

LA PREDICCIÓN DEL BAJO PESO Y DEL PESO INSUFICIENTE AL NACER MEDIANTE LA ANTROPOMETRÍA MATERNA

*María Victoria Benjumea Rincón**
*Jorge Bacallao Gallestey***
*Rafael Jiménez****

Recibido en mayo 8 de 2009, aceptado en junio 26 de 2009

Resumen

Objetivo: evaluar la capacidad pronóstica de un algoritmo para predecir el bajo peso y el peso insuficiente al nacer a partir de la antropometría materna. **Materiales y métodos:** se utilizó la muestra proveniente de un estudio longitudinal en 175 gestantes cubanas, participantes de un programa de vigilancia nutricional en un área de salud en La Habana, Cuba. La variable dependiente fue el peso al nacer, y las variables independientes maternas fueron: gradientes de las circunferencias del brazo, la pantorrilla, el muslo y el tórax, el peso y los pliegues cutáneos de grasa tricipital, subescapular, suprailíaco y de la pantorrilla. Se ajustaron dos árboles de clasificación mediante el algoritmo CART, tomando como variable dependiente el peso al nacer recodificado como bajo peso o peso insuficiente. **Resultados:** los predictores relevantes para el bajo peso fueron: los gradientes de las circunferencias del brazo y de la pantorrilla entre el 2º y 3er trimestres, y del peso materno entre el 1º y el 2º trimestres; los predictores del peso insuficiente fueron los gradientes del peso materno entre el 1º y el 2º trimestres y de la circunferencia del brazo entre el 2º y el 3er trimestres. **Conclusión:** la relativa sencillez de los árboles de clasificación como instrumento de predicción, así como el bajo costo de la medición de las variables identificadas en el modelo aportan un recurso valioso para implementar la vigilancia nutricional de la embarazada.

Palabras clave

antropometría, árboles de clasificación, bajo peso e insuficiente peso al nacer, embarazo, vigilancia nutricional.

* Nutricionista Dietista. Doctora en Ciencias de la Salud. Docente del Departamento de Salud Pública. Grupo de Investigación Materno Perinatal de Caldas. Manizales, Colombia.

** Matemático. Doctor en Ciencias de la Salud. Docente Titular. Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana. Cuba.

*** Pediatra. Profesor e Investigador Auxiliar, Universidad Médica de La Habana y Jefe de la Unidad de Nutrición Enteral, Hospital Pediátrico Universitario «Juan Manuel Márquez», Servicio de Gastroenterología y Nutrición, Ciudad La Habana, Cuba.

LOW WEIGHT AND UNDERWEIGHT PREDICTION AT BIRTH BY MEANS OF MATERNAL ANTHROPOMETRY

Abstract

Objective: the evaluation of the prognostic ability of an algorithm to predict low weight and underweight at birth based on maternal anthropometry. **Materials and methods:** the sample was taken from a longitudinal study in 175 pregnant Cuban participants in a program of nutritional surveillance in a health area in Havana, Cuba. The dependent variable was birth weight and maternal independent variables were: gradients of arm circumference, calf, thigh and chest, skin-fold fat and weight of the triceps, subscapularis muscle, suprailiac and calf. Two classification trees were adjusted by means of the CART algorithm, taking as the dependent variable the birth weight recoded as low weight or underweight. **Results:** the significant predictors for low weight were: the gradients of the arm circumference and calf between the 2nd and 3rd trimesters, and maternal weight between the 1st and 2nd trimesters. The predictors of underweight were gradients of maternal weight between the 1st and 2nd trimesters, and arm circumference between the 2nd and 3rd trimesters. **Conclusions:** the relative simplicity of the classification trees as a prediction tool, and the low cost of measurement of the identified variables in the model provide a valuable resource to implement nutritional monitoring in pregnant women.

Key words

anthropometry, trees of classification, low and insufficient birth weight, pregnancy, nutritional monitoring

A PREDIÇÃO DO BAIXO PESO E O PESO INSUFICIENTE AO NASCER MEDIANTE A ANTROPOMETRIA MATERNA

Resumo

Objetivo: avaliar a capacidade prognóstica dum algoritmo para predisser o baixo peso e o peso insuficiente ao nascer a partir da antropometria materna. **Materiais e métodos:** se utilizou a mostra proveniente dum pesquisa longitudinal em 175 gestantes cubanas, participantes dum programa de vigilância nutricional numa área de saúde em A Habana, Cuba. A variável dependente foi o peso ao nascer, e as variáveis independentes maternas foram: gradientes das circunferências do braço, a panturrilha, a coxa e o tórax, o peso e os pregues cutâneos de graça tricípital, subescapular, supra-ilíaco e da panturrilha. Ajustaram se duas árvores de classificação mediante o algoritmo CART, tomando como variável dependente o peso ao nascer recodificado como baixo peso o peso insuficiente. **Resultados:** os preditores relevantes para o baixo peso foram: os gradientes das circunferências o braço e da panturrilha entre o 2^o e 3er trimestre, e do peso materno entre 1^o e o 2^o trimestre; os preditores do peso insuficiente foram os gradientes do peso materno entre 1^o e o 2^o trimestre e da circunferência do braço entre 2^o e o 3er trimestre. **Conclusão:** a relativa simpleza das arvores de classificação como instrumento de predição, assim como o baixo custo da medição das variáveis identificadas no modelo aportam um recurso valioso para programar a vigilância nutricional da grávida.

Palavras Chave

antropometria árvores de classificação, baixo peso e insuficiente peso ao nascer, gravidez, vigilância nutricional.

INTRODUCCIÓN

La deficiente nutrición materna es un factor de riesgo importante para el inadecuado crecimiento fetal en países en vía de desarrollo (1). La mayor parte de los estudios diseñados para evaluar la influencia del estado nutricional de la madre sobre el crecimiento fetal se han focalizado en el peso al nacer como el resultado de mayor interés. La justificación para esta focalización proviene de los crecientes efectos adversos publicados para los infantes que nacen con bajo peso, especialmente en los países más pobres, en donde la prevalencia de la restricción del crecimiento intrauterino (RCIU) puede alcanzar hasta 50% (2-8). La desnutrición desacelera el crecimiento económico de un país y perpetúa la pobreza por tres vías: pérdidas directas de productividad derivadas del mal estado de salud; pérdidas indirectas resultantes del deterioro de las funciones cognitivas y la falta de escolaridad; y pérdidas originadas en el aumento de los costos de la atención de salud (9). La RCIU perpetúa la desnutrición y es un factor de riesgo de enfermedades crónicas en la vida adulta (8, 10).

El peso al nacer está determinado tanto por la duración de la gestación como por el crecimiento fetal. Algunos recién nacidos pequeños para la edad gestacional pueden ser simplemente pequeños por constitución; otros sin embargo, pueden presentar RCIU; no obstante, este último término se emplea indistintamente para los dos casos. En los países en vía de desarrollo la RCIU es la forma más común de bajo peso al nacer (BPN), mientras que en los países desarrollados la prematuridad ocupa el primer lugar (11).

La prevalencia de recién nacidos con BPN en Colombia, conforme a lo reportado por la Encuesta Nacional de Demografía y Salud 2005, varía desde 6% en el ámbito nacional (12) hasta 19,5% en un hospital universitario centro de referencia para gestantes de alto riesgo de la región suroccidental colombiana (13). Ahora bien, la prevalencia del peso al nacer entre 2 500 y 2 999 g supera la de

bajo peso (12), representa un riesgo para la salud del futuro adulto y ha incrementado su prevalencia en algunos países en los últimos años (14-16). Sin embargo, debido a que el interés se centra en el impacto sobre la mortalidad, no ha sido tan estudiado como el bajo peso al nacer. De hecho, en países como Chile, Costa Rica y Cuba –en donde se ha observado una disminución, tanto en la proporción de nacidos vivos con peso al nacer entre 2 500 y 2 999 gramos como en los nacidos con bajo peso (< 2 500 g)–, ha habido un descenso marcado en la mortalidad y morbilidad infantiles (14, 15, 17-19).

El peso al nacer es una de las variables más comúnmente utilizadas para estimar las posibilidades de supervivencia en el primer momento de la vida (20), y es también un buen indicador de las condiciones de la mujer en la sociedad (20). Con estos argumentos, entre otros, varios investigadores han diseñado modelos de diversa complejidad para predecir el peso al nacer (21) a partir de variables socioeconómicas, demográficas, biológicas, clínicas y antropométricas.

La ganancia esperada de peso de una mujer embarazada que minimiza el riesgo de peso bajo o insuficiente al nacer depende de su peso pregestacional (22-25), del lugar de residencia, del nivel socioeconómico, de la escolaridad, de la paridad, y de su estado de salud, entre otros factores (26-28). El incremento del peso materno se produce a expensas del cambio diferenciado en la masa magra y en la masa grasa (29, 30). Según Lederman y col. (1999), en las mujeres bien nutridas que llegan al parto a término, el incremento de grasa corporal al final del embarazo no contribuye significativamente al peso del nacimiento, como sí lo hace el incremento en el agua corporal, indicando que la grasa y el agua inicial (como peso inicial) no son ventajosas cuando al final éstas se mantienen constantes (30, 31).

La antropometría materna puede utilizarse para evaluar la composición corporal de la embarazada o para relacionarla con el crecimiento del feto y predecir el peso del bebé al nacer (32). Existen diferencias entre las medidas antropométricas usadas para construir indicadores o proponer metodologías, en cuanto a su capacidad evaluativa o predictiva de los fenómenos que se quieren medir en el transcurso y al final del embarazo; esta capacidad depende del tipo de medida antropométrica, de su combinación con otras medidas antropométricas, del contexto socioeconómico y cultural en el que se utilicen o apliquen y de los objetivos programáticos de su uso (32).

El Sistema de Salud colombiano dispone de diversas gráficas para evaluar el estado nutricional materno con el índice de masa corporal o con el % de peso para la talla (32); no obstante, aún no se han publicado propuestas diferentes que consideren otras medidas antropométricas sencillas para predecir el peso al nacer en distintos momentos del embarazo. El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad pronóstica de un algoritmo para predecir el peso bajo y el peso insuficiente al nacer a partir de los cambios en la antropometría materna. El hecho de tratarse de una población diferente a la colombiana, puede, presumiblemente, influir en la distribución de las variables, pero es razonable suponer que no influya en su relación. Con la debida cautela y con la perspectiva de su validación futura, la metodología que propone este estudio podría ser una herramienta útil como recurso complementario para el monitoreo del curso del embarazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio: se analizaron los datos provenientes de un estudio longitudinal en gestantes participantes de un programa de control prenatal del Policlínico Carlos J. Finlay del municipio de Marianao, Cuba, durante el primer

semestre de 1991. Población y muestra: del total de usuarias del Programa de control prenatal y según los criterios de inclusión definidos para este tipo de estudios se seleccionó una muestra no probabilística de 175 gestantes cubanas que cumplieron con los requisitos de inclusión definidos para este tipo de estudios (32).

Las gestantes fueron aceptadas para el seguimiento si cumplían con los siguientes requisitos de inclusión: residir en el área de cobertura de salud, haber asistido a su primera evaluación ginecológica y nutricional antes de las 15 semanas, edad entre 13 y 40 años, estudio ultrasonográfico a las 20 semanas para confirmar las semanas de gestación referidas por la madre por medio de la fecha de su última menstruación y para detectar posibles malformaciones congénitas (p.e. los defectos del cierre del tubo neural), paridad entre cero y cinco, parto atendido institucionalmente entre 37 y 42 semanas, recién nacido vivo, sano y único y medidas antropométricas en los tres controles.

Los criterios de exclusión fueron (32): de la historia reproductiva: período intergenésico menor de dos años, abortos espontáneos; antecedentes de infertilidad, de mortinatos, cirugía ginecológica, antecedentes de recién nacidos con bajo peso al nacer, fetos macrosómicos, prematuridad, malformaciones congénitas e isoinmunización Rh, antecedentes de salud familiares de importancia obstétrica y de enfermedad o patología del embarazo, parto y puerperio. Modo de parto: instrumentado (cesárea, fórceps). Embarazo actual: consumo de sustancias psicoactivas, cigarrillo y alcohol, anemia, diabetes, hipertensión, cardiopatías, hemorragias en el embarazo, problemas mentales, problemas genéticos de la madre, antecedentes de anomalías congénitas e infecciones del recién nacido y patologías obstétricas.

Las variables del bebé que se definieron como dependientes para los árboles de clasificación

fueron: bajo peso al nacer: < 2 500 gramos y peso insuficiente al nacer: < 3 000 gramos¹

Las variables maternas independientes estudiadas fueron:

- Con cinta métrica: gradientes o cambios de las circunferencias del brazo (gradcb), de la pantorrilla (gradcpan), del muslo (gradcmus) y torácica (gradct).
- Con báscula: gradiente del peso (gradpe).
- Con adipómetro: gradientes de los pliegues cutáneos de grasa: tricipital (gradptr), subescapular (gradpse), suprailíaco (gradpsi) y de la pantorrilla (gradppan).

TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

Las medidas antropométricas fueron obtenidas por personal de salud previamente entrenado, supervisado y con experiencia en la técnica antropométrica; se siguieron las recomendaciones propuestas por el Programa Biológico Internacional (32). El peso materno fue medido en kilogramos sobre una báscula marca Seca con una capacidad de 150 kg y una precisión de 0,2 kg. Las circunferencias fueron medidas con una cinta métrica flexible cubierta con fibra de vidrio. Los pliegues cutáneos de grasa se midieron con un adipómetro marca Holtain con una presión ejercida constante de 10 g/mm². Las medidas fueron obtenidas antes de las 10 a.m.

Dos antropometristas con experiencia en el Estudio Nacional de Crecimiento cubano (32), bien informadas sobre los objetivos del estudio, realizaron todas las medidas antropométricas. Las medidas antropométricas fueron tomadas, replicadas y promediadas. Los investigadores supervisaron en cada sesión la situación de cada sitio para verificar las condiciones exigidas para

¹ A los efectos de los modelos predictivos, el evento "peso insuficiente" incluyó a todos los que nacieron con peso por debajo de 3.000 g, es decir, tanto a los "bajo peso" como a los que pesaron entre 2.500 y 2.999 al nacimiento.

la medición; se evaluaron cinco embarazadas seleccionadas al azar para la repetición de las medidas con el fin de garantizar la calidad de los datos. Este proceso incluyó el cálculo del Error Técnico de Medición –ETM– y de la confiabilidad de los datos. El ETM para las circunferencias y pliegues maternos fue de 0,21 cm y 1,03 mm; la confiabilidad fue de 0,94 y 0,83, respectivamente.

ANÁLISIS

Se construyeron variables maternas como gradientes a partir de cada una de las variables originales, restando en cada caso la primera medición de la segunda (grad12) y luego la segunda de la tercera (grad23), y dividiendo después, cada una de ellas, entre las diferencias de las edades gestacionales en las cuales se practicaron las mediciones. De este modo, se ajusta automáticamente para la edad gestacional, que en otras circunstancias, tendría que incluirse en el modelo. Por otra parte, el uso de los gradientes en lugar de las diferencias simples, tiene la ventaja de que sólo es necesario conocer el tiempo transcurrido entre dos mediciones (lo cual puede hacerse con total exactitud) independientemente del error por desconocimiento de la edad gestacional por parte de la madre.

Se calculó la matriz de correlaciones entre todos los incrementos relativos o gradientes y el peso al nacimiento, y a partir de sus valores, se identificaron los que mejor se relacionaban con el peso al nacimiento para construir modelos predictivos. En dichos modelos, la variable dependiente fue una variable ordinal con tres valores que identificaron, respectivamente el bajo peso (< 2 500 g), el peso insuficiente (2 500 y 2 999 g) y el peso normal (\geq 3 000 g). Se ajustaron tres modelos de regresión ordinal con escalamiento óptimo (33), incluyendo primero a las variables de la primera parte del embarazo, y luego a todas las variables.

De las variables que resultaron identificadas como relevantes en los modelos de regresión se

calcularon los percentiles (P) 25, 50 y 75 tomados como punto de partida para la construcción de tres grupos de madres que se designaron con una variable ordinal con valores 1: $< P_{25}$, 2: entre P_{25} y P_{75} y 3: $> P_{75}$. Esta elección, unida al uso de los árboles, implica trabajar con un modelo no paramétrico que tiene varias ventajas: en primer lugar, no se necesita hacer suposiciones sobre la distribución de las variables (como la normalidad de los errores en la regresión), y en segundo lugar, que se adapta a la existencia de relaciones no lineales entre la variable dependiente y sus predictores.

Por último, se eligieron las variables identificadas por los modelos y se ajustaron dos nuevos árboles de clasificación o regresión tomando en un caso como variable dependiente una variable nominal binaria que identificó al bajo peso ($< 2\ 500\ g$), y en el otro, una variable dependiente binaria que identificó al peso insuficiente ($< 3\ 000\ g$). El método utilizado se basó en una búsqueda exhaustiva de todos los posibles puntos de corte para las variables independientes con el fin de minimizar el porcentaje de clasificación incorrecta. Para el procesamiento de la información se utilizó el programa estadístico SPSS versión 15.0.

RESULTADOS

En la Tabla No. 1 se observa la importancia de la relación entre el peso al nacer y el cambio de las variables maternas por período gestacional definido (primero: entre el primero y el segundo trimestre o $grad_{12}$, segundo: entre el segundo y el tercer trimestre o $grad_{23}$). En el primer período gestacional sobresalieron por el valor de los coeficientes de correlación tres pliegues cutáneos y una circunferencia; y en el segundo, tres circunferencias y un pliegue de grasa; sólo la correlación de la circunferencia del brazo permaneció significativa durante el embarazo.

A partir del análisis de las correlaciones se seleccionaron variables por período gestacional,

para ajustar con ellas tres modelos de regresión con variables ordinales y escalamiento óptimo, que fueran aplicables en dos momentos diferentes del embarazo.

Tabla 1. Correlación de las variables maternas con el peso al nacer según período gestacional (n = 175)

Variables maternas	Correlación de Pearson	p
gradpe12	0,265	0,000
gradcb12	0,329	0,000
gradct12	0,062	0,417
gradcpan12	0,064	0,409
gradcmus12	0,211	0,006
gradcmp12	0,299	0,000
gradptr12	0,364	0,000
gradpse12	0,336	0,000
gradpsi12	0,210	0,006
gradppan12	0,333	0,000
gradpe23	0,005	0,952
gradcb23	0,192	0,011
gradct23	0,243	0,001
gradcpan23	0,222	0,003
gradcmus23	0,070	0,363
gradcmp23	0,129	0,092
gradptr23	0,125	0,100
gradpse23	0,106	0,165
gradpsi23	0,005	0,951
gradppan23	0,050	0,513

Esta selección tuvo en cuenta, no sólo las correlaciones incluidas en la Tabla No. 1, sino las colinealidades y el sector anatómico materno. Por ello, se eligió sólo una circunferencia (circunferencia del brazo –cb–) y sólo un pliegue (pliegue tricípital –ptr–), que fueron no

sólo las variables maternas de su clase con las correlaciones más altas, sino las más usadas en la literatura. Para el primer período gestacional, se utilizaron cambios del peso, de la circunferencia del brazo y del pliegue tricípital; para el segundo período gestacional, se incluyeron los cambios de las circunferencias del brazo, de la pantorrilla y la torácica.

Dada la distribución asimétrica observada en las variables maternas, se estimaron los percentiles 25, 50 y 75 para cada una de ellas, y se definieron tres nuevas categorías de madres para las variables en cada período gestacional estudiado: **1:** por debajo del percentil 25 ($< P_{25}$), **2:** entre los percentiles 25 y 75 ($P_{25} - P_{75}$), y **3:** por encima del percentil 75 ($> P_{75}$), y para la condición al nacimiento: **1:** si nació con peso inferior a 2 500 g, **2:** si nació con peso entre 2 500 g y 2 999 g, y **3:** si nació con peso mayor o igual a 3 000 g. Con estas variables se ajustaron tres modelos de regresión que se presentan a continuación:

- Modelo de regresión 1 con variables ordinales y escalamiento óptimo en el primer período gestacional: variable dependiente: condición al nacimiento (bw1). Predictores: gradientes de peso (gradpe12), de la circunferencia del brazo (gradcb12) y del pliegue de grasa tricípital (gradptr12). Se ajustó el modelo en el que se tomó como *variable dependiente* a la condición del niño al nacer (**1:** si nació con peso inferior a 2 500 g, **2:** si nació con peso entre 2 500 g y 2 999 g, y **3:** si nació con peso mayor o igual a 3 000 g) y como *predictores* a los incrementos relativos durante el primer período gestacional (del peso, de la circunferencia del brazo y del pliegue tricípital). Emergió como predictor significativo en el modelo el cambio del peso materno en el primer período gestacional (gradpe12).

- Modelo de regresión 2 con variables ordinales y escalamiento óptimo en el segundo período gestacional: variable dependiente: condición al nacimiento (bw1). Predictores: gradientes de la

circunferencia de la pantorrilla (gradcpan23), de la circunferencia del brazo (gradcb23) y de la circunferencia torácica (gradct23). Se ajustó un modelo de regresión ordinal con escalamiento óptimo en el cual la *variable dependiente* fue la condición del niño al nacimiento (**1:** si nació con peso inferior a 2 500 g, **2:** si nació con peso entre 2 500 g y 2 999 g, y **3:** si nació con peso mayor o igual a 3 000 g) y las *independientes*, el incremento materno en el segundo período gestacional de las circunferencias del brazo, de la pantorrilla y del tórax. Resultaron significativos los cambios en las circunferencias del brazo y de la pantorrilla (gradcb23, gradcpan23). En el segundo período gestacional, en que sólo los gradientes de las circunferencias resultaron predictores relevantes en el análisis bivariado, se optó por incluir las tres que resultaron significativas en dicho análisis.

De acuerdo con los resultados de los modelos 1 y 2 se ajustó el tercer modelo integrador con las siguientes variables: en la primera parte del embarazo: incremento o cambio del peso (gradpe12); y en la segunda parte del embarazo: incremento o cambio de las circunferencias del brazo (gradcb23) y de la pantorrilla (gradcpan23).

- Modelo de regresión 3 o integrador con variables ordinales y escalamiento óptimo. Se ajustó el modelo con las variables condición del niño al nacimiento, incremento materno del peso en el primer período gestacional (gradpe12), y circunferencias del brazo (gradcb23) y de la pantorrilla (gradcpan23).

Las transformaciones óptimas con escalamiento ordinal de las variables originales con categoría 1, 2, 3 se observan en la Tabla No. 3. La relación entre los niveles de la escala original se preservaron en lo esencial, salvo para la circunferencia de la pantorrilla, que no sólo no resultó significativa en el modelo, sino que además sus dos primeros niveles de la escala ($< P_{25}$ y $P_{25} - P_{75}$) fueron prácticamente equivalentes.

Tabla 2. Modelo de regresión 3 o integrador con variables ordinales y escalamiento óptimo

Múltiple R	R ²		R ² Ajustado		
0,495	0,245		0,219		
ANOVA	Suma de cuadrados	df	Mean Square	F	Sig.
Regresión	37,037	5,000	7,407	9,425	0,000
Residuo	113,963	145,000	0,786		
Total	151	150			
Coeficientes	Coeficientes estandarizados		df	F	Sig.
	Beta	Std. Error	Beta	Std. Error	Beta
gradcb23	0,272	0,074	2,000	13,564	0,000
gradcpan23	0,051	0,075	1,000	0,466	0,496
gradpe12	0,388	0,073	2,000	28,368	0,000

Tabla 3. Transformaciones óptimas con escalamiento ordinal de las variables originales

Escalamiento óptimo para peso al nacer (bw1) ^a		
Categoría	Original	Transformado
< 2 500 (bajo peso)	1	-2,370
2 500 – 2 999 (peso insuficiente)	2	-0,905
3 000 o más (peso normal)	3	0,651
Escalamiento óptimo gradpe12 ^a		
Categoría	Original	Transformado
< P ₂₅	1	-1,762
P ₂₅ - P ₇₅	2	-0,220
> P ₇₅	3	1,113
Escalamiento óptimo gradcb23 ^a		
Categoría	Original	Transformado
< P ₂₅	1	-2,021
P ₂₅ - P ₇₅	2	0,278
> P ₇₅	3	0,936
Escalamiento óptimo gradcpan23 ^a		
Categoría	Original	Transformado
< P ₂₅	1	-0,456
P ₂₅ - P ₇₅	2	-0,456
> P ₇₅	3	2,193
a. ordinal		

Árbol de clasificación para predecir el bajo peso al nacer a partir de los cambios en las variables maternas en los dos momentos del embarazo

En la Figura No. 1 se observa el árbol de clasificación para predecir el bajo peso al nacer con los cambios de las circunferencias del brazo y de la pantorrilla entre el segundo y el tercer trimestre, y del peso materno entre el primero y el segundo trimestre como variables independientes. La interpretación del árbol resultante sería:

- Primer nodo terminal: (Nodo 1)

En aquellas embarazadas cuyo incremento relativo de la cb en la segunda parte del embarazo ($gradcb23$) estuvo por debajo del P_{25} entonces el riesgo de tener un bebé con bajo peso fue de $\rightarrow 32,3\%$.

- Segundo nodo terminal: (Nodo 3)

Cuando el incremento relativo de la cb en la segunda parte del embarazo ($gradcb23$) estuvo por encima del P_{25} y además el incremento relativo de la circunferencia de la pantorrilla ($gradcpan23$) se ubicó por debajo del P_{25} el riesgo de tener un bebé con bajo peso disminuyó a $\rightarrow 15,0\%$.

- Tercer nodo terminal: (Nodo 5)

El incremento relativo de la cb en la segunda parte del embarazo ($gradcb23$) por encima del P_{25} + el incremento relativo de la circunferencia de la pantorrilla ($gradcpan23$) por encima del P_{25} + el aumento relativo del peso en la primera parte del embarazo ($gradpe12$) por debajo del P_{25} disminuyeron el riesgo de tener un bebé con bajo peso a $\rightarrow 5,3\%$.

- Cuarto nodo terminal: (Nodo 6)

Un incremento relativo de la cb en la segunda parte del embarazo ($gradcb23$) por encima del

P_{25} + el incremento relativo de la circunferencia de la pantorrilla ($gradcpan23$) por encima del P_{25} + el aumento relativo del peso en la primera parte del embarazo ($gradpe12$) por encima del P_{25} disminuyeron el riesgo de tener un bebé con bajo peso a $\rightarrow 0,0\%$.

La importancia relativa de cada variable (expresada como porcentaje con referencia a la variable más importante que se toma como 100%) de predicción se presenta en la Figura No. 2. En ella se destacó el incremento de la circunferencia del brazo en el segundo período del embarazo.

Árbol de clasificación para predecir el peso insuficiente al nacer a partir de los cambios en las variables maternas en los dos momentos del embarazo

La Figura No. 3 representa el árbol de clasificación para predecir el peso insuficiente al nacer como variable dependiente a partir de los cambios de las variables independientes: peso materno entre el primero y el segundo trimestre, y cambios de la circunferencia del brazo entre el segundo y el tercer trimestre. También se usaron los gradientes en la circunferencia torácica y de la pantorrilla, pero no fueron elegidas durante el proceso de incorporación de variables en el árbol. La interpretación en este caso sería:

- En aquellas embarazadas cuyo incremento relativo de peso durante la primera parte del embarazo fue inferior al P_{25} , el riesgo de tener un niño con peso insuficiente fue tan alto como $\rightarrow 66,7\%$.

- Si el incremento relativo del peso materno durante la primera mitad del embarazo fue superior al P_{25} , pero la circunferencia del brazo durante la segunda mitad de la gestación tuvo un incremento relativo por debajo del P_{25} , entonces el riesgo sería de $\rightarrow 44,0\%$.

Figura 1. Árbol de clasificación para predecir el bajo peso al nacer

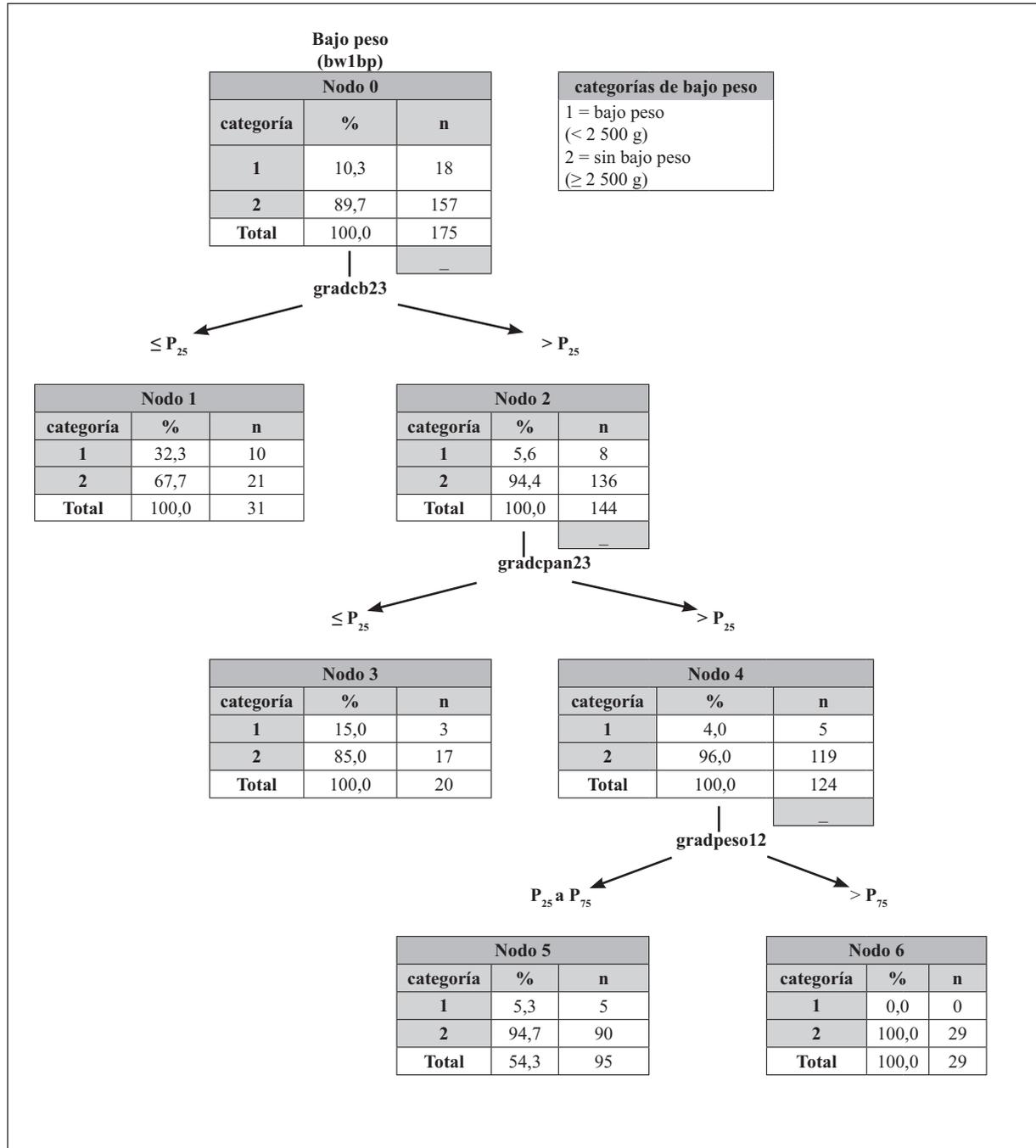
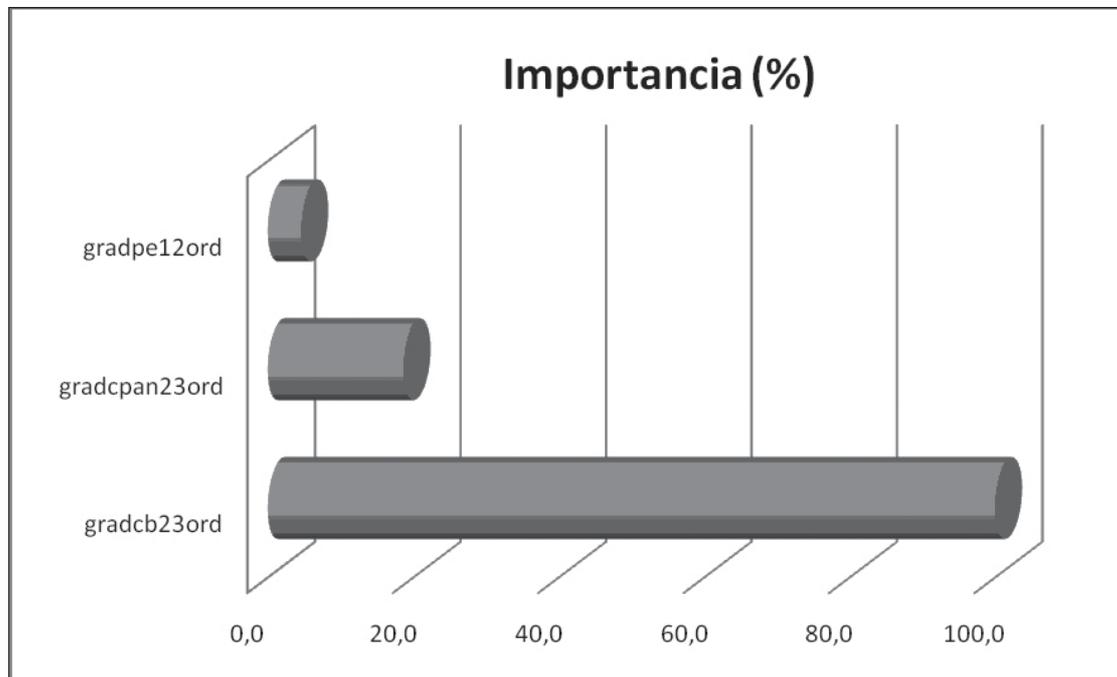


Figura 2. Importancia relativa de cada variable para predecir el bajo peso al nacer (método CRT)



- Si el incremento relativo de peso materno durante la primera mitad del embarazo fue superior al P_{25} , la circunferencia del brazo durante la segunda mitad de la gestación tuvo un incremento relativo por encima del P_{25} , pero el incremento relativo del peso materno estuvo entre el P_{25} y el P_{75} , entonces el riesgo sería de $\rightarrow 28,0\%$.

- Por último, si el peso materno se incrementó relativamente en más del P_{75} y la circunferencia

del brazo en la segunda mitad del embarazo, en más del P_{25} , entonces el riesgo de bajo peso al nacer se reduciría a sólo $\rightarrow 6,2\%$.

La importancia relativa de cada variable de predicción se presenta en la Figura No. 4. En ella sobresalió el incremento del peso materno en el primer período del embarazo.

Figura 3. Árbol de clasificación para predecir el peso insuficiente al nacer

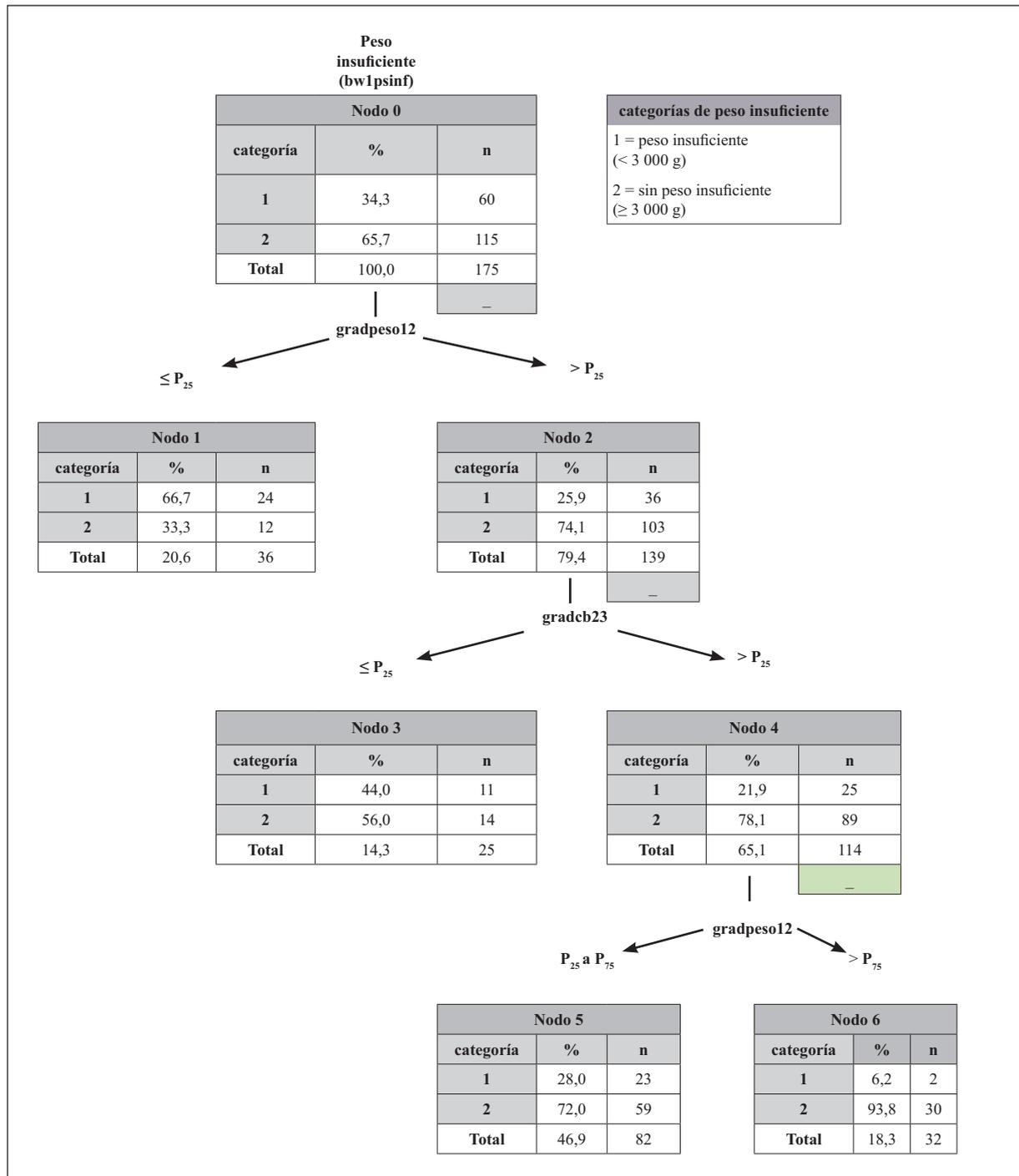
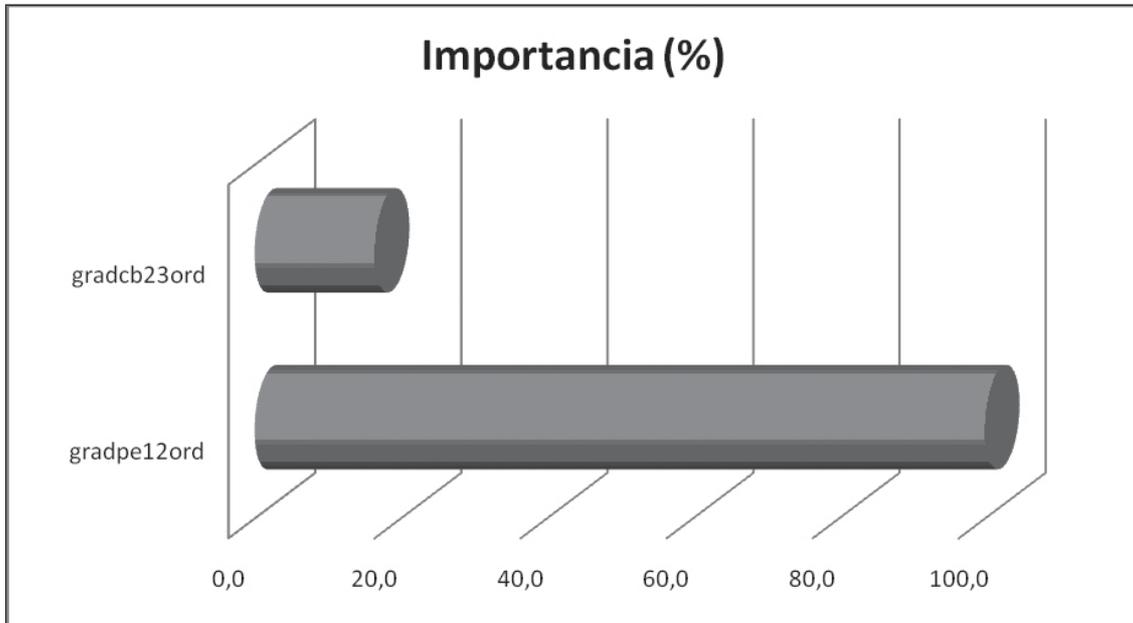


Figura 4. Importancia relativa de cada variable para predecir el peso insuficiente al nacer (método CRT)



DISCUSIÓN

Se han aplicado diversos métodos para evaluar la capacidad predictiva de la antropometría materna en relación con el peso al nacer (23, 34-38). El aporte fundamental de este estudio consiste en combinar variables de distintos momentos del embarazo, que pueden adaptarse a distintos contextos de acuerdo con su desarrollo socioeconómico y tecnológico y ser utilizadas en un modelo simple, no paramétrico (no exige supuestos distribucionales restrictivos) y que admite la existencia de relaciones no lineales.

La importancia creciente del papel de los árboles de clasificación en las ciencias de la salud fue publicada por Zhang, H y col. en 1999 (39) y su utilidad como herramienta en salud pública, por Camp NJ (2002), Lemon SC y col. 2003, Ambalavanan N (2006), Caetano M (2006), y Razavi AR (2006) (40-44).

Los árboles de clasificación –AC– se emplean para asignar sujetos a las clases de una variable

dependiente a partir de sus mediciones en uno o más predictores. Estos constituyen uno de los recursos instrumentales básicos de la llamada “minería de datos”. Producen cortaduras en los regresores para predecir o explicar variables dependientes discretas (usualmente binarias); por la interpretación inmediata de sus resultados y por su condición “no paramétrica”, son una opción favorable entre otras alternativas como el análisis discriminante, el análisis de clusters o la regresión logística binaria o politómica (39, 45-49).

Los AC son jerarquías de cortes que se construyen a partir de los predictores, de modo que se maximice cierto criterio de asociación con la variable de respuesta. Cada cortadura da lugar a una partición de los sujetos en 2 grupos: avanzando en pasos sucesivos a lo largo del árbol jerárquico de cortaduras se llega a la clasificación final (39, 45-49). El uso de los AC no es frecuente en el campo de las probabilidades o del reconocimiento de patrones, pero se ha extendido considerablemente

en el ámbito del diagnóstico, las ciencias de la computación, la taxonomía y la teoría de la decisión. Los árboles tienen una expresión gráfica que facilita su interpretación (39, 45-49).

Una diferencia importante entre los AC y otras técnicas con propósitos afines como el análisis discriminante, es que en este último, las decisiones de asignación de los sujetos a un grupo son simultáneas; mientras que en los primeros, son jerárquicas y recursivas (39, 45-49).

Los AC son más flexibles que otras técnicas de clasificación porque permiten incorporar predictores medidos virtualmente en cualquier escala: continua, ordinal o mezclas de ambas escalas. Cualquier transformación monótona en la escala de medición que preserve el orden en las categorías de una variable ordinal, preserva también la clasificación que se obtiene si se emplea un AC (39, 45-49).

La capacidad discriminadora obtenida al añadir una nueva cortadura al criterio de clasificación, puede observarse directamente, en lugar de tener que estimarse como en el análisis discriminante o en otros modelos predictivos (39, 45-49), y cumple con el propósito de incrementar la habilidad de los profesionales de la salud para predecir los resultados esperados (50, 51).

Es posible utilizar combinaciones lineales de cortaduras, del mismo modo que en el análisis discriminante –AD–, se utilizan combinaciones lineales de predictores. No obstante, hay una diferencia crucial: mientras que en el AD, el número de combinaciones lineales está acotado superiormente por el número de predictores menos 1, en los AC puede realizarse un número ilimitado de cortaduras, lo cual permite aprovechar mucho mejor la información contenida en los predictores. Por ejemplo, un mismo predictor podría arrojar varias cortaduras para mejorar su capacidad predictiva, algo que es imposible en el análisis discriminante o en cualquier otro modelo

estadístico que suponga una relación monótona de los predictores con la variable dependiente (45). Esto se observó en el AC resultante para la predicción del peso insuficiente al nacer con el cambio del peso materno en el primer período gestacional.

En los dos árboles de clasificación resultantes se adicionaron al cambio del peso materno en el primer período gestacional, tradicionalmente incluido como variable en los modelos de predicción (8, 35, 52, 53), el cambio de la circunferencia del brazo para predecir el peso insuficiente al nacer, y los cambios de las circunferencias de la pantorrilla y del brazo en el segundo período gestacional, para la predicción del bajo peso del bebé. Lo anterior corrobora, entre otros, la relación entre el estado de la masa magra materna con el peso del recién nacido (8, 35, 52-54), y además, la capacidad predictiva de crecimiento fetal insuficiente a partir de los cambios negativos en las circunferencias maternas en el segundo período gestacional (55).

En varias publicaciones (56) se ha enfatizado en la importancia de incluir variables antropométricas en etapas tempranas del embarazo que permitan evaluar a la gestante para predecir el peso al nacer con el propósito de intervenir precozmente a la embarazada que resulte tamizada con déficit. Con propósito similar, diversos estudios (56) han propuesto la inclusión del peso materno o de las circunferencias del brazo y de la pantorrilla, pero como medidas absolutas, combinadas o no con otras variables, y obtenidas a una edad gestacional específica, lo cual hace difícil su aplicación en la mayoría de los países de nuestra región, debido a las condiciones y a la limitada tecnología disponible en el primer nivel de atención de salud, para determinar la edad gestacional.

Con tales premisas fueron diseñados los dos árboles de clasificación para predecir el peso al nacer. Ahora bien, ¿qué significado biológico tienen las circunferencias maternas incluidas en ellos? El tejido muscular esquelético representa

30 a 35% del peso corporal y el 75% del músculo esquelético se concentra en las extremidades del cuerpo. Aunque constituye una reserva energética de tercer orden en los estadios de ayuno prolongado no complicado, el tejido muscular esquelético se convierte en una fuente de energía de primer orden como respuesta al estrés nutricional: los aminoácidos constituyentes de la proteína muscular se convierten en alfa-cetoácidos, que, por medio de las rutas gluconeogénicas, se transforman en glucosa para suplir las necesidades energéticas incrementadas. Esta respuesta a la agresión, por demás fisiológica, puede, si no se reconoce y se controla oportunamente en la gestante, conducir a una depleción importante de la masa magra, y con ello, iniciar el complejo entramado de la disfunción múltiple de los órganos, particularmente notable en los miembros inferiores (57); en este caso, reflejado en la disminución de la circunferencia de la pantorrilla de la madre.

La circunferencia del brazo, y con posterioridad la de la pantorrilla, se han usado como medida antropométrica para tamizar a individuos en riesgo de desnutrición o muerte. Esta última, ha sido empleada con más regularidad en población infantil y anciana; no obstante, ha ido ganando importancia en la evaluación nutricional de las gestantes. Ambas se han descrito como variables que indican el estado nutricional actual de la madre (56), reflejan el estado de hidratación de la masa magra y el estado de sus reservas proteicas y energéticas, y se relacionan con el peso al nacer (56). Son indicadores indirectos de la masa magra y dado que no solo están formadas por músculo esquelético, también aportan información sobre el almacenamiento previo de la grasa y su depósito o cambio durante el embarazo (56).

Existen diferencias anatómicas y metabólicas entre estas dos circunferencias. La circunferencia del brazo está formada por la tercera parte de los músculos que componen la pierna (56); por tanto, el ejercicio de los brazos representa entre 70% y 80% del volumen máximo de oxígeno consumido

(56). Lo anterior significa que, la masa grasa y la masa magra, de estas dos circunferencias, son diferentes, y se depletarían a velocidades distintas cuando la madre se encuentre en balance energético y proteico negativos.

Las circunferencias incluidas en los dos árboles de clasificación fueron diferentes; mientras que el AC para la predicción del bajo peso requirió del cambio negativo de las circunferencias del brazo y de la pantorrilla, en el segundo período gestacional, el AC del peso insuficiente, sólo con el cambio en la circunferencia del brazo, en el mismo período, logró la predicción. Es probable entonces, que después de controlados los factores maternos diferentes a la composición corporal y con un balance energético y proteico negativos, el bajo peso del niño se relacione con una depleción severa de la masa grasa y magra de la madre (peso corporal y dos circunferencias), y el del peso insuficiente, con una depleción moderada de las reservas maternas de grasa (peso y circunferencia de brazo), tal como fisiológicamente se espera, dada la conformación de las extremidades corporales, y como lo habían publicado Urrutia y Mardones (2001) (54), en estudios previos sobre composición corporal materna y peso del recién nacido aseverando que un cambio en el IMC puede no representar un cambio en el agua o en la masa magra y sólo en la grasa materna (56).

Son varios los investigadores (56) que han respaldado estas circunferencias maternas para el tamizaje nutricional de la embarazada en cualquier momento de la gestación, debido a su relativa independencia de la edad gestacional (Husaini, 1986; Anderson, 1989; Ngare, 1990; y González-Cossío y col., 1992). Otros autores, las han sustentado como variables predictoras del peso al nacer [Lechtig y col. en Guatemala (1979), Tripathi (1987) y Krasovec (1989) en la India, Atalah (1983) en Chile, Ricalde (2000) en Brasil, Rached de Paoli (2001) en Venezuela, y Dhar B (2002) en Bangladesh]. González-Cossío y col. (1998), en Centroamérica, en un estudio realizado

con 481 mujeres y sus recién nacidos, y después de controlar el efecto de diversas variables maternas, encontraron que el peso del bebé disminuyó 113 g en las madres cuya circunferencia de la pantorrilla estuvo por debajo de la mediana grupal (56).

En los dos AC diseñados quedó incluido el cambio del peso materno entre el primer y segundo trimestre como predictor del resultado al nacer; con lo cual se solucionaría en parte la problemática descrita en la mayoría de los países en desarrollo sobre la falta de costumbre de obtener el peso con regularidad, y se confirma la teoría de los autores que le concedieron gran importancia al incremento del peso gestacional más que al peso previo de la gestante (56).

El aumento del peso materno, al excluir el edema, depende del estado nutricional previo de la gestante y puede sugerir la ocurrencia de varios eventos durante el embarazo, p.e.: cambio positivo en la composición corporal de la madre y del feto; crecimiento del feto a expensas de la composición corporal de la madre; o tal como lo publicaron el Instituto de Medicina de los Estados Unidos en embarazadas obesas y Soltani H en el año 2000, un cambio en la composición corporal de la madre sin cambios positivos evidentes en el feto (RCIU). Por tanto se deduce que, combinar el peso materno con las dos circunferencias en los AC, incrementa la capacidad predictiva del peso corporal y permite la medición de los cambios en la composición corporal de la gestante como indicador indirecto del crecimiento fetal (56).

Si se tiene en cuenta que en la mayoría de los países de la región, la prevalencia de peso insuficiente es mayor que la de bajo peso al nacer, y que la evidencia publicada (56), sugiere que controlar la desnutrición de la madre puede ser suficiente para promover el desarrollo fetal, podría considerarse la

validación de esta propuesta metodológica con los cambios del peso materno y de la circunferencia del brazo para el diseño de árboles de clasificación en cada contexto regional. En el futuro, estos resultados deberán validarse en el contexto colombiano; por otra parte, los modelos podrían enriquecerse si se incluye la edad de la madre, que podría modificar el efecto de alguno de los indicadores antropométricos.

Para aplicar este enfoque de AC en Colombia, el esfuerzo más importante que deberían llevar a cabo los organismos de salud sería el diseño de una estrategia efectiva para captar a la embarazada desde el primer trimestre del embarazo, lo cual a su vez, les permitiría intervenir oportunamente su estado nutricional para evitar resultados adversos en el binomio madre-hijo.

CONCLUSIÓN

La relativa sencillez de los árboles de clasificación (particularmente en su aplicación práctica) para predecir el peso al nacer y el bajo costo de la medición de las circunferencias del brazo y de la pantorrilla, adicionadas al peso materno, proporcionan un recurso sencillo y viable, para implementar la vigilancia nutricional de la embarazada en Colombia, luego de su validación en poblaciones nacionales.

ASPECTOS ÉTICOS

Ninguno de los procedimientos aplicados implica circunstancias violatorias de las consideraciones bioéticas para la vigilancia epidemiológica de la gestante (58).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Janjua NZ, Delzell E, Larson RR, Meleth S, Kristensen S, Kabagambe E et al. Determinants of low birth weight in urban Pakistan. *Public Health Nutr* 2009;12(6):789-98.
2. Kramer MS, Seguin L, Lydon J, Goulet L. Socio-economic disparities in pregnancy outcome: why do the poor fare so poorly? *Paediatr Perinat Epidemiol* 2000;14(3):194-210.
3. Kramer MS. Socioeconomic determinants of intrauterine growth retardation. *Eur J Clin Nutr* 1998;52 Suppl 1:S29-32.
4. Vélez M, Barros F, Echavarría L, Hormaza M. Prevalencia de bajo peso al nacer y factores maternos asociados: Unidad de atención y protección materno infantil de la Clínica Universitaria Bolivariana, Medellín, Colombia. *Rev Colombiana de Ginecología y Obstetricia* 2006;57(4):264-70.
5. Neufeld L, Pelletier DL, Haas JD. The timing of maternal weight gain during pregnancy and fetal growth. *Am J Human Biol* 1999;11(5):627-637.
6. Ruel M. The natural history of growth failure: Importance of intrauterine and postnatal periods. In: Martorell R HF, editor. *Nutrition and growth. Nestlé Nutrition Workshop Series, Pediatric Program*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. pp. 123-58.
7. Ruel M, Neufeld L, Habicht J, Martorell R. Stunting at birth: a simple indicator that predicts both risk and benefit among stunted populations. *FASEB J* 1996;10:A289.
8. Neufeld L, Haas J, Grajeda R, Martorell R. Changes in maternal weight from the first to second trimester of pregnancy are associated with fetal growth and infant length at birth. *Am J Clin Nutr* 2004;79:646-52.
9. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. Banco Mundial. Revalorización del papel fundamental de la nutrición para el desarrollo. Estrategia para una intervención en gran escala Panorama General. 2006. In: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. Banco Mundial; 2006.
10. Klebanoff MA, Secher NJ, Mednick BR, Schulsinger C. Maternal size at birth and the development of hypertension during pregnancy: a test of the Barker hypothesis. *Arch Intern Med* 1999;159(14):1607-12.
11. Voigt M, Olbertz D, Fusch C, Krafczyk D, Briese V, Schneider KT. The Influence of Previous Pregnancy Terminations, Miscarriages and Still-Births on the Incidence of Babies with Low Birth Weight and Premature Births as well as a Somatic Classification of New Borns. *Z Geburtshilfe Neonatol* 2008;212(1):5-12.
12. PROFAMILIA. Salud sexual y reproductiva. Resultados. Encuesta Nacional de Demografía y Salud 2005. Encuesta. Bogotá: PROFAMILIA; 2005.
13. Ortiz E. Estrategias para la prevención del bajo peso al nacer en una población de alto riesgo, según la medicina basada en la evidencia. *Colombia Med* 2001;32:159-162.
14. Kramer MS, Barros FC, Demissie K, Liu S, Kiely J, Joseph KS. Does reducing infant mortality depend on preventing low birthweight? An analysis of temporal trends in the Americas. *Paediatr Perinat Epidemiol* 2005;19(6):445-51.
15. González-Pérez G, Vega-López M. Factores de Riesgo del Peso al Nacer Desfavorable en Áreas Periféricas de Guadalajara, México. *Cad. Saúde Públ.* 1995;11(2):271-80.
16. Prendes-Labrada M, Jiménez G, González-Pérez R, Guibert W. Estado nutricional materno y peso al nacer. *Rev Cubana Med Gen Integr* 2001;17(1):35-42.
17. Mardones-Restat F. Beneficios de la seguridad social en el cuidado de la nutrición y la salud de la madre y el niño en Chile. *Revista Chilena de Nutrición* 1984;12:23-27.
18. Rosero-Bixby L. Determinantes del descenso de la mortalidad infantil en Costa Rica. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana* 1985;99:510-527.

19. McCormick M. The contribution of low birth weight to infant mortality and childhood morbidity. *New England Journal of Medicine* 1985;312:82-90.
20. Alonso V, Fuster V, Luna F. La Evolución del Peso al Nacer en España (1981-2002) y su relación con las Características de la Reproducción. *Antropo* 2005;10:51-60.
21. Leung TY, Sahota DS, Chan LW, Law LW, Fung TY, Leung TN et al. Prediction of birth weight by fetal crown-rump length and maternal serum levels of pregnancy-associated plasma protein-A in the first trimester. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008;31(1):10-4.
22. Cox S. Weight gain during pregnancy. *J Midwifery Womens Health* 2003;48(3):229-30.
23. Abrams B, Altman SL, Pickett KE. Pregnancy weight gain: still controversial. *Am J Clin Nutr* 2000;71(5 Suppl):1233S-41S.
24. Brennand EA, Dannenbaum D, Willows ND. Pregnancy outcomes of First Nations women in relation to pregravid weight and pregnancy weight gain. *J Obstet Gynaecol Can* 2005;27(10):936-44.
25. Macea JR, Kronfly FS, Meserani Ade L. Weight of the newborn in relation to maternal weight gains in 513 normal pregnancies: analysis of different stages of the maternal weight at the onset of pregnancy. *Rev Assoc Med Bras* 1996;42(3):155-61.
26. Kusumayati A, Gross R. Ecological and geographic characteristics predict nutritional status of communities: rapid assessment for poor villages. *Health Policy Plan* 1998;13(4):408-16.
27. Delpuech F, Traissac P, Martin-Prevel Y, Massamba JP, Maire B. Economic crisis and malnutrition: socioeconomic determinants of anthropometric status of preschool children and their mothers in an African urban area. *Public Health Nutr* 2000;3(1):39-47.
28. Derbyshire E. Low maternal weight: effects on maternal and infant health during pregnancy. *Nurs Stand* 2007;22(3):43-6.
29. Bershtein LM, Levinson LL, Strukova GN. [Changes in skinfold thickness in the course of normal pregnancy and their relation to fetal weight]. *Akush Ginekol (Mosk)* 1980(8):44-6.
30. Lederman SA, Paxton A, Heymsfield SB, Wang J, Thornton J, Pierson RN, Jr. Maternal body fat and water during pregnancy: do they raise infant birth weight? *Am J Obstet Gynecol* 1999;180(1 Pt 1):235-40.
31. Lederman SA, Paxton A, Heymsfield SB, Wang J, Thornton J, Pierson RN, Jr. Body fat and water changes during pregnancy in women with different body weight and weight gain. *Obstet Gynecol* 1997;90(4 Pt 1):483-8.
32. Benjumea MV. Exactitud diagnóstica de cinco referencias gestacionales para predecir el peso insuficiente al nacer. *Biomédica* 2007;27(1):42-55.
33. Hastie T, Tibshirani R. Hastie T, Tibshirani R. Generalized additive models. London: Chapman & Hall. 1990. Disponible en: <http://support.sas.com/rnd/app/da/new/dagam.html>. Acceso el 10 de agosto de 2007.
34. Strauss RS, Dietz WH. Low maternal weight gain in the second or third trimester increases the risk for intrauterine growth retardation. *J Nutr* 1999;129(5):988-93.
35. Brown JE, Murtaugh MA, Jacobs DR, Jr., Margellos HC. Variation in newborn size according to pregnancy weight change by trimester. *Am J Clin Nutr* 2002;76(1):205-9.
36. Paxton A, Lederman SA, Heymsfield SB, Wang J, Thornton JC, Pierson RN, Jr. Anthropometric equations for studying body fat in pregnant women. *Am J Clin Nutr* 1998;67(1):104-10.
37. Bronstein MN MR, King JC. Unexpected relationship between fat mass and basal metabolic rate in pregnant women. *Br J Nutr* 1996;75:659-668.
38. Grandi CA. Relación entre la antropometría materna y la ganancia de peso gestacional con el peso de nacimiento, y riesgos de peso bajo al nacer pequeño para la edad gestacional y prematuridad en una población urbana de Buenos Aires. *Arch Latinoam Nutr* 2003;53(4):369-75.

39. Zhang H, Singer B. Recursive Partitioning in the Health Sciences. New York: Springer-Verlag; 1999.
40. Camp NJ, Slattery ML. Classification tree analysis: a statistical tool to investigate risk factor interactions with an example for colon cancer (United States). *Cancer Causes Control* 2002;13(9):813-23.
41. Lemon SC, Roy J, Clark MA, Friedmann PD, Rakowski W. Classification and regression tree analysis in public health: methodological review and comparison with logistic regression. *Ann Behav Med* 2003;26(3):172-81.
42. Ambalavanan N, Baibergenova A, Carlo WA, Saigal S, Schmidt B, Thorpe KE. Early prediction of poor outcome in extremely low birth weight infants by classification tree analysis. *J Pediatr* 2006;148(4):438-444.
43. Caetano MR, Couto E, Passini R, Jr., Simoni RZ, Barini R. Gestational prognostic factors in women with recurrent spontaneous abortion. *Sao Paulo Med J* 2006;124(4):181-5.
44. Razavi AR, Nystrom M, Stachowicz MS, Gill H, Ahlfeldt H, Shahsavar N. An approach for generating fuzzy rules from decision trees. *Stud Health Technol Inform* 2006;124:581-6.
45. Bacallao J, Parapar JM, Roque M, Bacallao J. Árboles de regresión y otras opciones metodológicas aplicadas a la predicción del rendimiento académico. *Ed Médica Sup.* 2004;18(3):1-9.
46. Breiman L, Friedman JH, Losen RA, Stone CJ. Classification and regression trees. Monterrey CA: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books and Software; 1984.
47. Lim TS, Loh WH, Shih YS. An empirical comparison of decision trees and other classification methods. (Technical Report 979. Departments of Statistics). Madison: University of Wisconsin; 1997.
48. Loh WY, Shih YS. Split selection methods for classification trees. *Statistica Sinica* 1997;7:815-840.
49. Ciampi A, Couturier A, Li S. Prediction trees with soft nodes for binary outcomes. *Stat Med* 2002;21(8):1145-65.
50. Grobman WA, Stamilio DM. Methods of clinical prediction. *Am J Obstet Gynecol* 2006;194(3):888-94.
51. Elson J, Tailor A, Banerjee S, Salim R, Hillaby K, Jurkovic D. Expectant management of tubal ectopic pregnancy: prediction of successful outcome using decision tree analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004;23(6):552-6.
52. Das JC, Khanam ST. Correlation of anthropometric measurements of mothers and their newborns. *Bangladesh Med Res Counc Bull* 1997;23(1):10-5.
53. Walker SP, Ewan-Whyte C, Chang SM, Powell CA, Fletcher H, McDonald D et al. Factors associated with size and proportionality at birth in term Jamaican infants. *J Health Popul Nutr* 2003;21(2):117-26.
54. Urrutia M, Mardones F, Salazar G. Asociación entre la composición corporal de la embarazada y la composición corporal del recién nacido. *Rev. Chil. Pediatr* 2001;72(3):212-218.
55. Viegas OA, Cole TJ, Wharton BA. Impaired fat deposition in pregnancy: an indicator for nutritional intervention. *Am J Clin Nutr* 1987;45(1):23-8.
56. Benjumea MV. Antropometría materna como predictora del peso al nacer [Tesis Doctoral]. La Habana: Instituto Superior de Ciencias Médicas; Cuba 2008. p.149.
57. Santana S, Espinosa A. Composición corporal. *Acta Médica* 2003;11(1):26-37.
58. Benjumea MV. Bioética en la vigilancia epidemiológica de la gestante colombiana. *Revista Perspectivas en Nutrición Humana* 2003;9:46-71.