



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
ESCUELA DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS

VARIACIONES DEL METABOLISMO FÉRRICO EN INDIVIDUOS QUE  
ACUDEN AL LABORATORIO DE LOS CENTROS ASISTENCIALES DE LOS  
ALTOS DE SUCRE, ESTADO SUCRE Y PUERTO PÍRITU, ESTADO  
ANZOÁTEGUI  
(Modalidad: Investigación)

MARÍA FERNANDA PALOMINO POMBO

TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOANÁLISIS

CUMANÁ, 2010

VARIACIONES DEL METABOLISMO FÉRRICO EN INDIVIDUOS QUE ACUDEN AL LABORATORIO DE LOS CENTROS ASISTENCIALES DE LOS ALTOS DE SUCRE, ESTADO SUCRE Y PUERTO PÍRITU, ESTADO ANZOÁTEGUI.

APROBADO POR

---

Prof. Daniel Belmar  
Asesor Académico

---

Lic. Iban Jiménez  
Asesor Asistencial

---

---

## DEDICATORIA

A:

Dios, primeramente por nunca desampararme y llenarme de salud y fuerzas para terminar cada día y empezar uno nuevo.

Mi madre Beatriz de Palomino, por ser vivo ejemplo de tenacidad, responsabilidad, humildad y fortaleza admirable ante cada situación.

A la memoria de mi padre Jaime Palomino, siempre tan inmensamente especial, eres mi ejemplo en la lucha por lo que se desea con el corazón. Siempre un abrazo y tu bendición bastaron para reponerme en los momentos difíciles, aun cuando no estas físicamente lo sigo sintiendo así. Gracias por tu presencia día a día. Mi eterno compañero. Te quiero y te extraño.

Mis hermanas: Victoria, María Isabel y Adriana, mis modelos a seguir en todos los aspectos, gracias por tener siempre una respuesta para mí y brindarme su apoyo incondicional para superarme. Mil gracias hermanas por llevar siempre en alto nuestro apellido. Que nunca decaiga la unión entre nosotras.

Mis sobrinos: Daniel, María Gabriela y Valentina, por llenar mi vida de sonrisas y lindos momentos. Dios los proteja por siempre.

Mi cuñado Iban Jiménez y nuevamente a mi hermana Victoria. Mis segundos padres. A ustedes dos en especial mil gracias por adentrarme en esta carrera, confiar en mis cualidades y apoyarme en mis decisiones. Gracias por orientarme y abrirme las puertas en esta profesión.

José Gregorio, gracias por estabilizar mi vida, llegaste en el momento exacto, eres mi ejemplo de humildad, paciencia y buen corazón, de ti aprendo algo nuevo cada día. Gracias por tu respeto, apoyo y amor. Gracias por confiar en mí como profesional de esta carrera y acompañarme en este proceso. Que Dios siempre guíe esta relación.

Mis amigas Félixara, Lilian, Anarelys, Suyin y Gabriela, el grupo inseparable, juntas pasamos por todos los momentos inimaginables de la vida universitaria, entre sonrisas y a veces lagrimas siempre fuimos triunfadoras. Serán excelentes profesionales.

## AGRADECIMIENTOS

A:

Dios Padre.

Toda mi familia. Símbolo de unión. Gracias por siempre.

El profesor Daniel Belmar por permitirme utilizar este tema para ser desarrollado como investigación.

El profesor Hernando Herrera, por su colaboración y ayuda durante la realización de esta investigación.

Todo el personal del Hospital Pedro Gómez Rolinson de Puerto Píritu, estado Anzoátegui y del Ambulatorio rural de Los Altos de Sucre, estado Sucre, por su receptividad y máxima colaboración en el muestreo de este trabajo.

El personal de la Sociedad Anticancerosa Anaco por brindarme la colaboración para el procesamiento de las muestras y hacerme sentir parte del excelente grupo de profesionales que allí labora.

Todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron a la realización y culminación de este proyecto.

A todos mil gracias...

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
LISTA DE TABLAS .....	VI
LISTA DE FIGURAS .....	VII
RESUMEN.....	VIII
INTRODUCCIÓN .....	9
METODOLOGÍA.....	16
Población .....	16
Obtención y procesamiento de la muestra sanguínea .....	17
Determinación de la concentración de hemoglobina (Hb) .....	17
Determinación de hematocrito (Hct %) .....	18
Determinación contaje de glóbulos rojos .....	18
Determinación de hierro sérico .....	18
Determinación de ferritina sérica .....	19
Determinación de transferrina sérica .....	19
Análisis estadístico.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
CONCLUSIONES .....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	35
APENDICES .....	38
Apéndice 1 .....	38
Apéndice 2 .....	40
Apéndice 3 .....	42
Apéndice 4 .....	43
Apéndice 5 .....	43

Apéndice 6 .....	43
Apéndice 7 .....	44
Apéndice 8 .....	44
Apéndice 9 .....	44
Apéndice 10 .....	45
HOJA DE METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO .....	1

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Consumo de alimentos en las poblaciones de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.....	22
--	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variaciones de los niveles de hemoglobina (g/dl) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui. ....	23
Figura 2. Variaciones de los niveles de hematocrito (%) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui. ....	24
Figura 3. Variaciones de los niveles de glóbulos rojos ( $10^6/\mu\text{l}$ ) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui. ....	25
Figura 4. Variaciones de los niveles séricos de hierro ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui. ....	26
Figura 5. Variaciones de los niveles séricos de ferritina (ng/ml) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.....	28
Figura 6. Variaciones de los niveles de porcentaje de saturación de transferrina (%) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.....	30
Figura 7. Variaciones de los niveles séricos de transferrina total (mg/dl) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui. ....	31

## RESUMEN

Se analizaron 174 individuos, aparentemente sanos, masculinos y femeninos, con edades comprendidas entre 18 y 50 años que, acudieron al servicio de laboratorio de los centros asistenciales de las poblaciones de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui; a cada individuo se le aplicó una encuesta para conocer datos epidemiológicos y alimenticios. Posteriormente, se procedió a extraer la muestra sanguínea para realizar determinaciones séricas de hierro, transferrina, ferritina y porcentaje de saturación de la transferrina, parte de la muestra extraída fue servida en tubos de ensayo con anticoagulante de tipo sal disódica de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para la determinación de los parámetros hematológicos: hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos. Al aplicar el análisis estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis para diferenciar las variaciones de los parámetros estudiados, la prueba indicó diferencias significativas en los niveles hematológicos analizados, sin embargo, los valores medios centrales presentan muy escasa variación, evidenciando que no hay influencia de la altitud geográfica en la región de Los Altos de Sucre (750 metros sobre el nivel del mar) por tal motivo, no se presentan valores considerablemente elevados en comparación con Puerto Píritu (8 metros sobre el nivel del mar). Por otra parte, el método estadístico no paramétrico permitió evidenciar que no se presentaron diferencias significativas entre los niveles séricos de hierro, ferritina y porcentaje de saturación de transferrina entre las dos regiones, demostrando que, estos parámetros no se ven influenciados por la altitud de las poblaciones sino por la ingesta balanceada de alimentos ricos en hierro. Se encontraron niveles ligeramente mayores de porcentaje de saturación de transferrina en los habitantes de Los Altos de Sucre, los cuales pudieran relacionarse directamente con los valores de hierro sérico en esta región, que da lugar a niveles séricos de transferrina total ligeramente más bajos, en esta localidad pero manteniéndose dentro de los intervalos referenciales. En base a los resultados obtenidos, se concluye que no se presenta influencia de la altitud geográfica sobre los niveles de hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos en los habitantes de Los Altos de Sucre, de igual forma, los niveles séricos de hierro, ferritina, transferrina y porcentaje de saturación de transferrina, no se ven influenciados por éste factor geográfico, siendo dependientes de la cantidad de hierro ingerido en la dieta diaria.

## INTRODUCCIÓN

El hierro constituye un elemento esencial, dado que participa en la síntesis de la hemoglobina, en el transporte de electrones para el metabolismo celular, la síntesis del ácido desoxirribonucleico (ADN) y otras reacciones enzimáticas vitales. Puede considerarse que este metal, en el organismo, se encuentra formando parte de dos compartimientos: uno funcional, formado por los numerosos compuestos, entre los que se incluyen la hemoglobina, la mioglobina, la transferrina y las enzimas que requieren hierro como cofactor, ya sea en forma iónica o como grupo hemo, y el compartimiento de depósito, constituido por la ferritina y hemosiderina, que representan las reservas corporales de este metal (1).

El contenido corporal de hierro es variable y puede verse influido por numerosos factores, entre ellos la edad y sexo del sujeto. En personas sanas y en circunstancias normales, dos terceras partes del hierro total del organismo se encuentra en la hemoglobina y el tercio restante, se reparte en su mayoría entre las reservas corporales y la mioglobina (2). Una investigación realizada sobre el metabolismo del hierro en niños y adultos, ha establecido que, la principal diferencia entre el metabolismo del niño y del adulto está dada por la dependencia que tienen los primeros, del hierro proveniente de los alimentos; en los adultos, aproximadamente, el 95% de dicho metal necesario para la síntesis de la hemoglobina proviene de la recirculación del hierro de los hematíes destruidos. En este sentido, un niño entre los 4 y 12 meses de edad, utiliza el 30% del hierro contenido en los alimentos con este fin, y la tasa de reutilización a esta edad es menos significativa (3).

En cuanto a la absorción, el hierro depende en primer lugar, del tipo de compuesto presente en la dieta, en consecuencia existen dos formas diferentes

de absorción: como hierro hemo (carne, pescado y aves) y la del hierro no hemo (granos, vegetales y frutas). El hierro hemo se absorbe entre un 15% y 35% según el valor de los depósitos en el cuerpo. La otra forma (hierro no hemo), se absorbe entre un 3% y 8%, de acuerdo al número de factores que aumentan su absorción y de la presencia de ácido ascórbico, que actúa como factor estimulante en la absorción de hierro no hemo (4).

El estudio realizado en la ciudad de Valencia, Venezuela, sobre el estado de las reservas del hierro al inicio del embarazo, demostró que, desde el punto de vista dietético, el consumo promedio de hierro pudo satisfacer los requerimientos durante el primer trimestre de gestación. Adicionalmente, al comparar el consumo dietario con el estado de hierro, se observó mayor porcentaje de embarazadas con consumo adecuado, independientemente del estado de hierro. Sin embargo, se obtuvo un 16% de deficiencia de hierro, y pudiera explicarse en virtud de que, el mayor aporte dietario de este elemento, lo representó la forma no hemínica (79,3 mg/día), la cual presenta bajo contenido de hierro, por lo que se incrementa el riesgo de deficiencia de dicho mineral (5).

Una vez absorbido, el hierro es transportado por la transferrina, una glicoproteína sintetizada en el hígado que posee dos dominios homólogos de unión para el hierro férrico. Cada molécula de transferrina puede contener un máximo de dos moléculas de hierro, dependiendo del aporte de hierro al organismo; cuando no se encuentra saturada por éste, puede tener un efecto antibacteriano al captar hierro disminuyendo la posibilidad de este mineral para las bacterias (5).

Esta glicoproteína capta el hierro liberado por los macrófagos producto de la destrucción de los glóbulos rojos o el procedente de la mucosa intestinal, se ocupa de transportarlo y hacerlo disponible a todos los tejidos que lo requieren.

Cuando los sitios de transporte se encuentran ocupados se denomina transferrina saturada (índice de saturación de la transferrina) y se corresponde con alrededor de 1,4  $\mu\text{g}/\text{mg}$  de transferrina (1). La investigación realizada a lactantes de una zona alta de la ciudad de Barcelona, España, demostró que, la concentración sérica de transferrina total es significativamente inferior en los niños de dos meses, producto del gran aporte de hierro que representa la leche materna, originando un aumento en los niveles de saturación de transferrina y por ende, la disminución de los niveles séricos de transferrina total en estos lactantes (6).

El índice de saturación de la transferrina constituye uno de los parámetros empleados para evaluar el metabolismo férrico, éste expresa el porcentaje de transferrina saturada por el hierro, siendo lo normal un 30%, si es menor de un 16% se utiliza como criterio de déficit de hierro; en la anemia ferropénica es menor de 10% y también, puede estar disminuido en la anemia de las enfermedades crónicas (7).

Estudios recientes sobre la vigilancia de la salud y el diagnóstico de la hemocromatosis en la ciudad de Pontevedra, España, demostraron que, de un total de 1 131 trabajadores estudiados en el Centro de Seguridad y Salud Laboral, se obtuvo una saturación de transferrina superior al 60% en 22 de los individuos, lo cual podría ser indicativo de la presencia de esta patología en dichos individuos (8).

El exceso de hierro es depositado intracelularmente como ferritina, fundamentalmente en bazo, hígado y médula ósea, donde cada molécula de ferritina puede contener hasta 4 500 átomos de hierro; en estos tejidos, la ferritina actúa como almacén principal del hierro exógeno, protegiéndole de los efectos tóxicos de las reservas movilizadas para la eritropoyesis, su función

fundamental consiste en garantizar el depósito intracelular de hierro para su posterior utilización en la síntesis de las proteínas y enzimas (4).

Este proceso implica la unión del hierro dentro de los canales de la cubierta proteica, seguido por la entrada y formación de un núcleo de hierro en el centro de la molécula. Una vez formado un pequeño núcleo de hierro sobre su superficie, puede ocurrir la oxidación de los restantes átomos del metal a medida que se incorporan (9).

Una fracción representativa de la ferritina sintetizada, es glicosilada y liberada al torrente circulatorio, por lo que la ferritina contenida en las células suele estar en equilibrio con la ferritina sérica. Una característica de la ferritina sérica es que su contenido en hierro es considerablemente inferior al de la ferritina celular, pudiendo llegar a ser prácticamente sólo apoferritina, ésta última es una proteína producida por la mucosa intestinal que capta el hierro contenido en los alimentos y permite su paso, a través de la mucosa y cuando el hierro se encuentra unido a ella, recibe el nombre de ferritina. En este sentido, se establece una correlación inversa entre la cantidad de hierro corporal almacenado o de reserva y la absorción de hierro a nivel intestinal; cuando el hierro corporal almacenado disminuye, aumenta la absorción de hierro. Con la pérdida continua de hierro, un individuo puede romper el equilibrio manifestando una disminución de la concentración de hierro de reserva o depleción de hierro y eventualmente, desarrolla una eritropoyesis deficiente en hierro y anemia (10).

El mismo estudio aplicado en Barcelona, España, a lactantes de una zona alta demostró que, los valores más elevados de ferritina en suero se encontraron en los niños de dos meses de edad, y disminuye significativamente en los niños de cinco meses, existiendo una tendencia a continuar descendiendo a partir de esta edad (6)

La investigación realizada en la ciudad de Valencia, Venezuela, sobre hemoglobina, ferritina y zinc sérico de mujeres, demostró que, las mujeres de bajo peso sometidas a estudios, presentaron los niveles de ferritina más bajos, lo cual podría deberse a una mayor deficiencia en el consumo de hierro, ya sea por un aporte insuficiente, o por el tipo de biodisponibilidad en cuanto a la absorción de este mineral presente en los alimentos ingeridos (11).

Debido a su asociación con el sistema de transporte de oxígeno, los parámetros hematológicos son empleados, además, en la evaluación del estrés hipóxico y la adaptación a la altura, en este sentido, la determinación de la concentración de hemoglobina es uno de los procedimientos más fiables de los que se dispone para evaluar el metabolismo férrico y por ende, la anemia. Otra posibilidad para definir la anemia, consiste en la determinación del hematocrito y/o del conteo total de hematíes, incluso se ha propuesto utilizar la concentración de hemoglobina como única prueba para detectar la anemia ferropénica en zonas subdesarrolladas donde, con frecuencia, la anemia se debe a deficiencia de hierro y no están disponibles las pruebas diagnósticas que confirmen la ferropenia. Al igual que sucede con la concentración de hemoglobina y con el número de hematíes, se debe considerar la edad y sexo, un valor inferior al normal indica anemia, mientras que un valor superior denota policitemia (12).

El hematocrito refleja la concentración de hematíes, no su masa total, así pueden encontrarse valores bajos, por aumento del volumen sanguíneo y la consecuente hemodilución en mujeres embarazadas, sin que la cifra total de eritrocitos circulantes esté reducida (13).

Se conoce que en situaciones de exposición crónica a la hipoxia hipobárica, se generará una respuesta adaptativa hematológica, reflejada aumento de la concentración de hemoglobina y de la masa eritrocitaria circulante. Para lograr

esto, las células progenitoras de la médula ósea deben disponer de todos los micronutrientes necesarios para la proliferación y maduración eritrocitaria, siendo el hierro uno de los más indispensables (14).

La investigación realizada en las ciudades de Barranquilla y Bogotá, Colombia, a mujeres universitarias residentes a nivel del mar y en altitud intermedia, demuestra diferencias significativas en el hematocrito del grupo a nivel del mar con respecto al de altitud intermedia, encontrándose ambas medias por encima del límite inferior del valor de referencia para cada altura, indicando la presencia de hipoxia a nivel medular y permanencia de este estado a lo largo del tiempo. En este sentido, los hallazgos de dicho estudio evidencian la generación de una respuesta eritropoyética sin compromiso de las reservas de hierro, permitiendo concluir que posiblemente como parte de la adaptación a la hipoxia, se modifique la regulación y utilización biológica del hierro, optimizando su uso o disminuyendo sus pérdidas (14).

Debido a la gran diversidad geográfica que presenta nuestro país, y a las diferentes condiciones de vida de las poblaciones, en especial las rurales, no se han encontrado antecedentes de estudios comparativos que permitan evaluar los factores que influyen en el metabolismo del hierro de dos poblaciones condicionadas por su ubicación geográfica; una de ellas a orillas del mar caribe, en la costa central del estado Anzoátegui (Puerto Píritu), y la otra, en el extremo occidental del estado Sucre, en ascenso a la montaña (Los Altos de Sucre); con el fin de realizar una investigación que permita evaluar las variaciones del metabolismo férrico en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui, a través de la determinación de los niveles séricos de hierro, ferritina, transferrina y porcentaje de saturación de transferrina, así como también, establecer las concentraciones de hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos.

Todos los planteamientos anteriormente descritos, representan la base teórica para el estudio de los factores que pudieran causar variaciones del equilibrio ferropénico en las poblaciones estudiadas. En este sentido, los resultados obtenidos en dicha investigación podrán contribuir al diagnóstico y monitoreo de diferentes patologías vinculadas con alteraciones de este importante metal a nivel sanguíneo.

## **METODOLOGÍA**

### **Población**

Para el desarrollo de la presente investigación, se analizaron muestras sanguíneas provenientes de 174 individuos, aparentemente sanos, masculinos y femeninos, con edades comprendidas entre 18 y 50 años de edad, que acudieron en forma voluntaria al servicio de laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre, región montañosa ubicada a 750 metros sobre el nivel del mar (msnm) y Puerto Píritu estado Anzoátegui, ubicada en una zona costera a 8 msnm; cuyo período de residencia en dichas poblaciones debió ser mayor o igual a 5 años.

A los individuos seleccionados se les realizó una encuesta para conocer los datos clínicos y epidemiológicos, así como sus hábitos alimenticios. Se excluyeron de este estudio aquellos que presentaron cuadros de desnutrición, anemias y otras patologías derivadas de la deficiencia del hierro, cualquiera de los antecedentes antes mencionados fueron rechazados para esta investigación (apéndice 1).

El presente estudio se realizó tomando en cuenta las normas de bioética establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para trabajos de investigación en humanos en la declaración de Helsinki (15). A las poblaciones seleccionadas se les informó sobre los alcances y objetivos de la presente investigación, así como de las ventajas de su participación en la misma, obteniendo su consentimiento por escrito (apéndice 2).

### **Obtención y procesamiento de la muestra sanguínea**

Para la obtención de la muestra sanguínea, se practicó la extracción de sangre a cada paciente por el método de venopunción a nivel del pliegue del codo, donde se localizan las venas: media, cefálica y basílica. Se utilizaron jeringas descartables de 10 ml, y como anticoagulante una gota de sal disódica de ácido etilendiaminotetracético (EDTA) al 10% para cada 4 ml de muestra obtenida. Con dicha muestra de sangre venosa se determinaron los siguientes parámetros: concentración de hemoglobina, determinación de hematocrito y conteo de glóbulos rojos (16).

El restante de la muestra extraída (6 ml) fue servida en tubos de ensayo secos, dichas muestras se sometieron a centrifugación a 1 100 g durante 10 minutos, luego, se separaron los sueros de los elementos formes de la sangre por aspiración con pipetas automáticas, colocándose en tubos limpios y secos para la inmediata realización de las determinaciones séricas de hierro, ferritina, transferrina y su porcentaje de saturación. En todos los casos, se descartaron las muestras que presentaron hemólisis o hiperlipemia, para evitar resultados erróneos (16).

### **Determinación de la concentración de hemoglobina (Hb)**

Para la determinación de este parámetro, se empleó un analizador hematológico automatizado (MINDRAY BC-3200), donde la hemoglobina es medida por el método colorimétrico. La cantidad de muestra aspirada por el analizador, es mezclada con cierta cantidad de lisante; la luz monocromática que pasa a través de la muestra es medida por un fotosensor a 525 nm. La señal es amplificada y el voltaje es medido y comparado a la lectura de referencia (17).

Valores de referencia: Hombres: 13,8-17,2 g/dl

Mujeres: 12,1-15,1 g/dl

### **Determinación de hematocrito (Hct %)**

El analizador hematológico automatizado (MINDRAY BC-3200), calculó el porcentaje del hematocrito empleando los valores del conteo de células rojas (RBC), y del volumen corpuscular medio (MCV) de cada muestra, a través de la siguiente fórmula (17):

$$\text{HCT \%} = \frac{\text{RBC} \times \text{MCV}}{100}$$

Valores de referencia: Hombres: 40-54%

Mujeres: 37-47%

### **Determinación contaje de glóbulos rojos**

Para el contaje de glóbulos rojos, el analizador automático (MINDRAY BC-3200), mide los cambios en una resistencia eléctrica producida por una partícula, en este caso representada por la célula roja, dicha partícula es suspendida en un diluyente conductivo que pasa a través de una abertura de dimensiones conocidas generando impulsos eléctricos; el número de pulsos eléctricos genera señales que equivalen al número de células rojas que pasaron a través de la abertura, en este sentido, la amplitud de cada pulso eléctrico fue proporcional al volumen de cada glóbulo rojo.(17).

Valores de referencia: Hombres: 4,7 a 6,1 x10<sup>6</sup>/μl

Mujeres: 4,2 a 5,4 x10<sup>6</sup>/μl

### **Determinación de hierro sérico**

Para la cuantificación de este ión, se aplicó un método en el cual la transferrina, ligada al hierro, es liberada en un pH ácido y reducido de ión férrico a ferroso. Este ión reaccionó con la ferrozina formando un complejo de color violeta, medido por espectrofotometría a 560 nm. La medición de la absorbancia fue

directamente proporcional a la concentración de hierro en el suero de los pacientes (18).

Valores de referencia: 37-145  $\mu\text{g/dl}$

### **Determinación de ferritina sérica**

Esta determinación se realizó mediante radioinmunoensayo; dicho método, emplea cantidades constantes de dos anticuerpos, uno en fase sólida que estará covalentemente unido a partículas microscópicas de vidrio, y un segundo anticuerpo de ferritina radioactiva ( $^{125}\text{I}$ ) altamente purificada. Una cantidad variable de antígeno fue proporcionada por el paciente de manera que el anticuerpo ferritina unido a partículas de vidrio se unió a la ferritina presente formando un complejo en fase sólida, luego, se añadió el anticuerpo ferritina yodado a la mezcla de reacción. El complejo en fase sólida se separó por centrifugación contándose la radioactividad del ( $^{125}\text{I}$ ). El ensayo se cuantificó en función del anticuerpo ferritina radioactivo unido a una fase sólida de complejos anticuerpo- ferritina (18).

Valores de referencia: 30-337  $\mu\text{g/ml}$ .

### **Determinación de transferrina sérica**

La concentración sanguínea de esta proteína transportadora específica del hierro, se determinó mediante su capacidad fisiológica de captar este ión a un pH mayor a 7,2; donde, la transferrina es saturada en presencia de un exceso de hierro. El remanente de dicho ión que no se unió a la proteína se eliminó totalmente por coprecipitación con carbonato de magnesio. De esta forma, el hierro unido a la transferrina se liberó y se determinó por el procedimiento anteriormente descrito para su cuantificación, siendo la cantidad de transferrina expresada como los microgramos de hierro con que está saturada (18).

Valores de referencia: 200-360  $\text{mg/dl}$ .

El porcentaje de saturación de la transferrina se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ Saturación de transferrina} = \frac{\text{Hierro sérico (}^{\mu\text{g}}/\text{dl)}}{\text{Transferrina (}^{\mu\text{g}}/\text{dl)}} \times 100$$

Valores de referencia: 20-50%

### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos en esta investigación, se sometieron a un análisis de varianza simple (ANOVA I), a un nivel de confiabilidad del 95%, para establecer la existencia de diferencias significativas entre los dos grupos sometidos a estudio (19).

Debido a que los datos no presentaron distribución normal y homogeneidad, condiciones necesarias para establecer el cumplimiento de los supuestos del método estadístico ANOVA; se aplicó la prueba no paramétrica o Kruskal-Wallis, con el propósito de asumir bajo la hipótesis nula de que todos los datos provienen de la misma distribución y de esta forma establecer variaciones entre los valores experimentales obtenidos para los dos grupos estudiados (20).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 presenta la frecuencia del consumo de los alimentos básicos en la dieta diaria de las poblaciones estudiadas. Se puede observar que, en la región de Puerto Píritu el consumo de carnes rojas y pollo supera la ingesta de pescado; a pesar de estar ubicada en una zona costera, donde la producción de alimentos marinos es mayor que en la región de Los Altos de Sucre, se podría inferir que, los elevados costos de estos alimentos del mar obligan a la población a disminuir su consumo diario, incorporando de esta manera otro tipo de carnes (pollo y carne roja) por su mayor accesibilidad económica, permitiendo mantener un balance en cuanto a ingesta de hierro en forma hemínica.

De igual forma, se observa la gran diferencia existente con respecto al consumo de harinas entre las dos poblaciones, encontrándose que en la región de Puerto Píritu, la ingesta diaria representa el 74% mientras que, en la zona de Los Altos de Sucre sólo el 26% de la población estudiada, consume a diario alimentos elaborados a base de harina; considerando que, la región de Puerto Píritu es una zona urbana muy cercana de áreas industrializadas, la comercialización de tales productos es mayor en comparación con Los Altos de Sucre, por tanto, los habitantes de dicha región tienen mayor acceso para la obtención de diversos alimentos harináceos, presentando mayor consumo diario de estos productos.

En relación a la ingesta de granos y vegetales, la población de Los Altos de Sucre consume con mayor frecuencia estos productos en su alimentación diaria (26% consume granos más de tres veces por semana y 40% ingiere vegetales a diario), esto pudiera deberse a las condiciones climáticas de Los Altos de Sucre que favorecen las actividades relacionadas con la agricultura,

permitiendo mayor producción y consumo de estos alimentos a muy bajos costos.

Tabla 1. Consumo de alimentos en las poblaciones de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

Alimentos	Frecuencia	Puerto Píritu		Altos de Sucre	
		N	%	N	%
Carne roja	No	17	20	13	15
	1-2 V/S	29	33	17	20
	3-4 V/S	31	36	34	39
	Diario	10	11	23	26
Pollo	No	00	00	00	00
	1-2 V/S	15	17	10	11
	3-4 V/S	61	70	47	54
	Diario	11	13	30	35
Pescado	No	40	46	60	68
	1-2 V/S	37	43	24	28
	3-4 V/S	07	08	03	03
	Diario	03	03	00	00
Leche y derivados	No	04	05	07	08
	1-2 V/S	16	18	13	15
	3-4 V/S	46	53	15	17
	Diario	21	24	52	60
Harinas	No	00	00	07	08
	1-2 V/S	00	00	26	30
	3-4 V/S	22	26	31	36
	Diario	65	74	23	26
Granos	No	38	44	21	24
	1-2 V/S	42	48	43	50
	3-4 V/S	07	08	23	26
	Diario	00	00	00	00

	No	49	56	11	13
Vegetales	1-2 V/S	26	30	17	20
	3-4 V/S	09	11	24	27
	Diario	03	03	35	40

N: número muestras; V/S: veces por semana; %: porcentaje

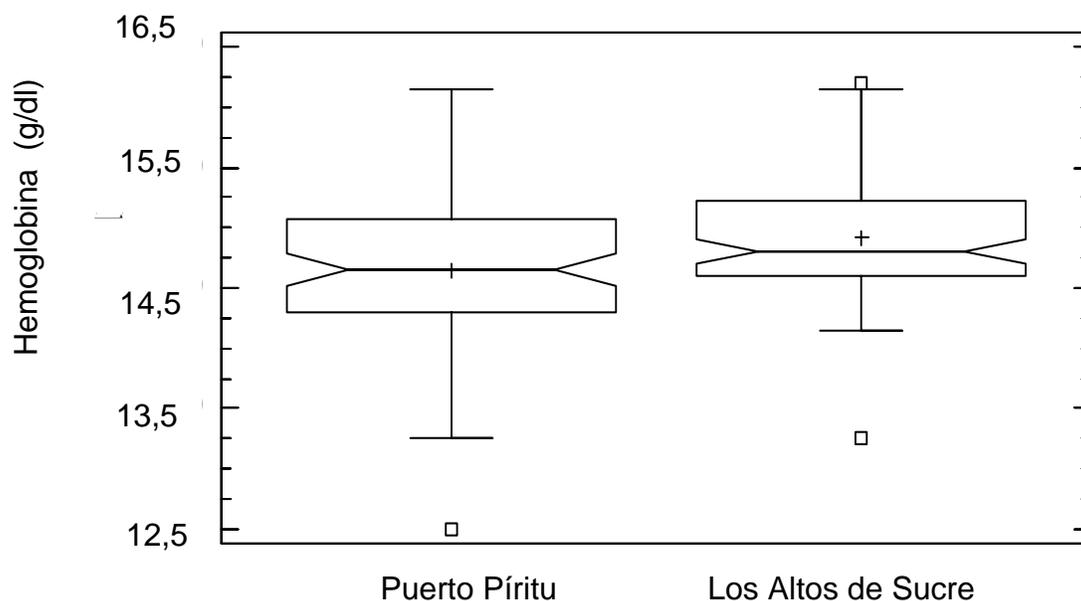


Figura 1. Variaciones de los niveles de hemoglobina (g/dl) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

La figura 1, 2 y 3 (apéndice 4, 5 y 6) muestra las variaciones de los niveles de hemoglobina (g/dl), hematocrito (%) y glóbulos rojos ( $10^6/\mu\text{l}$ ) respectivamente en individuos de las poblaciones estudiadas, demostrando la existencia de diferencias significativas para los niveles de hemoglobina y glóbulos rojos, y diferencias altamente significativas para los niveles de hematocrito; a pesar de que, el análisis estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis, indicó la existencia de tales diferencias entre los niveles de dichos parámetros, se puede evidenciar en el apéndice 4, 5 y 6, una escasa diferencia entre los valores medios

centrales de estas determinaciones hematológicas en ambas localidades, presentando la región de Los Altos de Sucre, niveles de hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos ligeramente mayores en comparación con los habitantes evaluados en la región de Puerto Píritu, encontrándose dentro de los intervalos de referencia; en este sentido, la poca variación existente entre los niveles de dichos parámetros en los habitantes evaluados en Los Altos de Sucre, región montañosa ubicada a 750 metros sobre el nivel del mar (msnm); permite deducir que, a dicha altitud no se genera una condición hipóxica que desencadene una mayor respuesta eritroide por parte de la médula ósea, manteniéndose una actividad eritropoyética normal, por tal motivo, no se produce un incremento altamente considerable de estos parámetros hematológicos en los habitantes de Los Altos de Sucre (21).

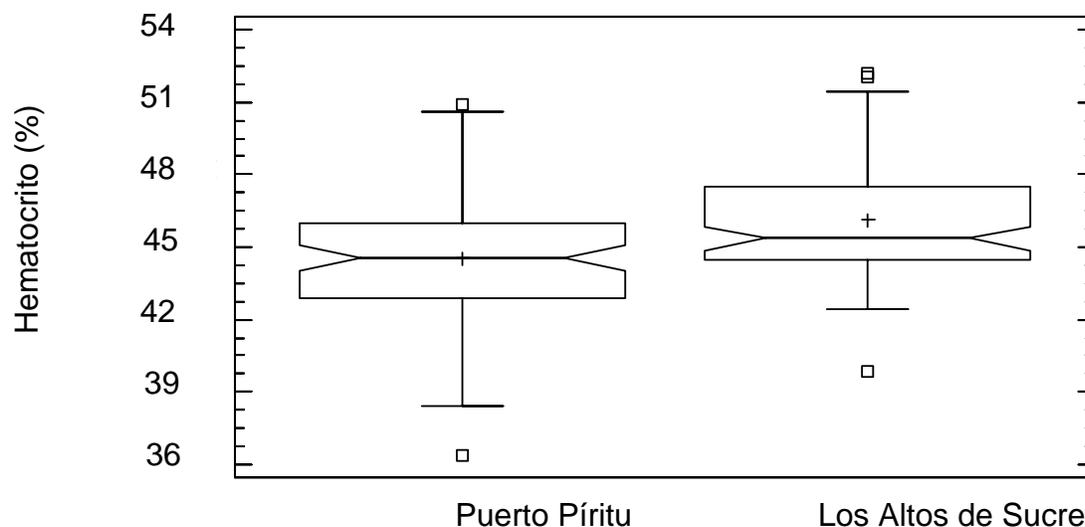


Figura 2. Variaciones de los niveles de hematocrito (%) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

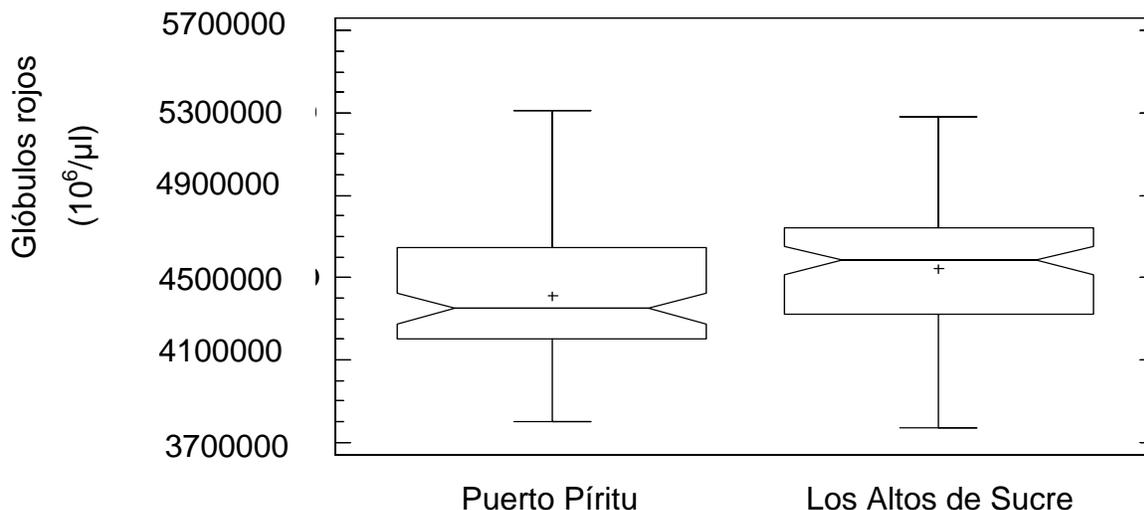


Figura 3. Variaciones de los niveles de glóbulos rojos ( $10^6/\mu\text{l}$ ) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

Estos resultados presentan similitud con una investigación realizada en el instituto de nutrición de América central y Panamá, sobre valores hematológicos normales de dos grupos de individuos que habitan a diferentes altitudes (350-750 msnm y 751-1 500 msnm), tal estudio demostró que, existen niveles de hemoglobina iguales o ligeramente elevados en aquellos individuos que habitan a una altitud de 751 msnm en comparación con los que habitan en zonas ubicadas a 350 msnm, permitiendo concluir que, la escasa diferencia existente entre las altitudes de las poblaciones estudiadas, no generan condiciones hipóxicas que influyan sobre la respuesta eritropoyética de los individuos que se encuentran a 751 msnm, manteniendo niveles de hemoglobina similares o ligeramente más altos (22).

Una investigación realizada en las ciudades de Santa Cruz (420 msnm) y Coroico (1 278 msnm) en Bolivia, sobre los valores de referencia de la serie roja en personas sanas de diferentes altitudes, presenta similitud con los resultados obtenidos en las regiones de Puerto Píritu y Los Altos de Sucre, tal estudio

demostró que, no existieron diferencias representativas para los parámetros hematológicos evaluados en ambas localidades (hematocrito y glóbulos rojos), permitiendo concluir que, la escasa variación entre las altitudes geográficas de estas zonas, permiten mantener una actividad eritropoyética normal en ambas regiones, a pesar de presentarse un ligero aumento en los valores de la serie roja de los habitantes que habitan a mayor altitud (1 278 msnm) (23).

La figura 4 (apéndice 7) presenta las variaciones de los niveles séricos de hierro, en individuos de las poblaciones sometidas a la investigación; el método estadístico aplicado, no indicó significancia para este parámetro. El contenido de hierro corporal es variable y puede estar influenciado por diferentes factores como la edad, el sexo y las condiciones alimenticias de la población. Sin embargo, a pesar de que ambas regiones difieren en relación a la ubicación geográfica, suministro y consumo de alimentos ricos en hierro, no existe variación entre los niveles séricos de este parámetro para los individuos estudiados, lo que permite inferir que, éstos niveles dependen de la cantidad de mineral (hierro) suministrado en la dieta diaria y no se ve influenciado por la altitud geográfica de las regiones (24).

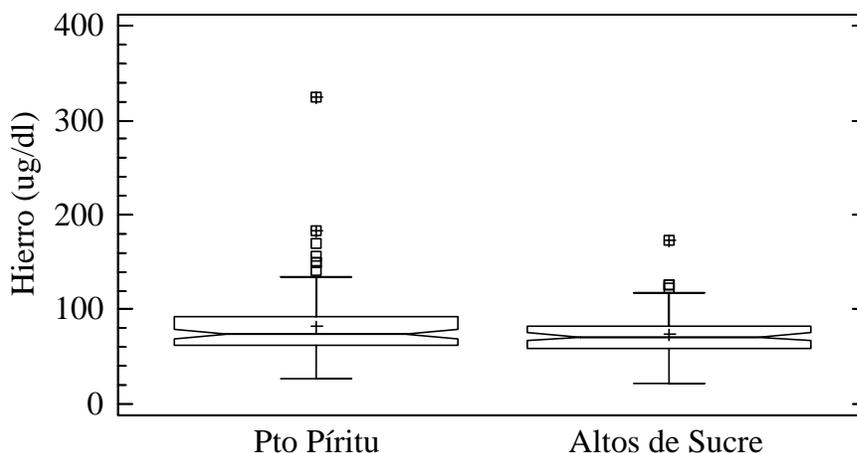


Figura 4. Variaciones de los niveles séricos de hierro ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

El estudio realizado sobre hierro y zinc en la dieta de una población adulta aparentemente sana, de la localidad de Santiago de Chile, región ubicada a 567 msnm, presenta similitud con los resultados obtenidos en las regiones de Los Altos de Sucre y Puerto Píritu, tal estudio demostró que, los individuos con un consumo diario de alimentos en alto contenido de carbohidratos, como pan y arroz, presentaron niveles de hierro más bajos que aquellos que incluían en su dieta diaria, diferentes tipos de productos alimenticios ricos en hierro, siendo éstos últimos, la población con menos riesgo a padecer en un futuro enfermedades procedentes de la deficiencia del hierro exógeno, según el instituto de nutrición de Santiago de Chile; permitiendo inferir que, los niveles séricos de hierro de los habitantes sometidos a estudio, no se ven influenciados por la altitud de la región de Santiago de Chile, siendo dependientes del tipo de alimentos incluidos en la dieta diaria; tal como ocurre en la región de Los Altos de Sucre, evidenciando niveles séricos de hierro similares a los de la región de Puerto Píritu, aun cuando se encuentran a diferentes altitudes (25).

Los resultados obtenidos en las localidades de Los Altos de Sucre, presentan similitud con los mostrados en un estudio realizado en la ciudad de Caracas (900 msnm), Venezuela, sobre indicadores bioquímicos del estado nutricional en adolescentes pre-universitarios de esta ciudad; donde, a pesar de ser una población etaria diferente a la evaluada en Los Altos de Sucre, se encuentra a una altitud similar en comparación con dicha región, tal estudio señaló que, sólo el 17% de los adolescentes evaluados, presentó déficit sérico de hierro, perteneciendo esta población a los niveles socioeconómicos más bajos; el resto de la población estudiada demostró valores de hierro séricos óptimos, producto de la ingesta adecuada de alimentos con alto contenido de este mineral; dichos resultados permiten deducir que, los niveles de hierro en los habitantes estudiados, no se ven influenciados por la altitud de las localidades, tal como se presenta en los habitantes evaluados en Los Altos de Sucre (26).

La figura 5 (apéndice 8) presenta las variaciones de los niveles séricos de ferritina (ng/ml) en los habitantes de las regiones estudiadas, evidenciando que no existen diferencias significativas entre los resultados.

La cantidad de ferritina en la sangre (nivel de ferritina en suero) está directamente relacionado con la cantidad de hierro almacenado en el cuerpo, en este sentido, al permanecer constante la ingesta diaria de nutrientes con alto contenido de hierro, las reservas del mismo en el organismo no serán afectadas, de esta manera, se explica la similitud de los niveles de ferritina en ambas poblaciones (27).

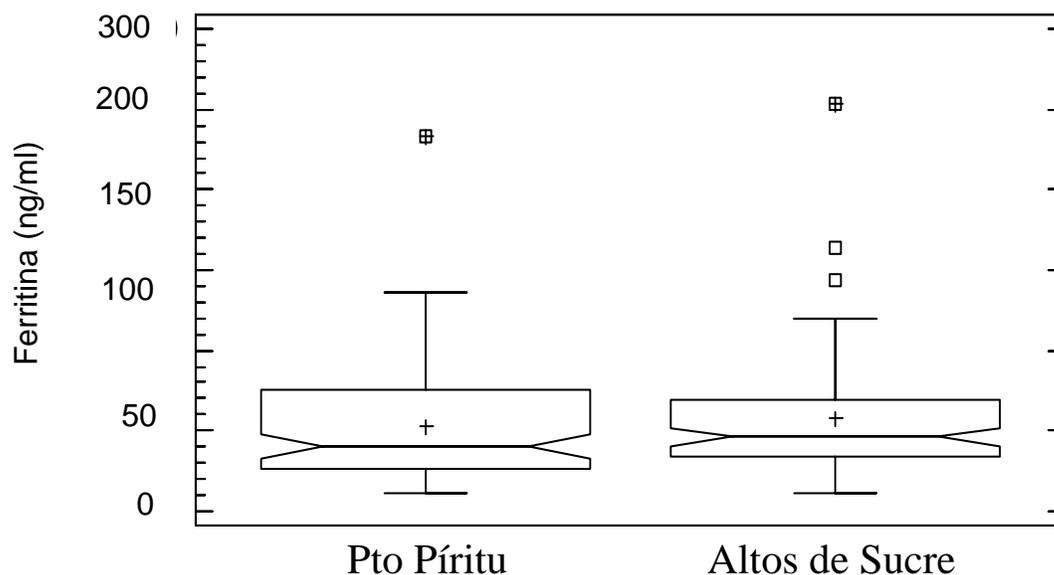


Figura 5. Variaciones de los niveles séricos de ferritina (ng/ml) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

La población de Los Altos de Sucre presenta niveles de ferritina similares a los de Puerto Píritu debido a que, incorporan en su dieta diaria productos provenientes de las actividades agrícolas de la región (carne de pollo, carne roja, vegetales y granos) que presentan un óptimo contenido de hierro, permitiendo mantener constantes y dentro de los niveles normales, los valores

de ferritina sérica; de igual forma, la región de Puerto Píritu presenta una ingesta balanceada de hierro hemínico (carnes rojas) y un alto consumo de harinas (hierro no hemínico), que, a pesar de tener estos últimos (harinas) bajo contenido de hierro, les permiten mantener constante los ingresos de este mineral por la elevada frecuencia diaria de su consumo.

Estos resultados guardan relación con una investigación sobre niveles de ferritina sérica en diferentes grupos poblacionales en Tegucigalpa, Honduras, región ubicada a 990 msnm; tal estudio indicó que, el 73,8% de los adultos sanos sometidos al muestreo, presentaron niveles de ferritina dentro de los intervalos de referencia, siendo estos individuos los que indicaron mayor consumo de alimentos con alto contenido de hierro, permitiendo concluir que, a pesar de ser Tegucigalpa una región de altitud ligeramente mayor en comparación con la localidad de Los Altos de Sucre, los niveles de ferritina sérica son directamente dependientes de la ingesta de hierro como nutriente en la dieta diaria y no se presenta influencia de la altitud sobre estos valores, tal como ocurre en ésta localidad, presentando de esta manera niveles séricos de ferritina similares a los de la población de Puerto Píritu (28).

Los resultados de una investigación realizada en tres zonas de diferentes estratos sociales en la localidad de Tres Ríos (1 200 msnm), Costa Rica, sobre prevalencia de anemias nutricionales en mujeres, demostró que, a pesar de ser una región con altitud relativamente elevada, los habitantes de las zonas más pobres, presentaron déficit en los niveles de ferritina sérica, indicando la carencia de alimentos con alto contenido de hierro en la dieta diaria de los individuos sometidos a estudio; tal investigación presentó diferencias con respecto a los resultados presentados por los individuos analizados en las localidades de Los Altos de Sucre y Puerto Píritu donde, se obtuvieron niveles de ferritina séricos similares para ambas localidades, producto de un óptimo consumo de nutrientes ricos en hierro, permitiendo inferir que, la altitud

geográfica de las regiones no influye sobre un aumento considerable de los niveles de ferritina sérica en la localidad ubicada en la zona más alta (Los Altos de Sucre) (29).

Figura 6 y 7 (apéndice 9 y 10) presentan las variaciones de los niveles de porcentaje de saturación de transferrina (%) y transferrina sérica (mg/dl) respectivamente, en individuos de las poblaciones sometidas a la investigación, demostrando que, no existen diferencias significativas entre el porcentaje de saturación de transferrina para ambas regiones, pero existen diferencias altamente significativas con respecto a los niveles de transferrina de los habitantes estudiados.

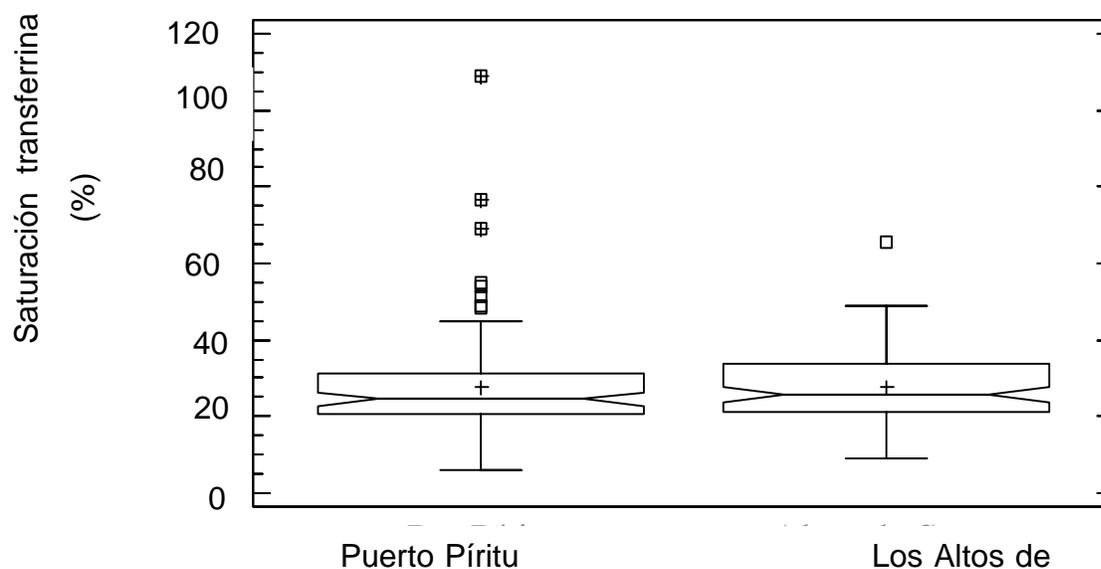


Figura 6. Variaciones de los niveles de porcentaje de saturación de transferrina (%) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

Una vez evaluadas las condiciones del consumo de hierro en la dieta diaria de los individuos estudiados, y estableciendo que no existen diferencias significativas de este parámetro para ambas poblaciones, se puede evidenciar a

través del método estadístico no paramétrico, la existencia de niveles similares de porcentaje de saturación de la transferrina en los individuos de ambas regiones estudiadas, lo cual, pudiera deberse a la permanencia de valores referenciales de hierro en sangre; dichos niveles se mantienen debido a la ingesta cotidiana de alimentos ricos en contenido de hierro, que permite conservar las reservas de este mineral bajo condiciones óptimas en el organismo.

Al permanecer constante el suministro de hierro en la ingesta diaria, el mecanismo de unión de este mineral a los dominios homólogos de la molécula de transporte (transferrina) permanece inalterable, puesto que, no se presenta ningún aumento, ni disminución que pudiera influir en la capacidad de unión del hierro por la transferrina, por tanto, estos niveles de saturación de transferrina tienden a permanecer similares en ambas regiones (30).

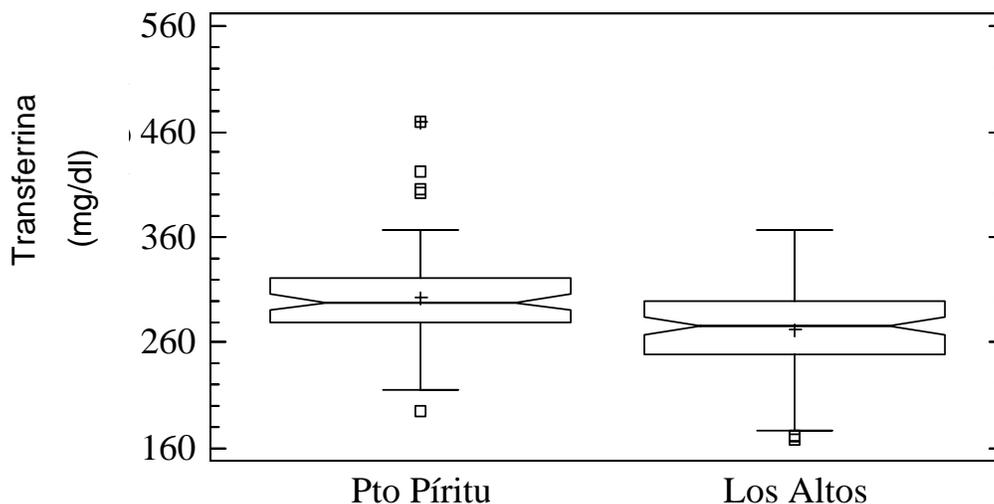


Figura 7. Variaciones de los niveles séricos de transferrina total (mg/dl) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

El apéndice 9 y 10 presenta un valor medio central dentro de los intervalos de referencia para cada región, sin embargo, se observa un valor ligeramente más

alto del porcentaje de saturación de transferrina en la región de Los Altos de Sucre (apéndice 9: Me=26,33) con respecto a Puerto Píritu (apéndice 9: Me=25,08), a pesar de que la diferencia es muy escasa, en el apéndice 10, se puede observar como influye directamente, en el valor de la transferrina total, evidenciándose un valor ligeramente más bajo de transferrina total en la región de Los Altos de Sucre, en comparación con la localidad de Puerto Píritu.

Dichas diferencias pudieran atribuirse al mayor consumo de alimentos con gran contenido hemínico (carnes rojas) que presentan los habitantes de Los Altos de Sucre, en comparación con la región de Puerto Píritu, al existir un mayor ingreso de hierro exógeno, se pone de manifiesto el mecanismo de transporte de este mineral, saturando con mayor rapidez los sitios de unión del hierro a la transferrina, presentando, de ésta manera, niveles de saturación un ligeramente más altos y por ende, disminuyendo la cantidad de transferrina total ya que, la mayoría de los dominios homólogos se encuentran saturados (30).

Una investigación realizada en la Habana (5 msnm), Cuba, sobre el estado nutricional de hierro en dos grupos de trabajadores industriales, conformados por 229 individuos de ambos sexos, aparentemente sanos, que laboraban en dos fábricas de actividad laboral intensa y moderada, evidenció que, el 48,5% de los individuos involucrados en la investigación, presentaron niveles de hemoglobina por debajo de los intervalos de referencia, y porcentaje de saturación de transferrina bajo, por ende, los niveles séricos de transferrina total fueron superiores en estos individuos, indicando de ésta manera, la posible aparición de cuadros anémicos, tal investigación permitió concluir que, los trabajadores que presentaron las condiciones anteriormente mencionadas, laboran en la fabrica de actividad intensa, presentando un desbalance alimentario con respecto a las comidas diarias, así como también, una disminución en la ingesta de alimentos hemínicos.

Estos resultados difieren de los encontrados en los habitantes evaluados en la región de Puerto Píritu, donde, a pesar de estar ubicada a una altitud similar a la región de La Habana, se evidenció un porcentaje de saturación de transferrina y niveles de transferrina sérica dentro de los intervalos de referencia; debido a la ingesta relativamente balanceada de alimentos de tipo hemo y no hemo; sin embargo, el mayor consumo de alimentos hemínicos en Los Altos de Sucre, permite demostrar niveles de saturación de transferrina ligeramente mayores en comparación con Puerto Píritu, y por ende, niveles séricos de transferrina total ligeramente más bajos en la región montañosa; encontrándose ambos resultados dentro de los intervalos de referencia; permitiendo inferir que, dichos parámetros no se ven influenciados por la altitud de las poblaciones, siendo dependientes de la cantidad de hierro movilizado a través de la ingesta de alimentos mayormente hemínicos (31).

## **CONCLUSIONES**

Los hábitos alimenticios de las poblaciones estudiadas permiten mantener niveles similares de hierro sérico en ambas localidades.

No se observó incremento de los niveles de hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos a una altitud de 750 msnm en la población de Los Altos de Sucre.

En ambas poblaciones, los niveles séricos de hierro, ferritina y porcentaje de saturación de transferrina son dependientes de la cantidad de hierro ingerido en la dieta diaria.

Los niveles ligeramente mayores de porcentaje de saturación de transferrina encontrados en los habitantes de Los Altos de Sucre, se relacionan directamente con los valores de hierro sanguíneo en esta región, presentando niveles séricos de transferrina total menores, siendo estos parámetros inversamente proporcionales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Worwood, M. 1995. Regulación del metabolismo del hierro. Anales nestlé, 53: 1-11.
2. Lönnerdal, B. y Dewey, K. 1995. Epidemiología de la deficiencia de hierro en lactantes y niños. Anales nestlé, 53: 12-19.
3. Forrellat, M.; Gautier, H. y Fernández, N. 2000. Metabolismo del hierro. Revista cubana de hematología, inmunología y hemoterapia, 16: 149-160.
4. Lanzkowski, P. 1985. Metabolismo del hierro y anemia ferropénica En: Hematología pediátrica. Tercera edición. Editorial Revolucionaria. La Habana, 121-193.
5. Baron, M.; Solano, L. y Peña, E. 2005. Estado de las reservas de hierro al inicio del embarazo. Investigación clínica, 19: 132-167.
6. Giménez, N. 2003. Estudio del metabolismo del hierro en lactantes de una zona de alta y perenne transmisión de malaria. Trabajo de grado. Departamento de ciencias fisiológicas, humanas y de la nutrición, Universidad de Barcelona, España.
7. [Velásquez](#), C. 2007. Hierro libre, transferrina y ferritina séricas en desnutrición aguda grave. Anales españoles de pediatría, 66(1): 17-23.
8. Gil, M. 2005. La vigilancia de la salud y el diagnóstico de la hemocromatosis. Centro de seguridad y salud laboral de Pontevedra, España; 12: 123-141.
9. Andrews, S.; Arosio, P. y Bottke, W. 1992. Structure function and evolution of functions of ferritins. Journal of inorganic biochemistry, 47: 161-174.
10. Dallman, P. y Siimes, M. 1985. Iron deficiency in infancy and childhood. Report of the international nutritional anemia consultative group (INACG). Library of congress.
11. Meertens, L. y Solano, L. 2002. Hemoglobina, ferritina y zinc sérico de mujeres en edad reproductiva: Su asociación con el uso de anticonceptivos. Anales venezolanos de nutrición, 15(1): 5-10.

12. Buys, M.; Guerra, L. y Martin, B. 2005. Prevalencia de anemia y deficiencia de hierro en escolares jujeños de 12 años. *Medicina*, 65: 126-130.
13. Gerardi, G.; Marmo, C. y Gracés, D. 2002. Estudio del metabolismo y regulación del hierro entre el recién nacido y su madre al momento del nacimiento. *Revista de la facultad de medicina*, 25: 202-208.
14. Gualdron, M.; Gutierrez, M.; Mora, M. y Palomino, L. 2006. Consumo dietario de hierro y niveles de ferritina sérica en mujeres universitarias, no entrenadas, residentes a nivel del mar y en altitud intermedia. *Revista médica*, 14: 6-8.
15. Oficina Panamericana de la Salud. 1990. Bioética. *Boletín de la oficina panamericana de la salud*, 108: 35.
16. Hoffman, R.; Benz, E. y Shattil, S. 2005. *Hematology: Basic principles and practice*. Cuarta edición. Editorial Churchill Livingstone. Philadelphia.
17. Manual del analizador hematológico automatizado marca MINDRAY BC-3200. Shenzhen mindray bio-medical electronics co., ltd. Version 1.4. 2009.
18. Mc Pherson, R. y Pincus, M. 2007. *Henry's clinical diagnosis and management by laboratory methods*. Vigésimo primera edición. Editorial McGraw-Hill. Philadelphia.
19. Sokal, R. y Rohlf, F. 1989. *Biometría y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Primera edición. Editorial Blume. España, 242.
20. Siegel, S y Castellan, N. 1995. *Estadística no paramétrica*. Cuarta edición. Editorial Trillas. México, 437.
21. Bellomio, C. 2007. Fisiopatogenia de la altitud. En: Congreso internacional de cardiología. Trabajos. Tucumán, Argentina, 203-229.
22. Viteri, F. y Tuna, V. 2008. Parámetros hematológicos normales en poblaciones de América central. *Revista médica*, 23(1): 80-93.
23. Quispe, M. 2007. Valores de referencia de la serie roja en personas sanas de diferentes altitudes. *Revista médica*, 3(1): 21-25.

24. Licata, M. 2006. Fisiopatología y clínica del hierro en la nutrición. *Revista médica*, 15: 21-29.
25. Pizarro, F. y Olivares, M. 2005. Hierro y zinc en la dieta de la población de Santiago de Chile. *Revista chilena de nutrición*, 32(1): 19-27.
26. Carías, D. y Cioccia, A. 2009. Indicadores bioquímicos del estado nutricional en adolescentes pre-universitarios de Caracas. *Anales venezolanos de nutrición*, 22(1): 12-19.
27. Ramírez, C. y Fernández, R. 2004. Significado clínico de los valores elevados de ferritina sérica. *Revista medicina clínica*, 122(14): 532-534.
28. Sánchez, A. y Tábora, N. 2004. Ferritina sérica en diferentes grupos de población en Honduras. *Revista médica de Honduras*, 65(2): 51-55.
29. Rodríguez, S. y Blanco, A. 1996. Prevalencia de las anemias nutricionales de mujeres. *Revista médica*, 51(1): 19-24.
30. Khosravi, S. y Cano, H. 2003. Búsqueda activa de casos de sobrecarga de hierro en pacientes no anémicos de un hospital universitario. *Anales de medicina interna*, 20(2): 19-21.
31. Rebozo, J. y Jiménez, S. 2000. Estado nutricional del hierro en dos grupos de trabajadores industriales de la ciudad de la Habana. *Revista cubana de alimentación y nutrición*, 14(1): 14-21.

## APENDICES

### Apéndice 1: ENCUESTA

Fecha:

Tesista: María F. Palomino

#### DATOS PERSONALES DEL PACIENTE

Nombres: \_\_\_\_\_ Apellidos: \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_ Sexo: F ( ) M ( ) Estatura: \_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_

Ocupación: \_\_\_\_\_

Tiempo de residencia en la población \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Telf.: \_\_\_\_\_

#### INFORMACIÓN MÉDICA

Hipertensión ( ) Hipotensión ( )

Padecimientos de cuadros anémicos: Si ( ) No ( )

Ingiere tres comidas diarias: Si ( ) No ( )

Ingiere comidas ricas en hierro: Si ( ) No ( )

Otras patologías:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Se ha realizado pruebas que evalúen el metabolismo férrico con anterioridad: Si ( ) No ( )

Ha tenido valores altos de: Hierro: Si ( ) No ( )

## HÁBITOS ALIMENTICIOS

Alimentos más frecuentes:

Alimento	Si	No	Veces por semana (V/S)
Carne de res			
Carne de ave			
Carne de pescado			
Vegetales			
Leche y derivados			
Harinas			
Granos			

## **Apéndice 2: CONSENTIMIENTO VÁLIDO**

Bajo la coordinación del Prof. Daniel Belmar, se está realizando el proyecto de investigación intitulado “VARIACIONES DEL METABOLISMO FÉRRICO EN INDIVIDUOS QUE ACUDEN AL LABORATORIO DE LOS CENTROS ASISTENCIALES DE LOS ALTOS DE SUCRE, ESTADO SUCRE Y PUERTO PÍRITU, ESTADO ANZOÁTEGUI”. Cuyo objetivo general es evaluar las variaciones metabolismo férrico entre individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui, teniendo como objetivos específicos determinar los niveles de hierro sérico, ferritina, transferrina, hemoglobina y hematocrito entre los individuos de las poblaciones a estudiar, estableciendo las posibles variaciones de los parámetros determinados en los dos grupos estudiados.

Yo: \_\_\_\_\_

C.I: \_\_\_\_\_ Nacionalidad: \_\_\_\_\_

Estado Civil: \_\_\_\_\_

Domiciliado en: \_\_\_\_\_

Siendo mayor de 18 años, en uso pleno de mis facultades mentales y sin que medie coacción no violenta alguna, en completo conocimiento de la naturaleza, forma, duración, inconvenientes y riesgos relacionados con el estudio indicado, declarado mediante la presente:

- Haber sido informado (a) de manera clara y sencilla por parte del grupo de investigadores de este Proyecto, de todos los aspectos relacionados con el proyecto de investigación intitulado: “VARIACIONES DEL METABOLISMO FÉRRICO EN INDIVIDUOS QUE ACUDEN AL LABORATORIO DE LOS CENTROS ASISTENCIALES DE LOS ALTOS DE SUCRE, ESTADO SUCRE Y PUERTO PIRITU, ESTADO ANZOÁTEGUI”.

- Tener conocimiento claro de que el objetivo del trabajo antes señalado es evaluar las variaciones del metabolismo férrico en individuos de las poblaciones a estudiar.
- Conocer bien el protocolo experimental expuesto por el investigador, en el cual se establece que mi participación en este trabajo consiste en: donar de manera voluntaria una muestra de sangre mediante punción venosa, previa asepsia de la región anterior del antebrazo.
- Que la muestra que acepto donar se utilizara única y exclusivamente para determinar los niveles hierro sérico, ferritina, transferrina, hemoglobina y hematocrito.
- Que el personal que realiza esta investigación, me ha garantizado confiabilidad relacionada tanto a mi identidad como a cualquier otra información relativa a mi persona a la que tenga acceso por concepto de mi participación en el proyecto antes mencionado.
- Que bajo ningún concepto podré restringir el uso para fines académicos de los resultados obtenidos para presente estudio.
- Que mi participación en dicho estudio no implica riesgos e inconveniente alguno para mi salud.
- Que cualquier pregunta que tenga en relación con este estudio me será respondida oportunamente por parte del equipo de personas antes mencionadas.
- Que bajo ningún concepto se me ha ofrecido ni pretendo recibir beneficio de tipo económico producto de los hallazgos que puedan producirse en el referido Proyecto de Investigación.

### **Apéndice 3: DECLARACIÓN DEL VOLUNTARIO**

Luego de haber leído, comprendido y aclaradas mis interrogantes con respecto a este formato de consentimiento y por cuanto a mi participación en este estudio es totalmente voluntaria, acuerdo:

- Aceptar las condiciones estipuladas en el mismo y a la vez autorizar al equipo de investigadores a realizar el referido estudio en las muestras que acepto donar para fines indicados anteriormente.
- Reservarme el derecho de renovar esta autorización y donación en cualquier momento sin que ello conlleve algún tipo de consecuencias negativa para mi persona.

Firma de voluntario: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: \_\_\_\_\_

C.I: \_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

### **DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR**

Luego de haber explicado detalladamente al voluntario la naturaleza del protocolo mencionado, certifico mediante la presente que, a mi leal saber, el sujeto que firma este formulario de consentimiento comprende la naturaleza, requerimientos, riesgos y beneficios de la participación de este estudio. Ningún problema de índole médica de idioma o de instrucción ha impedido al sujeto tener clara comprensión de su compromiso con este estudio.

Nombre: María F. Palomino

**Apéndice 4.** Resumen estadístico del análisis de Kruskal-Wallis aplicado a los niveles de hemoglobina (g/dl) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

Grupos	n	Intervalo	$\bar{X}$	S	Me	KW	P
Altos de S	87	12,89-16,30	14,75	1,12	14,71	8,90	*
Puerto Píritu	87	12,21-16,20	14,48	1,31	14,24		*

n: número total de muestras;  $\bar{X}$ : media; S: desviación estándar; Me: mediana; KW: Kruskal-Wallis; P: confiabilidad al 0,05; Altos de S: Altos de Sucre; \*: significativo

**Apéndice 5.** Resumen estadístico del análisis de Kruskal-Wallis aplicado a los niveles de hematocrito (%) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

Grupos	n	Intervalo	$\bar{X}$	S	Me	KW	P
Altos de S	87	40,41-50,60	46,38	3,19	46,25		
Puerto Píritu	87	38,17-48,90	44,37	3,57	44,16	15,10	***

n: número total de muestras;  $\bar{X}$ : media; S: desviación estándar; Me: mediana; KW: Kruskal-Wallis; P: confiabilidad al 0,05; Altos de S: Altos de Sucre; \*\*\*: altamente significativo

**Apéndice 6.** Resumen estadístico del análisis de Kruskal-Wallis aplicado a los niveles de glóbulos rojos ( $10^6/\mu\text{l}$ ) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

Grupos	n	Intervalo( $\times 10^6$ )	$\bar{X}$	S	Me	KW	P
Altos de S	87	4,49-5,78	$4,59 \times 10^6$	2,68	$4,59 \times 10^6$		
Puerto P	87	4,23-5,66	$4,46 \times 10^6$	3,39	$4,28 \times 10^6$	8,47	*

n: número total de muestras;  $\bar{X}$ : media; S: desviación estándar; Me: mediana; KW: Kruskal-Wallis; P: confiabilidad al 0,05; Altos de S: Altos de Sucre; \*: significativo

**Apéndice 7.** Resumen estadístico del análisis de Kruskal-Wallis aplicado a los niveles séricos de hierro ( $\mu\text{g/dl}$ ) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

Grupos	n	Intervalo	$\bar{X}$	S	Me	KW	P
Altos de S	87	41,00-173,00	74,47	25,24	69,51		
						1,35	NS
Puerto Píritu	87	39,00-324,00	82,61	40,83	74,69		

n: número total de muestras;  $\bar{X}$ : media; S: desviación estándar; Me: mediana; KW: Kruskal-Wallis; P: confiabilidad al 0,05; Altos de S: Altos de Sucre; NS: no significativo

**Apéndice 8.** Resumen estadístico del análisis de Kruskal-Wallis aplicado a los niveles séricos de ferritina ( $\text{ng/ml}$ ) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui

Grupos	n	Intervalo	$\bar{X}$	S	Me	KW	P
Altos de S	87	42,80-253,60	58,73	39,42	46,10		
						1,93	NS
Puerto Píritu	87	36,60-233,80	54,67	38,31	40,20		

n: número total de muestras;  $\bar{X}$ : media; S: desviación estándar; Me: mediana; KW: Kruskal-Wallis; P: confiabilidad al 0,05; Altos de S: Altos de Sucre; NS: no significativo

**Apéndice 9.** Resumen estadístico del análisis de Kruskal-Wallis aplicado al porcentaje de saturación de transferrina (%) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

Grupos	n	Intervalo	$\bar{X}$	S	Me	KW	P
Altos de S	87	23,90-65,30	29,45	11,18	26,33		
Puerto Píritu	87	19,40-109,00	28,93	15,97	25,08	0,67	NS

n: número total de muestras;  $\bar{X}$ : media; S: desviación estándar; Me: mediana; KW: Kruskal-Wallis; P: confiabilidad al 0,05; Altos de S: Altos de Sucre; NS: no significativo

**Apéndice 10.** Resumen estadístico del análisis de Kruskal-Wallis aplicado a los niveles séricos de transferrina (mg/dl) en individuos que acuden al laboratorio de los centros asistenciales de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui.

Grupos	n	Intervalo	$\bar{X}$	S	Me	KW	P
Altos de S	87	198,00-366,00	272,57	46,25	267,62		
						17,57	***
Puerto Píritu	87	206,00-469,00	304,12	45,94	299,99		

n: número total de muestras;  $\bar{X}$ : media; S: desviación estándar; Me: mediana; KW: Kruskal-Wallis; P: confiabilidad al 0,05; Altos de S: Altos de Sucre; \*\*\*: altamente significativo

## HOJA DE METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO

<b>Título</b>	VARIACIONES DEL METABOLISMO FÉRRICO EN INDIVIDUOS QUE ACUDEN AL LABORATORIO DE LOS CENTROS ASISTENCIALES DE LOS ALTOS DE SUCRE, ESTADO SUCRE Y PUERTO PÍRITU, ESTADO ANZOÁTEGUI.
---------------	--

### Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
<b>Palomino P. María F.</b>	<b>CVLAC</b>	<b>16 702 001</b>
	<b>e-mail</b>	<b>maferpp85@gmail.com</b>
	<b>e-mail</b>	

Palabras o frases claves:

Metabolismo férrico
Altitud geográfica
Hábitos alimenticios

## HOJA DE METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Hematología	
Bioquímica Clínica	

### Resumen (abstract):

Se analizaron 174 individuos, aparentemente sanos, masculinos y femeninos, con edades comprendidas entre 18 y 50 años que, acudieron al servicio de laboratorio de los centros asistenciales de las poblaciones de Los Altos de Sucre, estado Sucre y Puerto Píritu, estado Anzoátegui; a cada individuo se le aplicó una encuesta para conocer datos epidemiológicos y alimenticios. Posteriormente, se procedió a extraer la muestra sanguínea para realizar determinaciones séricas de hierro, transferrina, ferritina y porcentaje de saturación de la transferrina, parte de la muestra extraída fue servida en tubos de ensayo con anticoagulante de tipo sal disódica de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para la determinación de los parámetros hematológicos: hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos. Al aplicar el análisis estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis para diferenciar las variaciones de los parámetros estudiados, la prueba indicó diferencias significativas en los niveles hematológicos analizados, sin embargo, los valores medios centrales presentan muy escasa variación, evidenciando que no hay influencia de la altitud geográfica en la región de Los Altos de Sucre (750 metros sobre el nivel del mar) por tal motivo, no se presentan valores considerablemente elevados en comparación con Puerto Píritu (8 metros sobre el nivel del mar). Por otra parte, el método estadístico no paramétrico permitió evidenciar que no se presentaron diferencias significativas entre los niveles séricos de hierro, ferritina y porcentaje de saturación de transferrina entre las dos regiones, demostrando que, estos parámetros no se ven influenciados por la altitud de las poblaciones sino por la ingesta balanceada de alimentos ricos en hierro. Se encontraron niveles ligeramente mayores de porcentaje de saturación de transferrina en los habitantes de Los Altos de Sucre, los cuales pudieran relacionarse directamente con los valores de hierro sérico en esta región, que da lugar a niveles séricos de transferrina total ligeramente más bajos, en esta localidad pero manteniéndose dentro de los intervalos referenciales. En base a los resultados obtenidos, se concluye que no se presenta influencia de la altitud geográfica sobre los niveles de hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos en los habitantes de Los Altos de Sucre, de igual forma, los niveles séricos de hierro, ferritina, transferrina y porcentaje de saturación de transferrina, no se ven influenciados por éste factor geográfico, siendo dependientes de la cantidad de hierro ingerido en la dieta diaria.

## HOJA DE METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Belmar, Daniel	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	<a href="mailto:belmarlc@cantv.net">belmarlc@cantv.net</a>
	e-mail	
Campos, Miguel	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	<a href="mailto:miguecampos86@cantv.net">miguecampos86@cantv.net</a>
	e-mail	
Millán, Gilda	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	<a href="mailto:gildamg@Gmail.com">gildamg@Gmail.com</a>
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año      Mes      Día

2010	08	10
------	----	----

Lenguaje: spa

**HOJA DE METADATOS PARA TESIS Y TRABAJOS DE ASCENSO****Archivo(s):**

<b>Nombre de archivo</b>	<b>Tipo MIME</b>
<b>TESIS.doc</b>	<b>Aplication/ Word.doc</b>

**Alcance:****Espacial: Universal** (Opcional)**Temporal:****Intemporal** (Opcional)**Título o Grado asociado con el trabajo: Licenciado en Bioanálisis****Nivel Asociado con el Trabajo: Licenciatura****Área de Estudio: Bioanálisis****Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:****Universidad de Oriente**

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

**Derechos:**

El autor garantiza en forma permanente a la Universidad de Oriente el derecho de archivar y difundir, por cualquier medio, contenido de esta tesis. Esta difusión será con fines estrictamente científicos y educativos, pudiendo cobrar a la Universidad de Oriente una suma destinada a recuperar parcialmente los costos involucrados. El autor se reserva los derechos de propiedad intelectual así como todos los derechos que pudieran derivarse de patentes industriales o comerciales.

---

---

---

---

---

---

---

*María F. Palomina*

**Autor**  
**Palomino P. María F.**

*Daniel Belmar*

**Asesor**  
**Belmar, Daniel**

*Miguel Campos*

**Jurado**  
**Campos, Miguel**

*Gilda Millán*

**Jurado**  
**Millán, Gilda**

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:**

*[Firma]*