquellos sujetos que viven bajo el mismo techo y comen en la misma mesa, sin considerar los lazos de consanguinidad.

La selección de los 40 poblados se hizo a partir del plan propuesto por el Instituto Nacional de Cartografía, esto es, dividiendo el país en 7 regiones o provincias con grados variables de desarrollo económico, y un distrito central para la ciudad de Guatemala (29). Las ciudades de Guatemala y Quezaltenango no entraron a formar parte de la muestra ya que, dadas sus dimensiones, éstas serán incluidas en una investigación también de índole clínico-nutricional, que posteriormente se proyecta efectuar en áreas urbanas de Centro América. También se excluyó la región de El Petén por tener menos del 1% de la población del país (30) y por las malas vías de comunicación que dificultan el acceso a los diversos poblados de dicha zona.

A las seis regiones restantes —que tienen un total de 311 municipios situados en 21 de los 22 departamentos del país (excluyendo el territorio de Belice, actualmente detentado por la Gran Bretaña)— se les asignó un número determinado de municipios a ser estudiados, proporcional al número de habitantes de cada región. Seguidamente se seleccionó al azar las poblaciones a ser encuestadas, valiéndose para el caso, de un sorteo entre todos los municipios de cada región. Una vez determinadas las poblaciones en donde habría de trabajarse, se procedió a escoger en cada una de ellas, las familias a ser examinadas. Como se hizo en el caso de los municipios, las familias también fueron seleccionadas sistemáticamente al azar mediante sorteos cuyo fin era determinar las viviendas donde residían, a partir de los mapas censales levantados en 1964. Se llegó así a obtener una muestra estadísticamente representativa de la población general de la República.

La prueba de la grada de Harvard se efectuó en 34 de los 40 municipios que originalmente se contemplara (Cuadro No. 1). Por dificultades geográficas y de transporte no se pudo encuestar uno de ellos (San Juan Ixcoy) y en los otros 5 (Villa Canales, San Andrés Itzapa, El Tumbador, San Pedro La Laguna y Quezada), la escasez de tiempo o falta de colaboración de los hombres adultos no permitió la realización de la prueba. Inicialmente el proyecto era

efectuar la prueba en todos los hombres de las "familias" encuestadas, que tuviesen de 16 a 40 años de edad. Sin embargo, el estudio incluyó algunos sujetos de 15 años cuyas actividades y responsabilidades de trabajo eran similares a las de los hombres de mayor edad en sus respectivas localidades; la mayoría de sujetos de 35 años y más fueron excluidos, en vista de que entraron a formar parte de otro estudio.

En vista de que en la fase inicial de la investigación los hombres jóvenes de varios poblados no quisieron colaborar, ya fuese por razones de trabajo o de otra índole, se decidió que otros adultos jóvenes en algunos de los municipios fuesen incluidos en la prueba de la grada de Harvard. En total, se agregaron al estudio 77 hombres que no habían sido incluidos en la muestra inicial de la encuesta. Se consideró que esta medida afectaría menos el valor de los resultados que si sólo se investigase un número relativamente pequeño de casos. En realidad, la calidad representativa de la muestra subsiste, puesto que los sujetos que posteriormente se adicionaron, no fueron escogidos a partir de características físicas o socioeconómicas especiales, sino sólo por el hecho de estar disponibles y dispuestos a colaborar. El análisis crítico del muestreo permite llegar a la conclusión de que los sujetos en quienes se practicó la prueba, constituyen una muestra representativa de los hombres adultos jóvenes del medio rural de todo el país y que, dadas las condiciones de colaboración de los pobladores, es la mejor muestra que pudo obtenerse.

## 2. Soldados

La encuesta clínico-nutricional, en la población militar, abarcó las siete zonas militares del país (6 del Ejército y 1 de la Fuerza Aérea) habiéndose examinado en cada una de ellas, de 58 a 100 elementos de tropa sin incluir oficiales. Los soldados que integraron la encuesta —579 en total— fueron seleccionados al azar entre todos aquellos con un mínimo de permanencia de 6 meses en las Fuerzas Armadas.

Debido a limitaciones de tiempo, la prueba de Harvard se practicó en 347 de los 579 soldados que integraron la encuesta (de 38 a 61 en cada zona militar). También se sometieron a la prueba 14 soldados de la Base Militar de Panzós, número que elevó así a 361 el total de soldados examinados en 8 distintas guarniciones situadas en 7 departamentos de la República (Cuadro No. 2). Como ya se se-

**CARACTERISTICAS AMBIENTALES Y NUMERO DE SUJETOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO, AGRUPADOS DE ACUERDO A SU EDAD, EN LAS POBLACIONES CIVILES DONDE SE EFECTUO LA PRUEBA DE LA GRADA DE HARVARD**

Población	Altura sobre el nivel del mar (pies)	Temperatura (°C) *	Humedad Relativa (%) *	Sujetos Estudiados				Total
				Menores de 20 años	20 - 29 años	30 - 40 años	Edad desconocida	
Puerto Barrios, Izabal .....	10	29.4	68	1	2	0		3
Iztapa, Escuintla .....	13	33.3	53	1	3	1		5
Panzós, Alta Verapaz .....	100	31.7	55	1	0	2		3
La Gomera, Escuintla .....	310	32.8	42	2	1	2		5
El Jicaro, El Progreso .....	750	31.1	45	3	1	3		7
Santo Domingo, Suchitepéquez .....	840	**	**	0	4	2		6
Guazacapán, Santa Rosa .....	857	30.9	53	2	3	2		7
Usumatlán, Zacapa .....	890	35.6	28	0	4	4		8
Concepción Las Minas, Chiquimula	1,500	32.0	33	1	5	0		6
San Andrés Villa Seca, Retalhuleu	1,600	30.0	41	6	1	2	1	10
San Juan Ermita, Chiquimula .....	1,900	31.0	41	2	3	4		9
Jerez, Jutiapa .....	2,140	32.0	32	0	5	0		5
El Rodeo, San Marcos .....	2,200	26.9	43	1	3	1		5
El Palmar, Quetzaltenango .....	2,425	29.4	44	3	2	2		7
Zunilito, Suchitepéquez .....	2,675	28.7	48	0	1	1		2
Cuilapa, Santa Rosa .....	2,875	29.2	48	1	1	1		3
San Manuel Chaparrón, Jalapa .....	3,050	31.1	32	1	2	3		6
San Miguel Chicaj, Baja Verapaz	3,110	27.5	34	7	11	3		21
San Pedro Ayampuc, Guatemala .....	4,000	26.0	53	1	1	2		4
San Pedro Carchá, Alta Verapaz	4,250	27.5	34	3	3	2		8
Sta. Cruz Verapaz, Alta Verapaz .....	4,050	24.7	53	3	1	4		8
Malacatancito, Huehuetenango .....	5,233	26.7	13	4	3	0		7
San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango .....	5,600	**	**	2	1	3		6
San Miguel Uspantán, Quiché .....	5,875	21.4	51	2	4	3		9
Sta. Cruz del Quiché, Quiché .....	6,680	29.4	20	1	2	1		4
San Pedro Jocopilas, Quiché .....	6,975	22.2	15	2	2	1		5
San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez .....	7,004	22.0	46	0	1	1		2
Sololá, Sololá .....	7,200	20.6	55	2	6	3		11
Sta. Apolonia, Chimaltenango .....	7,450	14.3	46	0	4	0		4
Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango .....	7,760	18.0	32	0	0	3		3
Totonicapán, Totonicapán .....	8,186	**	**	6	2	2		10
San Lorenzo, San Marcos .....	8,530	18.3	13	9	19	4	3	35
Sibilia, Quetzaltenango .....	8,680	18.5	37	1	2	0		3
Río Blanco, San Marcos .....	8,700	14.7	46	4	5	3		12
Total (34 poblaciones) .....				72	108	65	4	249

\* Temperatura y humedad relativa medidas a la sombra, aproximadamente a la hora en que se efectuaron las pruebas.

\*\* No se investigó la temperatura ni humedad relativa.

ñaló, la muestra es representativa de los soldados que tenían por lo menos 6 meses de haber ingresado a la institución armada.

Tanto en lo que respecta a la población civil como a la militar, se excluyeron de la prueba todos aquellos sujetos con evidencia de alguna enfermedad, con cualquier lesión en los miembros inferiores que pudiesen entorpecer la prueba, o que tuviesen antecedentes de afecciones cardíacas o epilépticas. Todos los individuos que no coordinaban bien sus movimientos durante el ejercicio y que no llevaban un ritmo adecuado, fueron igualmente excluidos.

#### B. INVESTIGACION DE REPRODUCIBILIDAD

Con el objeto de confirmar la reproducibilidad de la prueba y analizar hasta qué punto cambiarían los resultados con una mejor motivación, el estudio se repitió 4 meses después en 29 de los 38 soldados de la Fuerza Aérea Guatemalteca incluidos en el estudio inicial. La prueba no pudo repetirse en 9 de ellos por las razones siguientes: uno se encontraba ausente, en goce de licencia; otros dos estaban convaleciendo de una enfermedad reciente y los seis restantes habían terminado su período de servicio militar, o bien, habían sido transferidos a otra base.

#### C. MEDICIONES PRELIMINARES

##### 1. Datos climatológicos

Las pruebas se llevaron a cabo en la sombra, en corredores abiertos o en el interior de habitaciones. En cada una de las localidades donde se trabajó se registró la altura sobre el nivel del mar midiéndola con un altímetro de la Taylor Instrument Company, o bien, tomando los datos oficiales proporcionados por el Observatorio Nacional de Guatemala (31). La temperatura y humedad relativa se midieron en el exterior, a la sombra, y aproximadamente a la hora en que las pruebas se efectuaron en cada lugar. Para ello se empleó un psicrómetro de honda fabricado por la misma Taylor Instrument Company.

CUADRO No. 2  
CARACTERISTICAS AMBIENTALES Y NUMERO DE SOLDADOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO, AGRUPADOS DE ACUERDO A SU EDAD, EN LAS BASES MILITARES DONDE SE EFECTUO LA PRUEBA DE LA GRADA DE HARVARD

Base Militar	Altura sobre el nivel del mar (pies)	Temperatura (°C) *	Humedad Relativa (%) *	Soldados Estudiados			Total
				Menores de 20 años	20 - 29 años	30 - 40 años	
Ran'ós, Alta Verapaz .....	100	31.7	55	8	6	0	14
Zacapa, Zacapa .....	606	32.0	30	20	30	0	50
Pojetún, Petén .....	1,625	28.1	66 **	27	15	1	43
Jutiapa, Jutiapa .....	3,100	33.3	31	26	35	0	61
Fuerza Aérea, Guatemala .....	4,928	22.2	53	21	17	0	38
Mariscal Zavala, Guatemala .....	4,928	22.0	53	25	29	0	54
Quiché, Quiché .....	6,680	20.0	48	22	21	0	43
Quetzaltenango, Quetzaltenango .....	7,655	18.8	55	25	33	0	58
Total (8 bases militares) .....	174	186	1	1	1	0	361

\* Temperatura y humedad relativa medidas a la sombra, aproximadamente a la hora en que se efectuaron las pruebas.

\*\* Ligera lluvia en el momento de medir la humedad relativa.

## 2. Datos antropométricos

Antes de iniciar la prueba, cada individuo se sometió a una serie de mediciones antropométricas, siguiendo, para el caso, los lineamientos y las recomendaciones establecidos por la División Biomédica del INCAP. El peso se midió con una balanza clínica de pie, vistiendo los sujetos únicamente pantalones, cuyo peso promedio es de 600 g (37) y el cual se sustrajo del peso total del individuo. El espesor del panículo adiposo se midió utilizando un compás de calibre de pliegue cutáneo de Lange. Es conveniente señalar que en el presente trabajo sólo se han analizado algunas de las características antropométricas que se registraron en los sujetos estudiados (peso, talla total, espesor del panículo adiposo tricipital, relación peso/talla, y relación talla sentado/talla total) por considerar que estas son las mediciones que más estrechamente se relacionan con los resultados de la prueba de la grada de Harvard.

## 3. Ocupación y deportes

Se investigó la ocupación habitual de cada individuo, codificándola según la Clasificación Internacional de Ocupaciones (63). La actividad física desarrollada durante el desempeño de su ocupación, fue clasificada a criterio del examinador, como sedentaria, moderada o fuerte. La actividad física actual o reciente en cuanto a deportes, también se catalogó a juicio del examinador, como sigue: ninguna, moderada o intensa. Los Cuadros Nos. 3, 4 y 5, permiten la definición de la muestra civil investigada en cuanto a sus características ocupacionales y de actividad física.

## 4. Datos fisiológicos

Previo a la iniciación del ejercicio, se registró el pulso de cada sujeto, casi siempre el carotídeo, contado durante 30 o 60 segundos, y se le midió su presión arterial en el brazo derecho y en posición sentada. En los casos en que se observaba taquicardia se le pedía al sujeto tranquilizarse, dejándolo que descansara un rato sentado. Algunos minutos más tarde se le volvía a contar el pulso una o más veces hasta que su frecuencia se estabilizara, anotando el más bajo de los valores obtenidos. Una vez estabilizado el pulso, aun cuando la taquicardia no hubiese cedido, se procedía a iniciar el ejercicio, previa instrucción detallada del

procedimiento. Es conveniente subrayar que la presión arterial fue determinada por distintos examinadores, utilizando en algunos casos un esfigmomanómetro de mercurio y en otros un esfigmomanómetro aneroide, debidamente calibrado.

CUADRO No. 3

### DISTRIBUCION DE OCUPACIONES EN LA MUESTRA DE LA POBLACION CIVIL ESTUDIADA \*

Maestros .....	5	Cortadores de cuero y similares .....	4
Músicos .....	1	Mecánicos y similares .....	5
Oficinistas .....	12	Electricistas y similares .....	1
Comerciantes .....	4	Carpinteros y similares .....	12
Agricultores (jornaleros, peones) .....	135	Pintores .....	1
Leñadores .....	3	Albañiles .....	9
Peones de minas y canteras, y similares .....	2	Panaderos .....	1
Pilotos automovilistas .....	2	Otros artesanos y trabajadores .....	1
Tclegráfstas .....	6	Operadores de maquinarias .....	2
Mcnsajeros .....	2	Cargadores .....	1
Otros trabajadores de transportes y comunicaciones .....	2	Otros peones .....	1
Tejedores y similares .....	7	Estudiantes o sin ocupación regular .....	11
Sastres y similares .....	6	Policías .....	2
Limpiadore; y similares .....	3	Otros trabajadores de los servicios y las diversiones .....	8
Total .....	243		

\* Basada en la Clasificación Internacional de Ocupaciones aprobada en la 9a. Conferencia Internacional de Estadígrafos del Trabajo, celebrada en Ginebra, Suiza, en 1957 (63).

## 5. Motivación

La motivación de los sujetos a ser investigados se logró diciéndoles que la prueba a que se someterían permitiría ver cómo funcionaba su corazón durante el trabajo y podría también hacer evidente la existencia de alguna afeción cardíaca que hasta el momento hubiese pasado desapercibida. Se trató, además, de despertar cierto interés competitivo relatándoles que en la población examinada el día precedente todos los hombres habían tolerado el período total de ejercicio sin ninguna dificultad. Asimis-

mo, cada vez que las circunstancias lo permitían, la prueba se practicaba simultáneamente en dos o más individuos. En el caso de los soldados y ajeno al espíritu competitivo creado al compararlos con los de otras zonas militares, la presencia de sus superiores durante la prueba fue un factor importante de motivación.

#### D. METODO EXPERIMENTAL

La prueba se llevó a cabo en la forma originalmente descrita por el grupo de Brouha y colaboradores (5). Los sujetos se colocaron delante de la banca, sin zapatos y desnudos de la cintura para arriba. La banca utilizada media 20" de altura y 18" de ancho con una longitud suficiente para que tres hombres hicieran el ejercicio simultáneamente con un espacio de 30" para cada sujeto; en algunas ocasiones se emplearon bancas similares adicionales para practicar la prueba en más de tres sujetos al mismo tiempo.

Al iniciar el ejercicio se daba la orden de "arriba", ante lo cual los sujetos subían un pie en la banca, se erguían con ambos pies sobre ella estirando las piernas y espalda, e inmediatamente después descendían bajando primero el mismo pie con el que habían subido. Ninguno de los sujetos estaba familiarizado con la prueba, por lo que —a guisa de explicación antes de empezarla— a cada uno de ellos se le hizo subir a la banca y bajar de ella tres o cuatro veces. Las instrucciones previas pertinentes se siguieron lo más estrictamente posible; no se permitió a los sujetos descender de la banca saltando de ella, ni permanecer con las rodillas flexionadas al estar encima de la banca en vez de erguirse, ni apoyar las manos o antebrazos en los muslos al subir la banca, ni hablar durante el ejercicio. Por cada sujeto que hacía la prueba había un observador con cronómetro en mano. El ritmo del ejercicio se mantenía en los sujetos mediante un metrónomo regulado para un ritmo de 60 tiempos por minuto, y por las órdenes "arriba" y "abajo" que el examinador daba con los mismos intervalos de un segundo. Se les permitió cambiar la pierna con que primero subían a la banca cuantas veces desearan, aunque no en forma alterna; cuando alguno perdía el paso o no llevaba el ritmo, se le estimulaba para recuperarlo, lo que generalmente lograba en menos de 10 segundos. El tiempo se empezó a contar con los cronómetros a partir del momento

CUADRO No. 4

GRADO DE ACTIVIDAD FISICA EN LA OCUPACION HABITUAL DE LOS CIVILES SOMETIDOS A LA PRUEBA DE LA GRADA DE HARVARD Y AGRUPADOS DE ACUERDO A SU EDAD

Grado de actividad	Menores de 20 años	20 - 29 años	30 - 40 años	Edad no investigada	Total
Sedentario .....	20	18	14	—	52
Moderado .....	27	34	16	2	79
Intenso .....	24	52	34	1	111
No investigado .....	1	4	1	1	7
Total .....	72	103	65	4	249

CUADRO No. 5

ACTIVIDAD FISICA DEPORTIVA DE LOS CIVILES INCUDIDOS EN EL ESTUDIO, AGRUPADOS DE ACUERDO A SU EDAD, SEGUN EL TIPO DE DEPORTE Y LA FRECUENCIA CON QUE LO PRACTICAN

Actividad física deportiva	Menores de 20 años	20 - 29 años	30 - 40 años	Edad no investigada	Total
Ninguna .....	24	51	51	1	133
Moderada .....	33	38	8	2	84
Intensa .....	10	12	1	—	23
No investigada .....	2	4	2	1	9
Total .....	72	103	65	4	249

en que se impartía la orden de iniciar el ejercicio. Si un individuo se detenía con frecuencia, tropezaba a menudo con el borde de la banca o no podía recuperar el ritmo dando muestras de fatiga, se le hacía que interrumpiese el ejercicio, se anotaba el tiempo que éste había durado y se le indicaba sentarse en la banca o en alguna silla cercana. Si esto no sucedía, el ejercicio se interrumpía al completarse el período de cinco minutos.

Ya fuese que los sujetos efectuaran el ejercicio por el término de cinco minutos o durante un período menor de tiempo, se registró la frecuencia cardíaca contando las pulsaciones carotídeas de 1 a  $1\frac{1}{2}$  ( $P_1$ ), de 2 a  $2\frac{1}{2}$  ( $P_2$ ), y de 3 a  $3\frac{1}{2}$  ( $P_3$ ) minutos después de haber finalizado el ejercicio.

#### E. CALCULO DEL INDICE

##### 1. Fórmula original

Con los datos obtenidos, se procedió a calcular el índice de la prueba de la grada en la forma descrita originalmente por los que la desarrollaron (5), es decir:

$$\text{INDICE} = \frac{\text{Tiempo de duración del ejercicio (en segundos)}}{2 \times (P_1 + P_2 + P_3)} \times 100$$

En los casos en que la duración del ejercicio es de cinco minutos, se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{INDICE} = \frac{300}{2 (P_1 + P_2 + P_3)} \times 100 - \frac{30,000}{2 (P_1 + P_2 + P_3)}$$

##### 2. Tabla para cálculo rápido

En vista de la estrecha correlación que existe entre  $P_1$  y la suma de  $P_1 + P_2 + P_3$ , se ha ideado un Cuadro que permite calcular el índice conociendo sólo el tiempo de ejercicio y  $P_1$  (8, 41) (Cuadro No. 6).

CUADRO No. 6 TABLA UTILIZADA PARA CALCULAR EL INDICE DE LA PRUEBA DE LA GRADA DE HARVARD \*

Duración del ejercicio (minutos)	INDICE (unidades arbitrarias)											
	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94	95-99
0 - $\frac{1}{2}$	6	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3
$\frac{1}{2} - 1$	19	17	16	14	13	12	11	10	9	9	9	8
1 - $1\frac{1}{2}$	32	29	26	24	22	20	19	18	17	16	15	14
$1\frac{1}{2} - 2$	45	41	38	34	31	29	27	25	23	22	21	20
2 - $2\frac{1}{2}$	58	52	47	43	40	36	34	32	30	28	27	25
$2\frac{1}{2} - 3$	71	64	58	53	48	45	42	39	37	34	33	31
3 - $3\frac{1}{2}$	84	75	68	62	57	53	49	46	43	41	39	37
$3\frac{1}{2} - 4$	97	87	79	72	66	61	57	53	50	47	45	42
4 - $4\frac{1}{2}$	110	98	89	82	75	70	65	61	57	54	51	48
$4\frac{1}{2} - 5$	123	110	100	91	84	77	72	68	63	60	57	54
5	129	116	105	96	88	82	76	71	67	63	60	56

\* Tomado de Consolazio, Johnson y Pecora, pág. 384 (8).

##### Instrucciones:

1. Encuéntrese la línea apropiada para la duración del ejercicio.
2. Luego, encuéntrese la columna apropiada para el número de pulsaciones contadas.
3. Lírese el índice en el sitio de intersección de la línea y la columna.

Su empleo puede ser de utilidad para el cálculo rápido de los resultados. El análisis estadístico de los datos de esta investigación revela una estrecha correlación entre los índices calculados por la fórmula y los obtenidos por el Cuadro ( $r = +0.96542$ ). Sin embargo, debido a que en él se consideran períodos de ejercicio definidos en términos de  $\frac{1}{2}$  minuto y períodos de pulso en grupos de 10 por minuto, presenta una distribución discontinua que hace menos exactos los análisis estadísticos. Fundados en estas consideraciones, los resultados que se presentan y discuten más adelante, se basan en índices calculados mediante la fórmula original.

#### F. CLASIFICACION DE LOS RESULTADOS

Brouha y colaboradores (5) indican que, en base de los resultados de la prueba de la grada de Harvard, la condición física de los hombres adultos se puede clasificar en:

Mala	-----	índice por debajo de 55
Promedio	Alto	----- índice de 55 a 64
	Bajo	----- índice de 65 a 79
Buena	-----	índice de 80 a 89
Excelente	-----	índice de 90 o más

#### G. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS

Las regiones donde se efectuó la investigación que aquí se da a conocer están situadas a alturas que oscilan desde el nivel del mar hasta altitudes de 8,700 pies. La temperatura ambiental durante el desarrollo de las pruebas fluctuó entre 14.3 y 35.6°C, a la sombra. La humedad relativa, determinada al mismo tiempo que la temperatura ambiental, fue de 13 a 68% (Cuadros Nos. 1 y 2).

#### H. METODOS ESTADISTICOS

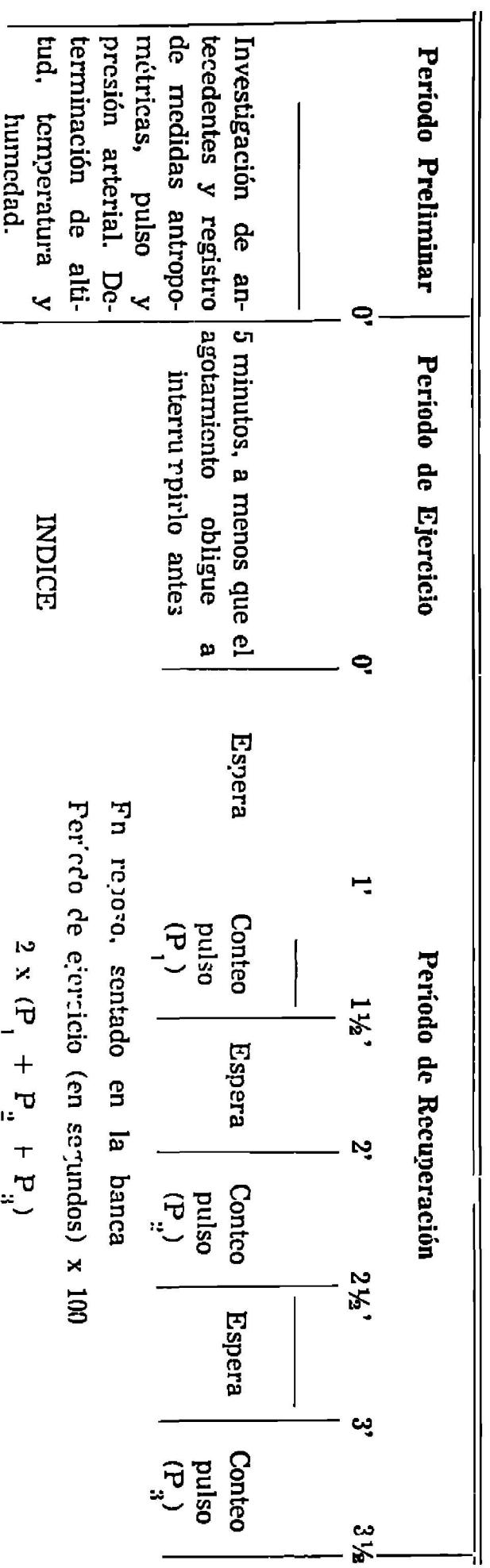
Los cálculos estadísticos de la parte comparativa y de significación de diferencias se hicieron siguiendo las indicaciones de Snedecor (72). Las pruebas de correlación entre dos variables se realizaron de acuerdo con el método indicado por Treloar (74).

#### I. RESUMEN ESQUEMATICO

Con el propósito de facilitar la comprensión del método experimental utilizado, se presenta la Gráfica 1 (página 38) que, en forma resumida, detalla los pasos seguidos en la investigación.

## RESUMEN ESQUEMÁTICO DEL PROGRAMA DE TRABAJO QUE CUBRE LA PRUEBA DE LA GRADA DE HARVARD.

GRAFICA No. 1



## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## A. RESULTADOS GENERALES

## 1. Confidencialidad y reproducibilidad de la prueba

Los resultados que aquí se describen incluyen el total de las pruebas efectuadas durante la encuesta que se realizó en el área rural de Guatemala, y comprenden una serie de datos obtenidos por diversos examinadores. Debido a que estos investigadores podían inducir a la ejecución de la prueba de manera distinta, sobre todo en lo concerniente al grado de motivación, se hizo un análisis estadístico de los datos obtenidos, agrupándolos con base en los diferentes examinadores. Se observó, sin embargo, que no había diferencia significativa alguna entre ellos, hecho que indica que en esta encuesta, el error interpersonal fue de muy poca importancia.

El error intrínseco de la prueba puede también afectar adversamente la validez de los resultados. Es importante, por lo tanto, conocer cuán reproducible es esta prueba en nuestro medio, mediante la investigación de un mismo grupo de sujetos, en dos oportunidades diferentes. Con tal fin y con el propósito de establecer la importancia del factor motivación, de nuevo se estudió el desflecamiento militar de la Fuerza Aérea, cuatro meses después del examen a que éste se sometió como parte de la encuesta general. Este grupo presentaba algunas particularidades: era el primero en haber sido investigado; tenía el número más alto de sujetos que no resistieron los 5 minutos de ejercicio y el índice promedio más bajo dentro de los grupos militares; además, se sospechaba que la motivación había sido inferior a la que recibieron los soldados de las otras bases. Los resul-

\* Mención del esquema presentado por Hoff, H. E., y Geddes, L. A., "Experimental Physiology", Baylor University College of Medicine, Houston, Texas, 1935; página XXXII-2 (36).

tados de este segundo estudio, en cuyo desarrollo se les motivó cuidadosamente, hicieron evidente que, con un mejor estímulo, un mayor número de sujetos alcanzaron los 5 minutos de ejercicio, disminuyendo así la variabilidad de los resultados. No obstante, el índice promedio total permaneció prácticamente estable.

Los resultados de la prueba, en las dos ocasiones en que ésta se realizó, fueron:

Fecha	No. de sujetos	INDICE					5' de ejercicio No. %
		Promedio	D. E.	Coeficiente de variabilidad (%)	Fluctuación		
		+	-				
Feb. 1965	38	74	16	21.62	42-135	27	71
Jun. 1965	29*	77	10	12.85	47-100	26	90

\* En la segunda prueba hubo 9 soldados menos de los 38 que hicieron la prueba inicial en febrero de 1965. De ellos, 2 no habían resistido 5' de ejercicio. El índice promedio de los 9 soldados fue de 71.

## 2. Índices obtenidos en la muestra total

El Cuadro No. 7 muestra los resultados obtenidos en los grupos totales de población que abarcó el presente estudio, así como los correspondientes al grupo de civiles comprendidos entre las edades de 17 y 29 años. Debe mencionarse que —en términos de edad— este subgrupo civil es comparable al grupo total de soldados. Entre estos últimos solamente hubo un soldado mayor de 30 años, y ya que su exclusión de la muestra militar no afectaba en absoluto los resultados globales del grupo, sí se tuvo en cuenta para los análisis. Haciendo esta salvedad puede considerarse, en un sentido práctico, que los soldados incluidos en el estudio oscilaban entre 17 y 29 años de edad.

Puede notarse que, en ambos grupos, el índice de la grada de Harvard es alto y muy similar; además, no hay diferencias significativas en cuanto al análisis de los resultados totales. El grupo de civiles comprendidos dentro de la mis-

## RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA GRADA DE HARVARD EN LA POBLACION TOTAL ESTUDIADA

Tipo de muestra	No. de Sujetos	Edad	INDICE			Coeficiente de Variabilidad	Fluctuación
			Promedio	D. E.			
Civiles	249	15-40	83	+ 21		24.89%	19-152
Soldados	361*	17-29*	83	+ 13		16.03%	42-135
Civiles	158**	17-29**	86	+ 18		21.40%	32-152

\* Se incluye al único soldado mayor de 30 años que fue sometido a la prueba.

\*\* Se excluyen los sujetos de mayor o menor edad que los soldados estudiados.

ma edad que la de los soldados acusa un índice promedio igualmente elevado, y aún sobrepasa ligeramente el de estos últimos. Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa.

La desviación estándar (D.E.) correspondiente al grupo total de civiles es mayor que la de los soldados, hecho indicativo de que el grupo militar es bastante más homogéneo. Ello es cierto no sólo en cuanto a edad, sino probablemente también debido a que existe un factor de selección para ingresar a las Fuerzas Armadas. Además, en el Ejército los soldados se someten a condiciones ambientales muy similares, tales como ejercicio físico, dieta, condiciones de vivienda, atención médica, etc. Por otra parte, según se observa, entre los civiles el coeficiente de variabilidad es menor en el grupo de 17 a 29 años de edad que en la muestra total, lo que demuestra que una buena parte de la menor homogeneidad entre el grupo de civiles se debe a la mayor fluctuación de edades que se presentó en ese caso, en contraste con los soldados.

De esta comparación, hecha a grandes rasgos, se observa que a partir de los resultados totales, los soldados son bastante parecidos a los civiles de la población rural de Guatemala. Ello contrasta con lo que generalmente ocurre en el caso de poblaciones de alto nivel socio-económico, donde el factor de entrenamiento militar influye grandemente sobre la mejoría del estado o condición física de los soldados, en comparación con grupos similares de civiles.

### 3. Duración del ejercicio

Teniendo en cuenta que el índice de la prueba de la grada de Harvard se basa tanto en el tiempo de duración del ejercicio como en el pulso de recuperación, se consideró de utilidad analizar la proporción de sujetos que alcanzaron el total de 5 minutos de ejercicio físico que señala la prueba. Asimismo, en aquellos sujetos que no lo lograron, se estimó conveniente el análisis de las razones que les impidieron alcanzar los 5 minutos.

Los resultados de estos análisis se dan a conocer en el Cuadro No. 8, siendo evidente el alto y similar porcentaje de civiles y soldados que, dentro de los mismos grupos de edad, resisten los 5 minutos de ejercicio (alrededor del 90%). Es también de interés observar que la proporción de sujetos que alcanzan 5 minutos de ejercicio es menor en el grupo de edad

CUADRO No. 8  
PROPORCIÓN DE SUJETOS QUE RESISTIERON 5 MINUTOS DE EJERCICIO Y RAZONES ADUCIDAS PARA  
INTERRUMPIRLO ANTES DE TIEMPO

Edad (años)	No.	Ejercicio durante 5 minutos	Causas de interrupción del ejercicio antes de 5 minutos				
			I	II	III	IV	V
<b>Civiles</b>							
15-17	41	36(88%)	1	1	1	2	-
18-19	31	27(87%)	2	1	1	-	-
20-24	60	54(90%)	3	2	1	1	1
25-29	48	43(90%)	1	2	1	1	1
30-34	39	28(72%)	6	2	1	1	1
35-40	26	19(73%)	5	1	1	1	1
Edad no investigada	4	4(100%)					
Total	249	211(84%)	18	4	9	3	4
<b>Soldados</b>							
17	11	10(91%)	-				1
18-19	163	149(91%)	2	1	1	1	11
20-24	178	163(92%)	1	2	1	1	12
25-29	8	8(100%)	-	-	-	-	-
35-40	1	1(100%)	-	-	-	-	-
Total	361	331(92%)	3	3	3	3	24

I Fatiga de piernas; II Falta de aire; III Fatiga General; IV Otras Causas; y V No investigada.

por arriba de 30 años, siendo ese grupo el responsable de la menor proporción del total de civiles que, en comparación con los soldados, alcanzaron los 5 minutos (84 y 92%, respectivamente).

#### 4. Interrupción prematura del ejercicio

La causa que con mayor frecuencia adujeron los civiles para haber interrumpido el ejercicio prematuramente fue "fatiga de piernas". El hecho de que haya sido cansancio localizado en los miembros inferiores, y no fatiga general o "falta de aire" lo que hizo suspender el ejercicio a la mayoría de sujetos, induce a sospechar que éstos no exigieron el máximo de su capacidad cardiovascular. Con el fin de tratar de confirmar esto último, se procedió a estudiar qué proporción de los sujetos que no resistieron 5 minutos de ejercicio sobrepasaban los límites señalados por Weld (77). Basado en los índices promedio descritos por Brouha y colaboradores (5) para los sujetos que practican el ejercicio durante menos de 5 minutos, Weld postula que para poder identificar a aquellos que lo interrumpieron sin encontrarse muy cansados —y que probablemente lo podrían haber tolerado durante algún tiempo más—basta con estudiar los índices por ellos alcanzados. Así, puede considerarse que si dicho índice está por encima de las siguientes cifras, los sujetos no se han esforzado hasta el límite de su capacidad física:

<i>Duración del ejercicio</i>	<i>Indice</i>
2 minutos	25
3 minutos	38
3½ minutos	48
4 minutos	52
4½ minutos	55

Los datos en el Cuadro No. 9, donde los sujetos se clasifican de acuerdo al esfuerzo cardiovascular máximo dentro del grupo que no alcanzó los 5 minutos de ejercicio, indican, efectivamente, que la mayoría de los que interrumpieron éste, no estaban fatigados, es decir, que no habían exigido el máximo de su reserva cardiovascular. Se deduce, pues, que, aun cuando sólo representan el 10% de los civiles y el 6% de los soldados, el índice promedio del total de la población

que integró el estudio habría sido aún mayor si estos sujetos no hubiesen suspendido el ejercicio prematuramente. Pero ese aumento no sería tan apreciable como para restarle validez a los resultados generales aquí expuestos, dado el elevado número total de sujetos sometidos a la prueba.

#### B. EDAD

Los resultados anteriores subrayan el hecho de que la edad es un factor importante en relación con el índice obtenido. Es por ello, precisamente, que en el Cuadro No. 10 se exponen los resultados de un análisis en el cual la fluctuación de los valores de ese índice se examinan en función de la edad de los sujetos.

Según se observa, no hay diferencia significativa en los valores del índice correspondiente a los diversos grupos de edad, ni en civiles ni en soldados. Tampoco existen diferencias de importancia estadística en cuanto a los grupos de edad al comparar la población civil con la militar. El análisis se hizo agrupando los sujetos, de acuerdo a su edad, en períodos de 5 años, a partir de los 15 años de edad. Sin embargo, los civiles menores de 20 años se subdividieron en dos grupos: sujetos de 15 a 16 años y de 17 a 19, respectivamente. Esta división se hizo en vista de que físicamente muchos civiles de 15 a 16 años parecen más jóvenes, aunque en las áreas rurales trabajan a la par de los hombres de más edad. Por otro lado, ya que entre los soldados no hubo sujetos menores de 17 años, esa subdivisión permite comparar los mismos subgrupos de edad en civiles y en soldados.

Si bien la diferencia no es matemáticamente significativa, en los civiles mayores de 30 años de edad se observó cierta tendencia a una menor respuesta a la prueba de la grada de Harvard. Como más adelante se comenta, es probable que esta tendencia esté relacionada con la actividad física ocupacional.

#### C. FUNCIONES FISIOLOGICAS CARDIOVASCULARES

##### 1. Pulso pre-ejercicio

Según se señaló en la Sección anterior al discutir el tiempo de duración del ejercicio, durante el período de recuperación, el pulso es uno de los dos factores que determi-



nan el índice de la prueba de la grada (véase la fórmula correspondiente en el Capítulo "Material y Métodos").

Es lógico suponer que, aun cuando en el cálculo del índice de la prueba de Harvard no se incluye el pulso basal o pulso pre-ejercicio de los sujetos, los individuos bradicárdicos tenderán a manifestar una menor alza de la frecuencia cardíaca después del ejercicio, que los individuos taquicárdicos sometidos al mismo esfuerzo físico. Sin embargo, no todos los investigadores están de acuerdo en cuanto a la influencia que el pulso basal o el pulso pre-ejercicio pueda ejercer sobre los resultados de la prueba. En efecto, los originadores de la misma no encontraron relación alguna de importancia entre el pulso pre-ejercicio y el índice obtenido (4, 5, 26, 27). Taylor (73) y Knehr y colaboradores (48), tampoco encontraron ninguna relación significativa entre el pulso basal y el pulso del sujeto después de efectuar algún ejercicio que requiera esfuerzo máximo o submáximo. En cambio, Cullumbine (13, 15), Karvonen (44), Morehouse y Tuttle (62), Cogswell y colaboradores (7), Keen y Sloan (45) y Cureton (20), sí describen una relación significativa entre el pulso basal o pulso pre-ejercicio y el pulso post-ejercicio, usando diversas pruebas en las que se registra esta función fisiológica. Todos estos autores encontraron que en los sujetos que presentan una frecuencia cardíaca inicial más baja, ésta es menor después de realizar un esfuerzo físico determinado y, por consiguiente, arrojan un índice o calificación de adaptación cardiovascular mayor que los sujetos en los que el pulso pre-ejercicio es más alto.

La principal crítica que se hace a la utilización del pulso pre-ejercicio es que éste se encuentra sujeto a ciertas alteraciones, debidas a la aprehensión y tensión de los individuos que van a ser sometidos a una prueba (27, 28). Además, el pulso es afectado en parte por la actividad física realizada previo a su arribo al sitio de examen y, por lo tanto, no representa el verdadero pulso basal.

Los resultados que se obtuvieron en la encuesta rural realizada en Guatemala, figuran en el Cuadro No. 11. Según se observa, los sujetos bradicárdicos tienden a presentar valores más altos en la prueba de Harvard, siendo esta tendencia significativa. Los sujetos han sido agrupados en cuatro categorías, de acuerdo a la frecuencia cardíaca pre-ejercicio, como sigue: 1) bradicárdicos (con menos de 60 pulsaciones por minuto); 2) "normales" (de 60 a 79 pulsacio-

CUADRO No. 11  
INDICES OBTENIDOS EN LOS SUJETOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO Y AGRUPADOS EN BASE A SU PULSO PRE-EJERCICIO

Pulso pre-ejercicio	No.	INDICE		
		Promedio	D. E. (+)	Coefficiente de variabilidad (%)
<b>Civiles</b>				
Menos de 60	9	102	24	23.36
60-79	166	87	19	22.05
80-99	64	71	18	25.07
100 y más	9	66	15	22.83
No investigado	1	92	—	—
Total	249	83	21	24.89
				19-152
<b>Soldados</b>				
Menos de 60	42	92	16	17.58
60-79	270	83	12	14.89
80-99	47	76	11	14.63
100 y más	2	70	4	5.06
Total	361	83	13	16.03
				42-135

nes por minuto); 3) con taquicardia moderada (de 80 a 99 pulsaciones por minuto), y 4) francamente taquicárdicos (con 100 o más pulsaciones por minuto). El cálculo del coeficiente de correlación entre el pulso basal pre-ejercicio y la calificación obtenida en la prueba de la grada de Harvard produjo un coeficiente de correlación ( $r$ ) de  $-0.40961$  en los civiles ( $P < 0.001$ ), siendo dicho coeficiente de correlación ( $r$ ) en los soldados, de  $-0.31566$  ( $P < 0.005$ ). Este análisis podría argumentarse a partir del hecho de que el número de civiles bradicárdicos y el número de civiles y soldados francamente taquicárdicos fue muy pequeño. Precisamente por ese motivo y con el objeto de depurar esa posible causa de mala interpretación de los datos, éstos fueron analizados nuevamente, agrupando los sujetos estudiados, de acuerdo con su frecuencia cardíaca, en grupos de 10 en 10 pulsaciones por minuto. Además, todos aquellos que realizaron menos de 5 minutos de ejercicio fueron excluidos del análisis. Se fijó así uno de los dos factores determinantes del índice (el tiempo de duración del ejercicio), y se procedió a comparar el pulso pre-ejercicio con la suma de las pulsaciones contadas a los tiempos  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  del período de recuperación. De nuevo los resultados fueron altamente significativos, tanto entre los civiles, como entre los soldados, arrojando los primeros un coeficiente de correlación ( $r$ ) de  $+0.58764$  ( $P < 0.001$ ) y los últimos uno de  $+0.39448$  ( $P < 0.001$ ). La correlación ( $r$ ) es positiva (+) porque la suma de los pulsos de recuperación guarda una relación inversa con el índice.

Es de interés tomar nota de que Sloan y Keen (71) encontraron una relación negativa entre el pulso basal y el índice de la prueba de Harvard en dos grupos de atletas con quienes trabajaron, y no así en un grupo de estudiantes carentes de entrenamiento físico sistemático. En el curso de otra investigación los mismos autores encontraron una relación significativa en los sujetos examinados, fuesen o no deportistas, que toleraron los 5 minutos de ejercicio de la prueba, relación que es similar a la que revelaron los hallazgos en Guatemala. De aquí que estos autores concluyen que sí existe correlación entre el pulso pre-ejercicio y el índice, lo que, sin embargo, ocurre únicamente en sujetos que tienen una capacidad física relativamente alta. Varios investigadores también han comprobado que los atletas tienden a ser bradicárdicos (20, 55, 65, 79) y que el entre-

namiento físico produce en el pulso basal cierta tendencia a disminuir, así como una menor alza de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio (15, 44, 71).

La actividad física en las labores cotidianas de la mayoría de los individuos taquicárdicos y bradicárdicos incluidos en el estudio aquí descrito, se estableció como moderada o fuerte, no obstante que la proporción de los que practican algún deporte es mayor entre los bradicárdicos (71%) que entre los taquicárdicos (33%). Existe, pues, la posibilidad de que la relación entre el pulso pre-ejercicio y el índice determinado mediante la prueba de la grada de Harvard, no sea una de causa a efecto. En otras palabras, puede ser que en los sujetos bradicárdicos que obtuvieron un índice elevado, esto se debiese no directamente a su baja frecuencia cardíaca, en estado de reposo, sino tal vez a que por el entrenamiento físico ocupacional, son los más aptos para el ejercicio, lo que se manifiesta por la bradicardia basal. Sin embargo, no puede menospreciarse el significado de los resultados que se obtuvieron al comparar las dos variables en cuestión. El efecto de la actividad física ocupacional y deportiva, cabe señalar, se comenta más adelante.

Con base en los resultados notificados, es evidente la necesidad de tener en cuenta el pulso pre-ejercicio al analizar los resultados de la prueba, aunque no se incluya en la computación del índice. Esto asume particular importancia en sujetos bradicárdicos o taquicárdicos que hagan el ejercicio durante el tiempo establecido, esto es, en 5 minutos.

Debe considerarse igualmente, como lógico, el hecho de que los individuos con mejor función cardiovascular, mayor amplitud en su volumen-minuto y en su débito cardíaco, manifiesten en general un pulso más lento que aquellos sujetos cuya reserva cardíaca es menor y que tienen que ajustar su frecuencia cardíaca a las demandas fisiológicas que se imponen al sistema cardiovascular.

## 2. PRESIÓN ARTERIAL SISTOLICA PRE-EJERCICIO

El otro parámetro empleado en este trabajo para evaluar la capacidad cardiovascular de los sujetos que integraron el presente estudio ha sido la presión arterial sistólica y diastólica, antes de iniciar el ejercicio. Como se observa en el Cuadro No. 12, al dividir a los sujetos de acuerdo a su

presión arterial sistólica pre-ejercicio, el índice promedio de la prueba de la grada de Harvard disminuye progresivamente a medida que la presión arterial sistólica es mayor. Esta división se hizo a partir del criterio de que en el caso de hombres adultos, las cifras comprendidas entre 100 y 140 mm. de mercurio se consideran como presión "normal". Se obtuvieron así cuatro grupos: 1) "hipotensos" (menos de 100 mm. de mercurio; 2) promedio "normal" bajo (de 100 a 120 mm. de mercurio); 3) promedio "normal" alto (de 121 a 140 mm. de mercurio), y 4) con "hipertensión" sistólica (aquellos que acusaron más de 140 mm. de mercurio).

Con base en esta división se observa que en los dos grupos extremos quedan muy pocos individuos (7.72% de los civiles y 8.24% de los soldados con presión arterial sistólica menor de 100 mm. de mercurio, y 3.43% de civiles y 1.70% de soldados con presión arterial sistólica mayor de 140 mm. de mercurio), hecho que obliga a considerar con mucha reserva los análisis estadísticos. Sin embargo, desde el punto de vista fisiológico y teniendo en cuenta las fluctuaciones emocionales de este grupo de población (para muchos de los hombres estudiados, por ejemplo, ésta era la primera vez en su vida que se les tomaba la presión y se les ajustaba el manguito del esfigmomanómetro), así como las posibilidades de error debidas a que no fue siempre el mismo examinador el que les midió la presión arterial, no se estimó conveniente hacer una distribución de frecuencias en más grupos.

El análisis de variancia muestra una diferencia probablemente significativa entre los cuatro grupos formados por la población civil ( $P < 0.05$  y  $> 0.01$ ), mientras que en los soldados, la diferencia entre grupos no es significativa. De manera similar, el coeficiente de correlación entre la presión arterial sistólica y el índice de la prueba es significativo en los civiles ( $r = -0.20923$ ) pero no en los soldados ( $r = -0.09198$ ).

Al igual que la frecuencia cardíaca, la presión arterial aumenta con el ejercicio físico y disminuye nuevamente durante el período de recuperación post-ejercicio. Cullumbine (14) demostró que el descenso de la presión arterial sistólica en el período de recuperación sigue una curva exponencial similar a la del pulso. Dicho investigador encontró, en una muestra de 1,000 sujetos (13), que existe una correlación altamente significativa entre el pulso en reposo y la presión arterial sistólica en reposo ( $r = +0.4141$ ). En

INDICES OBTENIDOS EN LOS SUJETOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO Y AGRUPADOS EN BASE A SU PRESION ARTERIAL SISTOLICA PRE-EJERCICIO

CUADRO No. 12

	Presión arterial sistólica pre-ejercicio (mm Hg)	No.	Promedio	D. E. (+)	INDICE Coeficiente de variabilidad (%)	Fluctuación
<b>Civiles</b>						
Menos de 100	18	91	22.58		37-133	
100-120	144	84	23.40		22-152	
121-140	63	77	26.79		32-122	
141 y más	8	28	39.11		19-112	
No investigada	16	—	—		—	
<b>Total</b>	249	83	21	24.89	19-152	
<b>Soldados</b>						
Menos de 100	29	15	18.00		42-117	
100-120	222	14	17.14		42-135	
121-140	95	10	12.34		42-107	
141 y más	6	10	12.65		67-92	
No investigada	9	—	—		—	
<b>Total</b>	361	83	13	16.03		42-135

esa misma muestra, y usando la prueba de la grada de Harvard, comprobó también una correlación entre la presión arterial sistólica y el índice de la prueba, semejante a la que nosotros pudimos determinar en los civiles ( $r = -0.2378$ ). Dicho autor atribuyó esa correlación a la existente entre el pulso y la presión arterial sistólica, ya que el coeficiente de correlación parcial —manteniendo el pulso constante— no fue significativo.

Brouha y Heath (4), en un ensayo realizado con estudiantes de la Universidad de Harvard, no encontraron ninguna correlación entre la presión arterial pre-ejercicio y el índice de la prueba de la grada.

De lo expuesto, se llega a la conclusión de que, aun cuando al parecer hay cierta tendencia a la obtención de índices mayores mientras menor es la presión arterial sistólica, dentro de los límites fisiológicos la influencia de esta última sobre la prueba no es de gran importancia.

### 3. Presión arterial diastólica pre-ejercicio

En el grupo de población civil investigado, se constató que el índice promedio de la prueba disminuye en forma progresiva a medida que aumenta la presión arterial diastólica pre-ejercicio (Cuadro No. 13). Sin embargo, no se le puede asignar mucho valor a esta relación, ya que el número de individuos en dos de los cuatro grupos en que fueron divididos, es muy pequeño (4 con presión arterial diastólica pre-ejercicio menor de 50 mm. de mercurio, y 3 con presión arterial diastólica pre-ejercicio por arriba de 90 mm. de mercurio). Como era de esperar, los análisis estadísticos pertinentes no muestran diferencia significativa alguna entre los cuatro grupos de civiles, siendo el coeficiente de correlación ( $r$ ) únicamente de  $-0.06280$ . Los soldados sometidos a la prueba tampoco acusaron ningún indicio en cuanto a relación entre la presión arterial diastólica pre-ejercicio y el índice de la prueba de la grada.

Estos resultados concuerdan con los notificados por Brouha y Heath (4) y difieren de los obtenidos por Cullumbine (13), quien sugiere que a menor presión arterial diastólica pre-ejercicio corresponde un mayor índice en la prueba de la grada de Harvard. Tampoco están de acuerdo con los estudios referidos por Cureton (20), cuyos hallazgos indican que los niveles altos de presión arterial diastólica son un buen índice de la condición física para el ejercicio.

CUADRO No. 13  
INDICES OBTENIDOS EN LOS SUJETOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO Y AGRUPADOS EN BASE A SU PRESION ARTERIAL DIASTOLICA FRE-EJERCICIO

Presión arterial diastólica pre-ejercicio (mm Hg)	No.	INDICE		Fluctuación
		Promedio	D.E.	
		(+)	(-)	
Civiles				
Menos de 50	4	86	12	14.49
50-75	158	82	21	25.31
76-90	68	81	21	25.66
91 y más	3	74	3	3.90
No investigada	16	—	—	—
Total	249	83	21	24.89
				19.152
Soldados				
Menos de 50	17	88	13	15.26
50-75	253	84	14	17.18
76-90	73	81	9	10.98
91 y más	3	84	13	14.95
No investigada	9	—	—	—
Total	361	83	13	16.03
				42.135

#### D. ACTIVIDAD FISICA HABITUAL

Dentro de los factores fisiológicos que influyen en los resultados de la prueba que aquí se comenta, y al igual de lo que sucede en el curso de cualquier otra prueba de tipo fisiológico, es evidente que el factor entrenamiento o acondicionamiento al ejercicio, afecta los resultados. En este sentido es de interés destacar la similitud, e incluso una ligera superioridad en cuanto al índice promedio que, en comparación con los soldados, alcanzaron los civiles. Este hecho puede explicarse en virtud de que la mayoría de los sujetos civiles que participaron en la prueba son campesinos dedicados a ocupaciones que exigen de ellos considerable actividad física (por ejemplo, subir y bajar colinas y barrancos, caminar grandes distancias, cortar árboles, manejar el machete, el azadón, la pala, etc.). Es muy probable que esta actividad ocupacional sea lo suficientemente fuerte para ejercer en ellos la misma influencia que el entrenamiento físico sistemático a que regularmente se someten los miembros del Ejército.

##### 1. Actividad física ocupacional

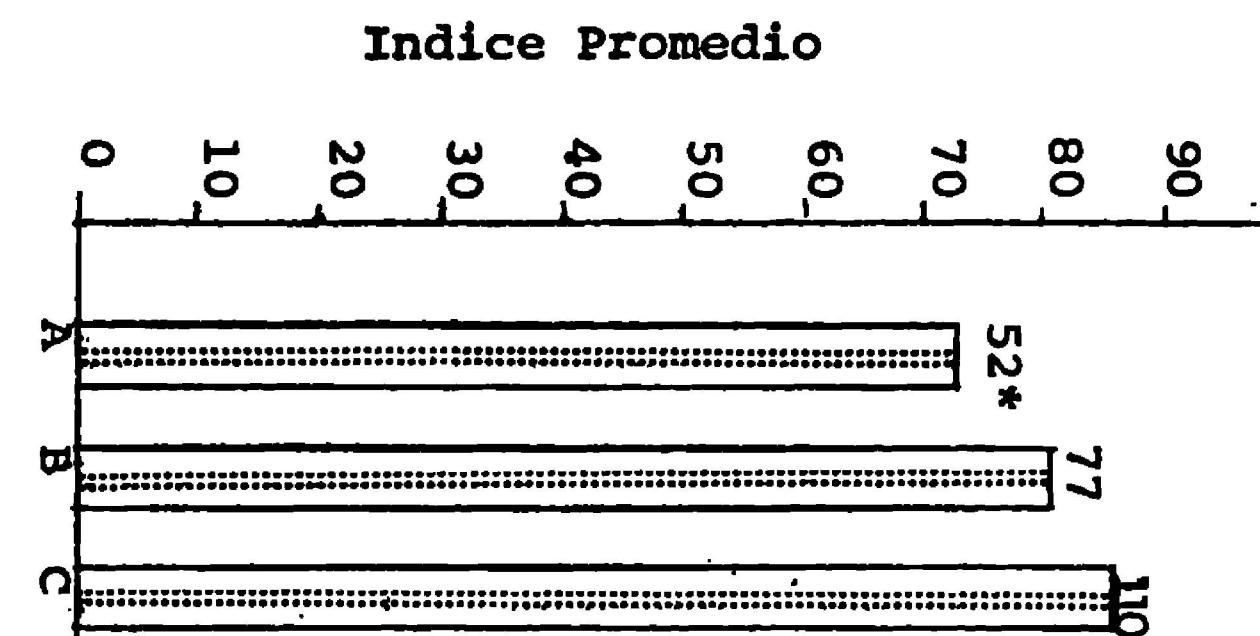
En el análisis de la influencia que la actividad física en el trabajo ocupacional puede ejercer sobre la prueba, se observa que en el sector de población civil estudiada, e independientemente de la edad, los individuos con actividad física ocupacional fuerte obtuvieron mejores resultados que aquellos cuya actividad física es moderada; éstos a su vez mostraron un índice promedio superior al de los sujetos con trabajos sedentarios (Figura 1).

Al dividir la muestra de sujetos de acuerdo a su edad, se nota que esta última no afecta el índice en los hombres que se dedican a trabajos físicos pesados. En aquellos que realizan trabajos físicos moderados todos los días, se observa un índice más bajo en los individuos de 30 años o más, que en los de menos edad. Su índice, no obstante, todavía tiene un valor "promedio alto" en la clasificación de la prueba postulada por el grupo de Harvard (5). La influencia de la edad es más notoria en los individuos sedentarios: en este grupo, los menores de 30 años tienen un índice promedio cercano al que se obtuvo en la población total estu-

FIGURA 1

#### EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD FISICA OCUPACIONAL SOBRE EL INDICE

(muestra total de civiles)



- A. Sujetos con trabajo sedentario
- B. Sujetos con trabajo físico moderado
- C. Sujetos con trabajo físico fuerte

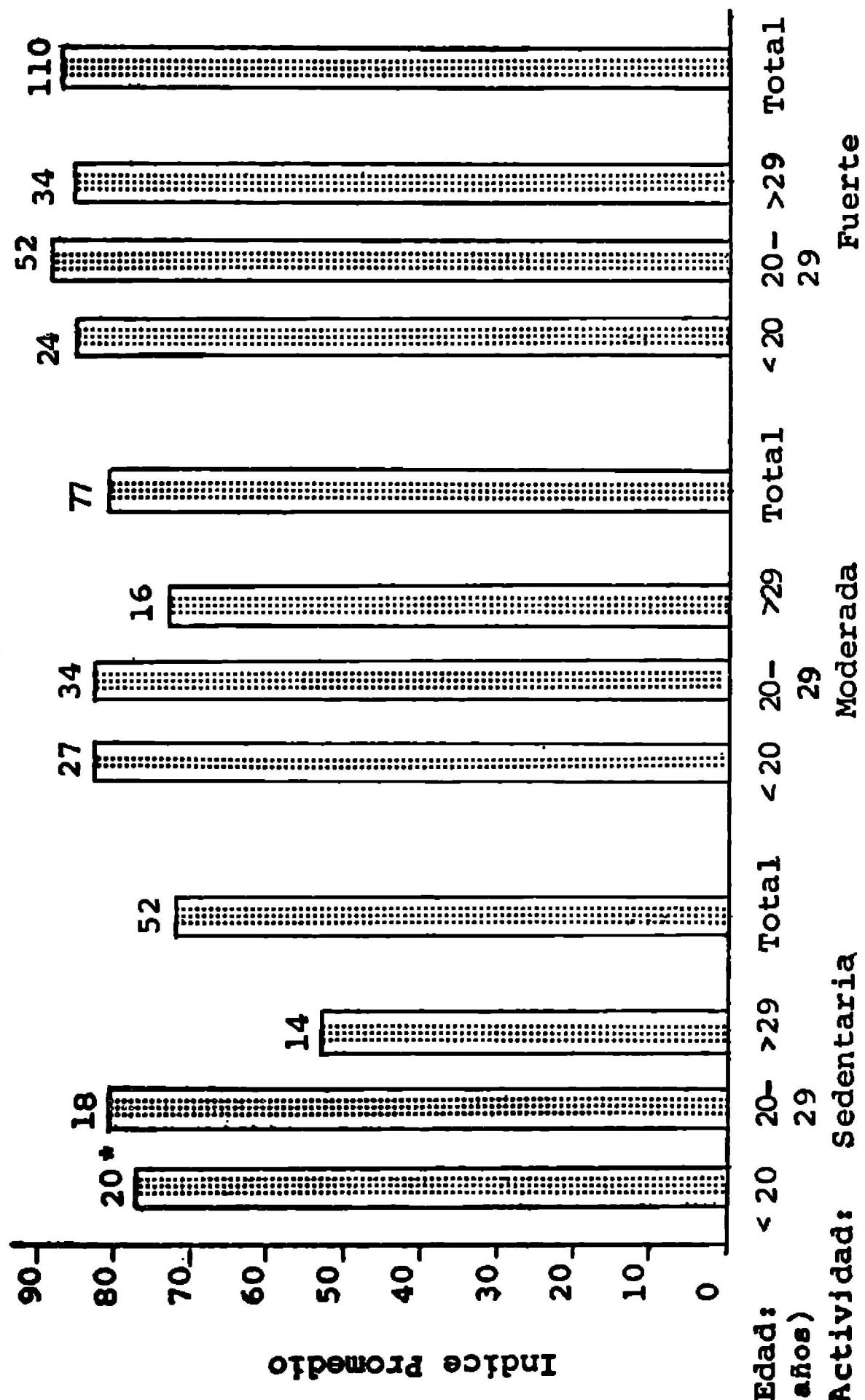
\* Número de sujetos.

diada; en cambio los sujetos de 30 años o más tienen un índice considerablemente inferior, el cual puede clasificarse como "malo" (véase Figura 2).

Fundados en las consideraciones expuestas puede, pues, deducirse que en las personas de 30 años o más de edad, la vida sedentaria, con su consiguiente deficiencia de ejercicio físico, es uno de los factores más importantes en la determinación de una capacidad física mala para el ejercicio. Por el contrario, una ocupación habitual que requiere ejercicio fuerte mantiene al sujeto en buenas condiciones físicas aun cuando éste sobrepase la edad de 30 años. Estos hallazgos sustentan la opinión general en los círculos de fisiólogos cardiovasculares, de que es altamente recomendable que las personas con trabajo sedentario practiquen regularmente una actividad física de cierta envergadura. Tal práctica mantendrá su sistema cardiovascular en mejores condiciones de respuesta ante un trabajo muscular intenso. Cabe, asimismo, subrayar, como hecho de particular importancia, la conveniencia de que dicho ejercicio físico periódico se continúe practicando a toda edad y no sólo durante las dos o tres primeras décadas de la vida.

Existe cierta controversia en lo que respecta a cuál es la "cantidad" de ejercicio físico necesario para el mantenimiento de las buenas condiciones cardiovasculares. Así, Karvonen (44) asevera que para que el entrenamiento físico tenga algún efecto sobre el sistema cardiovascular, el ejercicio debe elevar la frecuencia cardíaca a un mínimo de 130 a 140 pulsaciones por minuto; según el criterio de este autor, el trabajo ocupacional, que generalmente no alcanza esos niveles de pulso, tendría poco efecto de entrenamiento sobre la función cardiovascular. Por otro lado, Virkkula y Ervasti (75), en sus trabajos con pacientes que serían sometidos a tratamiento quirúrgico torácico, no encontraron superioridad significativa alguna en los índices de una prueba de la grada de Harvard modificada en los pacientes que practicaban deportes o que tenían trabajos que exigían esfuerzo físico. En contraste a estos hallazgos, Cullumbine (16) considera que el ejercicio regular, ocupacional o recreativo, sí mejora la aptitud física funcional. Asimismo, en estudios realizados en mujeres universitarias estadounidenses en las que también se empleó una prueba de la grada de Harvard modificada, Hodgkins y Skubic (35) encontraron que el índice era mayor en mujeres entrenadas de manera

FIGURA 2  
EFECTOS DE LA ACTIVIDAD OCUPACIONAL SOBRE EL ÍNDICE  
(civiles clasificados por grupos de edad)



sistemática que en las moderadamente activas, y que en éstas dicho índice era, a su vez, mayor que en las mujeres sedentarias.

A pesar de que no se conoce cuánto aumenta el pulso durante las labores cotidianas de los hombres jóvenes guatemaltecos con trabajos que requieren actividad física fuerte en el campo, los resultados del presente estudio hacen suponer que el trabajo ocupacional en nuestro medio sí tiene un efecto importante de entrenamiento sobre la función cardíaca. Dicho efecto se hace más ostensible después de los 30 años de edad, y bien puede ser el factor predominante en el logro de los valores altos que acusó el promedio de la población adulta guatemalteca estudiada.

Si bien es de esperar que el comportamiento de los individuos de la clase socio-económica baja sea deficiente en pruebas de aptitud física, debe tenerse presente que los miembros de este grupo socio-económico son los que generalmente se dedican a ocupaciones que exigen esfuerzo físico fuerte. Es, pues, posible que la mala respuesta cardiovascular que podrían causar las condiciones precarias inherentes a su situación económica (mala nutrición, higiene inadecuada, infecciones y parasitos frecuentes, anemia crónica, etc.), sea anulada por el efecto del entrenamiento físico que logra el trabajo ocupacional fuerte. En la evaluación de los resultados que obtuvo en grupos socio-económicos bajos que participaron en la encuesta de aptitud física para el trabajo, realizada en Ceilán, Cullumbine hace consideraciones semejantes a las aquí expuestas (16). Vale la pena recordar, sin embargo, que aun cuando un buen comportamiento en la prueba de la grada de Harvard constituye un índice adecuado de capacidad física de la población, existen aspectos muy diversos, sobre todo el de tolerancia al ejercicio severo prolongado, que no se exploran en esta prueba. En este sentido, Cullumbine sí ha encontrado que los grupos de situación socio-económica inferior, acusan cierta tendencia a una menor capacidad física (19).

En el caso de nuestro estudio, el grupo de soldados que está sometido a entrenamiento físico sistemático, no mostró un índice promedio mayor que el del grupo de población civil estudiado. Ello podría explicarse tal vez, en función de la mayor adiposidad y mayor relación peso/talla que, como se verá más adelante, se constató en los soldados en contraste con los civiles.

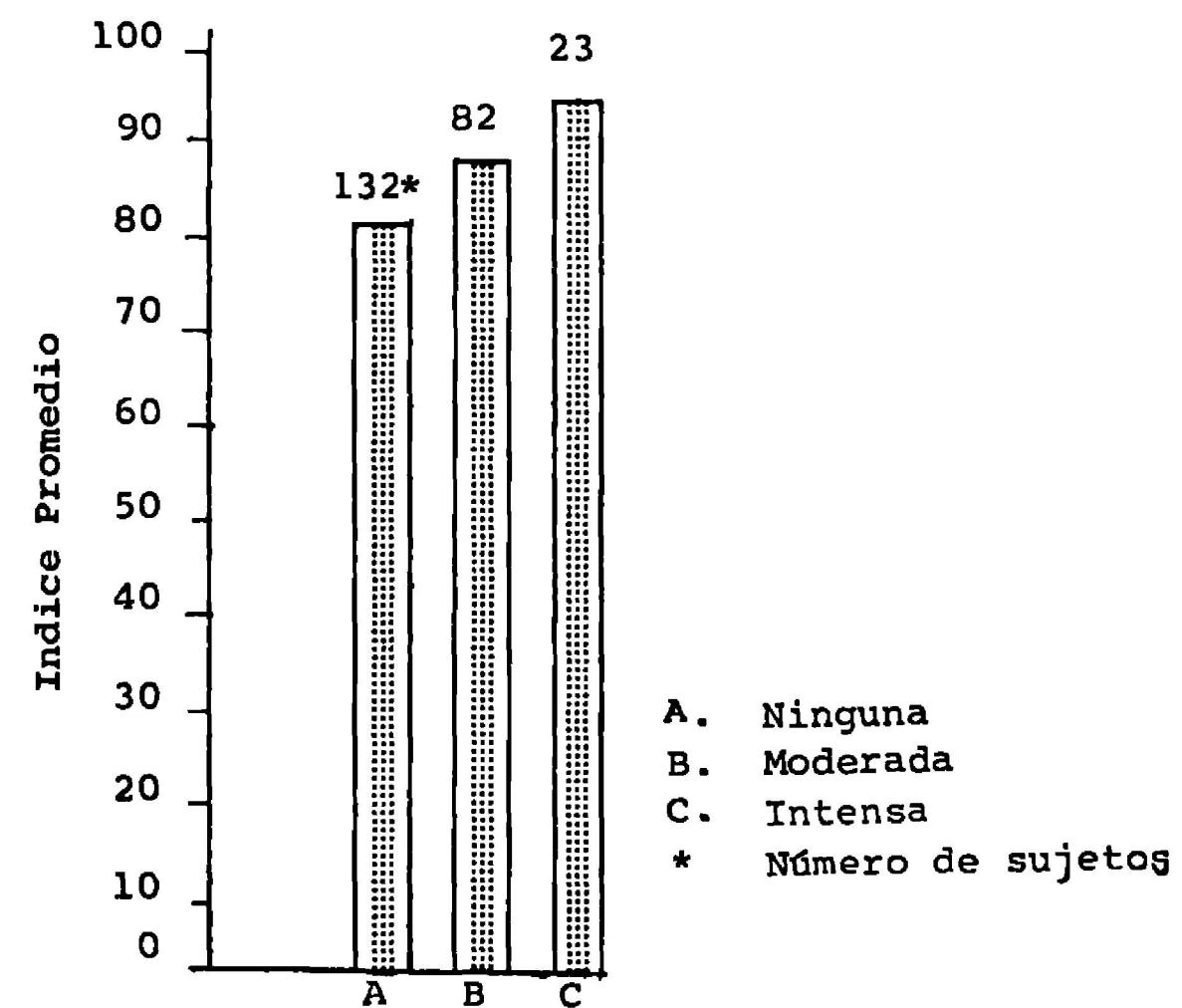
## 2. Actividad física deportiva

Esta actividad sólo fue analizada en el caso de la población civil, ya que en los soldados puede considerarse como parte de su entrenamiento físico ocupacional.

Los resultados obtenidos revelaron cierta relación entre la actividad deportiva y el índice de la prueba de Harvard, similar a la que ya se comentó al analizar la influencia de la actividad física ocupacional.

Ajeno al factor edad, pudo establecerse que mientras más frecuente e intensa era la actividad deportiva, mayor era el índice alcanzado (véase Figura 3). Asimismo, el grupo que acusó el menor índice promedio corresponde a los individuos mayores de 30 años que no practican ningún deporte, a pesar de que la diferencia con respecto a los otros

FIGURA 3  
EFECTOS DE LA ACTIVIDAD FISICA DEPORTIVA SOBRE EL INDICE  
(Muestra total de civiles)



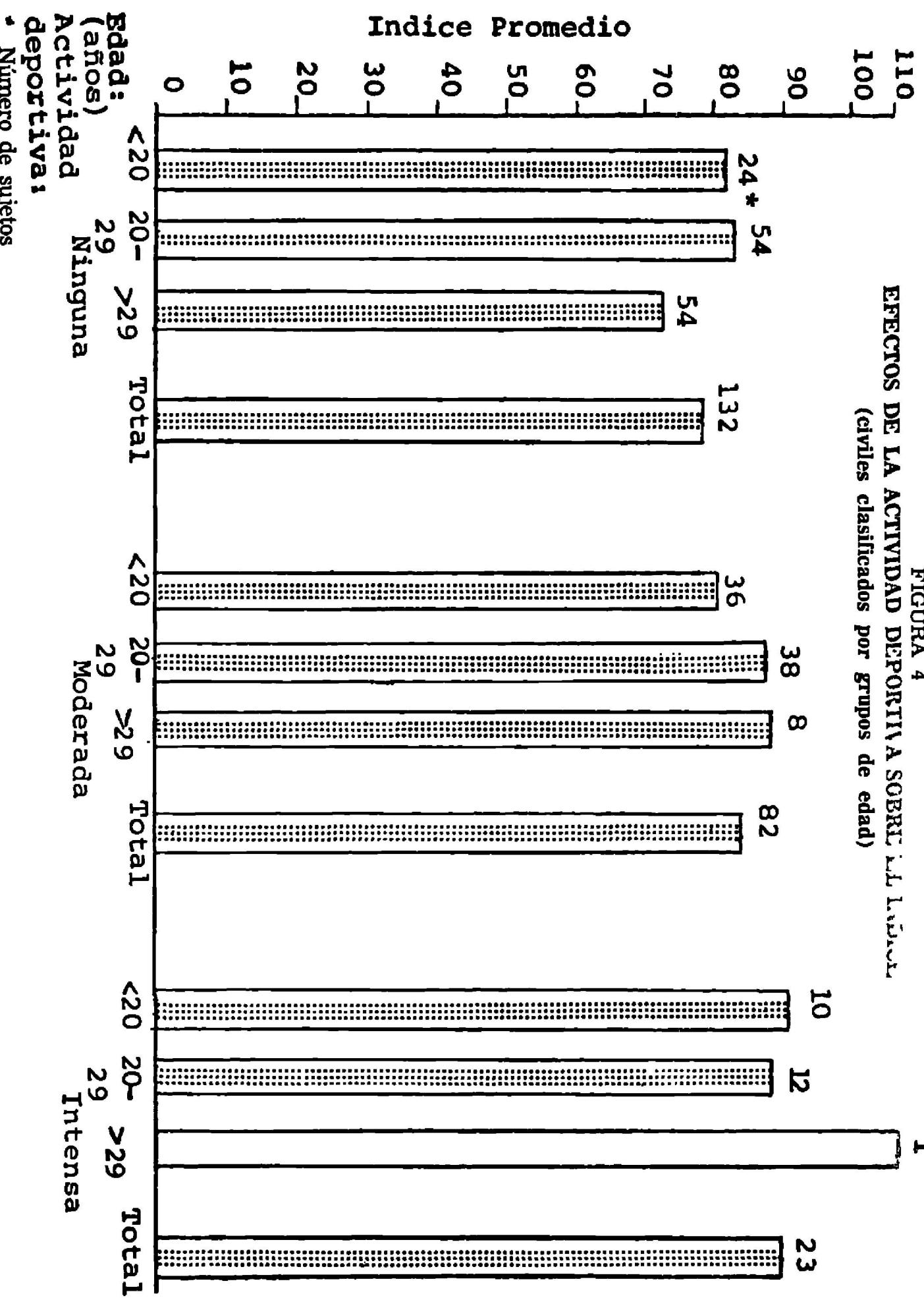


FIGURA 4  
EFECTOS DE LA ACTIVIDAD DEPORTIVA SOBRE EL INDICE  
(civiles clasificados por grupos de edad)

grupos no fue tan ostensible como en el caso del trabajo ocupacional (Figura 4).

Lo dicho en cuanto a la influencia del entrenamiento físico al discutir la importancia que en esta prueba tiene la actividad física ocupacional, es también válido para la actividad física en los deportes. Es necesario, sin embargo, señalar que el número de sujetos mayores de 30 años de nuestro estudio, que dijeron practicar algún deporte, ya fuese ocasional o regularmente, fue muy bajo. Aunque ello era de esperar, puesto que los hombres de esa edad generalmente han perdido el interés y entusiasmo por los deportes, o bien no tienen tiempo disponible para practicarlos, el reducido número de individuos que incluyó este grupo de edad, nos obliga a ser más cautelosos en la interpretación de los datos. En nuestra opinión, no debe darse tanto valor a estos datos como a los que hizo manifiesto el análisis de la actividad física ocupacional, ya que la valoración subjetiva de la actividad física en los deportes, por parte de los diversos examinadores, está sujeta a mayores errores de interpretación.

#### E. MEDICIONES ANTROPOMETRICAS

##### 1. Consideraciones generales

En la consideración de los factores que influyen sobre los resultados de la prueba de la grada de Harvard, es imprescindible tomar en cuenta las variables en cuanto a composición corporal. Es lógico suponer que un sujeto musculoso, y otro con un alto contenido de grasa (obeso), ejecutarán la prueba en forma muy distinta, aun cuando ambos tengan las mismas proporciones en cuanto a sus medidas longitudinales o de peso. De igual manera, puede especularse sobre los distintos resultados que con esta prueba alcanzarían grupos de poblaciones donde el problema de obesidad sea de magnitudes diferentes.

El análisis integral de los datos antropométricos recaídos en los sujetos que incluyó el presente trabajo, permite concluir que, de acuerdo con los recientes hallazgos de la División Biomédica del INCAP (37, 67), la población rural adulta de Guatemala presenta una masa corporal magra y una masa muscular adecuadas para sus medidas longitudinales, con muy poca adiposidad. La obesidad casi inexistente, asociada al hecho de que la inmensa mayoría de adultos

de la población del medio rural guatemalteco ejecutan tareas que requieren esfuerzo físico de tipo moderado o severo, constituyen en nuestro juicio, un buen argumento para tratar de explicar el por qué de los altos índices que se encontraron en esta prueba de ejercicio muscular fuerte, tanto en la población civil como en los soldados.

No obstante que en los sujetos investigados no se hicieron pruebas específicas para determinar su composición corporal, ésta puede estimarse en base de las mediciones antropométricas que aquí han sido analizadas. Sin embargo, el análisis de estas medidas rinde una estimación indirecta y aproximada, por lo que no pueden esperarse correlaciones de gran exactitud con los resultados de la prueba de la grada de Harvard.

Los Cuadros Nos. 14, 15, 16, 17 y 18 muestran los resultados obtenidos con la prueba en los diversos sujetos que se sometieron a ella, agrupados de acuerdo a sus diversas mediciones antropométricas.

## 2. Peso

El examen del Cuadro No. 14 permite observar que en la población civil cuyo peso era inferior a 60 kg., el índice promedio de los sujetos divididos en grupos de peso, de 5 en 5 kg., no muestra ninguna diferencia apreciable. A partir de los 60 kg. de peso corporal, sin embargo, se aprecia cierta tendencia a obtener menores índices, hecho que se hace aún más pronunciado en los individuos con un peso de más de 75 kg. Es probable que la sugerión de cierto efecto del peso sobre el índice alcanzado, resultante de la investigación del coeficiente de correlación entre el peso corporal y los resultados de la prueba de la grada de Harvard, se deba a los individuos que pesaron más de 60 kg., aunque la correlación ( $r$ ) obtenida es muy pequeña ( $r = -0.14587$ ,  $P. < 0.05$ ). Viene al caso subrayar, no obstante, que el grupo de individuos con un peso mayor de 65 kg., fue bastante reducido (sólo 7 casos), y que su coeficiente de variabilidad es mucho más alto que el determinado en el resto de individuos incluidos en el estudio. En el caso de los soldados, el análisis de variancia revela que no hay ninguna diferencia significativa entre los diversos grupos de peso. La similitud entre estos grupos se hace evidente en el Cuadro No. 14, donde se observa un índice menor en los sujetos situados en los extremos "alto" y "bajo" de la escala de peso;

CUADRO No. 14

INDICES OBTENIDOS EN LOS SUJETOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO Y AGRUPADOS EN BASE A SU PESO

Peso (kg.)*	No.	Promedio	D.E. (+)	ÍNDICE Coeficiente de variabilidad (%)	Fluctuación
Civiles					
Menos de 45.0	19	20	24.34	32-130	—
45.0-49.9	49	15	17.52	38-122	62-112
50.0-54.9	83	21	24.99	32-152	47-107
55.0-59.9	59	22	26.08	22-133	42-127
60.0-64.9	28	20	26.10	32-102	42-135
65.0-69.9	4	40	55.46	27-122	42-117
70.0 y más	3	37	69.92	19-92	57- 92
No investigado	4	—	—	—	—
Total	249	83	21	24.89	19-152
Soldados					
Menos de 45.0	1	72	—	—	—
45.0-49.9	14	14	16.27	13.70	47-107
50.0-54.9	109	85	11	15	42-127
55.0-59.9	131	83	15	13	42-135
60.0-64.9	73	85	13	14	42-117
65.0-69.9	21	82	14	12	15.51
70.0 y más	10	84	78	—	—
No investigado	2	—	—	—	—
Total	361	83	13	16.03	42-135

\* Corregido por el peso de la ropa.

pero el número de casos que cayeron en ellos es tan reducido que no permite adelantar ninguna conclusión sobre la relación entre el peso y el índice de la prueba de la grada de Harvard. Aquí tampoco es significativo el coeficiente de correlación entre estas dos variables.

### 3. RELACION PESO/TALLA

Los datos de peso considerados por sí solos tienen poco significado desde el punto de vista de la composición corporal; en este sentido es más útil conocer la relación existente entre peso y talla. En el Cuadro No. 15 los sujetos se agrupan en base a la relación encontrada entre su peso, expresado en kilogramos, y su talla total, expresada en centímetros. Como lo revelan los datos, en la población civil el índice promedio que rindió cada uno de estos grupos es bastante homogéneo, desde .257 hasta .419 de relación peso/talla. A partir de .420 se aprecia un pronunciado descenso en el índice, lo que hace que el análisis de variancia muestre una diferencia significativa entre estos grupos y aquellos cuya relación peso/talla es menor ( $F = 5.04$ ;  $P < 0.01$ ). De nuevo viene al caso señalar que dado el número tan reducido de sujetos que accusaron una relación peso/talla mayor de .420, no es posible llegar a una conclusión categórica, aunque sí cabe sugerir que los sujetos obesos no se desempeñan bien durante la prueba de la grada. El coeficiente de correlación entre la razón peso/talla y el índice de la prueba de la grada de Harvard no es estadísticamente significativo ( $r = -0.10407$ ).

En el mismo Cuadro No. 15 se muestra que, a partir de la relación peso/talla en la población civil estudiada, la obesidad no constituye un problema de importancia. En efecto, apenas 4 sujetos (1.63% del total) presentan una relación peso/talla mayor de .400, y de ellos sólo 2 pueden catalogarse como francamente obesos, con una relación peso/talla por encima de .480.

En el caso de los soldados sí parece haber cierta tendencia a obtener menores índices a medida que la razón peso/talla aumenta después de .340. Sin embargo, la diferencia de los índices entre los diversos grupos de soldados es mínima y carente de importancia desde el punto de vista

CUADRO No. 15  
INDICES OBTENIDOS EN LOS SUJETOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO Y AGRUPADOS EN  
BASE A SU RELACION PESO/TALLA

Relación peso/talla (kgs/cms)	No.	Promedio	D.E. (+)	INDICE		Fluctuación
				Coefficiente de variabilidad (%)		
<b>Civiles</b>						
Menos de .280	7	10		12.45		67- 97
.280-.299	25	16		19.72		32-107
.300-.319	42	19		23.98		32-130
.320-.339	73	21		24.67		22-152
.340-.359	50	17		20.10		27-133
.360-.379	32	22		26.68		32-127
.380-.399	12	33		40.26		32-122
.400-.419	1	—		—		—
.420-.439	1	—		—		—
.440-.459	1	—		—		—
.460-.479	1	—		—		—
.480 y más	2	—		—		19- 47
No investigado	4	—		—		—
Total	249	83		21		19-152
						(continúa)

práctico, salvo los sujetos cuya razón peso/talla sobrepasa .440. Como era de esperarse en el examen de este Cuadro, no hay ninguna diferencia significativa entre los grupos de soldados, siendo el coeficiente de correlación escasamente significativo ( $r = 0.13026$ ;  $P$  menor o igual a 0.05).

A pesar de las limitaciones impuestas por el número tan reducido de casos que incluyeron los grupos de sujetos con una razón peso/talla elevada, parece ser que, al efectuar la prueba, los civiles obesos alcanzaron un índice muy inferior al de los soldados cuya relación peso/talla era similar. Esto podría explicarse en base a las razones aducidas en la discusión de la influencia de la actividad física, ya que ninguno de los soldados, fuesen o no obesos, habría podido clasificarse como de ocupación sedentaria, mientras que los civiles obesos incluidos en la prueba sí tenían actividad física ocupacional sedentaria.

#### 4. Espesor del panículo adiposo tricipital

En el caso del espesor del panículo adiposo subcutáneo tricipital (Cuadro No. 16), se observa que en los civiles pudo constatarse una tendencia bien definida a obtener índices menores a medida que éste es más grueso. El análisis estadístico pertinente confirma la existencia de esta tendencia negativa, rindiendo un coeficiente de correlación ( $r$ ) de  $-0.32370$ , con una probabilidad de menos de 0.01. En términos generales, esta disminución del índice, con el aumento del grosor del panículo adiposo tricipital, es más pronunciada a partir de los 12.5 mm. de espesor. Aunque la diferencia entre los subgrupos de soldados no es tan marcada como entre los de civiles, también en ellos se observa tendencia a menores índices cuando el grosor del panículo adiposo aumenta a partir de 12.5 mm. El coeficiente de correlación entre el espesor del panículo adiposo subcutáneo tricipital y el índice de la prueba de la grada de Harvard en soldados, es significativo, con una probabilidad menor de 0.05 ( $r = -0.14748$ ).

Evidentemente, el espesor del panículo adiposo subcutáneo constituye una mejor medida del grado de obesidad que la relación peso/talla, pues esta última puede ser alta a expensas de tejido muscular, como sucede en el caso de individuos atléticos musculosos con baja adiposidad. De allí que los conceptos formulados en la discusión de la razón

(Continuación del cuadro No. 15).

Relación peso/talla (kgs/cms)	INDICE			
	No.	Promedio	D. E.	Coeficiente de variabilidad (%)
<b>Soldados</b>				
Menos de .280				
.280-.299	2	27.50	72.107	
.300-.319	14	15.97	47.97	
.320-.339	66	15.15	52.112	
.340-.359	114	15.14	42.127	
.360-.379	89	14.93	52.135	
.380-.399	37	16.83	47.117	
.400-.419	22	19.18	42.97	
.420-.439	12	12.14	67.92	
.440-.459		39.99	42.92	
.460-.479				
.480 y más	2	—	—	
No investigado	3	—	—	
Total	361	13	16.03	42.135

peso/talla sean aún más aplicables en lo concerniente al panículo adiposo. Los resultados obtenidos indican, asimismo, que el efecto del grosor del panículo adiposo subcutáneo sobre el índice de la prueba de la grada de Harvard, es también más importante que el de la razón peso/talla.

Cobra particular interés el hecho de que, como se observa en los Cuadros Nos. 15 y 16, la mayoría de los civiles acusan una masa corporal magra muy notoria, con baja adiposidad (60% de ellos con una relación peso/talla menor de .340, y 86% con un espesor del panículo adiposo tricipital inferior a 10 mm.) En los soldados, en cambio, estas proporciones son muy diferentes (23% con una razón peso/talla inferior a .340, y 46%, con menos de 10 mm. de espesor del panículo adiposo subcutáneo tricipital). Estos datos coinciden con los obtenidos por Saravia (67) en estudios similares, en el sentido de que el soldado guatemalteco tiene a incrementar en adiposidad después de su ingreso a las Fuerzas Armadas. A los comentarios vertidos en una sección previa al discutir la influencia de la actividad física ocupacional sobre la prueba de la grada, puede agregarse la diferencia en cuanto al grado de adiposidad observado entre soldados y civiles, en la búsqueda de una explicación del por qué los soldados guatemaltecos que han estado sometidos a entrenamiento físico sistemático por un mínimo de 6 meses, obtuvieron un índice promedio total que, aun cuando alto, no supera el índice promedio total de la población civil que comprendió este estudio.

##### 5. Talla

En vista de que la banca que se utiliza para practicar la prueba mide 20' de altura, cabría pensar que, para nuestra población, en la que es apreciable la proporción de sujetos de baja estatura, la altura de la banca representa una desventaja en contraste con sujetos de mayor estatura. A pesar de que varios investigadores (8, 12, 59, 64) han publicado resultados indicativos de que las mediciones longitudinales no tienen un efecto significativo sobre el desempeño de la prueba de la grada, con el fin de despejar esa incógnita se acordó analizar si esta situación era también aplicable a la población guatemalteca. Con ese propósito, se hicieron los análisis estadísticos pertinentes encaminados a determinar la existencia o inexistencia de alguna relación entre la talla total y la razón talla sentado/talla total,

CUADRO No. 16  
ÍNDICES ENCONTRADOS EN LOS SUJETOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO Y AGRUPADOS EN BASE A LA MEDIDA DE ESPESOR DEL PANICULO ADIPOSO TRICIPITAL

	Panículo adiposo tricipital (mm)	No.	Promedio	D. E. (+)	ÍNDICE Coeficiente de variabilidad (%)	Fluctuación
<b>Civiles</b>						
Menos de 5.0			112			
5.0-7.4			70	84	20	23.01
7.5-9.9			29	80	19	22.44
10.0-12.4			20	78	18	23.64
12.5-14.9			7	62	28	22.49
15.0-17.4			7	79	3	22.97
17.5-19.9			3	42	7	22.92
20.0 y más			2	23	6	3.65
No investigado			4	21	—	16.64
Total		249	—	21	—	25.85
<b>Soldados</b>						
Menos de 5.0			16	57	11	32-152
5.0-7.4			77	81	11	27-130
7.5-9.9			81	83	14	32-112
10.0-12.4			55	85	13	14.67
12.5-14.9			25	86	12	44.53
15.0-17.4			4	86	21	3.65
17.5-19.9			7	47	10	16.64
20.0 y más			7	47	—	25.85
No investigado			38	13	—	19.27
Total		361	—	83	—	16.03
			83	—	—	42.135

con los índices obtenidos al efectuar la prueba de la grada de Harvard.

Los índices que se determinaron en los sujetos sometidos a la prueba, distribuidos en grupos de estatura de 5 cms., se detallan en el Cuadro No. 17. Como éste lo señala, entre los civiles, prácticamente, no hubo ninguna diferencia en cuanto a los índices que alcanzaron los sujetos cuya talla estaba comprendida entre 141 y 174 cms. Sin embargo, en los sujetos de mayor estatura el índice fue menor que en los otros grupos, no obstante que el análisis de variancia no muestra diferencia significativa alguna entre las diversas categorías establecidas en base al factor talla.

En el caso de los soldados, los índices promedio dan la impresión de ir aumentando a medida que la talla se hace mayor; esto es, todo lo contrario de lo que se observó en el grupo de civiles con tallas por encima de 175 cms. Sin embargo, esta alza progresiva en el índice es tan pequeña que, desde un punto de vista práctico, no parece tener importancia, y examinado a la luz de su significado estadístico, tampoco tiene diferencia de mayor cuantía entre los diversos grupos que, según su talla, integraron los soldados. El coeficiente de correlación entre la talla total y el índice de la prueba de la grada no fue significativo en el grupo militar ( $r = +0.10456$ ), si bien en los civiles sí lo fue, aunque escasamente, con una probabilidad de 0.05 y una correlación casi insignificante ( $r = -0.14843$ ). Es probable que este coeficiente de correlación que, como se dijo, alcanzó leve significancia en el grupo de civiles, se deba a los sujetos que, dentro de dicho grupo, tenían estaturas de más de 175 cms. Cabe la posibilidad de que el índice inferior que acusaron estos últimos no fuese una función de la estatura, sino más bien de la masa corporal, la cual es mayor en los sujetos altos que en los bajos. Por lo tanto, esto representa para los primeros una carga de trabajo mayor que para los segundos, al desplazar el cuerpo hacia arriba y abajo en el momento de hacer el ejercicio.

#### 6. Relación talla sentado/talla total

Para estudiar el efecto que las longitudes proporcionales del tronco y las piernas de los sujetos pudiesen tener sobre los resultados de la prueba, se procedió a examinar a estos últimos agrupándolos en categorías determinadas según su razón de talla sentado/talla total, expresada en términos de cms. Los resultados de este análisis se exponen

CUADRO No. 17  
INDICES OBTENIDOS EN LOS SUJETOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO Y AGRUPADOS EN BASE A SU TALLA

Talla (cms.)	No.	Promedio	D. E. (+)	D. E. (-)	INDICE Coeficiente de variabilidad (%)	Fluctuación
Civiles						
Menor de 150.0	20	87	24	—	28.16	32-130
150.0-154.9	38	86	17	—	19.73	27-122
155.0-159.9	57	84	21	—	24.51	32-134
160.0-164.9	74	81	21	—	26.06	27-152
165.0-169.9	40	79	20	—	25.44	22-122
170.0-174.9	10	84	18	—	21.83	47-107
175.0 y más	6	71	29	—	40.40	19- 92
No investigada	4	—	—	—	—	—
Total	249	83	21	—	24.89	19-152
Soldados						
Menor de 150.0	9	80	21	—	26.44	47-112
150.0-154.9	64	82	13	—	15.68	42-107
155.0-159.9	128	83	14	—	17.06	42-127
160.0-164.9	98	84	12	—	14.21	47-112
165.0-169.9	48	84	11	—	13.34	57-127
170.0-174.9	11	87	18	—	20.69	67-135
175.0 y más	2	102	21	—	20.59	87-117
No investigada	1	—	—	—	—	—
Total	361	83	13	—	16.03	42-135

en el Cuadro No. 18. En los soldados, tanto el análisis de variancia entre los diversos grupos establecidos, como el coeficiente de correlación entre la razón talla sentado/talla total y el índice de la prueba de la grada de Harvard, arrojan datos carentes de significado estadístico.

En cambio, en los civiles parece que hubo cierta tendencia a alcanzar índices más altos paralelos a la proporción talla sentado/talla total. Las investigaciones estadísticas al respecto muestran que, en efecto, hay una diferencia significativa con probabilidad menor de 0.01 entre los diversos grupos ( $F = 3.63$ ), y que existe una correlación significativa positiva entre dicha proporción y el índice de la prueba de la grada ( $r = + 0.22475$ ;  $P < 0.01$ ). Esta correlación positiva implicaría que, en el grupo de civiles, los sujetos con piernas más cortas y tronco más largo ejecutan mejor la prueba de la grada. Aun cuando esto es completamente ilógico desde el punto de vista bioquímico, los datos con que por el momento se cuenta no permiten explicar esta correlación positiva que, aunque ilógica, existe. Sin embargo, el autor del presente trabajo asigna poco valor a este hallazgo, ya que en el grupo de miembros de las Fuerzas Armadas, la proporción de talla sentado/talla total no tiene ninguna influencia significativa sobre el índice, y tampoco hay pruebas indicativas de que, en los civiles, el tamaño proporcional del tronco y las piernas sea diferente al de los soldados.

Los datos que se pudo obtener en el intento de correlacionar las mediciones antropométricas con el índice de la prueba de la grada de Harvard, así como la falta de una notoria correlación entre dichas medidas y el índice, coinciden con la gran contradicción existente en los hallazgos notificados por diversos investigadores que, en varias partes del mundo, han tratado de correlacionar sus resultados con factores antropométricos en las poblaciones estudiadas por ellos (8, 12, 43, 52, 64, 68, 78).

Sin embargo, vale la pena mencionar que varios autores, al investigar la influencia que el peso y/o un grado moderado de adiposidad puedan tener sobre la prueba de la grada, notifican una correlación pobre entre las variables cuando estudiaron grupos de población con una eficiencia física alta. En cambio, dicha correlación sí existe en aquellos grupos de población cuya capacidad física es baja.

CUADRO No. 18  
INDICES ENCONTRADOS EN LOS SUJETOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO Y AGRUPADOS EN BASE A SU  
RELACION TALLA SENTADO/TALLA TOTAL

Relación talla sentado/talla total (cms.)	No.	Promedio	D. E. (+) (-)	INDICE		Fluctuación
				Coefficiente de variabilidad (%)	Coeficiente de variabilidad (%)	
Civiles						
Menos de .500	5	84	17	20.48	30.80	57-102
.500-.519	29	72	22	24.18	32-107	19-107
.520-.539	117	82	20	23.45	32-134	42-117
.540-.559	78	86	20	13.66	27-152	42-127
.560-.579	10	92	12	6.02	77-122	42-107
.580 y más	2	118	7	—	112-122	—
No investigada	8	—	—	—	—	—
Total	249	83	21	24.89	19-152	13.73
Soldados						17.87
Menos de .500	3	76	10	17.87	47-135	47-135
.500-.519	27	84	15	13.78	42-117	42-117
.520-.539	141	83	11	17.18	42-127	42-127
.540-.559	84	84	14	19.80	42-107	42-107
.560-.579	85	85	17	—	—	—
.580 y más	—	—	—	—	—	—
No investigada	7	—	—	—	—	—
Total	361	83	13	16.03	42-135	42-135

## F. CONDICIONES AMBIENTALES

Constan, en la literatura científica, numerosas publicaciones concernientes a la influencia que los cambios ambientales de temperatura y humedad relativa desempeñan en el comportamiento del corazón durante el ejercicio físico (3, 8, 49, 51), así como sobre las diversas formas en que éste funciona bajo los efectos de la presión barométrica (8, 21, 54). Dada la vasta extensión geográfica que se cubrió en el desarrollo de las pruebas cuyos resultados se dan a conocer en este trabajo, y en vista de las diversas condiciones de altura sobre el nivel del mar, temperatura ambiental y humedad relativa bajo las cuales se trabajó, se estimó pertinente realizar un análisis sobre la posible influencia que dichas condiciones puedan tener en la prueba de la grada de Harvard.

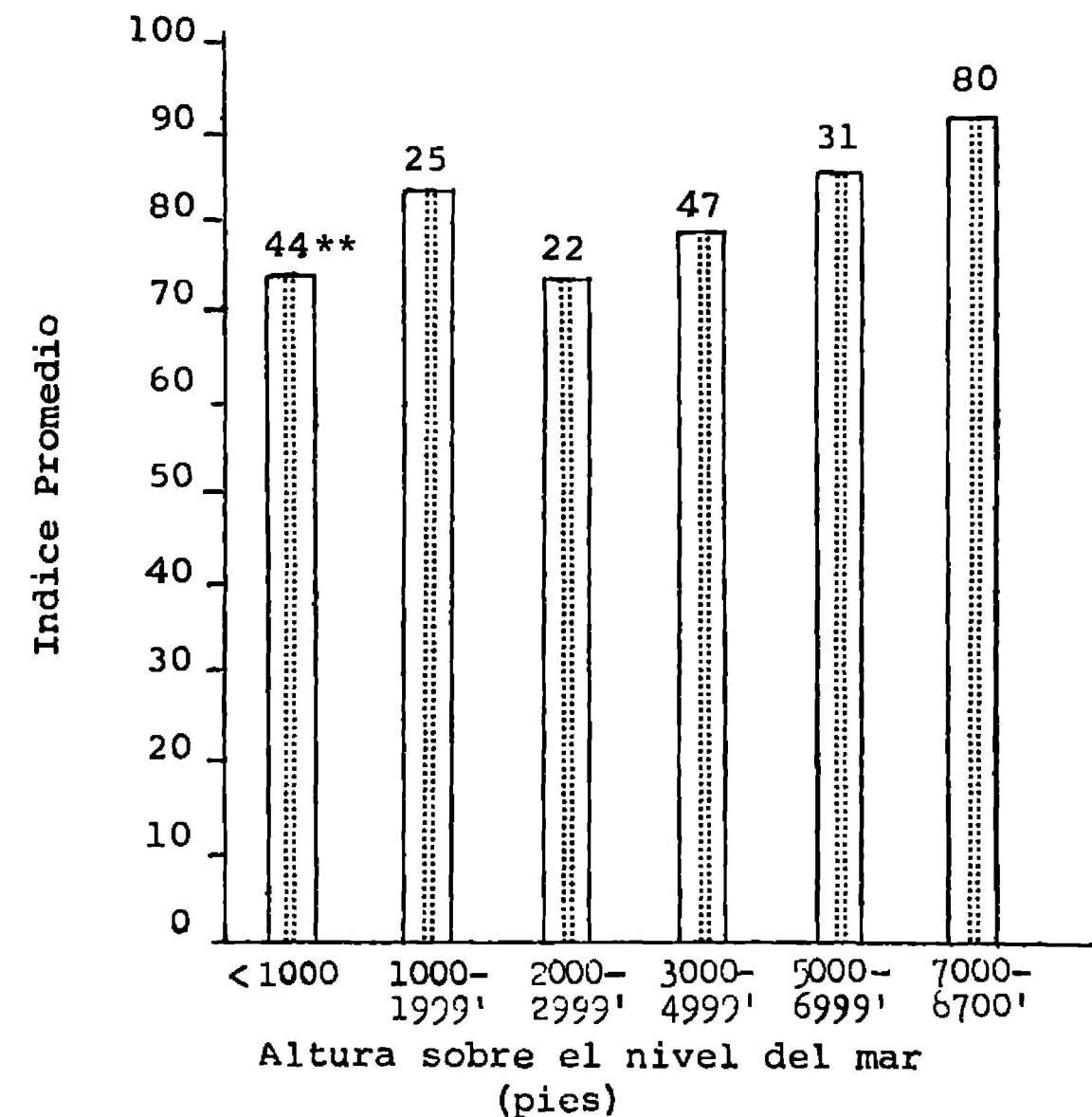
### 1. Altura sobre el nivel del mar

La Figura 5 señala, de manera muy notoria, que el índice obtenido mediante la prueba de la grada de Harvard tendió a aumentar en los lugares más altos, particularmente en aquellos por encima de 7,000 pies de altura sobre el nivel del mar. Tal tendencia es por completo ajena a la edad, como lo demuestra la Figura 6, donde se observa que esa propensión persistió en todos los grupos de edad.

Habiéndose constatado que el nivel del pulso pre-ejercicio influye sobre los resultados de la prueba de la grada, podría suponerse que la superioridad de los resultados en los sitios de mayor altitud se debe a los factores señalados por Dill (21). Dicho autor, en el curso de algunos trabajos hechos en ciertas regiones de Chile, situadas a 17,500 pies de altura, encontró que los sujetos que residían en esos sitios acusaban una frecuencia cardíaca que, en reposo, oscilaba entre 55 y 70 pulsaciones por minuto. Sin embargo, en nuestro estudio encontramos que los sujetos guatemaltecos residentes en lugares cuya altura sobre el nivel del mar sobrepasaba 7,000 pies, no tenían una frecuencia cardíaca pre-ejercicio con características que los diferenciaran del resto de la población encuestada.

No obstante la evidencia presentada de que la respuesta cardíaca al ejercicio físico severo por un período corto de tiempo es mejor en localidades a más de 7,000 pies de altura, estos resultados deben aceptarse con cierta re-

FIGURA 5  
INDICES PROMEDIO OBTENIDOS CON LA PRUEBA DE LA GRADA DE HARVARD A DIVERSAS ALTITUDES \*  
(Población civil)



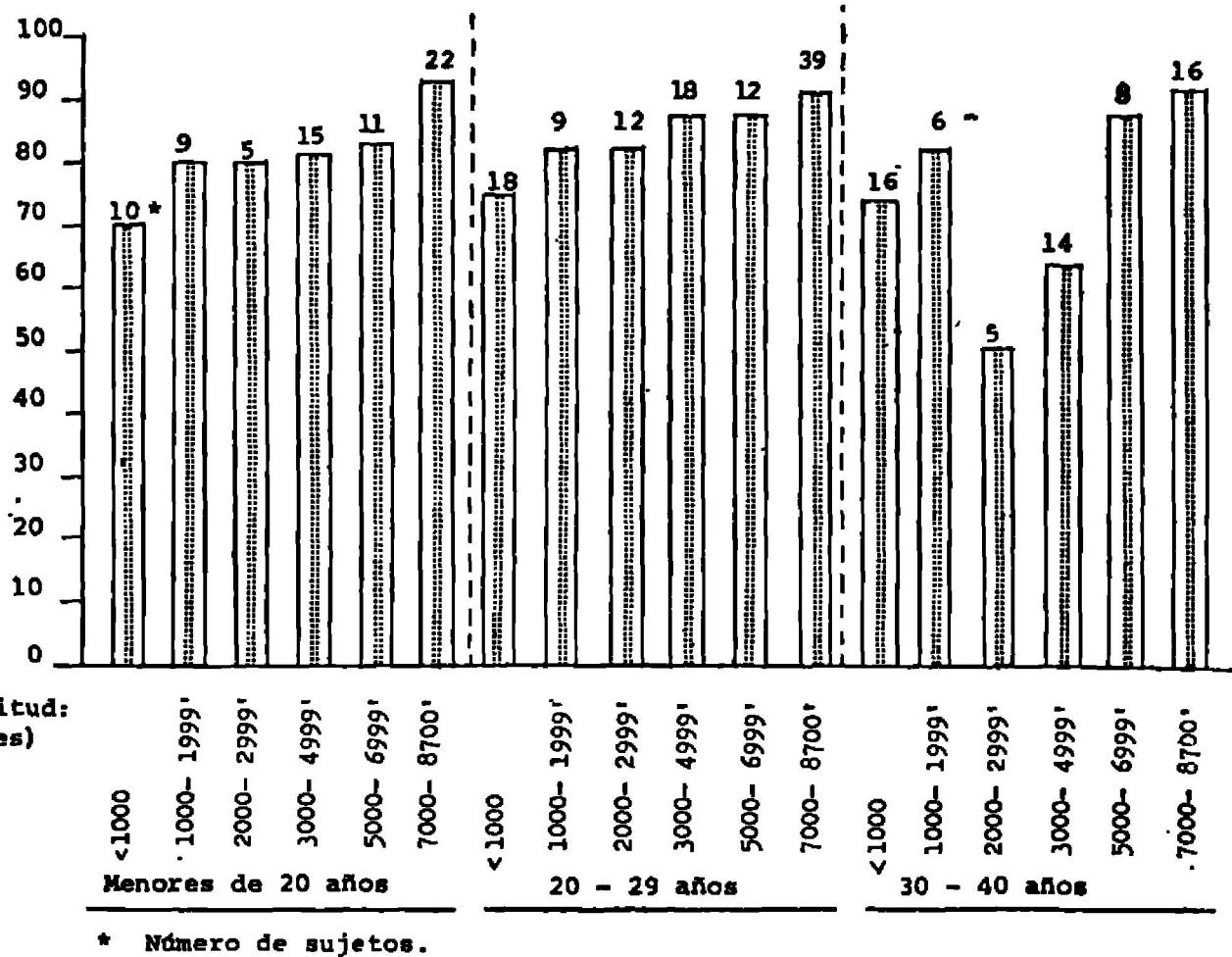
\* Las divisiones hipocométricas se basan en las que emplea la Dirección General de Cartografía de Guatemala (20).

\*\* Número de sujetos.

serva. En efecto, los pueblos situados a esas alturas donde se realizó la prueba, se encuentran en las montañas, en terrenos muy accidentados, con numerosas colinas y barrancos. La mayoría de los individuos que formaron parte de la investigación se dedican a labores agrícolas que los obligan a caminar distancias más o menos largas en ese tipo de terreno, es decir, subiendo y bajando cerros. Es, pues, muy

FIGURA No. 6

INDICES PROMEDIOS OBTENIDOS CON LA PRUEBA DE LA GRADA DE HARVARD EN CIVILES DE LOS MISMOS GRUPOS DE EDAD, Y A DIFERENTES ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR



probable que el esfuerzo ocupacional a que están sujetos tenga mayor importancia como entrenamiento físico, que el trabajo ocupacional de los individuos que residen en lugares más bajos y donde el terreno presenta menos accidentes geográficos. Habiéndose demostrado que, al parecer, la actividad física ocupacional afecta favorablemente los resultados de la prueba, no puede concluirse que la altitud *per se* sea un factor determinante en la obtención de índices elevados.

En contraste a lo expuesto, en la población militar estudiada no se encontró ninguna relación significativa entre la altitud del lugar y la prueba de la grada de Harvard. Este hecho corrobora, aparentemente, las aseveraciones del párrafo anterior, ya que la actividad física cotidiana a que están sometidos los soldados en las diversas bases militares

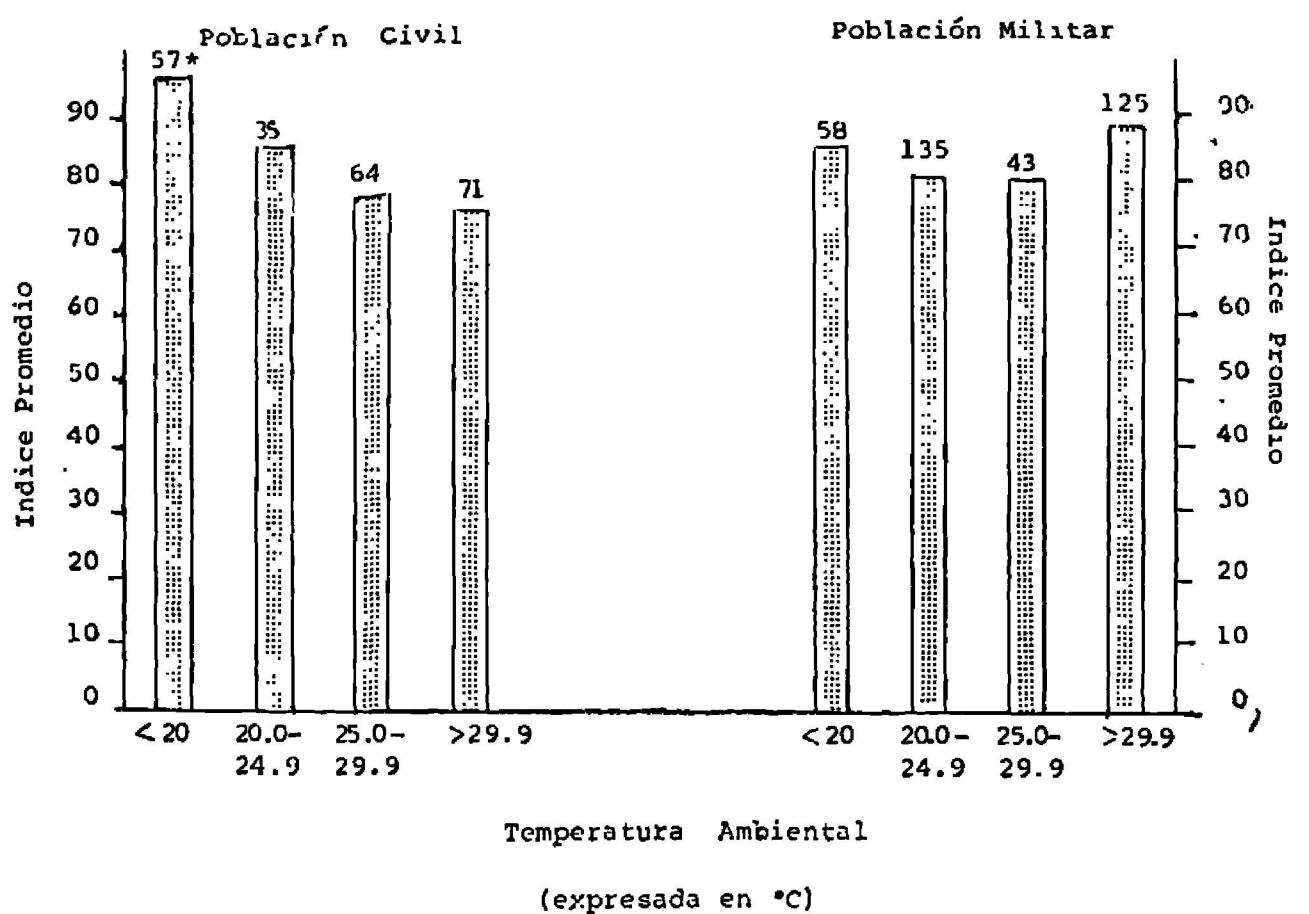
de Guatemala es muy similar. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que a menudo los soldados son trasladados de una guarnición a otra, y se carece de datos que permitan hacer una separación entre los aclimatados y los no aclimatados en cada lugar donde se practicó la prueba. Por consiguiente, no puede afirmarse categóricamente que, en los soldados, la altitud no afecte la capacidad del sistema cardiovascular para un ejercicio severo, basándose únicamente en que su actividad física ocupacional es muy similar cualquiera que sea la altura sobre el nivel del mar del sitio donde se encuentren.

## 2. Temperatura ambiental

Los efectos de la temperatura ambiental sobre la frecuencia cardíaca durante el ejercicio submáximo o máximo, han sido también objeto de cuidadoso estudio por parte de diversos investigadores. Los resultados revelan que, en general, se ha encontrado que cuando un trabajo submáximo se efectúa a temperaturas bajas, la elevación del pulso es menor que cuando la temperatura es alta (49). Sin embargo, hay informes que revelan que el costo energético del trabajo en lugares donde la temperatura es muy baja, es mayor que en las regiones menos frías. Malhotra y colaboradores (51), atribuyen este incremento del gasto energético al mayor peso de la ropa que las personas usan cuando la temperatura es muy baja. Bajo el efecto de temperaturas ambientales elevadas, la frecuencia cardíaca en reposo, y principalmente durante la ejecución de un trabajo submáximo, se eleva en forma desproporcionalmente más rápida que el consumo de oxígeno. Ello se debe a que la frecuencia cardíaca aumenta no sólo por la acción del ejercicio físico, sino también para lograr una mayor disipación del calor, lo que representa una sobrecarga impuesta al organismo bajo esas condiciones.

La prueba de la grada de Harvard se realizó en sitios con temperaturas ambientales que oscilaron entre 14.3 y 35.6°C (véase Cuadro No. 1). Como lo indica la Figura 7, en este caso existe un efecto inverso al de la altitud sobre el índice de la prueba de la grada; es decir, cierta tendencia a obtener mejores índices en los lugares donde la temperatura es más baja. Pero, por otro lado y como se observa en los Cuadros Nos. 1 y 2 (Capítulo "Material y Méto-

FIGURA No. 7  
INDICES OBTENIDOS CON LA PRUEBA DE LA GRADA DE HARVARD  
BAJO DIVERSAS CONDICIONES DE TEMPERATURA AMBIENTAL



\* Número de sujetos.

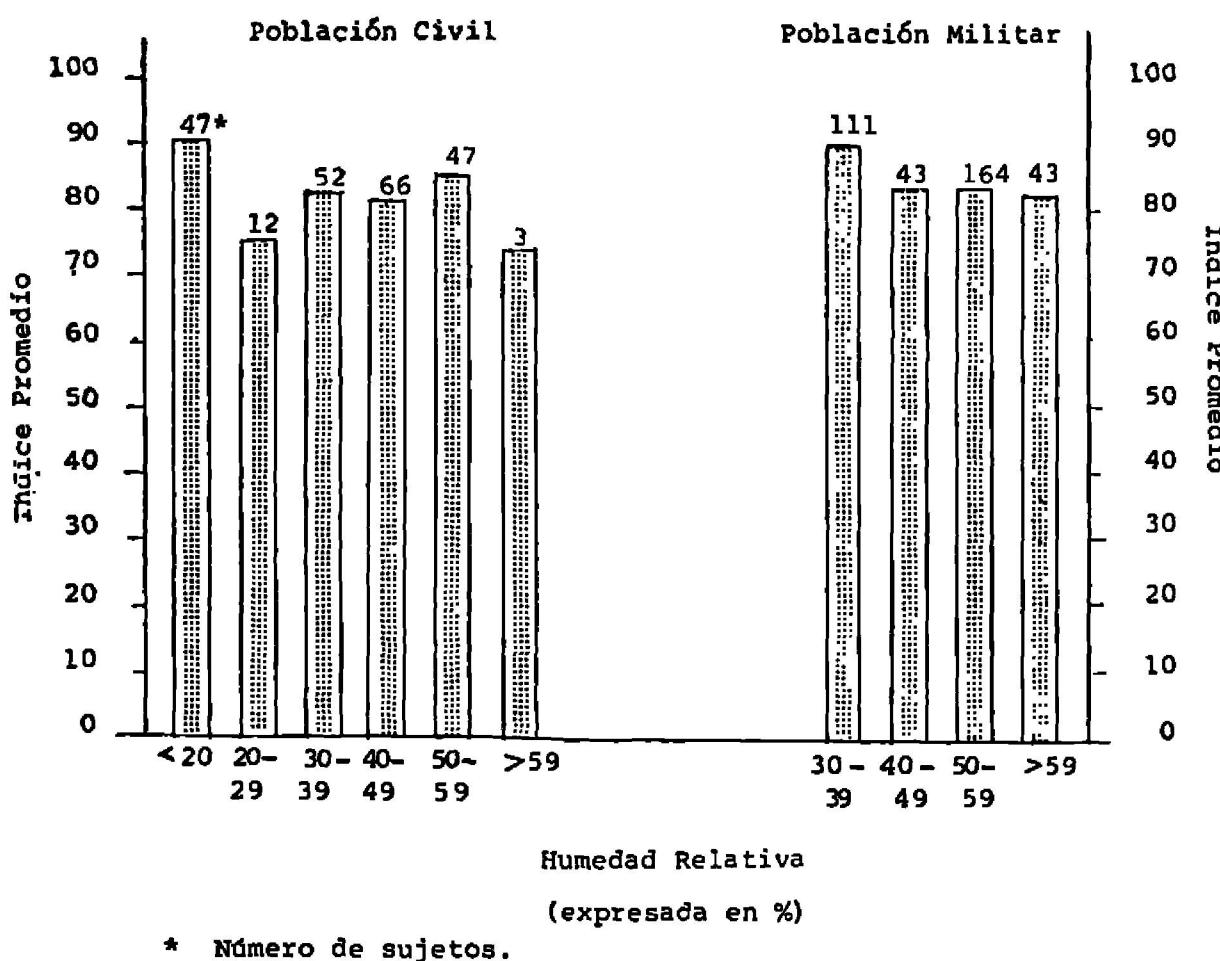
dos"), los lugares donde la temperatura era inferior son, a la vez, los que se encuentran a mayor altura sobre el nivel del mar. Por consiguiente, es imposible separar los efectos de la temperatura de los producidos por la altitud, y las consideraciones expuestas cuando se comentó la posible influencia de esta última sobre los resultados de la prueba de la grada, son válidos también para el efecto de la temperatura ambiental, tanto en el caso de los civiles como de los soldados.

### 3. Humedad relativa

En cuanto a las condiciones de humedad relativa en que se trabajó —con límites que oscilaron entre 13 y 68%— no

FIGURA No. 8

INDICES OBTENIDOS CON LA PRUEBA DE LA GRADA DE HARVARD  
BAJO DIVERSAS CONDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA



\* Número de sujetos.

se encontró ninguna relación aparente entre éstas y los resultados de la prueba, ni en la población civil ni en la militar (Figura 8).

### EN OTRAS POBLACIONES

#### G. COMPARACION CON ESTUDIOS SIMILARES

Con el propósito de investigar si los resultados obtenidos en el estudio que se efectuó en Guatemala eran comparables a los informados en otros países del mundo donde se ha empleado la prueba de la grada de Harvard, se procedió a efectuar una extensa revisión de la literatura científica al respecto. Los únicos informes que se pudo recabar en lo concerniente a alguna encuesta cuyo fin fuese evaluar la

capacidad física a nivel nacional, son los estudios del grupo de Cullumbine y colaboradores (11-16, 18, 19), quienes en 1949 llevaron a cabo una encuesta en la Isla de Ceilán que abarcó un total de 7,000 personas de ambos sexos, desde 10 años de edad en adelante. Es pertinente mencionar que durante dicha encuesta, los investigadores emplearon una serie de pruebas para determinar la capacidad física. Una de ellas fue la de la grada de Harvard, practicada por 2,178 hombres comprendidos entre los 15 y 40 años de edad, procedentes de diversos grupos socio-económicos, que residían en diferentes regiones de la Isla y con distintas características raciales, nutricionales y de actividad física. El índice promedio obtenido por estos grupos fue de 80, cifra que es prácticamente igual a la que se constató en la población civil investigada por nosotros en Guatemala.

En otros lugares del mundo se han investigado grupos selectos de población, tales como estudiantes universitarios, generalmente hombres jóvenes comprendidos entre las edades de 17 y 27 años, de un medio socio-económico superior al del adulto guatemalteco del área rural, y cuya actividad física ocupacional es, corrientemente, sedentaria. Los resultados de estos estudios, como lo deja ver el Cuadro No. 19, son muy variables pero, en términos generales, puede concluirse que los resultados obtenidos con los grupos de población investigados en Guatemala, son superiores en cuanto al índice promedio alcanzado, así como en lo referente a la proporción de individuos que acusaron índices por encima de 79, y a la proporción de sujetos que toleraron los 5 minutos de ejercicio. Tales resultados son muy semejantes o ligeramente inferiores a los rendidos por grupos de atletas o deportistas universitarios en varias partes del mundo. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que estos grupos son muy selectos en cuanto a condiciones generales de salud, de nutrición y de habilidad, y que han sido sometidos durante períodos más o menos prolongados al efecto de un entrenamiento físico sistemático, altamente especializado.

Con respecto a los soldados, es de especial interés tomar nota de que los resultados de nuestro estudio fueron considerablemente mejores a los obtenidos con soldados del Ejército de los Estados Unidos de América que incluían algunos sectores altamente seleccionados, tales como un grupo de candidatos que estaban por ingresar al servicio en submarinos.

CUADRO No. 19  
COMPARACION ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN GUATEMALA Y EN POBLACIONES DE OTRAS  
REGIONES DEL MUNDO

Tipo de población estudiada	No.	Edad	Promedio (+)	INDICE		< 55 (malo) %	> 79 (bueno o excelente) %	5' de ejercicio No. %
				D.E.	Fluctuación			
Guatemala-civiles	249	15-40	83	21	19-152	9.6	59.8	211
Guatemala-soldados	361	17-29	83	13	42-135	3.0	60.7	331
Ceilán-población (18)	2178	15-40	80	—	—	—	—	—
E.U.A.-estudiantes	—	—	75	—	15-120	—	—	—
Harvard (5)	—	—	—	—	—	—	—	—
Sud-Africa estudiantes de medicina (45)	46	17-27	62	16	24-81	16.0	3.0	24
Sud Africa estudiantes de Educ. Física (45)	22	17-27	86	10	70-106	0.0	—	22
Sud-Africa jóvenes universitarios (71)	42	—	92	12	—	—	—	—
E.U.A. estudiantes	—	—	—	—	—	—	—	—
Michigan College (59) *	50	17-22	90	9	74-117	0.0	—	—
Ceilán atletas y estudiantes universitarios (17)	75	20-26	87	—	—	—	—	—
E.U.A.-soldados del Ejército (41) **	600	—	—	50	15-105	56.8	3.7	—
E.U.A. soldados del Ejército (41) ***	600	—	69	—	30-115	14.2	27.2	—
E.U.A.-candidatos a servi- cio en submarinos (10)	109	17-26	76	13	27-106	—	—	—

\* Despues de tres meses de entrenamiento físico intenso.

\*\* Antes de tres semanas de entrenamiento físico intenso.

\*\*\* Despues de tres semanas de entrenamiento físico intenso.

En resumen, pues, el índice general que rindieron los hombres jóvenes adultos guatemaltecos, es similar o superior al que han rendido grupos socio-económicos más privilegiados de otros países. Son muchos los factores que podrían aducirse para explicar esta superioridad, y éstos ya fueron mencionados en la presentación de los resultados y en la discusión relativa a los diversos factores que pueden influir sobre el desarrollo de la prueba de la grada de Harvard. Unicamente se desea insistir en el hecho de que la población del medio rural de Guatemala pertenece a un grupo socio-económico bajo que se ve obligado, en su mayoría, a trabajar en labores que exigen ejercicio físico bastante intenso, circunstancia ésta que, probablemente, desempeñe un papel importante como factor de entrenamiento; además, su composición corporal muestra una elevada masa corporal magra y escasa adiposidad. No puede descartarse la posibilidad de que estos factores compensen los efectos nocivos inherentes a su pobreza, tales como mal estado nutricional e higiene inadecuada. Esta hipótesis no pretende de ningún modo afirmar que su capacidad física para el trabajo es ideal, ya que hasta la fecha no existen datos disponibles que permitan establecer con certeza si la eliminación de esas causas nocivas mejoraría o no, su aptitud para el trabajo físico.

CUADRO No. 20

**CLASIFICACION DE LOS INDICES OBTENIDOS DE ACUERDO AL CRITERIO DE LUCIEN BROUHA Y COLABORADORES (5)**

Indice	Clasificación	Civiles (249)*	Soldados (361)*
Menor de 55	Malo	9.6%	3.0%
55 - 64	Promedio bajo	2.4%	3.0%
65 - 79	Promedio alto	28.1%	33.2%
80 - 89	Bueno	30.9% {	33.8% {
90 y más	Excelente	28.9% { 59.8%	26.9% { 60.7%

\* Número de sujetos.

Si la condición física de la población guatemalteca se clasifica de acuerdo al índice obtenido por medio de la prueba de la grada, en la forma indicada por Brouha y colaboradores (5), es evidente que los resultados son altamente satisfactorios (Cuadro No. 20). Sin embargo, esta clasificación fue hecha a partir de los resultados que se obtuvieron al efectuar dicha prueba en grupos de norteamericanos de una situación social, económica y de salud muy distinta a la nuestra. Por consiguiente, mientras no se hagan más estudios en el campo de la Fisiología del Trabajo, no podremos saber, a ciencia cierta, si tal clasificación es aplicable en nuestro medio o si debe ser modificada.

## VI. CONCLUSIONES

1. La capacidad física de los hombres jóvenes adultos del sector rural de Guatemala, valorada por la prueba de la grada de Harvard, es alta.
2. La capacidad física de los soldados guatemaltecos con un mínimo de 6 meses de servicio en las Fuerzas Armadas del país, valorada por la prueba de la grada de Harvard, es alta e igual a la de los civiles.
3. En los grupos de población estudiados, el pulso pre-ejercicio influye en sentido inverso sobre el índice de la prueba de la grada de Harvard. En otras palabras, los sujetos con un pulso pre-ejercicio bajo, tienden a alcanzar un índice más alto al que logran aquellos sometidos a la misma prueba y cuyo pulso pre-ejercicio es más elevado.
4. El grado de actividad física ocupacional afecta favorablemente los resultados, sobre todo en los varones mayores de 30 años, ya que en comparación con el índice de sujetos más jóvenes que tienen el mismo tipo de actividad, los hombres de ocupación sedentaria muestran, al alcanzar esta edad, un marcado descenso en el índice de la prueba de la grada de Harvard. Por otro lado, en el grupo de individuos cuya ocupación habitual exige una actividad física moderada o fuerte, el índice se mantiene igualmente elevado en todas las edades, desde los 15 hasta los 40 años.
5. Existe poca correlación entre la composición corporal del adulto joven guatemalteco, evaluada por mediciones antropométricas, y la prueba de la grada de Harvard, con la excepción del espesor del tejido adiposo subcutáneo que —medido por el método del pliegue— sí parece tener una correlación negativa con el índice de la prueba.

6. Los individuos que viven en lugares situados a más de 7,000 pies de altura sobre el nivel del mar, con temperatura ambiental baja, acusan un índice más elevado que los habitantes de terrenos bajos y cálidos.
7. En comparación con los informes en la literatura científica, la capacidad física del adulto joven guatemalteco, estimada en base a la prueba de la grada de Harvard, es semejante a la de poblaciones similares. Esta capacidad es superior a la de poblaciones de nivel socio-económico más alto, y ello posiblemente se deba a la baja adiposidad que se asocia a la fuerte actividad física ocupacional que las condiciones de trabajo exigen en el medio rural de nuestro país.
8. Se considera que para el desarrollo económico de la nación es de trascendental importancia: a) llevar a cabo una serie de cuidadosas investigaciones encaminadas a determinar cuál es exactamente la capacidad física de la población guatemalteca para el trabajo, y b) estudiar las posibilidades y medios para que ésta pueda mejorar.

## VII. SUMARIO

1. Se exploró la capacidad física del hombre joven adulto, de vida eminentemente rural, en Guatemala, valorada en base a su respuesta cardiovascular ante un ejercicio físico severo de corta duración, mediante la prueba de la grada de Harvard.
2. El grupo que integró la investigación fue de 249 hombres, todos ellos con edades comprendidas entre 15 y 40 años, residentes de 34 municipios situados en 21 departamentos de la República, y de condiciones climatológicas muy diferentes. Todos ellos fueron escogidos sistemáticamente al azar, y la muestra, por lo tanto, es representativa de la población guatemalteca rural del sexo masculino.
3. Se exploró, en igual forma, la capacidad física de miembros del Ejército de Guatemala que tenían un mínimo de 6 meses de servicio. Para el caso se estudió un total de 361 soldados destacados en 8 bases militares localizadas en 7 departamentos de la República.
4. Se analizó la influencia que sobre los resultados de la prueba de la grada de Harvard pudieran tener: la edad de los sujetos; el pulso pre-ejercicio; la presión arterial sistólica y diastólica, también pre-ejercicio; la actividad física ocupacional y deportiva; diversas mediciones antropométricas (peso, talla, relación peso/talla, relación talla sentado/talla total, y espesor del panículo adiposo subcutáneo tricipital); y, algunas condiciones climatológicas del sitio donde se realizó la prueba (altura sobre el nivel del mar, temperatura ambiental, humedad relativa).

5. Se presentan, analizan y comentan los resultados del estudio.
6. Finalmente se comparan los resultados obtenidos en el estudio efectuado en Guatemala, con los hallazgos de otros investigadores utilizando la misma prueba, en diversos grupos de población, y en varias partes del mundo.

## **VIII. RECONOCIMIENTOS**

La presente investigación se llevó a cabo bajo los auspicios conjuntos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), del Comité Interdepartamental de Nutrición para el Desarrollo Nacional (ICNND) de los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos de América (NIH), y del Comando de Investigaciones y Desarrollo del Ejército Norteamericano (Contrato No. DA-49-193-MD-2664).

Numerosos miembros del personal del INCAP tuvieron a bien prestarme su valiosa y desinteresada colaboración en el desarrollo de este trabajo. Sin embargo, ya que los nombres de todas estas personas requerirían un detalle muy extenso, he preferido abstenerme de citarlos, evitando así cualquier omisión involuntaria. Espero solamente que todos ellos acepten el testimonio de esta sincera muestra de reconocimiento.

Deseo, asimismo, expresar públicamente y de manera muy especial, mi agradecimiento para el maestro y amigo, Dr. Fernando E. Viteri, Jefe de la División Biomédica del INCAP, ya que su inmensurable ayuda intelectual y material fue, sin lugar a dudas, uno de los factores decisivos en la cristalización de esta Tesis.

## IX. BIBLIOGRAFIA

1. Astrand, P. O. & Ryhming, I., "A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub maximal work". *J. Appl. Physiol.*, 7: 218 - 221, 1954.
2. Barborka, C. J., et al., "Relationship between vitamin B complex intake and work output in trained subjects". *J.A.M.A.*, 122: 717 - 720, 1943.
3. Berggren, G. & Christensen, E. H., "Heart rate and body temperature as indices of metabolic rate during work". *Arbeitsphysiologie*, 14: 255 - 260, 1950.
4. Brouha, L. & Heath, C. W., "Resting pulse and blood pressure values in relation to physical fitness in young men". *New England J. Med.*, 228: 473 - 477, 1943.
5. ——— et al., "The step - test. A simple method of measuring physical fitness for hard muscular work in adult man". *Rev. Canad. Biol.*, 2: 86 - 91, 1943.
6. Campbell, W. R. "On the Harvard Step-test" (Letters to the Editor) *Lancet*, 1: 312, 1958.
7. Cogswell, R. C. et al., "Some observations of the effects of training on pulse rate, blood pressure and endurance, in humans, using the step-test (Harvard), treadmill and electrodynamic brake bicycle ergometer". *Am. J. Physiol.*, 146: 422 - 430, 1946.
8. Consolazio, C. F. et al., *Physiological Measurements of Metabolic Functions in Man*. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1963. Sections 9 and 10.
9. ——— et al., "Studies on Nutrition in the Far East. V. Calorie cost of work and energy balance studies". *Metab. Clin. Exp.*, 5: 259, 1956.
10. Cook, E. B. & Wherry, R. J., "A statistical evaluation of physical fitness tests". *Res. Quart.*, 21: 94 - 111, 1950.

11. Cullumbine, H. "Hemoglobin concentration and physical fitness", *J. Appl. Physiol.*, 2: 274 - 277, 1949.
12. \_\_\_\_\_, "Relationship between body build and capacity for exercise". *J. Appl. Physiol.*, 2: 155 - 168, 1949.
13. \_\_\_\_\_, "Relationship between resting pulse rate, blood pressure and physical fitness". *J. Appl. Physiol.*, 2: 278 - 282, 1949.
14. \_\_\_\_\_, "The reliability of the step-test as a measure of physical fitness", *Ceylon J. Med. Sci.*, 6: 93 - 105, 1949.
15. \_\_\_\_\_, "Resting pulse rate and athletic ability", *Ceylon J. Med. Sci.*, 6: 91 - 92, 1949.
16. \_\_\_\_\_, "Survey of physical fitness in Ceylon", *Lancet*, 257: 1067 - 1071, 1949.
17. \_\_\_\_\_ & Williams, K., "The correlation between the results of various tests for physical fitness". *Ceylon J. Med. Sci.*, 6: 106 - 112, 1949.
18. \_\_\_\_\_ et al., "Influence of age, sex, physique and muscular development on physical fitness". *J. Appl. Physiol.*, 2: 488 - 511, 1950.
19. \_\_\_\_\_ et al., "The influence of race and environment on physical fitness". *Ceylon J. M. Sci.*, 6: 113 - 141, 1949.
20. Cureton, T. K., "Physical fitness appraisal and guidance". London, 1948, citado por Cullumbine (15)
21. Dill, D. B., "Effects of physical strain and high altitudes on the heart and circulation". *American Heart Journal*, 23: 441 - 454, 1942.
22. Durnin, J. V. G. A., "Eighteen miles a day", (paper read at the Symposium on Training arranged by the Ergonomics Research Society in Bristol, England, April 13 - 16, 1958). *Lancet*, I: 898, 1958.
23. Fletcher, J. G., "Hard Work". (Paper read at the symposium on Training arranged by the Ergonomics Research Society, in Bristol, England, April 13 - 16, 1958). *Lancet*, I: 898, 1958.
24. Flores, M., "Food patterns in Central America and Panama", In: *Tradition, Science and Practice in Dietetics*, Proceedings of the 2nd. International Congress of Dietetics., London, July 10 - 14, 1961, Yorkshire, Great Britain, Wm. Byles and Sons, Limited, of Bradford, p. 23 - 27, 1961.
25. Food and Agriculture Organization of the United Nations (F. A. O.). "Nutrition and Working Efficiency". Rome, 1962 (Freedom from Hunger Campaign) Basic Study No. 5.
26. Gallagher, J. R. & Brouha, L., "Dynamic Physical Fitness in Adolescence. V. A simple method of evaluating fitness in boys: the step-test". *Yale J. Biol. & Med.*, 15: 769 - 779, 1943.
27. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_, "Physical fitness. Its evaluation and significance". *J. A. M. A.*, 125: 834 - 838, 1944.
28. Gallagher, J. R. & Brouha, L., *Yale J. Biol. & Med.*, 15: 657, 1943. Citado por FAO (25)
29. Guatemala, Dirección General de Cartografía, *Atlas preliminar de Guatemala*. Segunda edición, 1964.
30. Guatemala, Dirección General de Estadística, *Trimestre Estadístico*. Julio-Septiembre, 1964.
31. Guatemala, Observatorio Nacional, *Atlas Climatológico de Guatemala*, 1964.
32. Haldi, J. & Wynn, W., "Industrial efficiency as affected by food intake during mid-morning and mid-afternoon rest periods". *J. Appl. Physiol.*, 2: 268 - 273, 1949.
33. Hardy, H. L. et al., "Testing physical fitness in young women". *Rev. Canad. Biol.*, 2: 407 - 415, 1943.
34. Henderson, Y. et al., *Am. J. Physiol.*, 82: 512, 1927. Citado por Cogswell et al. (7)
35. Hodgkins, J. & Skubic, V., "Cardiovascular efficiency test scores for college women in the U. S.". *Res. Quart. Amer. Assoc. Hlth. Educ. Recreation*, 34: 454 - 461, 1963.
36. Hoff, H. E. & Geddes, L. A., *Experimental Physiology*. Baylor University College of Medicine. Houston, Texas, 1965, p. XXXII-2.
37. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, "Algunos aspectos de composición corporal del adulto guatemalteco". Manuscrito en preparación por Viteri, F. et al.
38. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, División de Estadística, Bruch, H. Comunicación personal, 1965.
39. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, "Recomendaciones nutricionales diarias para las poblaciones de Centro América y Panamá. Revisadas, Septiembre de 1954". Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, "Publicaciones Científicas del INCAP", p. 225-226, 1955.
40. Insull, W., Jr., et al., "A new scoring procedure for the step-test for physical fitness", USAMRNL, Report No. 160, Denver, 1955.
41. Johnson, R. E. et al., "Test of operational ration, type E". Medical Nutrition Laboratory (U. S. Army), Report No. 12, pp. 67-70, 1947.
42. \_\_\_\_\_ et al., "A test for physical fitness for strenuous exertion". *Rev. Canad. Biol.*, 1: 491 - 503, 1942.
43. \_\_\_\_\_ et al., *Yale J. Biol. & Med.*, 15: 781, 1943. Citado por Keen y Sloan (45)
44. Karvonen, M. J., "Training and the Heart" (paper read at the Symposium on Training arranged by the Ergonomics Research Society in Bristol, April 13 - 16, 1958). *Lancet*, I: 897, 1958.
45. Keen, E. N. & Sloan, A. W., "Observations on the Harvard step-test". *J. Appl. Physiol.*, 13: 241 - 243, 1958.

46. Keller, W. D. & Kraut, H. A. "Work and nutrition". In: *World Review of Nutrition and Dietetics*. Vol. 3, G. H. Bourne, Editor. Pitman Medical Publishing Co., Ltd., 1962, pp. 67 - 81.
47. Keys, A. et al., *The Biology of Human Starvation*, 2 vols. The University of Minnesota Press, Minneapolis, 1959.
48. Knehr, C. A. et al., *Am. J. Physiol.*, 136: 148, 1942. Citado por Cogswell et al. (7)
49. Le Blanc, J. A. "Effect of environmental temperature on energy expenditure and caloric requirements". *J. Appl. Physiol.*, 10: 281 - 283, 1957.
50. , "Use of heart rate as an index of work output". *J. Appl. Physiol.*, 10: 275 - 280, 1957.
51. Malhotra, M. S. et al., "Effects of environmental temperature on work and resting metabolism". *J. Appl. Physiol.*, 15: 769 - 770, 1960.
52. et al., "Influence of body weight on energy expenditure". *J. Appl. Physiol.*, 17: 433 - 435, 1962.
53. et al., "Pulse count as a measure of energy expenditure". *J. Appl. Physiol.*, 18: 994 - 996, 1963.
54. Mangili, F. et al., "Influence of high altitude on the pulse rate of work", *Helv. Physiol. Pharmacol Acta* 22: 66 - 69, 1964.
55. Mc Kundy, J. H., *Am. Physical Educ. Rev.*, 15: 421, 1910. Citado por Collumbine (15)
56. Medical Research Council, "Studies on undernutrition. Wuppertal 1946-49". His Majesty's Stationery Office, London, 1951, Special Report, Series No. 175.
57. Mendez, J. & Behrhorst, C., "The anthropometric characteristics of Indian and urban Guatemalans". *Human Biology*, 35: 457-469, 1963.
58. Miller, W. A. & Elbel, E. R., "The effect upon pulse rate of various cadences in the step up test". *Res. Quart.*, 17: 263 - 269, 1946.
59. Montoya, H. J., "The Harvard step test and work capacity", *Rev. Canad. Biol.*, 11: 491 - 499, 1953.
60. , "Interrelation of maximum pulse rate during moderate exercise, recovery pulse rate, and post exercise lactate". *Res. Quart.*, 24: 453 - 458, 1953.
61. et al., "Effects of vitamin B<sub>1</sub> supplementation on physical fitness and growth of young boys". *J. Appl. Physiol.*, 7: 589 - 592, 1954 - 55.
62. Morehouse, L. E. & Tuttle, W. W., *Res. Quart. Am. Assoc. Hlth. Phys. Ed. Recreation*, 13: 3, 1942. Citado por Collumbine (15)
63. Oficina Sanitaria Panamericana, "Desarrollo regional de estudios epidemiológicos" (Investigación Interamericana de Mortalidad). Washington D. C., 1962. (Manual de Procedimientos, p. 67).
64. Reedy, J. D. & Saiger, G. L., "Evaluation of the Harvard step test with respect to factors of height and weight". *USAMRNL Report No. 140*, Fort Knox, Ky., 1954.
65. Robinson, S. et al., "New records in human power". *Science*, 85: 409 - 410, 1937.
66. Ryhming, I., "A modified Harvard step test for the evaluation of physical fitness". *Arbeitsphysiologie*, 15: 235 - 250, 1953.
67. Saravia, F., "Estudios sobre composición corporal del adulto guatemalteco", (Tesis), Guatemala. Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Médicas, Septiembre de 1965.
68. Seltzer, C. C., "Anthropometric characteristics and physical fitness". *Res. Quart.*, 17: 10 - 20, 1946.
69. Skubic, V. & Hodgkins, J., "Cardiovascular efficiency test for girls and women". *Res. Quart.*, 34: 191 - 198, 1963.
70. Sloan, A. W., "A modified Harvard step-test for women". *J. Appl. Physiol.*, 14: 985 - 986, 1959.
71. ————— & Keen, E. N., "Physical fitness of oarsmen and rugby players before and after training". *J. Appl. Physiol.*, 14: 635 - 636, 1959.
72. Snedecor, G. W., *Statistical Methods*, 5th. ed. The Iowa State College Press, Ames, Iowa, 1956, p. 237 - 290.
73. Taylor, C. L., *Am. J. Physiol.*, 142: 200, 1944. Citado por Collumbine (15)
74. Treloar, A. E., *Biometric Analysis. An introduction*. Burgess Co., Minneapolis, Minn., 1951. pp. 167 - 190.
75. Virkkula, L. & Ervasti, O., "Physical fitness from the point of view of pulmonary surgery. Step-test versus other pre-operative examinations", *Ann. Clin. et Gynaecol. Fenn.*, 52: 25 - 35, 1963.
76. Viteri, F. & Galindo, R., "Protein calorie malnutrition in adults". *Fed. Proc.*, 23: 399, 1964.
77. Weld, C. B., "Physical fitness, the step-test". *Nova Scotia Med. Bull.* 25: 157 - 162, 1946.
78. Weiss, R. A. & Karpovich, P. V., "Variability in the energy cost of standard exercises". *Fed. Proc.*, 5: 111, 1946.
79. White, P. D., "Bradycardia (below rate of 40) in athletes, especially in long distance runners" (Letters to the Editor). *J. A. M. A.*, 120: 642, 1942.
80. Wilson, M. et al., "Influence of various levels of thiamine intake on physiologic response. Maximum work output". *J. Am. Dietet. Assoc.*, 25: 221 - 225, 1949.
81. Woods, W. L. et al., *Studies in the Relation of Personality to Field Work. I. Selection of Officer Candidates*. Cambridge, Mass. University Press, 1943. Citado por Cook & Wherry. (10)