

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE AMAMANTAMIENTO COMPARANDO
PRODUCCIÓN LÁCTEA Y ESTADO NUTRICIO DE MADRES
ADOLESCENTES CON ADULTAS DE DOS LOCALIDADES

POR

GRACIELA CAIRE JUVERA

TESIS APROBADA POR LA
DIRECCIÓN DE NUTRICIÓN
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

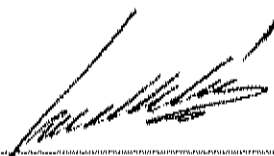
DOCTORADO EN CIENCIAS

HERMOSILLO, SONORA


JULIO, 2002

APROBACIÓN

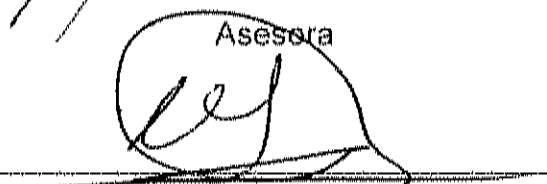
Los miembros del comité designado para revisar la tesis de la Q.B. Graciela Caire Juvera, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Doctorado en Ciencias.



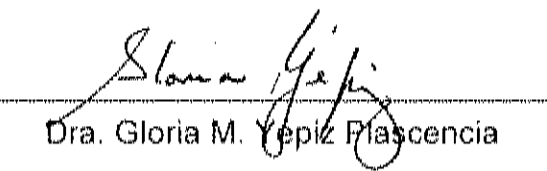
Dra. Ana María Calderón de la Barca
Directora de Tesis



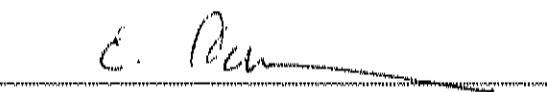
Dra. Isabel Ortega Vélez
Asesora



Dr. Mauro E. Valencia Juillerat
Asesor



Dra. Gloria M. Yepiz Plascencia
Asesora



Dra. Esther Casanueva
Asesora externa

Este trabajo se realizó en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., en el laboratorio de Proteínas de la Dirección de Nutrición, y es un estudio en colaboración con el Instituto Nacional de Perinatología de la Ciudad de México.

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión, del director o directora de la tesis.



Dr. Inocencio Higuera Ciapara
Director General

DEDICATORIA

A Dios, que está presente todo el tiempo.

Con profundo cariño a mis tesoros:

 Mi querido esposo Iván, por su amor y todo su apoyo.

 Mis hijos Itzel, David y Marian, por hacerme tan feliz.

 Los amo...hasta el infinito y más allá.

A mis padres Luis Federico^f y Cecilia, por su amor y dedicación a lo largo de mi vida.

A mis queridos hermanos: Julieta, Luis Federico y Gerardo, por su compañía y los gratos momentos de la niñez.

A mis suegros Damián y Angelita, que son como mis padres, así como a mis cuñados, en especial a David, por todo el apoyo y ayuda con mis hijos.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, especialmente a la Dirección de Nutrición, por brindarme la oportunidad de realizar una etapa más de mi vida profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico brindado.

A la Agencia Internacional de Energía Atómica, por el apoyo técnico y económico para la realización de este proyecto.

A la Unidad de Medicina Familiar No. 37 del IMSS y al Hospital Infantil del Estado de Sonora, por permitirme trabajar en sus instalaciones.

Al Instituto Nacional de Perinatología de la Ciudad de México, en especial a la Dra. Esther Casanueva, quien hizo los trámites necesarios para poder trabajar en las instalaciones de dicha institución.

A la Dra. Ana María Calderón de la Barca, por haber dirigido mi tesis y aportarme su experiencia y conocimientos.

A mi comité de tesis: Dra. Isabel Ortega, Dr. Mauro Valencia, Dra. Gloria Yépiz y Dra. Esther Casanueva, por su asesoría y valiosas aportaciones a este trabajo.

A la Dra. Rosario Román por su valiosa colaboración y a la M.C. Ma. José Cubillas por su intervención en este trabajo, así como al médico pediatra Jaime Hurtado por su ayuda.

A la coordinación de docencia: Dr. Juan Pedro Camou, Héctor, Martín y Ana Isabel por apoyarme cuando lo necesité.

A mis queridas amigas Adriana V. Bolaños V. y Luz María De Regil V., por su cariño y apoyo. Además, por su valiosa participación en este proyecto, tanto en el trabajo de campo como en el laboratorio.

A mis amigos y compañeros de laboratorio: René, Abraham, Gracia, Vero, José Alberto y a todos aquellos que me motivaron a salir adelante. También a mis compañeros de generación del posgrado, por los muchos momentos agradables.

Al grupo de mujeres con que trabajé. Mi más sincero agradecimiento por su tiempo, paciencia y hospitalidad, sobre todo por confiarme a sus preciosos hijos.

INDICE

	Página
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
INDICE	viii
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	1
HIPOTESIS	3
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
ANTECEDENTES	5
Lactancia al Pecho	5
Prevalencia de la lactancia al pecho	5
Factores que influyen sobre la decisión de lactar	6
Lactancia y Nutrición Materna	7
Costo energético de la lactancia	8
Efectos de la lactancia en el estado nutricio materno	11
Mujeres adolescentes lactantes	13
Volumen y Composición de Leche Materna	14
Características de la leche humana	15
Medición del volumen de leche	15
Factores maternos y del lactante que influyen en la producción de leche	18
Influencia de la nutrición materna en la composición de la leche humana	21

Nutrición Infantil	23
Alimentación al pecho y morbilidad	23
Desarrollo físico del lactante	24
SUJETOS Y METODOS	26
Homogeneización de técnicas	27
Selección de los Sujetos de Estudio	27
Medición del Estado Nutricio Materno	28
Mediciones antropométricas	28
Evaluación de la composición corporal	28
Medición de la ingestión dietaria y actividad física	30
Ingestión de Leche Humana	31
Dosificación y toma de muestras	31
Cálculo de la ingestión de leche	31
Composición de la Leche Humana	32
Toma y preparación de las muestras de leche	32
Determinación de macronutrientes	33
Determinación de proteína	33
Determinación de grasa	33
Determinación de lactosa	33
Ingestión de nutrientes y energía	33
Mediciones Antropométricas en el Recién Nacido	34
Análisis Estadístico	35
RESULTADOS	36
Selección de las Mujeres del Estudio	36
Antropometría y Composición Corporal Maternos	39
Efecto de la edad	39
Efecto de la localidad	41
Volumen de Leche Materna	46
Composición de Macronutrientes de la Leche Materna	48

Ingestión de Energía y Macronutrientes de los Lactantes	51
Crecimiento de los Lactantes	57
DISCUSIÓN	62
Participación de las Mujeres en el Estudio	62
Antropometría y Composición Corporal Maternos	63
Peso corporal	63
Grasa corporal	64
Volumen de Leche Materna	68
Composición de Macronutrientes de la Leche Materna	69
Proteína	69
Lactosa	71
Lípidos	71
Ingestión de Energía y Macronutrientes de los Lactantes	73
Energía	73
Lípidos	75
Proteína	75
Lactosa	76
Crecimiento Infantil	77
CONCLUSIONES	79
REFERENCIAS	81

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Características generales de las madres adolescentes y adultas de las dos localidades	38
2. Medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adolescentes y adultas de Hermosillo	39
3. Medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adolescentes y adultas de México	40
4. Medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adolescentes de Hermosillo y México	42
5. Coeficientes de regresión estimados y significancia de las variables predictoras del IMC: mujeres de México y Hermosillo a los 15 días post-parto	43
6. Coeficientes de regresión estimados y significancia de las variables predictoras del IMC: mujeres de México y Hermosillo a los 90 días post-parto	44
7. Medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adultas de Hermosillo y México	45
8. Ingestión de energía y nutrimentos de los lactantes de mujeres adolescentes y adultas de Hermosillo	52

9. Ingestión de energía y nutrimentos de los lactantes de mujeres adolescentes y adultas de México	53
10. Ingestión de energía y nutrimentos de los lactantes de mujeres adolescentes de Hermosillo y México	55
11. Ingestión de energía y nutrimentos de los lactantes de mujeres adultas de Hermosillo y México	56
12. Características generales de los lactantes de madres adolescentes y adultas de las dos localidades	58

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Relación entre la ingestión dietaria, el estado nutricional materno, la producción de leche y el crecimiento infantil en la lactancia	8
2. Efecto de la lactancia en el estado de nutrición materno a corto plazo	13
3. Diagrama de dosificación con D ₂ O y toma de muestras e información para el estudio a los 15 y 90 días post-parto	26
4. Total de mujeres entrevistadas y las que finalizaron el estudio	37
5. Volumen de leche en gramos por día de las mujeres por grupo de edad y localidad	46
6. Volumen de leche en gramos por kilogramo de peso del lactante por día, de las mujeres por grupo de edad y localidad	47
7. Concentración de proteína en la leche materna por grupo de edad, localidad y periodo	48
8. Concentración de lactosa en la leche materna por grupo de edad, localidad y periodo	49
9. Concentración de lípidos en la leche materna por grupo de edad, localidad y periodo	50

10. Puntaje Z de los indicadores de Talla para la Edad (T/E), Peso para la Edad (P/E) y Peso para la Talla (P/T) de los lactantes de Hermosillo	60
11. Puntaje Z de los indicadores de Talla para la Edad (T/E), Peso para la Edad (P/E) y Peso para la Talla (P/T) de los lactantes de México	61

RESUMEN

La lactancia materna demanda mucha energía, por lo que puede afectar la composición corporal de la mujer lactante, en especial la adolescente. El objetivo de este trabajo fue evaluar el proceso de la lactancia predominantemente al pecho en cuanto a calidad y cantidad de la leche producida. También, su efecto sobre el estado nutricional de madres adolescentes y adultas en dos localidades mexicanas, al primer y tercer mes post-parto. El estudio fue prospectivo y participaron 21 mujeres de Hermosillo y 20 de la Ciudad de México. Se midieron la composición corporal materna y el volumen de leche por el método de dosis a la madre utilizando dilución con óxido de deuterio. En la leche materna, se cuantificó la proteína por el método de Lowry modificado, la grasa total por la técnica del ácido sulfúrico-vainillina y la lactosa por un método enzimático. Se estimaron la ingestión dietaria y actividad física maternas (variables de ajuste) por recordatorio de 24 h y cuestionario de actividad física de 7 días. Se calcularon los puntajes Z de los indicadores de crecimiento infantil peso para la talla, talla para la edad y peso para la edad. Los volúmenes promedio de leche, fueron de 650 g/d para el primer mes y 825 g/d para el tercero. Las mujeres de Cd. de México produjeron leche con menor cantidad de lípidos ($p < 0.01$), que las de Hermosillo. Los lactantes tuvieron un crecimiento óptimo de acuerdo al estándar internacional. El peso y la grasa corporal de las adolescentes de México disminuyeron de 48.9 a 47.2 kg y de 29.3 a 24.4% respectivamente ($p < 0.05$). Al ajustar con las variables ingestión energética y nivel de actividad física maternos, la disminución del peso corporal no fue significativa. El nivel socioeconómico, lugar de residencia y porcentaje de grasa corporal materna, fueron las variables que más influyeron en la variabilidad del Índice de masa corporal. El factor ambiental tuvo influencia importante en el estado nutricional de las madres participantes. Se demostró que una muestra de madres de Hermosillo y Cd. de México, producen leche en cantidad y con la calidad necesarias para que sus hijos tengan un crecimiento óptimo durante su primer trimestre de vida. El proceso, puede afectar el estado nutricional de las madres con poca reserva de grasa al parto.

INTRODUCCIÓN

La buena nutrición en la vida temprana, es esencial en la salud del individuo a lo largo de su existencia, por ello la lactancia materna juega un papel fundamental. La leche materna ofrece beneficios inmunológicos, nutricionales, higiénicos y psicológicos. Actualmente se ha destacado su importancia en la prevención de diabetes juvenil y de sobrepeso u obesidad en la vida adulta. Además, se sugiere que los niños que reciben alimentación al seno tienen potencial para desarrollar más su inteligencia. Los beneficios que la lactancia materna proporciona, se reflejan en individuos saludables con mayor capacidad para desarrollarse en cualquier aspecto de la vida (Picciano, 1998; Hanson y col., 2001; Martorell y col., 2001; Pettit y col., 1997).

Aunque la lactancia al pecho es superior a cualquier otro régimen de alimentación, esta práctica disminuyó tanto en países industrializados como en los emergentes (Falcao-Pimentel y col., 1991). En México, durante los ochenta, sólo el 25% de los lactantes menores de cuatro meses eran amamantados al pecho (Long Dunlap y col., 1995; Grummer-Strawn, 1996). En Sonora, se encontró que la lactancia exclusiva al pecho hasta los 3 meses post-parto fue de solo 9.5% (Román Pérez y col., 1998). Para rescatar este hábito, en 1992 se diseñó a nivel mundial la iniciativa Hospital Amigo del Niño y de la Madre (HANM), que se introdujo en México en 1994 y en Sonora en 1995.

El HANM tuvo resultados positivos en el Estado, aunque de acuerdo a sondeos realizados en 1997 (Figueroa Díaz, 1997; Bolaños, 1998), no se mantuvo su impacto ni se llegó al nivel de lactancia adecuado. Se observó que los bajos niveles de lactancia encontrados, obedecen a la percepción de las madres de que no producen leche en cantidad y calidad suficientes para alimentar a sus hijos. Este problema, denominado "síndrome de insuficiencia láctea", ha sido el principal argumento de las mujeres en los últimos 20 años, para la introducción temprana de los sucedáneos de la leche materna (Román-Pérez y col., 1998; Pérez-Escamilla y col., 1992a). Lo anterior muestra la

necesidad de conocer en detalle las características y factores involucrados en el proceso de lactancia, para cada región. Esto puede ayudar a evaluar y rediseñar continuamente programas como el HANM, incorporando nuevas estrategias para lograr el impacto deseado.

La mayor parte de la multitud de estudios sobre lactancia materna se han enfocado en la calidad y cantidad de la leche, o en sus efectos en los lactantes. Entre los aspectos investigados están la influencia del consumo energético, antropometría y composición corporal maternos, sobre la producción y composición de leche (Jellife y Jellife, 1978; Lönnnerdal, 1986; Rasmussen, 1992; Villalpando y col., 1991). También se han hecho estudios sobre la relación de la cantidad y calidad de la leche materna con el estado de salud y nutrición del lactante (Butte y col., 1992a; Ruuska, 1992; Villalpando y López-Alarcón, 2000; Lovelady y col., 2000). Sin embargo, son pocos los estudios que tratan el efecto del proceso de lactancia sobre el estado nutricional materno, donde además se comparen dos poblaciones de madres de diferente región.

Sonora es un estado con características geográficas, socioeconómicas y ambientales diferentes al resto del país. El censo nacional de talla en niños de primer año es un ejemplo de las diferencias que existen entre las poblaciones del Noroeste, Centro y Sur de México (SEP, 1994). En la población sonorenses se han realizado estudios enfocados a evaluar la prevalencia de lactancia al pecho y su efecto sobre la nutrición del lactante (Margen y col., 1991; Pérez-Escamilla y col., 1992b; Román-Pérez y col., 1998; Borbón y col., 1987; Jiménez y Román, 1994). También, se ha evaluado la aplicación de programas para promover el amamantamiento y estudiar las ventajas psicológicas que implica (Román-Pérez y col., 1996; Román-Pérez y col., 1990). Sin embargo, no hay antecedentes de estudios donde se haya estimado la cantidad y composición nutricional de la leche que producen las mujeres sonorenses.

Otro aspecto desconocido en la población de Sonora, es el efecto de la lactancia en el estado nutricional de las madres, en especial las adolescentes. Se

ha observado que éstas pierden más peso y grasa corporal que las adultas durante la lactancia (Geervani y Jayashree, 1988; Casanueva y col., 1991). De acuerdo a estos estudios, el proceso puede causar un deterioro en el estado nutricional de las adolescentes, sin impactar la salud ni el peso del niño.

En la lactancia, los cambios en peso y grasa corporal de la madre ocurren en función del periodo de la misma, de la nutrición materna (Robinson, 1986) y la genética (Gutersohn y col., 2000). Una de las alternativas para estudiar la composición corporal es el método de dilución. Este permite cuantificar el agua corporal total y a partir de ésta, la masa libre de grasa y la grasa corporal. La técnica de dosis a la madre con óxido de deuterio (Coward y col., 1982) es factible para medir agua corporal total e ingestión de leche simultáneamente; se puede aplicar en investigación de campo y no interfiere con las prácticas normales de lactancia. Aunado a ello, la detección de óxido de deuterio por espectroscopia de infrarrojo aporta una ventaja adicional principalmente en términos económicos. El costo del equipo y del análisis completo, resulta mucho menor comparado con el de espectrometría de masas (De Santiago y Barbosa, 1995; Schoeller y col., 1980; Jennings y col., 1999).

Tomando en cuenta que la producción de leche puede afectar el estado nutricional materno en diferentes grados, se planteó la hipótesis que se presenta a continuación.

HIPÓTESIS

La producción láctea afecta el estado nutricional materno en diferentes grados, dependiendo de la edad y del lugar de residencia. Independientemente de este efecto, las madres producen leche en suficiente cantidad y con la calidad necesaria para cubrir las recomendaciones dietarias para sus hijos, al menos durante sus primeros tres meses de vida.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el proceso de la lactancia exclusiva al pecho en cuanto a calidad y cantidad de leche; así como en el estado nutricional de madres adolescentes y adultas, de dos localidades mexicanas, al primero y tercer mes post-parto.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Medir peso, talla y composición corporal (por el método de dilución con deuterio) de madres al inicio de la lactancia y a los tres meses post-parto en Hermosillo, Sonora y la Ciudad de México.

Evaluar la ingestión dietaria y nivel de actividad física de madres de Hermosillo y México al inicio de la lactancia y a los tres meses post-parto.

Quantificar la cantidad de leche ingerida por los lactantes alimentados primordialmente al pecho en los mismos dos periodos y localidades, utilizando el método de dilución con deuterio, por medio de dosis a la madre.

Estimar el contenido de energía a partir de las concentraciones de proteína, grasa y lactosa de la leche materna, medidas por métodos enzimáticos y colorimétricos.

Evaluar el crecimiento de los lactantes alimentados al seno en los dos periodos y localidades mediante los indicadores de crecimiento (puntaje Z de Peso para la Talla, Peso para la Edad y Talla para la Edad).

Comparar los resultados obtenidos por edad (adolescentes y adultas) y por localidad (Hermosillo y Ciudad de México)

ANTECEDENTES

Lactancia al Pecho

La superioridad de la lactancia al pecho sobre cualquier otro régimen de alimentación, se ha demostrado a través del desarrollo de la humanidad. La alimentación al pecho presenta inigualables beneficios para el niño y la madre, tanto en aspectos biológicos y psicoafectivos, como ventajas sociales, ecológicas y económicas (Picciano, 1998; Xanthou, 1998; Uauy y Andraca, 1995). Sin embargo, esta práctica ha disminuido en las últimas décadas.

Prevalencia de la lactancia al pecho

La costumbre de amamantar disminuyó primero en los países industrializados y después en los emergentes (Notzon, 1984; Falcão Pimentel y col., 1991; Leyva-Pacheco y col., 1994). En México, durante los años ochenta, sólo el 25% de los lactantes menores de cuatro meses eran amamantados al pecho (Long Dunlap y col., 1995; Grummer-Strawn, 1996). Posteriormente la incidencia fue de 38% (UNICEF, 1998), aunque el aumento tal vez se deba a que la evaluación fue realizada en niños hasta de 3 en lugar de 4 meses.

La prevalencia de lactancia materna en el estado de Sonora se ha evaluado en diversos trabajos, de los cuales sólo algunos han trascendido en publicaciones disponibles para consulta. En 1986, se llevó a cabo un estudio transversal (Román Pérez y col., 1998), donde se entrevistó a 224 mujeres. Se encontró que la lactancia exclusiva al pecho hasta los 3 meses post-parto fue del 9.5%. En un estudio longitudinal de 105 mujeres migrantes (Campbell y Latham, 1988), el 93.2% de las madres dieron pecho a sus hijos hasta los 6 meses, aunque sólo el 22% lo dio como régimen exclusivo hasta los 4.6 meses. Pérez-Escamilla y col. (1992b), encontraron que a los 16 días post-parto, sólo 24 de 73 mujeres de bajos recursos de Hermosillo, daban exclusivamente leche

materna a sus bebés. Sotelo y Barragán (1994), encontraron que sólo el 13.7% de las madres que acudían a un hospital público de concentración regional, daban exclusivamente leche materna en el primer semestre de vida del lactante. De acuerdo a estos estudios, los niveles de lactancia en Sonora en los años ochenta y parte de los noventa fueron menores que los del país.

Factores que influyen sobre la decisión de lactar

Las causas del cambio del amamantamiento hacia el uso de sucedáneos son muy diversas. Entre otras, se consideran la participación de la mujer en la fuerza laboral (Román-Pérez y col., 1995; Carballo y Peltó, 1991; Jellife y Jellife, 1978), las costumbres en los hospitales de ginecobstetricia y la dotación gratuita de fórmulas infantiles por los sistemas de salud (Wright y col., 1996; Gladen y Rogan, 1995). En nuestro país en las décadas de los setentas y ochentas, la mayoría de las madres salían de la maternidad con indicación de pecho y complemento y con su primera dotación de fórmula infantil. Los niños se alojaban en salas cuna bajo el pretexto de ser observados y eran privados del contacto con sus madres, con evidente impacto negativo en la producción de la leche (Pérez-Escamilla y col., 1992b).

Muchas madres especialmente las primerizas, han justificado la introducción del biberón por "no producir suficiente leche" (Gussler y Briesemester, 1980; Toussaint y col., 1988a; Hillervik-Lindquist y col., 1991). Sin embargo, está comprobado que el síndrome de insuficiencia láctea solo afecta al 5% de las mujeres en el mundo (Tully y Dewey, 1985). Curiosamente, en Sonora éste es casi el único argumento que se ha encontrado para justificar el abandono del amamantamiento (Román-Pérez y col., 1998; Sotelo y Barragán, 1994; Pérez-Escamilla y col., 1992a).

Para rescatar el hábito de la lactancia al pecho y reducir el riesgo de morbimortalidad infantil, en 1992 la UNICEF y la OMS lanzaron a nivel mundial la iniciativa del Hospital Amigo del Niño y de la Madre (HANM;

WHO/UNICEF,1992). Este programa se introdujo en México en 1994 y en Sonora en 1995. Con la aplicación del HANM y otros programas de apoyo a la lactancia al pecho, se ha recuperado este hábito en forma notable. A nivel mundial países como Chile, China e Irán incrementaron el porcentaje de lactancia al seno en más del 35% entre 1991 y 1996. Cuba, por ejemplo, logró el amamantamiento del 76% de los lactantes hasta el cuarto mes de vida (UNICEF, 1998).

Durante 1996, se evaluó el efecto del HANM en Hermosillo, comparando los regímenes de lactancia existentes, con los de una población similar estudiada en 1986 (Román Pérez y col., 1998). El efecto fue positivo, ya que la lactancia al pecho durante los primeros 3 meses de vida, había aumentado del 9 al 49%, mientras que la alimentación con sucedáneos había disminuido del 66% al 40%. Sin embargo, este impacto fue pasajero ya que durante 1997, sólo el 26% de las madres amamantaba a sus hijos por 3 meses (Figueroa Díaz, 1997; Bolaños, 1998). La explicación que daban fue similar a la de los años ochenta, la desconfianza de las madres en su capacidad para producir suficiente leche con la calidad adecuada.

Lactancia y Nutrición Materna

La mayoría de los trabajos sobre lactancia humana se han enfocado en la calidad y cantidad de la leche, o en sus efectos en los lactantes. Se ha investigado la influencia del consumo energético, antropometría, composición corporal y el nivel socioeconómico maternos, sobre la producción y composición de leche (Jellife y Jellife, 1978; Lönnerdal, 1986; Rasmussen, 1992; Villalpando y col., 1991). También se ha estudiado la relación de la cantidad y calidad de la leche materna con el estado de salud y nutrición del lactante (Butte y col., 1992a; Ruuska, 1992; Villalpando y López-Alarcón, 2000; Lovelady y col., 2000). La Figura 1 (tomada de Rasmussen, 1992) ilustra este tipo de

interrelaciones. Muy pocos estudios tratan el efecto del proceso de lactancia sobre el estado nutricional materno. Esto puede deberse a la percepción de que el riesgo del infante durante la lactancia al pecho es mucho mayor que el de la madre (Institute of Medicine, 1991). De hecho, un programa tan importante como el HANM, no considera el estado de nutrición de la madre dentro de sus estrategias de promoción a la lactancia exclusiva al pecho.

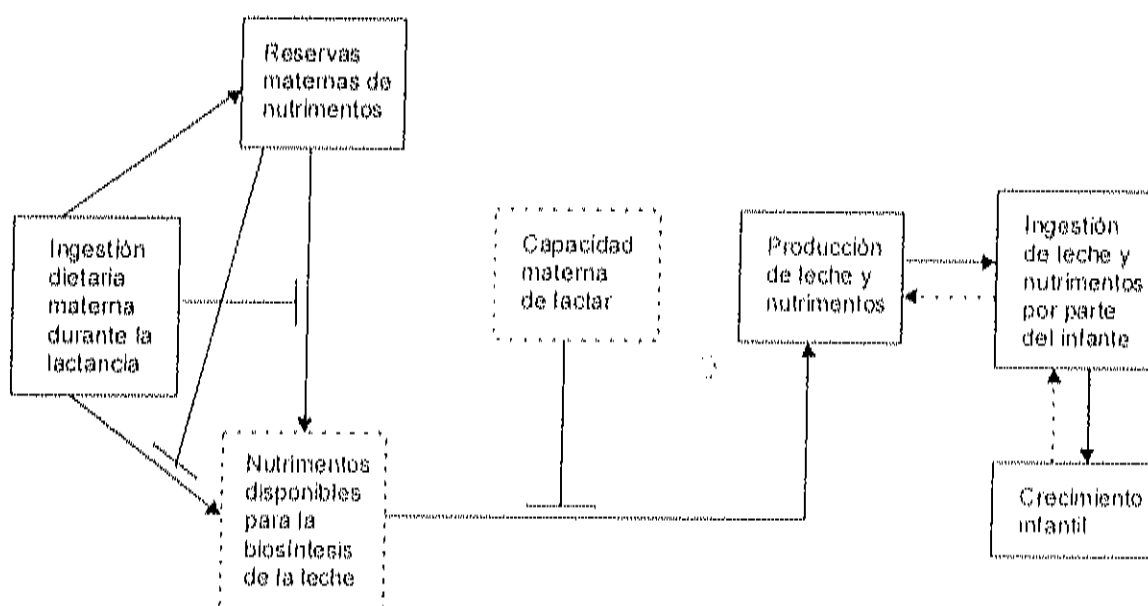


Figura 1. Relación entre la ingestión dietaria, el estado nutricional materno, la producción de leche y el crecimiento infantil en la lactancia. Variables importantes que generalmente no se evalúan (□). Transferencia directa de nutrientes (—▶) e influencia directa de un factor sobre el otro (—▶). Modificación posible del efecto sobre el cual inciden (—|) (Tomado de: Rasmussen, 1992).

Costo energético de la lactancia

La lactancia es el periodo del ciclo reproductivo humano que más energía demanda. Para calcular su costo se considera la síntesis de leche, la ingestión

dietaria y la utilización de las reservas corporales. Además, también afectan al requerimiento energético las adaptaciones metabólicas y conductuales de la madre en este período (Casanueva, 1997). Se ha calculado un costo energético de 336 kJ (80 kcal) para sintetizar 100 mL de leche (Prentice y Prentice, 1988).

Debido a la gran cantidad de energía que se utiliza en la producción de la leche, se ha recomendado incrementar la ingestión de alimentos durante el periodo de lactancia (Butte y Hopkinson, 1998). En 1985, el comité de expertos de la Organización de Alimentos y Agricultura, Organización Mundial de la Salud y Universidad de las Naciones Unidas (FAO/WHO/UNU), recomendó un consumo de energía adicional de 500 kcal/día para los primeros 6 meses de lactancia. Esto se basa en una producción media de leche de 796 mL/día y la movilización de reservas de grasa de 300 a 500 g/mes (FAO/WHO/UNU, 1985; NRC, 1989). Butte y col. (2001), recomiendan un consumo de 11.4 MJ/d (2725 kcal/d), que es incluso mayor al recomendado.

Se ha comprobado que mujeres bien nutridas de países industrializados, amamantan eficientemente sin ingerir las 500 kcal/día adicionales (NAS, 1990). En los países emergentes, en donde las mujeres no ingieren ni siquiera la recomendación básica de energía, tampoco se dan problemas para el amamantamiento (Piers y col., 1995; Adair y Pollit, 1982; Prentice y col., 1981). Tal es el caso de las indígenas otomíes de México, cuya ingestión de energía fue de sólo 1724 kcal/d a los 4 meses post-parto y no presentaron limitaciones en cuanto a volumen de leche producido (Villalpando y col., 1992).

Las reservas corporales de energía para sufragar la lactancia, difieren entre especies de mamíferos. En el embarazo, la mujer tiende a reservar más grasa corporal que otras especies. Dichas reservas se encuentran principalmente como grasa subcutánea, la cual comprende el 70-80% de la grasa corporal total (Casanueva, 1997).

Las mujeres de comunidades pobres son capaces de amamantar sin deteriorar aún más su estado nutricional (Prentice y col., 1981). Esto significa que

la reserva de grasa (pobre en mujeres desnutridas) y la ingestión energética (cuyo aumento es imposible en comunidades pobres), se optimizan durante el amamantamiento. Esto podría atribuirse a que se modula el gasto energético en sus componentes de reposo, termogénesis y actividad física. Se podría esperar una disminución del metabolismo basal, como mecanismo de adaptación que ayudaría a ahorrar energía para la lactancia. Por otro lado, también podría aumentar la tasa metabólica basal debido al gasto de energía requerido para la producción de leche. Sin embargo, no existe consenso sobre dicho aumento (Forsum y col., 1992; Spaaij y col., 1994), disminución (Guillermo-Tuazon y col., 1992; van Raaij y col., 1991) o permanencia invariable (Goldberg y col., 1991; Motil y col., 1990; Piers y col., 1995; Schutz y col., 1980; Frigerio y col., 1991).

La información sobre los mecanismos de adaptación del gasto energético, aún no es concluyente y existe controversia en los patrones encontrados. Por ejemplo, en un estudio realizado en México en una comunidad rural (Butte y col., 1997), se analizó el gasto de energía total y actividad física de mujeres lactando. Al compararlas con mujeres que no estaban lactando, no se encontraron diferencias en la movilización de reservas corporales, metabolismo basal o actividad física. Los autores concluyen que las mujeres que sí lactaron, no utilizaron mecanismos para sufragar la lactancia y que su gasto de energía pudo haberse compensado principalmente con la dieta.

Se han estudiado los patrones de actividad física de mujeres durante el período de lactancia en las áreas rurales. Los métodos utilizados han sido el de observación (Madhavapeddi y Rao, 1992; Guillermo-Tuazon y col., 1992), monitoreo del ritmo cardíaco (Schutz y col., 1980) y el del agua doblemente marcada (Singh y col., 1989). En general, durante las primeras semanas de lactancia, las mujeres tienden a disminuir su actividad física con respecto a sus labores habituales, aunque existen variaciones culturales (Lovelady y col., 1993).

Efectos de la lactancia en el estado nutricional materno

La lactancia es un estado fisiológico que, dependiendo de su duración e intensidad, tiene diferentes efectos sobre el estado nutricional materno (Rasmussen y McGuire, 1996). Esta se establece a los 3-7 días posteriores al parto. Una vez establecida, su mantenimiento depende de varios factores, tales como el estado nutricional, la dieta, los ajustes metabólicos y hormonales y el nivel socioeconómico de la madre.

Los cambios de peso corporal en el período post-parto son muy variables entre mujeres lactando intra e interpoblaciones. Varios estudios han mostrado que con la práctica de lactancia al pecho se reduce significativamente el peso corporal (Dewey y col., 2001; Vinoy y col., 2000; Motil y col., 1998; Janey y col., 1997; Dewey y col., 1993; Kramer y col., 1993). Por el contrario, un número mayor de investigaciones no han encontrado asociación entre la lactancia y la disminución de peso (Boardley y col., 1995; Brewer y col., 1989; Butte y col., 1997; Dugdale y Eaton-Evans, 1989; Öhlin y Rössner, 1990; Parker y Abrams, 1993; Schauburger y col., 1992; Van Raaij y col., 1991; Walker y Freenland-Graves, 1998).

Paradójicamente, en al menos cuatro estudios se ha encontrado pérdida de peso en el post-parto solamente en mujeres no lactantes (Newcombe, 1982; Chou y col., 1999; Potter y col., 1991) y solo uno (Rookus y col., 1987) mostró un incremento en el peso de las mujeres que alimentaron al pecho por más de dos meses. Petrucci y col. (2001), hicieron un seguimiento de madres brasileñas durante 5 años. No lograron observar un cambio significativo de peso en la población que estudiaron. Concluyeron que la relación entre lactancia al seno y los cambios en el peso corporal a largo plazo es compleja.

Los cambios en adiposidad y composición corporal varían a través del ciclo reproductivo. Durante la lactancia, estos cambios ocurren en función del período de la misma y de la nutrición materna (Robinson, 1986). También la genética puede contribuir a la retención del peso corporal en mujeres lactantes

(Gutersohn y col., 2000). Dorea (1997), compiló estudios relacionados con los cambios de peso corporal y pliegues cutáneos en mujeres lactantes de poblaciones tanto de países industrializados como emergentes. Observó poca correspondencia entre el cambio de peso corporal y el cambio en pliegues cutáneos. Algunos pliegues cutáneos pueden ser indicativos de deposición o patrones de redistribución de grasa, pero no son buenos predictores de los cambios en la grasa corporal total.

Los estudios longitudinales que evalúan los cambios en composición corporal son limitados. Butte y col. (1984b), encontraron que en 45 mujeres americanas, la grasa corporal disminuyó de 28 a 26.3% a los 4 meses post-parto. Sarduskis y col. (1988), monitorearon cambios en la grasa corporal de 23 mujeres suizas durante 6 meses post-parto. Calcularon una disminución de masa grasa de 30.4 a 29.6% por el método de dilución con ^{18}O y del 32.9 al 31.9% por conteo de potasio corporal. En mujeres otomíes lactando (Barbosa y col., 1997), la grasa corporal disminuyó de 30.8 a 28.5% entre el primer y tercer mes post-parto. En mujeres americanas, Butte y col. (2001), observaron que la movilización de energía de las reservas de grasa entre los tres y 18-24 meses post-parto fue de -0.65 ± 0.97 MJ/d (-150 ± 232 kcal/d).

La Figura 2 representa el efecto de la lactancia en el estado de nutrición materno (Rasmussen, 1992). Este diagrama ilustra el concepto de que el cambio (si hay alguno) que ocurre en el estado nutricional materno está en función de los nutrientes disponibles al momento del parto. También está en función de la ingestión dietaria y actividad física materna durante la lactancia y la cantidad total de nutrientes secretados a través de la leche materna.

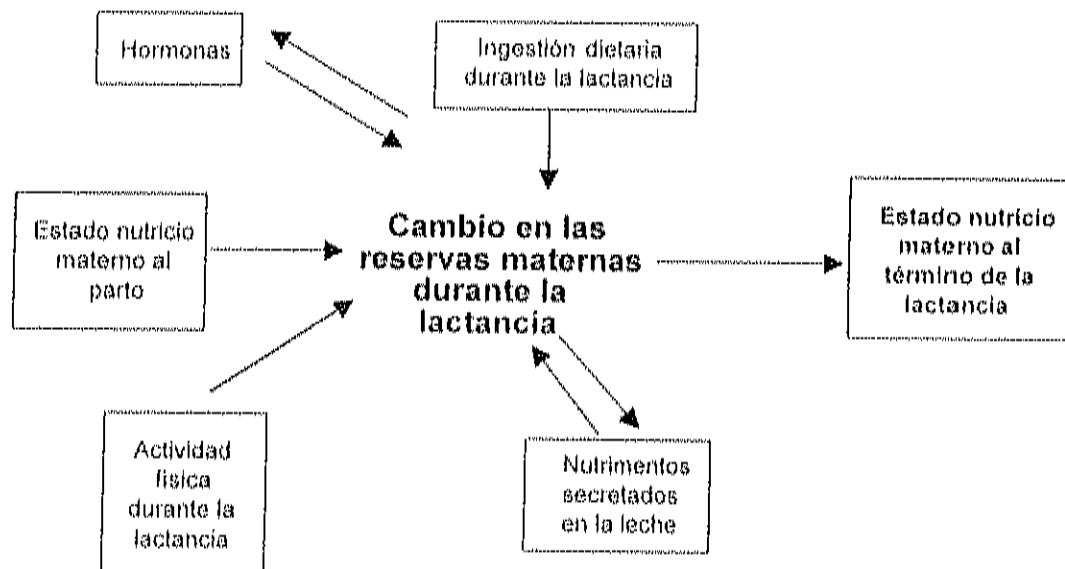


Figura 2. Efecto de la lactancia en el estado de nutrición materno a corto plazo (Modificado de: Rasmussen, 1992).

Mujeres adolescentes lactantes

Un grupo especialmente vulnerable durante la lactancia, son las madres adolescentes. Ello porque además de las necesidades energéticas inherentes al embarazo y lactancia, necesitan cubrir las de su propio crecimiento. En general, las adolescentes no completan su crecimiento lineal hasta los 4 años posteriores a la menarca. Aquellas que se embarazan a una edad ginecológica menor a los 2 años, se consideran con mayor riesgo biológico debido a que se encuentran anatómica y fisiológicamente inmaduras (Arcos Griffiths y col., 1995; Gelis y col., 1993).

Cada año, nace un millón y medio de niños de madres adolescentes en América Latina y el Caribe. De acuerdo a Weltí (1995), en los años ochenta y noventa la fecundidad general en México disminuyó en un 51%, mientras que la

fecundidad de las mujeres entre 15 y 19 años lo hizo tan solo en un 26%. A nivel nacional en las zonas urbanas y rurales, la tasa de fecundidad en las adolescentes era respectivamente de 6.17 y 9.46% (ENADID, 1997). En Sonora, las mujeres de 10 a 19 años suman un total de 220,480 (INEGI, 2000) de las cuales el 6.5% tienen hijos nacidos vivos. En Hermosillo existen alrededor de 42,430 adolescentes (12-19 años) y un 5.7% tiene hijos (INEGI, 1990). Esto ilustra la participación de las adolescentes en la fecundidad, donde en general de cada 100 mujeres púberes, seis de ellas tienen hijos.

En un estudio realizado en madres hindúes (Geervani y Jayashree, 1988), se encontró que en los primeros 3 meses de lactancia, las adolescentes perdieron más peso comparado con las adultas. Casanueva y col. (1991), analizaron la capacidad de las adolescentes para responder al esfuerzo del proceso perinatal. Para ésto, evaluaron los cambios en composición corporal de las mujeres, así como el crecimiento de sus hijos. Encontraron que las adolescentes deterioraron su estado de salud, presentando un desgaste en su peso y composición corporal, sin impactar la salud ni el peso del niño. En dicho trabajo, no se evaluó la ingestión dietaria ni la actividad física de la madre adolescente. Esto es importante porque los patrones de alimentación y actividad física de las adolescentes son muy variables. Algunas de ellas son muy activas y sus necesidades de energía son mayores que las de las sedentarias (Suitor y Forbes, 1980).

Volumen y Composición de Leche Materna

Las demandas nutricionales de la lactancia dependen principalmente de las cantidades absolutas de nutrientes transferidas de la madre al infante a través de la leche. Así, durante la lactancia, es esencial evaluar tanto el volumen como la composición de la leche humana.

Características de la leche humana

La composición de la leche humana es distinta de la leche de otros mamíferos y de las fórmulas infantiles que se ofrecen en el mercado. La leche humana contiene enzimas, hormonas, factores de crecimiento, factores de resistencia, inductores/moduladores del sistema inmune y agentes antiinflamatorios (Institute of Medicine, 1991).

La composición de la leche materna de diferentes mujeres y entre diferentes muestras de una misma mujer, presenta variaciones (Jellife y Jellife, 1978; Stafford y col., 1994). Esto se debe a que los nutrientes de la leche humana están en interacción y varían fisiológicamente en composición de acuerdo a la etapa de lactancia. La leche humana se adapta para proporcionar los nutrientes que requiere el lactante, de acuerdo a la etapa de crecimiento en la que se encuentre (Neville y col., 1984; Lönnerdal, 1986; Serra y col., 1997).

Medición del volumen de leche

El volumen de leche producida en la lactancia es muy similar entre grupos de mujeres de diferentes culturas (Butte y Calloway, 1981; Butte y col., 1984b; Stuff y col., 1986; Neville y col., 1988; Villalpando y col., 1992; Pérez-Escamilla y col., 1995; Barbosa y col., 1997; Motil y col., 1998; McCrory y col., 1999). En los países industrializados la ingestión de leche de cada lactante es de 750-800 g/d en los primeros 4-5 meses, aunque el rango oscila de 450 a 1200 g/d. Los datos en países emergentes indican un nivel promedio similar.

El método de pesado es la técnica clásica para medir ingestión de leche por el lactante. Consiste en pesar al lactante o a la madre antes y después de cada alimentación al pecho durante un periodo de 24 ó hasta 72 horas. La ingestión de leche materna se evalúa en base a la ganancia de peso del lactante o la pérdida de peso de la madre (Butte y col., 1983; Arthur y col., 1987; Neville, 1987). En la aplicación de este método, es común que se omita el

registro de peso corporal en alguno de los periodos de amamantamiento o se olvide pesar los líquidos suplementarios. Estos errores suelen ser más pronunciados cuando la madre lleva a cabo las mediciones y no lo hace con cuidado (Butte y col., 1983). Además, esta técnica es invasiva cuando el registro lo hace otra persona, ya que tendrá que mantenerse en la casa durante muchas horas, lo que interfiere con el proceso de lactancia y la intimidad familiar.

Por la demanda de tiempo, invasión de la privacidad y los errores técnicos (uso de balanzas con baja precisión) y humanos que presenta el método de pesado, se han buscado otros alternativos, como el de dilución con deuterio (Arthur y col., 1987; Lucas y col., 1987; Fjeld y col., 1988; Coward y col., 1979; 1982). El deuterio es un isótopo estable (no radioactivo) del hidrógeno. Se encuentra de forma natural y en bajos niveles en los fluidos humanos. No es tóxico y se puede tomar oralmente como óxido de deuterio, que actúa como marcador del agua corporal total. La dilución con deuterio se ha utilizado en estudios de composición corporal desde 1949 (Frils-Hansen, 1961; Lukaski, 1987). Además, con esta técnica se pueden cuantificar al mismo tiempo los volúmenes de leche producida durante la lactancia (Villalpando y col., 1992; Vio y col., 1991; Fjeld y col., 1988; Lucas y col., 1987; Coward, 1984).

En 1982, Coward y col. propusieron el método de Dosis a la Madre (MDM), que utiliza la dilución con deuterio para evaluar la ingestión de leche de los lactantes. Este método considera el modelo de lactancia como un sistema de dos compartimentos de agua corporal, que son el de la madre y el del lactante. En este procedimiento, se le ofrece a la madre una dosis oral de D_2O y durante los siguientes 14 días se toman muestras de líquido corporal de la madre y el lactante. El isótopo estable desaparece exponencialmente de la muestra materna. En el agua corporal del lactante, la concentración aumenta con el paso del tiempo hasta un máximo, y luego disminuye también en forma

exponencial. De la solución de las ecuaciones de esta cinética, se obtienen las constantes de velocidad de los flujos de agua entre la madre y su hijo. La solución simultánea de ambas ecuaciones sirve para calcular la ingestión de leche.

Una vez que el método de dosificación a la madre fue validado (Butte y col., 1988; Infante y col., 1991), se ha utilizado en algunos estudios para medir producción de leche. Vio y col. (1991), lo aplicaron para medir el volumen de leche producido por madres chilenas que fumaban en la lactancia. De igual forma, Villalpando y col. (1992), lo utilizaron para evaluar la leche producida por mujeres otomíes a los 4 y 6 meses post-parto.

El método de dilución con deuterio para medir ingestión de leche tiene la ventaja de que no interfiere con la lactancia al seno y es adecuado para aplicarse en campo. Además, la concentración de D_2O se puede medir en cantidades pequeñas de fluido biológico. Para la detección de D_2O , se utilizan técnicas como la espectroscopía infrarroja, resonancia magnética nuclear y espectrometría de masas (Fjeld y col., 1988; De Santiago y Barbosa, 1995). Esta última ha sido la más utilizada para su cuantificación.

Una de las limitaciones para la aplicación de técnicas que utilizan isótopos estables en los países emergentes es el factor económico (De Santiago y Barbosa, 1995), ya que no se cuenta con espectrómetro de masas para medir el enriquecimiento isotópico. La espectrometría de masas es una técnica costosa; sin embargo, existen otras económicamente más accesibles. Una de ellas es la espectroscopía de infrarrojo, que determina el D_2O en soluciones acuosas midiendo su absorbancia a una longitud de onda de 2513 cm^{-1} (Schoeller y col., 1980; Schloerb y col., 1951).

En años recientes, se ha utilizado la espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier para medir óxido de deuterio en fluidos biológicos (Jennings y col., 1999; Venyaminov y col., 1997). Esta metodología fue validada con respecto a la espectrometría de masas, utilizando las mediciones de D_2O

obtenidas en plasma, saliva y orina (Jennings y col., 1999). La técnica mostró una alta precisión (CV, 0.1-0.9%) y buena concordancia con el método de espectrometría de masas. El equipo de infrarrojo con transformada de Fourier es más caro que la espectroscopia de infrarrojo tradicional, pero más económico que el espectrómetro de masas. Aunque la espectroscopia infrarroja implica trabajar con concentraciones de deuterio mayores (Schoeller y col., 1980), pone el método al alcance de muchos laboratorios que no disponen de espectrómetro de masas.

Factores maternos y del lactante que influyen en la producción de leche

El manejo apropiado de la lactancia durante las primeras semanas es crítico para obtener un abastecimiento adecuado de leche. Las características del lactante que pueden influenciar el volumen de leche son el peso al nacer, la fuerza de la succión, la edad gestacional y presencia de alguna enfermedad. Durante los primeros días después del parto, cuando la bajada de la leche se está estableciendo, existe una asociación positiva entre la frecuencia de la succión y la producción de leche. Se sabe que los lactantes con mayor peso ingieren más leche, mientras que los bebés prematuros succionan débilmente (Gussler y Briesemeister, 1980; de Carvalho y col., 1983; 1985; Hopkinson y col., 1988).

Las características maternas que pudieran tener influencia en el volumen de leche producido son la edad, paridad (número de embarazos), estrés, factores hormonales, ingestión de sustancias tóxicas, el estado nutricional (Institute of Medicine, 1991), el encuentro temprano del hijo con su madre y el alojamiento conjunto (Toussaint y col., 1988a,b). Parece ser que la edad y paridad tienen poca relación con la producción de leche en la mayoría de las poblaciones.

Existen algunos estudios sobre el volumen de leche producido por madres adolescentes. Lipsman y col. (1985), encontraron que la ingestión de

leche era adecuada (basados en mediciones de crecimiento de los lactantes) en 22 niños de adolescentes bien nutridas. En otro estudio, Motil y col. (1997), encontraron que la cantidad de leche producida por adolescentes americanas fue 37-54% menor que la producida por adultas a las 12, 18 y 24 semanas post-parto. Sin embargo, este estudio tiene algunas limitantes, como el hecho de que la lactancia no fue exclusivamente al pecho. Las adolescentes ofrecían a sus lactantes un menor número de tetadas por día y una mayor frecuencia de alimentación con fórmula.

La producción de leche en el cuarto día post-parto es más alta en mujeres multíparas que en primíparas (Zuppa y col., 1988). Sin embargo, una vez que se establece la lactancia, no se han encontrado diferencias significativas en el volumen de leche producido y la paridad de la madre (Toussaint y col., 1988a; Butte y col., 1984b; Rattigan y col., 1981). Se ha observado (Toussaint y col., 1988a,b) que el encuentro temprano tiene influencia positiva sobre el establecimiento de la lactancia, mas no sobre la duración de la misma. El alojamiento conjunto y la alimentación a libre demanda, tienen un efecto compensatorio al encuentro temprano del par madre-hijo.

En cuanto a los factores hormonales, se sabe que el aumento de la concentración plasmática de prolactina (hormona que promueve la producción de leche) desempeña un papel clave en la iniciación y mantenimiento de la lactancia. La causa de la disminución en la producción de prolactina puede ser una menor frecuencia de la succión por parte del lactante (OMS, 1985). El consumo de bebidas alcohólicas y tabaco afectan negativamente la producción y composición de la leche materna. El etanol inhibe la liberación de la hormona oxitocina, que promueve la secreción láctea. La nicotina disminuye la liberación de oxitocina o de prolactina (Institute of Medicine, 1991; Vio y col., 1991; Liston y Pharm, 1997; Clements y col., 1997).

En cuanto al estado nutricional materno, se ha investigado la influencia que pudieran tener la ingestión dietaria o las reservas maternas sobre el volumen de leche producido. Algunos investigadores han desarrollado modelos de malnutrición en animales de experimentación durante la lactancia, principalmente en ratas (Young y Rasmussen, 1985; Kliever y Rasmussen, 1987). En estos estudios se observa que la producción de leche es menor si hay restricción dietaria y disminuye aún más cuando dicha restricción se da antes del proceso de lactancia. Sin embargo, el costo energético para la producción de leche es mucho menor en humanos que en el resto de las especies animales (Prentice y Prentice, 1988). Como ejemplo, en mujeres los requerimientos de energía se llenan con una ingestión adicional del 25%, mientras que en ratas la energía debe incrementarse en un 300% o más.

A pesar de la baja ingestión de energía encontrada en mujeres de países emergentes, el volumen de leche que producen a los 3 meses post-parto es similar al de las mujeres de países industrializados. En la mayoría de los estudios no se ha observado relación entre volumen de leche y la ingestión de energía por parte de la madre. Butte y col. (1984b), encontraron una correlación débil en la lactancia temprana. En Gambia, Prentice y col. (1986), encontraron una pequeña asociación entre los patrones estacionales de ingestión energética materna y la ingestión de leche del lactante. Sin embargo, concluyeron que dicha asociación se debía a cambios en los patrones de lactancia y enfermedad infantil y no a la malnutrición materna.

Teóricamente, la energía almacenada como depósitos de grasa durante el embarazo es utilizada para sostener la producción de leche en el periodo post-parto. En países industrializados, no se han asociado el volumen de leche y las variables antropométricas maternas (Butte y col., 1984b; Prentice y col., 1986). En países emergentes, la situación es similar. En una población desnutrida de Bangladesh (Brown y col., 1986), no se encontró asociación significativa entre la ingestión de leche por el lactante y las variables

antropométricas maternas. En Gambia (Prentice y col., 1986), el volumen de leche se relacionó positivamente con el peso y talla maternos. Sin embargo, esta relación desapareció al introducir el peso del lactante como variable de ajuste. En México (Barbosa y col., 1997), el volumen de leche presentó una correlación negativa con el porcentaje de grasa corporal a los 4 y 6 meses post-parto. Así, la producción de leche fue similar a la observada en otros estudios de países industrializados.

En resumen, el estado nutricional materno, medido a través de índices antropométricos, no se ha relacionado con el volumen de leche. Los lactantes de mujeres delgadas generalmente consumen leche en igual cantidad que los de mujeres con peso normal o sobrepeso.

Influencia de la nutrición materna en la composición de la leche humana

Tres aspectos de la nutrición materna pueden tener impacto en la composición de la leche humana. Estos son, la ingestión dietaria actual, la reserva corporal de nutrimentos y las alteraciones en la utilización de nutrimentos influenciada por la situación hormonal característica de la lactancia. Las alteraciones en la nutrición materna que cambian la composición de la leche humana pueden tener consecuencias positivas, neutras o negativas para el lactante amamantado. Muchas veces, cuando la nutrición materna se ve comprometida continuamente, el volumen y la composición de macronutrimentos de la leche producida, no se altera. Esto es porque dichos nutrimentos son suministrados por las reservas maternas (Institute of Medicine, 1991).

Hay varios estudios sobre composición de leche humana (Morera y col., 2000; Heinig y col., 1993; Allen y col., 1991; Kanashiro y col., 1990; Dewey y Lönnerdal, 1983; Jellife y Jellife, 1978). Sin embargo, son pocos los trabajos sobre esta temática en los países de Latinoamérica. Se tiene un estudio en la zona urbana de Caracas, con 45 mujeres venezolanas, no desnutridas (Carlas y

col., 1997). También hay algunos estudios de composición de la leche materna en indígenas de México (Butte y col., 1992a; 1997; Barbosa y col., 1997; Martínez y col., 1966). En general, la composición de lípidos y proteína tienden a ser mayores en la leche de las mujeres de países industrializados, en comparación con los países emergentes.

Se ha demostrado que el tipo de grasa consumida por la madre puede influir en la composición de ácidos grasos de su leche. Chappell y col. (1985), encontraron que el contenido de ácidos grasos *trans* en la leche humana se relacionó directamente con la ingestión materna de grasas y aceites parcialmente hidrogenados.

Lønnerdal (1986), menciona que no existe evidencia convincente de que la dieta y la composición corporal materna tengan influencia sobre la cantidad de proteína en la leche. En un estudio con sólo tres mujeres suizas (Forsum y Lønnerdal, 1980), el incremento en la ingestión materna de proteína dio como resultado un incremento en el contenido de nitrógeno total, proteína y nitrógeno no proteico en leche madura. En el estudio DARLING (Nommsen y col., 1991), se observó que a las 16 semanas post-parto, la ingestión materna de proteína se asoció positivamente con la concentración de lípidos pero no con la de proteínas en la leche. Por otro lado, en el estudio de Barbosa y col. (1997), no se encontró relación entre la concentración de proteína de la leche y el estado de nutrición materno.

El principal hidrato de carbono en la leche humana es la lactosa, un disacárido que se forma de la unión de galactosa y glucosa. Las concentraciones de lactosa en la leche humana son muy similares entre mujeres, y no hay evidencia de que puedan afectarse por los factores dietarios maternos (Institute of Medicine, 1991).

Nutrición Infantil

Entre los factores que contribuyen al estado nutricional del lactante amamantado al pecho se encuentran las reservas de nutrimentos, sobre todo las acumuladas en el útero. También la cantidad y biodisponibilidad de los nutrimentos aportados por la leche humana y los factores ambientales y genéticos. Las reservas de nutrimentos en el nacimiento están determinadas por su velocidad de transferencia a través de la placenta, el estado nutricio materno y la duración de la gestación. La ingestión total de nutrimentos por el lactante depende de la concentración y del volumen en la leche consumida. La cantidad de nutrimentos absorbidos por el lactante es a su vez afectada por su biodisponibilidad en la leche humana (Institute of Medicine, 1991).

Alimentación al pecho y morbilidad

La alimentación al pecho protege al lactante contra enfermedades infecciosas comunes, inhibe el crecimiento de patógenos microbianos y protege el estado nutricional de lactantes que viven en ambientes insalubres. También contiene agentes antimicrobianos, antiinflamatorios y estimulantes del sistema inmunológico (Hanson y col., 2001; American Academy of Pediatrics, 1997; Xanthou, 1998).

La frecuencia de las infecciones gastrointestinales es menor en lactantes alimentados al pecho que en los alimentados con fórmula. Esto sucede tanto en países industrializados (Cushing y Anderson, 1982) como emergentes (Villalpando y López-Alarcón, 2000; Clements y col., 1986; Glass y Stoll, 1989). La protección contra infecciones gastrointestinales es más evidente en poblaciones en las que los estándares sanitarios son bajos y no hay agua potable.

Otra de las ventajas de la alimentación al seno, es su efecto protector contra las alergias alimentarias. Se sabe que la alimentación temprana con

fórmulas infantiles puede desarrollar hipersensibilidad en lactantes de alto riesgo (Halken y col., 1993; 2000; Hanson y col., 2001). Para esos niños se recomienda la lactancia al seno, ya que induce y promueve la maduración natural de la barrera de la mucosa intestinal y del sistema inmune (Halken y col., 1993).

También se han estudiado los efectos de las prácticas de alimentación infantil sobre el peso corporal. Algunos estudios han indicado que los lactantes alimentados al pecho son más delgados que los alimentados con fórmula (von Kries y col., 1999; Agrelo y col., 1999). Además, se ha observado que los lactantes alimentados con leche materna presentan menor riesgo de desarrollar sobrepeso u obesidad en el futuro (Gillman y col., 2001; Martorell y col., 2001). Sin embargo, existen otros estudios que muestran una asociación débil entre lactancia al pecho y el peso corporal del lactante (Dewey y col., 1993; Heinig y col., 1993; Ferris y col., 1980; Vobecky y col., 1983). Se ha asociado la alimentación al pecho con un menor riesgo de desarrollar diabetes juvenil (Pettit y col., 1997).

Aunado a las ventajas que representa la alimentación al pecho para la protección contra enfermedades, ésta se ha asociado también con beneficios a largo plazo en el desarrollo cognoscitivo del infante. Aunque todavía los resultados son contradictorios, algunas investigaciones muestran que los niños alimentados con leche materna tienen potencial para mayor inteligencia (Angelsen y col., 2001; Anderson y col., 1999).

Desarrollo físico del lactante

Existen varios métodos para evaluar el crecimiento infantil. Actualmente, el método de los puntajes Z es el más aceptado a nivel mundial. Consiste en tomar los datos de edad, peso y talla y comparar peso para la edad (PE), talla para la edad (TE) y peso para la talla (PT), con los estándares del NCHS, recomendados por la OMS (NCHS, 1977).

En diversos estudios sobre crecimiento de los lactantes alimentados al pecho en países poco privilegiados, el crecimiento infantil puede quedar por debajo de los estándares internacionales, en un lapso de 2 a 3 meses de nacidos (Simondon, 2001; Agrelo y col., 1999; Butte y col., 1993; Butte y col., 1992a; Waterlow, 1980). Ello pudiera deberse tanto a deficiencias nutricias de la madre, como a la prevalencia de infecciones que incrementan los requerimientos del niño. En muchas ocasiones es difícil establecer la causa, aunque aún en esas condiciones es preferible la lactancia al pecho a cualquier otro régimen.

Actualmente se prepara una nueva referencia de crecimiento a nivel internacional, auspiciada por la OMS, ya que la actual no refleja el crecimiento de niños alimentados al pecho durante los primeros meses de vida. De hecho, ya se encuentra una publicación disponible, donde aparecen los nuevos patrones de crecimiento infantil para los Estados Unidos (Ogden y col., 2002). Lo ideal sería que cada población tuviera patrones de crecimiento propios en relación al consumo de leche materna. Esto ayudaría a establecer las recomendaciones necesarias, de acuerdo a la población objetivo de los programas de intervención en salud.

SUJETOS Y METODOS

El estudio es de cohorte, prospectivo, longitudinal y observacional. Se inició en agosto de 1997, una vez que el protocolo fue aprobado por el Comité de Ética del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. La colección de muestras e información se terminó en febrero del 2001. En la Figura 3 se ilustra la dosificación con óxido de deuterio, toma de muestras e información para el estudio.

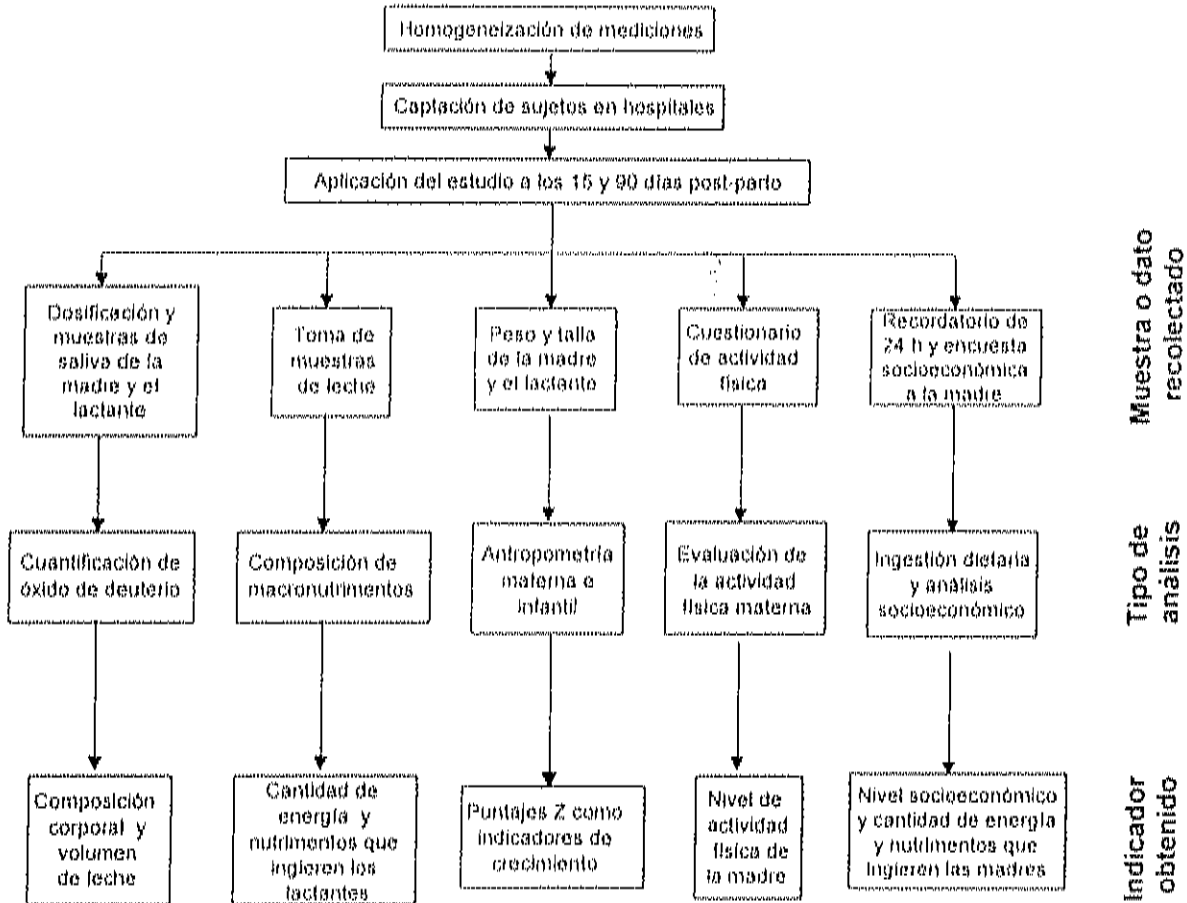


Figura 3. Diagrama de dosificación con D_2O y toma de muestras e información para el estudio a los 15 y 90 días post-parto.

Homogeneización de técnicas

Se entrenaron dos personas en cada lugar de estudio, para trabajar en la recolección de datos y muestras. El entrenamiento se realizó en el verano de 1998 e incluyó: cuidados en la selección de las mujeres, cómo plantearles el estudio, dosificación de las madres, toma de muestras de saliva en madres y lactantes, toma de muestras de leche, cuidados que se deben tener con el transporte y almacenamiento de las muestras y del óxido de deuterio. También se entrenaron en la aplicación de recordatorios de 24 h, mediciones antropométricas y encuestas de actividad física.

Selección de los Sujetos de Estudio

Se estudiaron 41 mujeres: 21 en la zona Noroeste (Hermosillo, Son.) y 20 en la zona Centro del país (Ciudad de México). En Hermosillo se tuvieron 10 adultas (grupo control) y 11 adolescentes (grupo de estudio), mientras que en la Ciudad de México fueron 10 mujeres en cada grupo de edad. El estudio tuvo una duración de tres y medio meses, durante los cuales las mujeres alimentaron primordialmente al pecho a sus hijos.

La captación de participantes se hizo en centros del Instituto Mexicano del Seguro Social y el Hospital Infantil del Estado de Sonora (HIES) en Hermosillo. En Ciudad de México, el muestreo se realizó en el Hospital del Instituto Nacional de Perinatología (INPer). Se explicó a las participantes en qué consistía el estudio y se solicitó visitarlas una vez fuera del hospital, para una explicación más amplia de éste. El resto de las visitas se hicieron en el domicilio materno. Las madres que aceptaron participar firmaron una carta de consentimiento y respondieron una encuesta para conocer sus datos socioeconómicos. En esta encuesta se tomó en cuenta el salario y el número de dependientes del mismo, tipo de material en la vivienda y si era propia, prestada o rentada, así como los servicios con que contaba.

Los criterios de inclusión que se utilizaron fueron los siguientes:

- Edad de 14.5 a 17.5 años para adolescentes y 21 a 35 años para adultas
- Lactancia primordialmente al pecho por 3.5 meses
- Que fueran primigestas
- Que no consumieran tabaco, alcohol o drogas
- Que no presentaran patologías severas como diabetes, hipertensión o epilepsia
- Que las adultas tuvieran escolaridad máxima de 12 años
- Período de gestación de 37 a 42 semanas

Como criterios de exclusión se tuvieron:

- Período de gestación menor de 37 ó mayor de 42 semanas
- Niños con bajo peso al nacer (menor de 2.5 kg)
- Niños con calificación de Apgar menor de 7
- Introducción total o parcial de fórmulas infantiles durante el estudio

Medición del Estado Nutricio Materno

Mediciones antropométricas

Se llevaron a cabo a los 15, 60 y 90 días post-parto. Se midió el peso (balanza digital electrónica AND FG-150k, con capacidad para 150 ± 0.05 kg) y la talla (dispositivo estandarizado con estadiómetro Holtain) de cada una de las participantes. A partir de éstos se calculó el Índice de masa corporal, definido como: peso /talla al cuadrado (kg/m^2). El peso pregestacional se obtuvo por recordatorio, preguntándoles su peso normal antes de embarazarse.

Evaluación de la composición corporal

Para evaluar la composición corporal de las madres, se midió el agua corporal total (ACT) utilizando una técnica de dilución con óxido de deuterio y

detección por espectroscopia infrarroja (Bolaños, 1998; Calderón de la Barca y col., 1998). La técnica de infrarrojo utilizada en este estudio, se comparó con la de espectrometría de masas, considerada como el estándar de oro. Se obtuvieron resultados comparables en cuanto a exactitud y precisión (Caire y col., 2002).

Las mediciones se llevaron a cabo en dos periodos: a) a los 15 ± 1 días y b) a los 90 ± 7 días post-parto. En el día cero del estudio se tomó una muestra de saliva basal de la madre. Después se le dieron 30 g de óxido de deuterio mezclado con 20 mL de agua potable. Para asegurar la ingestión de todo el isótopo se enjuagó el recipiente que lo contenía con 50 mL de agua potable y después se le volvió a dar a la madre para que lo tomara.

En los días 1, 6 y 14 posteriores a la dosis, se tomaron muestras de saliva de la madre utilizando algodón estéril. Una vez remojado el algodón, se extrajo de la boca con pinzas de plástico desechables y se exprimó con una jeringa desechable sobre un recipiente de borosilicato, el cual se cerró herméticamente. Las muestras de saliva se mantuvieron congeladas hasta su análisis.

Para separar el agua y el óxido de deuterio de los sólidos presentes en la muestra de saliva, ésta se congeló a -70°C y se sublimó a baja presión hasta la sequedad total. El líquido evaporado se condensó en una trampa fría (-30°C) colocada en un baño de etilenglicol al 50% (Bolaños, 1998; De Regil, 2000). Después, el líquido se filtró a través de una membrana con tamaño de poro de $0.22 \mu\text{m}$. Se midió la concentración de D_2O en la muestra sublimada y filtrada por espectroscopia infrarroja, con respecto a una curva estándar de concentración conocida. Se utilizó un espectrómetro de infrarrojo con una longitud de onda fija de 2513 cm^{-1} y una celda de fluoruro de calcio de 0.2 mm. Esta celda se termorreguló utilizando un circulador de agua (VWR mod. 1150A) a 15°C .

El punto en el que el óxido de deuterio ingerido está en equilibrio con el agua corporal de la participante (punto de equilibrio) se calculó con ayuda de un programa en Excel (Coward, 1998). A partir de éste se midió el agua corporal total (ACT) y tomando en cuenta una hidratación del 73%, se obtuvo la masa corporal libre de grasa. La grasa corporal se obtuvo restando la masa libre de grasa al peso corporal materno.

Medición de la ingestión dietaria y actividad física

La ingestión de nutrimentos por parte de la madre se llevó a cabo a través de recuentos de 24 h no consecutivos (Sanjur, 1982; NCHS, 1994). Se realizaron 4 recuentos en total, dos en cada periodo del estudio. Para ésto, se preguntó a las madres sobre lo que consumieron las 24 h previas a la entrevista. Se hicieron descripciones detalladas de la cantidad de cada alimento y bebida consumidos, incluyendo recetas y la forma de preparación. Se utilizaron modelos de cartón y de plástico para obtener una estimación cuantitativa de la ingestión. Para el análisis de la información dietaria, los datos obtenidos se codificaron utilizando un diccionario de alimentos diseñado en el propio CIAD (Ortega y col., 1999). Este se hizo con ayuda de las tablas de composición de alimentos del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), ESHA, Handbook 8 y una tabla de composición de alimentos regionales elaborada en el CIAD.

La estimación del nivel de actividad física de las mujeres se realizó en los dos periodos del estudio. Se entregó a las participantes un cuaderno de diseño especial, donde se anotaron las actividades realizadas cada hora dividida en periodos de 15 minutos. Lo anterior se llevó a cabo mediante el uso de claves y se realizó durante 7 días en cada periodo. Este método se probó en un estudio realizado en el CIAD (Haggarty y col., 1997), obteniéndose una buena correlación al compararse con el método de agua doblemente marcada.

Ingestión de Leche Humana

La misma técnica que se utilizó para medir la composición corporal de la madre sirvió para cuantificar el volumen de leche consumido por el lactante. El método se denomina de "Dosis a la madre" (Coward y col., 1982) y se aplicó en los dos períodos ya mencionados, 15 y 90 días post-parto. Cada período de medición duró 14 días.

Dosificación y toma de muestras

La dosificación se hizo en la misma forma ya descrita, con 30 g de óxido de deuterio, posterior a la toma de saliva basal. Se colectó la saliva materna los días 1, 6 y 14 posteriores a la dosificación. Se tomaron muestras de saliva del bebé a los 1, 2, 5, 6, 13 y 14 días después de dosificada la madre. Por espectroscopía infrarroja se cuantificó la cantidad de óxido de deuterio presente en las muestras de saliva.

Cálculo de la ingestión de leche

El volumen de leche ingerido por el lactante se calculó en un programa de Excel, basado en las ecuaciones de desaparición del isótopo en la madre y el bebé. Los datos de concentración (ppm) se introdujeron al programa, diseñado y modificado para medir la concentración isotópica con infrarrojo (Coward, 1998).

La dosis isotópica va desapareciendo de la madre como una exponencial simple, lo cual se representa matemáticamente de la siguiente forma:

$$C_m(t) = C_m(0)e^{-kmt}$$

donde: C es el enriquecimiento isotópico sobre los niveles basales del isótopo y k es una constante de velocidad definida como F/Q (F=flujo, Q=agua corporal total).

El intercepto en el tiempo cero se define en términos de D (dosis dada) y Q_m (ACT de la madre): $C_{m(0)} = D/Q_m$

Para el bebé, el enriquecimiento a un tiempo determinado se define como la suma de dos exponenciales decrecientes con interceptos que son numéricamente iguales pero con diferente signo:

$$C_b(t) = F_{mb} \cdot \frac{(e^{-k_{mm}t} - e^{-k_{bb}t})}{Q_b(k_{bb} - k_{mm})}$$

Estas ecuaciones se resuelven de manera simultánea para producir los valores de cada constante de velocidad y el radio F_{mb}/Q_b (F_{mb} =flujo de la madre al bebé, Q_b =ACT del bebé).

El volumen de leche se obtiene por la siguiente fórmula:

$$M = F_{mb}/W$$

donde: W = fracción de leche que es agua y F_{mb} es el flujo de líquido de la madre al bebé.

Composición de la Leche Humana

Toma y preparación de las muestras de leche

En cada periodo del estudio (primer y tercer mes post-parto), se tomaron 3 muestras de leche materna. De esta manera, se tuvo un total de 6 muestras de leche de cada madre que completó el estudio. La colección de cada una de las muestras se hizo entre las 9 y 12 h para minimizar la influencia de la variación diurna en la composición de la leche (Butte y col., 1984a). Se le pidió a la madre que amamantara al lactante para desalojar la primera leche baja en grasa. Una vez que el flujo fuera continuo y antes de que se vaciara el pecho, se colectaron 2 mL de leche mediante extracción manual realizada por la misma

mujer (Neville y col., 1984). Las muestras se transportaron al laboratorio en recipientes aislados (5-10°C) y se almacenaron a -70°C hasta su análisis.

Las muestras se descongelaron a 4°C y se mezclaron en Vortex (VWR Scientific). En el caso específico de la determinación de grasa, una vez descongeladas, las muestras se calentaron a 40°C en baño de agua para disolver los glóbulos de grasa y minimizar su adhesión al recipiente que las contenía (Jensen y Clark, 1984). Para el análisis de proteína y lactosa, las muestras se prepararon de acuerdo a lo descrito en las técnicas respectivas.

Determinación de macronutrientos

Determinación de proteína. Esta se cuantificó mediante la técnica de Lowry modificada (Peterson, 1977). La reacción colorimétrica se leyó a $\lambda = 750$ nm en un espectrofotómetro (Spectronic 21).

Determinación de grasa. Se utilizó el método del ácido sulfúrico-vainillina utilizando un juego de reactivos comercial (lípidos totales Boehringer Mannheim, Cat. No. 124303). El método se basa en la formación de un complejo colorido entre los triglicéridos, ácido sulfúrico, ácido ortofosfórico y vainillina, el cual se lee espectro-fotométricamente ($\lambda = 530$ nm).

Determinación de lactosa. La determinación de lactosa se realizó enzimáticamente usando β -galactosidasa y β -galactosa deshidrogenasa de un juego de reactivos comercial (Boehringer Mannheim, Cat. No. 176 303), de acuerdo a la AOAC (1984). Para el análisis es necesario que la muestra sea líquida, incolora y con pH neutro. Por ello, las muestras de leche se sometieron a un tratamiento de clarificación Carrez, utilizando ferricianuro de potasio y sulfato de zinc. Las soluciones de reacción se leyeron a $\lambda = 340$ nm.

Ingestión de nutrientes y energía

Para estimar la ingestión de nutrientes, se ajustaron las concentraciones de proteína, lípidos y lactosa (g/mL) con la densidad de la

leche (1.02 g/mL) para obtenerlas como g de nutrimento/g de leche. Estas se sumaron y multiplicaron por la ingestión de leche (g/d o g/kg/d). El contenido energético de la leche, se estimó a partir de la sumatoria de la concentración de nutrimentos (g/g leche) por los factores 4, 9 y 4 kcal/g para proteína, grasa y lactosa, respectivamente. El valor resultante se multiplicó por el consumo de leche materna (g/d o g/kg/d). Las ingestiones de proteína y energía se compararon con las recomendaciones dietarias (FAO/WHO/UNU, 1985).

Mediciones Antropométricas en el Recién Nacido

Se registró el peso y talla al nacer y se llevaron a cabo evaluaciones mensuales del peso (Balanza DETECTO con capacidad de 15 kg) y longitud (infantómetro Holtain) de los lactantes. Estos se compararon con los estándares de referencia del Centro Nacional para Estadísticas de Salud de Estados Unidos (NCHS, 1977), que son los que recomienda la OMS. Se calcularon los indicadores peso para la edad (PE), talla para la edad (TE) y peso para la talla (PT). Se calculó el agua corporal total (ACT) del lactante mediante la ecuación de Butte y col. (1992b), que utiliza el peso (P) y la talla (T):

$$ACT (2H) = 0.389 \times P^{0.549} \times T^{0.306}$$

La masa corporal libre de grasa de los lactantes se calculó a partir del agua corporal total y tomando en cuenta un nivel de hidratación de este compartimiento de 82.9% y 81.0% a los 0.5 y 3 meses de edad respectivamente (Butte y col., 2000). La grasa corporal infantil se calculó restando la masa magra al peso corporal total.

Análisis Estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con los paquetes NCSS (v. 6.022, 1996) y SPSS (v. 7.0, 1996). Las variables de interés se sometieron a una prueba de distribución y homogeneidad de varianza. Una vez probada su normalidad, se aplicaron las pruebas estadísticas con un nivel de significancia $\alpha= 0.05$ en todos los casos.

Para las variables producción y composición de leche, así como ingestión de nutrimentos del lactante, se hizo una comparación por periodo de lactancia (15 y 90 días post-parto), edad (adolescentes y adultas) y localidad (noroeste y centro). Se utilizó la prueba t de student pareada para la comparación por el factor periodo de lactancia y la prueba t de student para muestras independientes en las comparaciones por edad y localidad. En las comparaciones de antropometría y composición corporal maternas, se llevaron a cabo análisis de covarianza, utilizando como variables de ajuste la ingestión energética materna y el nivel de actividad física (NAF). Se aplicaron técnicas de regresión lineal múltiple por pasos hacia atrás utilizando como variables dependientes el peso, talla, IMC y porcentaje de grasa maternos, así como el volumen, composición e ingestión de leche, peso y talla del lactante. También se utilizaron coeficientes de correlación de Spearman para buscar relaciones entre las variables de interés.

RESULTADOS

Selección de las Mujeres del Estudio

En la Figura 4 se presenta la distribución de las mujeres consideradas para este trabajo. La mayoría de las que abandonaron el estudio eran de Hermosillo, así que los datos en la figura corresponden principalmente a las hermosillenses. Se entrevistó a un total de 201 mujeres para invitarlas a participar. De éstas, 121 no participaron por las diversas razones que ahí se especifican. De las restantes, 16 mujeres participaron en el estudio pero no terminaron el primer periodo del mismo. Las otras 64 mujeres terminaron el primer periodo y sólo 41 de ellas concluyó el estudio completo. De las mujeres que se perdieron al terminar el primer periodo, 3 eran de la Cd. de México (que para efectos prácticos se le llamará México solamente) y abandonaron el estudio porque dieron fórmula a sus lactantes.

El Cuadro 1 presenta las características generales de las madres adolescentes y adultas de las dos localidades. El intervalo de edad de las mujeres de Hermosillo fue de los 15 a los 23 años y de los 16 a los 32 años para las de México. La edad ginecológica de las adolescentes, calculada como la diferencia entre la edad cronológica y la de la menarca, fue de 4.5 años.

En Hermosillo, las madres participantes eran de nivel socioeconómico bajo y sabían leer y escribir (excepto dos). Para llevar a cabo el análisis por nivel socioeconómico, las mujeres de Hermosillo se dividieron en cuatro categorías del nivel bajo. Esto se hizo tomando en cuenta los criterios establecidos para los niveles socioeconómicos de las mujeres de México, que se describirán más adelante. El 60% de las participantes vivían en unión libre, el 25% estaban casadas y el resto eran madres solteras. Sólo el 35% de ellas formaron su propio hogar en pareja y las demás vivían en el hogar de los padres o en casa de los suegros.

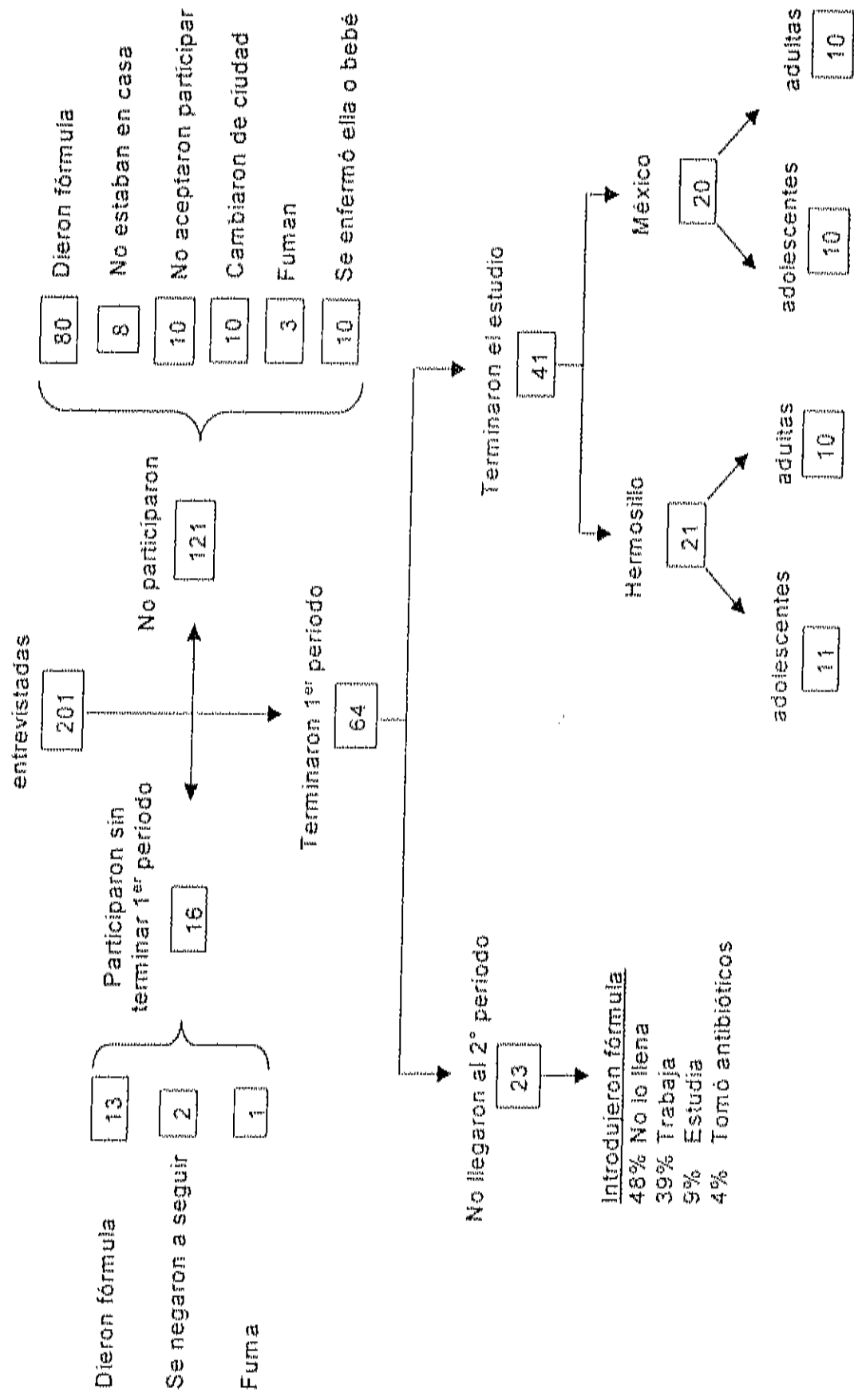


Figura 4. Total de mujeres entrevistadas y las que finalizaron el estudio.

En México, todas las participantes eran de nivel socioeconómico bajo, con categorías del 1 al 4. El nivel 1 correspondía al más bajo, donde estaban incluidas todas las madres solteras dependientes, quienes representaron 40% del total de la muestra. El nivel 2 estaba compuesto por aquellas que percibían un salario de \$900 a \$1400 pesos mensuales, más de dos dependientes y tres servicios públicos. El nivel 3, se componía por las mujeres que percibían \$1000 a \$1900 pesos, que servían para sostener a 1-2 dependientes.

Cuadro 1. Características generales de las madres adolescentes y adultas de las dos localidades

CARACTERÍSTICAS	GRUPO	
	Adolescentes	Adultas
<u>HERMOSILLO</u>		
Número de muestra	11	10
Edad (años)	16.7 ± 0.76 ^a	22.5 ± 2.4 ^b
Escolaridad (años)	9.0 ± 1.8 ^a	9.3 ± 1.6 ^a
Nivel socioeconómico	Bajo (nivel 1:27%, nivel 2: 9%, nivel 3: 46%, nivel 4: 18%)	Bajo (nivel 1:10%, nivel 2: 10%, nivel 3: 70%, nivel 4: 10%)
<u>MÉXICO</u>		
Número de muestra	10	10
Edad (años)	16.2 ± 0.99 ^a	26.7 ± 4.5 ^b
Escolaridad (años)	8.9 ± 0.64 ^a	9.4 ± 1.9 ^a
Nivel socioeconómico	Bajo (nivel 1:80%, nivel 2: 20%)	Bajo (nivel 1:20%, nivel 2: 40%, nivel 3: 20%, nivel 4: 20%)

Valores expresados como la media ± DE. Los porcentajes se obtuvieron en base al número de mujeres en cada grupo de edad por localidad

El nivel socioeconómico bajo categoría 4, se componía de las mujeres cuyo ingreso era de alrededor de \$2000 mensuales, con 1-2 dependientes y cuatro o más servicios públicos. El 90% de las participantes de México vivían en casa prestada y las demás en casa de renta. El material de construcción de la mayoría de las viviendas era la mampostería.

Antropometría y Composición Corporal Maternos

Efecto de la edad

Las medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adolescentes y adultas de Hermosillo se presentan en el Cuadro 2. No hubo diferencias en peso e índice de masa corporal entre grupos etáreos en ninguno de los dos periodos de estudio. Estos indicadores se mantuvieron prácticamente constantes durante los 3 meses del estudio.

Cuadro 2. Medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adolescentes y adultas de Hermosillo

Variable estudiada	1 MES PP		3 MESES PP	
	Adolescentes (n=11)	Adultas (n=10)	Adolescentes (n=11)	Adultas (n=10)
Peso (kg)	60.0 ± 10.2 ^a	60.9 ± 8.5 ^a	60.2 ± 11.7 ^a	59.5 ± 8.6 ^a
Talla (m)	1.56 ± 0.07 ^a	1.57 ± 0.02 ^a	1.56 ± 0.07 ^a	1.57 ± 0.02 ^a
IMC (kg/m ²)	24.6 ± 3.8 ^a	24.7 ± 3.4 ^a	24.7 ± 4.3 ^a	24.1 ± 3.4 ^a
Grasa corporal (%)	36.7 ± 4.8 ^a	32.4 ± 9.3 ^a	34.9 ± 4.9 ^a	28.8 ± 8.1 ^a

Valores expresados como la media ± D.E.

Superíndices diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Se comparan los datos de los dos grupos etáreos en cada periodo, así como los de un mismo grupo de mujeres en los dos periodos.

En ambos periodos el peso corporal se relacionó con el peso pregestacional ($r=0.872$, $r=0.825$, $p<0.0001$) y la ganancia de peso en el embarazo ($r=0.451$, $r=0.461$, $p<0.01$).

El Cuadro 3 presenta las medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adolescentes y adultas de México. El peso y el índice de masa corporal de las adolescentes fueron menores ($p<0.01$) que los de las adultas, en ambos periodos. Además, el peso de las adolescentes disminuyó entre el primero y el segundo periodo. En valores absolutos esta disminución fue significativa ($p<0.05$), aunque al ajustar por ingestión energética materna y NAF, la significancia desapareció.

Cuadro 3. Medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adolescentes y adultas de México

Variable estudiada	1 MES PP		3 MESES PP	
	Adolescentes (n=10)	Adultas (n=10)	Adolescentes (n=10)	Adultas (n=10)
Peso (kg)	48.9 ± 3.2 ^a	56.9 ± 6.5 ^{bc}	47.2 ± 3.2 ^b	57.1 ± 7.9 ^c
Talla (m)	1.53 ± 0.05 ^a	1.54 ± 0.06 ^a	1.53 ± 0.05 ^a	1.54 ± 0.06 ^a
IMC (kg/m ²)	20.9 ± 1.4 ^a	24.0 ± 2.5 ^b	20.5 ± 1.6 ^a	24.1 ± 3.2 ^b
Grasa corporal (%)	29.3 ± 6.2 ^a	32.5 ± 8.1 ^{ac}	24.4 ± 6.4 ^b	31.4 ± 8.1 ^c

Valores expresados como la media ± D.E.

Superíndices diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p<0.05$). Se comparan los datos de los dos grupos etáreos en cada periodo, así como los de un mismo grupo de mujeres en los dos periodos.

Al tercer mes, el valor absoluto de la grasa corporal fue mayor en las adultas que en las adolescentes ($p<0.05$). Sin embargo, al hacer el ajuste con la ingestión energética materna y el NAF como covariables, el porcentaje de grasa

corporal no fue diferente en los dos grupos de edad. Las adolescentes tuvieron una disminución ($p<0.05$) de la grasa corporal en el tiempo del estudio.

En el primer mes posparto, el porcentaje de grasa se correlacionó con la ganancia de peso en el embarazo ($r=0.508$, $p<0.001$) y el peso pregestacional, ($r=0.489$, $p<0.01$). Al tercer mes post-parto, la grasa materna correlacionó con el peso pregestacional, peso materno en ese periodo e IMC ($r=0.462$, $r=0.557$ y $r=0.557$, respectivamente, $p<0.01$).

Efecto de la localidad

La localidad se consideró como la zona geográfica y el conjunto de factores sociales, económicos, genéticos y culturales que forman el ambiente en el que se vive. El Cuadro 4 presenta las medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las madres adolescentes de las dos localidades. El peso y el índice de masa corporal de las adolescentes, fueron significativamente menores ($p<0.01$) en México que en Hermosillo, en ambos periodos de estudio.

Las adolescentes de Hermosillo tuvieron más grasa corporal ($p<0.01$) que las de México, en ambos periodos. En estas últimas, el indicador grasa disminuyó ($p<0.05$) hacia el segundo periodo. A los 15 días post-parto, la localidad correlacionó con el nivel socioeconómico ($r=0.458$, $p<0.005$), IMC ($r=0.356$, $p<0.05$), peso pregestacional ($r=0.491$, $p<0.01$) y el porcentaje de grasa corporal materna ($r=0.366$, $p<0.05$). A los 90 días después del parto, la localidad mostró correlación con el nivel socioeconómico ($r=0.458$, $p<0.005$), peso pregestacional ($r=0.491$, $p<0.01$), el peso materno ($r=0.409$, $p<0.05$) y el porcentaje de grasa ($r=0.344$, $p<0.05$).

Cuadro 4. Medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adolescentes de Hermosillo y México

Variables estudiadas	1 MES PP		3 MESES PP	
	Hermosillo (n=11)	México (n=10)	Hermosillo (n=11)	México (n=10)
Peso (kg)	60.0 ± 10.2 ^a	48.9 ± 3.2 ^b	60.2 ± 11.7 ^a	47.2 ± 3.2 ^c
Talla (m)	1.56 ± 0.07 ^a	1.53 ± 0.05 ^a	1.56 ± 0.07 ^a	1.53 ± 0.05 ^a
IMC (kg/m ²)	24.6 ± 3.8 ^a	20.9 ± 1.4 ^b	24.7 ± 4.3 ^a	20.5 ± 1.6 ^b
Grasa corporal (%)	36.7 ± 4.8 ^a	29.3 ± 6.2 ^b	34.9 ± 4.9 ^a	24.4 ± 6.4 ^c

Valores expresados como la media ± D.E.

Superíndices diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Se comparan los datos de las dos regiones en cada periodo, así como los de las mujeres de una misma región en los dos periodos.

Para estudiar las variables predictoras de las características maternas, se introdujo en el modelo de regresión lineal una variable de interacción compuesta por el nivel socioeconómico y el lugar de residencia, ya definido como localidad. Las variables predictoras del IMC tanto a los 15 como a los 90 días post-parto (cuadros 5 y 6) fueron las mismas, excepto por la ganancia de peso en el embarazo, que solo influyó en el primer periodo. Las otras variables fueron el porcentaje de grasa, el nivel socioeconómico y el lugar de residencia, por separado.

Cuadro 5. Coeficientes de regresión estimados y significancia de las variables predictoras del IMC: mujeres de México y Hermosillo a los 15 días post-parto

Variables introducidas	Coeficientes de regresión estimados β	Valor de p	Variables predictoras modelo final	Coeficientes de regresión estimados β	Valor de p
Grupo etáreo	-0.297	0.049	Ganancia de		
Gan. peso emb.	0.336	0.018	peso embarazo	0.289	0.027
% grasa	0.438	0.004	% grasa	0.438	0.002
Volumen leche	0.040	0.733	Localidad	1.073	0.001
Ingestión			Nivel socioecon.	1.343	0.002
energética	0.151	0.266	Interacción	1.257	0.001
NAF	0.052	0.662			
Localidad	0.990	0.006			
Nivel socioecon.	1.298	0.004			
Interacción	1.160	0.006			
$R^2=0.609$ F=6.528 p=0.0			$R^2=0.630$ F=10.094 p=0.0		

Cuadro 6. Coeficientes de regresión estimados y significancia de las variables predictoras del IMC: mujeres de México y Hermosillo a los 90 días post-parto

Variables introducidas	Coeficientes de regresión estimados β	Valor de p	Variables predictoras modelo final	Coeficientes de regresión estimados β	Valor de p
Grupo étnico	0.052	0.761	% grasa	0.508	0.003
Gan. peso emb.	0.170	0.324	Localidad	1.136	0.004
% grasa	0.328	0.090	Nivel socioecon.	1.380	0.008
Volumen leche	-0.248	0.203	Interacción	1.331	0.005
Ingestión energética	0.316	0.112			
NAF	0.171	0.292			
Localidad	1.217	0.004			
Nivel socioecon.	1.329	0.015			
Interacción	1.327	0.009			
$R^2=0.501$ $F=4.123$ $p=0.005$			$R^2=0.501$ $F=6.621$ $p=0.001$		

El análisis de regresión mostró que el IMC ($\beta=0.571$, $p=0.000$) y la interacción del nivel socioeconómico con el lugar de residencia ($\beta=0.320$, $p=0.027$), fueron las variables predictoras del porcentaje de grasa materna ($R^2=0.395$; $p=0.000$) en el primer periodo. A los 90 días post-parto, la ingestión energética ($\beta=0.370$, $p=0.019$) y el IMC ($\beta=0.604$, $p=0.000$) maternos explicaron el 39.9% de la variabilidad en la grasa corporal de las madres ($R^2=0.399$; $p=0.001$).

En ambos periodos, se probó la introducción del peso pregestacional al modelo de regresión pero sin considerar el peso e IMC maternos, ya que estos últimos presentaron colinearidad con el primero. Así, en el modelo citado el peso pregestacional ($\beta=0.331$, $p=0.032$), la ganancia de peso en el embarazo

($\beta=0.377$, $p=0.016$) y la interacción ($\beta=0.292$, $p=0.05$) fueron las variables predictoras de la grasa corporal materna en el primer periodo ($R^2=0.325$, $p=0.000$). A los 90 días, el peso pregestacional ($\beta=0.440$, $p=0.007$), la ganancia de peso en el embarazo ($\beta=0.420$, $p=0.010$) y la ingestión energética ($\beta=0.423$, $p=0.010$) explicaron el 38% de la variabilidad en el contenido de grasa materna ($R^2=0.378$, $p=0.001$).

En el Cuadro 7 se presentan las medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adultas de las dos localidades. No se encontraron diferencias interperiodo ni por localidad en ninguno de los indicadores estudiados.

Cuadro 7. Medidas antropométricas y porcentaje de grasa corporal de las mujeres adultas de Hermosillo y México

Variables estudiadas	1 MES PP		3 MESES PP	
	Hermosillo (n=10)	México (n=10)	Hermosillo (n=10)	México (n=10)
Peso (kg)	60.9 ± 8.5 ^a	56.9 ± 6.5 ^a	59.5 ± 8.6 ^a	57.1 ± 7.9 ^a
Talla (m)	1.57 ± 0.02 ^a	1.54 ± 0.06 ^a	1.57 ± 0.02 ^a	1.54 ± 0.06 ^a
IMC (kg/m ²)	24.7 ± 3.4 ^a	24.0 ± 2.5 ^a	24.1 ± 3.4 ^a	24.1 ± 3.2 ^a
Grasa corporal (%)	32.4 ± 9.3 ^a	32.5 ± 8.1 ^a	28.8 ± 8.1 ^a	31.4 ± 8.1 ^a

Valores expresados como la media ± D.E.

Superíndices diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p<0.05$). Se comparan los datos de las dos regiones en cada periodo, así como los de las mujeres de una misma región en los dos periodos.

Volumen de Leche Materna

El volumen de leche (gramos/día) producido por las madres adolescentes y adultas de las dos localidades, se presenta en la Figura 5. En las barras se observan los intervalos de los volúmenes de leche evaluados. A los 15 días post-parto, no se encontraron diferencias entre adolescentes y adultas de Hermosillo y México. Sólo el grupo de mujeres adultas de Hermosillo mostró un aumento ($p < 0.01$) de 574 ± 211 a 1011 ± 290 g/día en el volumen promedio de leche producido entre el primero y segundo periodos.

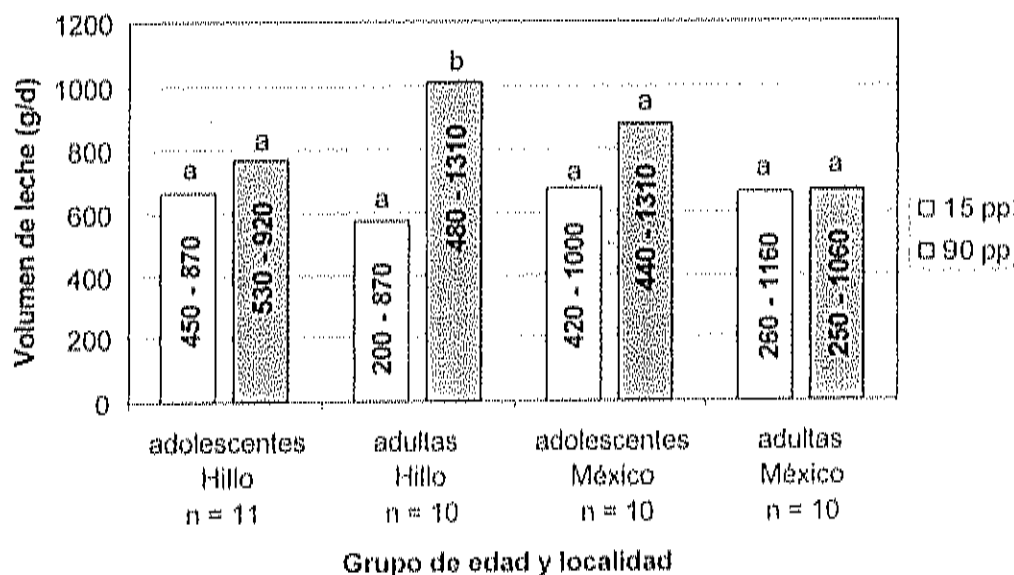


Figura 5. Volumen de leche en gramos por día de las mujeres por grupo de edad y localidad.

En el primer periodo, la regresión no mostró variables predictoras del volumen de leche, mientras que en el segundo, estas fueron la ingestión energética materna, peso y talla del bebé ($R^2=0.407$, $p=0.002$).

Al obtener el volumen de leche producido por kg de peso del lactante (Figura 6), se observó que los lactantes de las adolescentes de Hermosillo, así

como los hijos de las adultas de México, disminuyeron ($p < 0.01$) su ingestión promedio de leche (de 164 ± 29 a 118 ± 17 g/kg/d y de 189 ± 93 a 106 ± 46 g/kg/d, respectivamente). En el segundo periodo, los lactantes de las adolescentes de Hermosillo tuvieron una ingestión promedio de leche (118 ± 17 g/kg/d) menor ($p < 0.05$) que los hijos de las adultas (158 ± 45 g/kg/d) de la misma zona.

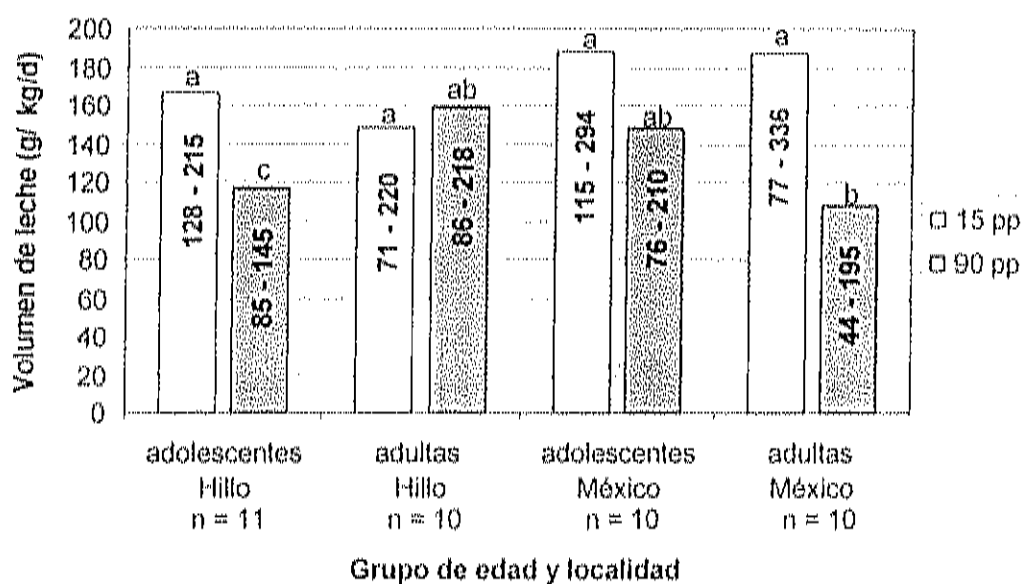


Figura 6. Volumen de leche en gramos por kilogramo de peso del lactante por día, de las mujeres por grupo de edad y localidad.

Composición de Macronutrientes de la Leche Materna

En la Figura 7 se muestra la concentración de proteína en la leche materna por edad y localidad, en los dos periodos del estudio. Tanto al primer como al tercer mes postparto, esta concentración no mostró diferencias significativas entre los dos grupos etáreos de mujeres de Hermosillo y México. Solo a los 90 días, las adultas de Hermosillo tuvieron mayor concentración de proteína ($p < 0.05$) en leche que las de México. Entre uno y otro periodo, la concentración de proteína láctea disminuyó ($p < 0.001$) en ambos grupos etáreos de mujeres de México. En el caso de las madres hermosillenses, el contenido proteico no disminuyó significativamente con el tiempo.

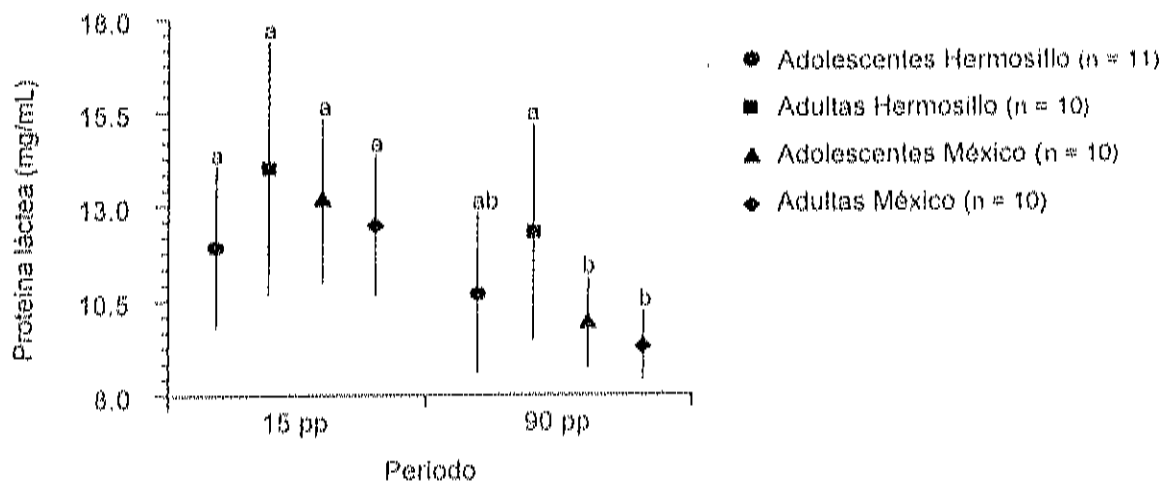


Figura 7. Concentración de proteína en la leche materna por grupo de edad, localidad y periodo.

En el segundo periodo, la ingestión energética materna y la localidad explicaron el 31.3% ($p = 0.002$) de la variabilidad en el contenido de proteína en

la leche. En este mismo periodo, la concentración de proteína láctea presentó una asociación ($r=0.449$, $p<0.01$) con la variable localidad.

Con respecto al contenido de lactosa (Figura 8), los valores promedio fueron similares en todos los casos, con la excepción de un aumento ($p<0.01$) entre el primero y el tercer mes, en la leche de las adolescentes de México. En el segundo periodo, el análisis de regresión mostró que el peso del bebé y el grupo etáreo fueron las variables predictoras ($R^2=0.200$, $p=0.028$) del contenido de lactosa en la leche materna.

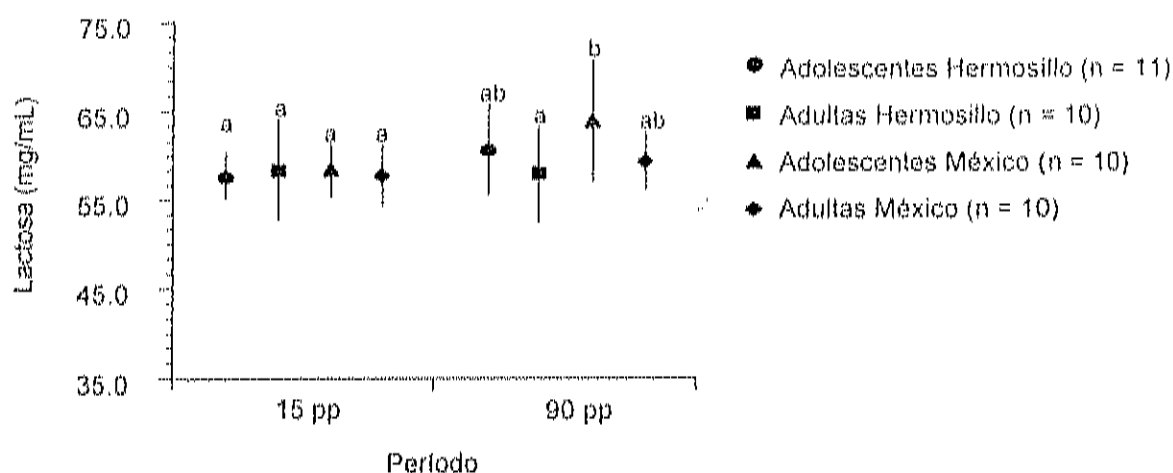


Figura 8. Concentración de lactosa en la leche materna por grupo de edad, localidad y periodo.

La Figura 9 presenta la cantidad de lípidos en la leche materna por edad y localidad. No se observaron diferencias significativas de este componente lácteo en las mujeres de México, por periodos o grupos de edad. Tampoco se encontraron diferencias por edad o periodo entre las madres de Hermosillo. En el primer periodo las adolescentes de Hermosillo tuvieron mayor ($p<0.05$)

contenido lipídico (40.5 ± 13.9 mg/mL) en su leche que las de México (28.9 ± 6.6 mg/mL). En el segundo periodo, las adultas hermosillenses presentaron mayor ($p < 0.01$) cantidad de grasa láctea (54.1 ± 19.6 mg/mL) comparadas con las adultas de México (32.8 ± 9.8 mg/mL).

En el primer mes, el peso corporal materno fue la variable predictora del contenido de lípidos en leche ($R^2 = 0.119$, $p = 0.042$). El análisis de correlación mostró una relación positiva de la ganancia de peso en el embarazo ($r = 0.441$, $p < 0.01$) y el porcentaje de grasa corporal materno ($r = 0.336$, $p < 0.05$) con el contenido de lípidos en la leche. Al tercer mes, el componente lipídico se relacionó con la localidad ($r = 0.471$, $p < 0.01$) y la talla materna ($r = 0.420$, $p < 0.05$), mientras que la variable predictora de la grasa láctea fue la localidad ($R^2 = 0.233$, $p = 0.003$).

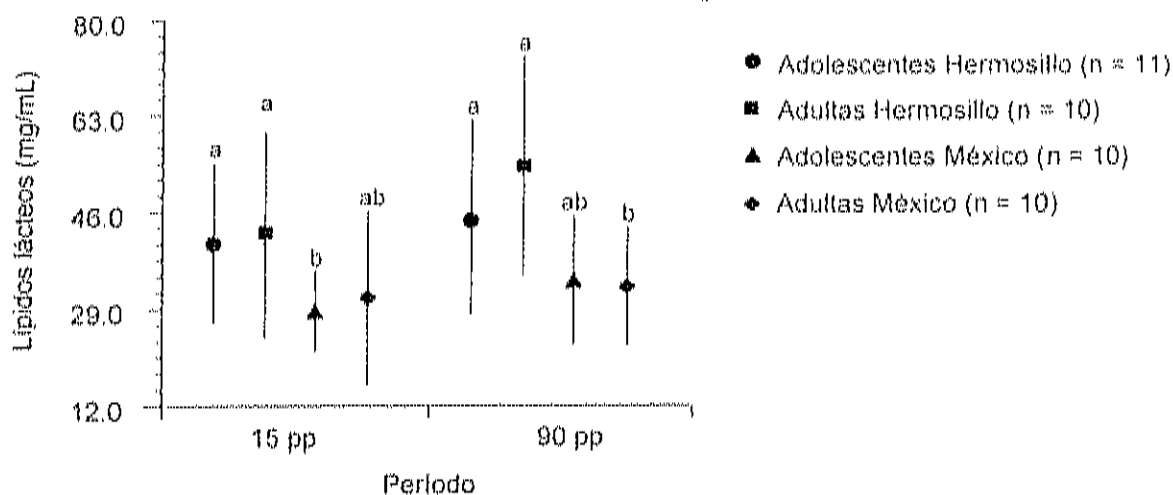


Figura 9. Concentración de lípidos en la leche materna por grupo de edad, localidad y periodo.

Ingestión de Energía y Macronutrientes de los Lactantes

La ingestión de nutrimentos por parte de los lactantes se obtuvo a partir del volumen y la composición de la leche materna consumida. El Cuadro 8 muestra la ingestión de macronutrientes y energía de los lactantes de madres adolescentes y adultas de Hermosillo. Ni el consumo de energía ni el de proteína presentaron diferencias significativas por grupo etáreo en el primer periodo. En el segundo periodo, los lactantes de las mujeres adultas consumieron más energía ($p < 0.01$) y proteína ($p < 0.01$) que los de las adolescentes. Además, la energía y proteína consumidas por los lactantes de las adultas aumentaron ($p < 0.01$) de los 15 a los 90 días post-parto. Sin embargo, el consumo de ambos componentes expresado por kilogramo de peso corporal del infante no tuvo cambios entre un periodo y otro. Solo la ingestión de proteína en g/kg/d disminuyó ($p < 0.05$) con el tiempo en los lactantes de las adolescentes.

No se encontraron diferencias significativas en la ingestión de lactosa por los lactantes de madres adolescentes y adultas hermosillenses, en ninguno de los dos periodos estudiados. Al comparar entre uno y otro periodo, el consumo de este nutrimento (g/d) aumentó ($p < 0.05$) con el tiempo; aunque al calcularlo por kg de peso del lactante se mantuvo sin cambios significativos.

La ingestión de lípidos en el primer periodo fue similar entre los hijos de adolescentes y adultas hermosillenses. En el segundo periodo, los lactantes de las últimas consumieron más grasa láctea ($p < 0.05$) que los de las adolescentes. Al comparar entre periodos, el consumo lipídico en g/d aumentó ($p < 0.05$) en el caso de las adultas.

Cuadro 8. Ingestión de energía y nutrimentos de los lactantes de mujeres adolescentes y adultas de Hermosillo

	1 MES PP		3 MESES PP	
	Lactantes de Adolescentes (n=11)	Lactantes de Adultas (n=10)	Lactantes de Adolescentes (n=11)	Lactantes de Adultas (n=10)
Energía kcal/d	422 ± 121 ^a	364 ± 174 ^b	521 ± 124 ^{ab}	749 ± 222 ^c
kcal/kg/d	104 ± 23 ^a	93.4 ± 43 ^{ab}	79 ± 19 ^a	117 ± 36 ^b
Proteína g/d	7.96 ± 2.8 ^a	7.72 ± 3.2 ^a	8.12 ± 2.1 ^a	11.96 ± 3.8 ^b
g/kg/d	1.97 ± 0.59 ^a	1.95 ± 0.65 ^{ab}	1.23 ± 0.29 ^b	1.86 ± 0.53 ^c
Lactosa g/d	37.3 ± 9.4 ^a	33.5 ± 13.2 ^a	45.6 ± 7.1 ^b	57.9 ± 18.7 ^b
g/kg/d	9.26 ± 1.6 ^a	8.61 ± 3.2 ^a	6.93 ± 1.1 ^a	9.11 ± 3.1 ^a
Lípidos g/d	26.7 ± 9.9 ^a	22.1 ± 13.4 ^a	34.1 ± 12.7 ^a	52.2 ± 18.2 ^b
g/kg/d	6.57 ± 2.2 ^a	5.68 ± 3.4 ^{ab}	5.18 ± 1.93 ^a	8.16 ± 2.9 ^b

Valores expresados como la media ± DE

Superíndices diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Se comparan los datos de los dos grupos etáreos en cada periodo, así como los de un mismo grupo de mujeres en los dos periodos.

La ingestión de macronutrimentos y energía de los lactantes de mujeres adolescentes y adultas de México se muestra en el Cuadro 9. Ni el consumo de energía ni el de proteína mostraron diferencias significativas entre grupos etáreos, en ninguno de los dos periodos.

La energía, proteína y lactosa consumidas por los hijos de las mujeres adultas, por kilogramo de peso infantil, disminuyeron ($p < 0.05$) de los 15 a los 90

días post-parto. Además, estos lactantes ingirieron menos ($p < 0.05$) lactosa (g/kg/d) que los de las adolescentes a los 90 días después del parto.

Cuadro 9. Ingestión de energía y nutrimentos de los lactantes de mujeres adolescentes y adultas de México

	1 MES PP		3 MESES PP	
	Lactantes de Adolescentes (n=10)	Lactantes de Adultas (n=10)	Lactantes de Adolescentes (n=10)	Lactantes de Adultas (n=10)
Energía kcal/d	365 ± 118 ^a	376 ± 209 ^a	528 ± 203 ^a	371 ± 133 ^a
kcal/kg/d	96 ± 37 ^a	105 ± 63 ^a	91 ± 34 ^{a,b}	59 ± 24 ^b
Proteína g/d	8.69 ± 2.7 ^a	8.53 ± 4.4 ^a	8.28 ± 2.8 ^{a,b}	6.29 ± 2.6 ^b
g/kg/d	2.27 ± 0.83 ^a	2.34 ± 1.2 ^a	1.42 ± 0.44 ^b	1.00 ± 0.45 ^b
Lactosa g/d	39.5 ± 12.8 ^a	38.9 ± 18.0 ^a	54.1 ± 18.0 ^b	39.1 ± 14.6 ^{a,b}
g/kg/d	10.4 ± 3.9 ^a	10.7 ± 5.2 ^a	9.26 ± 2.9 ^a	6.22 ± 2.6 ^b
Lípidos g/d	19.2 ± 7.2 ^a	20.7 ± 15.1 ^a	31.0 ± 15.3 ^a	21.0 ± 8.5 ^a
g/kg/d	5.05 ± 2.2 ^a	5.81 ± 4.5 ^a	5.33 ± 2.6 ^a	3.37 ± 1.6 ^a

Valores expresados como la media ± DE

Superíndices diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Se comparan los datos de los dos grupos etáreos en cada periodo, así como los de un mismo grupo de mujeres en los dos periodos.

La ingestión de lípidos lácteos no presentó diferencias por periodo ni grupo de edad. En ambos periodos, el porcentaje de grasa corporal materna, grupo etáreo y localidad explicaron el 85-93% ($p = 0.0001$) de la variabilidad en la ingestión energética de los niños.

La ingestión de energía y nutrientes de los hijos de las mujeres adolescentes de Hermosillo y México se presentan en el Cuadro 10. El consumo energético no registró diferencias por región, aunque expresado por kilogramo de peso corporal, disminuyó ($p < 0.05$) del primer al tercer mes en los lactantes de Hermosillo. En los niños de México, se registró un aumento ($p < 0.05$) de la ingestión energética en kcal/d. Todos los lactantes ingirieron más ($p < 0.05$) proteína por kilogramo de peso corporal a los 15 días que a los 90 días post-parto.

En el primer periodo, el peso del bebé fue la variable predictora de la ingestión de proteína ($R^2 = 0.591$, $p = 0.000$). La ingestión energética materna, grasa corporal materna, grupo étnico y localidad, fueron las variables predictoras del consumo proteico ($R^2 = 0.591$, $p = 0.000$) en el segundo periodo. La proteína consumida correlacionó positivamente con el volumen de leche materno a los 15 días ($r = 0.899$, $p < 0.0001$) y 90 días ($r = 0.819$, $p < 0.0001$) post-parto.

La ingestión de lactosa en g/d no presentó diferencias por región, aunque en ambas localidades aumentó ($p < 0.05$) entre periodos. Este aumento no fue significativo al considerar el peso del lactante. La ingestión de lípidos, en g/día, fue mayor ($p < 0.05$) en los lactantes de Hermosillo a los 15 días post-parto, pero en base al peso infantil no se obtuvieron diferencias en ninguno de los casos.

Cuadro 10. Ingestión de energía y nutrimentos de los lactantes de mujeres adolescentes de Hermosillo y México

	1 MES PP		3 MESES PP	
	Lactantes de Hermosillo (n=11)	Lactantes de México (n=10)	Lactantes de Hermosillo (n=11)	Lactantes de México (n=10)
Energía				
kcal/d	422 ± 121 ^a	365 ± 118 ^a	521 ± 124 ^{a,b}	528 ± 203 ^b
kcal/kg/d	104 ± 23 ^a	96 ± 37 ^a	79 ± 19 ^b	91 ± 34 ^{a,b}
Proteína				
g/d	7.96 ± 2.8 ^a	8.69 ± 2.7 ^a	8.12 ± 2.1 ^a	8.28 ± 2.8 ^a
g/kg/d	1.97 ± 0.59 ^a	2.27 ± 0.83 ^a	1.23 ± 0.29 ^b	1.42 ± 0.44 ^b
Lactosa				
g/d	37.3 ± 9.4 ^a	39.5 ± 12.8 ^a	45.6 ± 7.1 ^b	54.1 ± 18.0 ^b
g/kg/d	9.26 ± 1.6 ^a	10.4 ± 3.9 ^a	6.93 ± 1.1 ^a	9.26 ± 2.9 ^a
Lípidos				
g/d	26.7 ± 9.9 ^b	19.2 ± 7.2 ^b	34.1 ± 12.7 ^a	31.0 ± 15.3 ^{a,b}
g/kg/d	6.57 ± 2.2 ^a	5.05 ± 2.2 ^a	5.18 ± 1.93 ^b	5.33 ± 2.6 ^a

Valores expresados como la media ± DE

Superíndices diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Se comparan los datos de las dos regiones en cada periodo, así como los de las mujeres de una misma región en los dos periodos.

En el Cuadro 11 se muestra la ingestión de energía y nutrimentos de los hijos de las mujeres adultas de ambas localidades. En el primer periodo, en ninguno de los casos se encontraron diferencias significativas entre regiones. En el segundo periodo, los consumos de energía ($p < 0.001$), proteína ($p < 0.01$), lactosa ($p < 0.05$) y lípidos ($p < 0.001$), expresado en valores absolutos o por kilogramo de peso, fueron mayores en los lactantes de Hermosillo que en los de

México. Solo en el grupo de Hermosillo, el consumo de energía (kcal/d) y nutrimentos (g/d) aumentó ($p < 0.01$) a través del tiempo. Este aumento no fue significativo en base al peso corporal infantil.

Cuadro 11. Ingestión de energía y nutrimentos de los lactantes de mujeres adultas de Hermosillo y México

	1 MES PP		3 MESES PP	
	Lactantes de Hermosillo (n=10)	Lactantes de México (n=10)	Lactantes de Hermosillo (n=10)	Lactantes de México (n=10)
Energía				
kcal/d	364 ± 174 ^a	376 ± 209 ^{a,c}	749 ± 222 ^b	371 ± 133 ^c
kcal/kg/d	93.4 ± 43 ^a	105 ± 63 ^a	117 ± 36 ^a	59 ± 24 ^b
Proteína				
g/d	7.72 ± 3.2 ^a	8.53 ± 4.4 ^a	11.96 ± 3.8 ^b	6.29 ± 2.6 ^c
g/kg/d	1.95 ± 0.65 ^a	2.34 ± 1.2 ^b	1.86 ± 0.53 ^a	1.00 ± 0.45 ^b
Lactosa				
g/d	33.5 ± 13.2 ^a	38.9 ± 18.0 ^a	57.9 ± 18.7 ^b	39.1 ± 14.6 ^a
g/kg/d	8.61 ± 3.2 ^a	10.7 ± 5.2 ^a	9.11 ± 3.1 ^a	6.22 ± 2.6 ^b
Lípidos				
g/d	22.1 ± 13.4 ^a	20.7 ± 15.1 ^a	52.2 ± 18.2 ^b	21.0 ± 8.5 ^a
g/kg/d	5.68 ± 3.4 ^{a,c}	5.81 ± 4.5 ^a	8.16 ± 2.9 ^c	3.37 ± 1.6 ^{a,b}

Valores expresados como la media ± DE

Superíndices diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Se comparan los datos de las dos regiones en cada período, así como los de las mujeres de una misma región en los dos períodos.

La ingestión de proteína (g/d) de los lactantes de México, disminuyó ($p<0.01$) del primero al segundo periodo. En estos mismos lactantes, el consumo de energía ($p<0.05$), proteína ($p<0.01$) y lactosa ($p<0.01$) en base al peso corporal, disminuyeron de los 15 días a los 90 días post-parto.

El análisis de regresión mostró que el consumo lipídico de los lactantes en el segundo periodo, tuvo como variables predictoras el porcentaje de grasa corporal materno, localidad y grupo de edad ($R^2=0.359$, $p=0.003$).

Crecimiento de los lactantes

En el Cuadro 12 se presentan las características generales de los lactantes de Hermosillo y México. La longitud al nacer fue 2.2 cm mayor ($p<0.05$) en los lactantes de las adolescentes de Hermosillo que en los de México. Así mismo, estos últimos tuvieron una longitud 1.6 cm menor ($p<0.05$) al nacer que los de las adultas de la misma región. El peso y la longitud en el primer periodo no mostraron diferencias significativas por grupo etáreo o por localidad. En el segundo periodo, los lactantes de las mujeres adultas de Hermosillo tuvieron menor longitud ($p<0.05$) que los de las de México y que los de las adolescentes hermosillenses.

El porcentaje de grasa corporal de los lactantes de las dos regiones, aumentó significativamente ($p<0.001$) del primero al segundo periodo. En este último, el porcentaje de grasa corporal de los lactantes de las adolescentes de Hermosillo fue mayor ($p<0.05$), que en los de las adolescentes de México.

A los 15 días post-parto, el volumen de leche, longitud del bebé, localidad y ganancia de peso en el embarazo explicaron el 79.2% ($p=0.000$) de la variabilidad en el peso del bebé. Este último se relacionó positivamente con la energía consumida por el lactante ($r=0.337$, $p<0.05$), así como con el IMC

Cuadro 12. Características generales de los lactantes de madres adolescentes y adultas de las dos localidades

CARACTERÍSTICAS	Grupo	
	Adolescentes	Adultas
HERMOSILLO		
Número de muestra	11	10
Peso al nacer (kg)	3.23 ± 0.41 ^a	3.25 ± 0.45 ^a
Longitud al nacer (cm)	50.6 ± 1.9 ^a	50.4 ± 1.51 ^a
Peso en el 1er. periodo (kg)	4.00 ± 0.54 ^a	3.86 ± 0.64 ^a
Longitud en el 1er. periodo (cm)	52.4 ± 2.6 ^a	52.4 ± 1.7 ^a
Peso en el 2do. periodo (kg)	6.49 ± 0.74 ^b	6.38 ± 0.52 ^b
Longitud en el 2do. periodo (cm)	61.3 ± 2.5 ^b	59.9 ± 1.32 ^c
%grasa corporal 1er. periodo	15.1 ± 4.5 ^a	15.2 ± 4.2 ^a
%grasa corporal 2do. periodo	27.4 ± 2.7 ^b	27.0 ± 2.6 ^b
MÉXICO		
Número de muestra	10	10
Peso al nacer (kg)	2.91 ± 0.33 ^a	3.11 ± 0.29 ^a
Longitud al nacer (cm)	48.4 ± 1.9 ^b	50.0 ± 0.96 ^a
Peso en el 1er. periodo (kg)	3.59 ± 0.31 ^a	3.68 ± 0.37 ^a
Longitud en el 1er. periodo (cm)	51.9 ± 1.7 ^a	52.4 ± 1.4 ^a
Peso en el 2do. periodo (kg)	5.82 ± 0.52 ^b	6.34 ± 0.79 ^b
Longitud en el 2do. periodo (cm)	60.2 ± 2.0 ^b	61.5 ± 1.6 ^b
%grasa corporal 1er. periodo	11.8 ± 2.8 ^a	12.5 ± 3.3 ^a
%grasa corporal 2do. periodo	24.2 ± 2.5 ^c	25.5 ± 3.6 ^{bc}

Valores expresados como la media ± DE

Superíndices diferentes entre renglones y columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) para el mismo indicador

pregestacional materno ($r=0.366$, $p<0.05$). La grasa corporal del bebé se relacionó positivamente con la ingestión energética ($r=0.355$, $p<0.05$), peso ($r=0.994$, $p<0.0001$) y talla ($r=0.889$, $p<0.0001$) del lactante. A los 90 días post-parto, las variables predictoras del peso corporal infantil fueron la longitud del bebé, localidad y grasa corporal materna ($R^2=0.612$, $p=0.000$). En cuanto a la longitud del bebé, las variables predictoras en el primer periodo fueron el peso infantil y la localidad ($R^2=0.688$, $p=0.000$). En el segundo periodo, las dos anteriores y el porcentaje de grasa corporal materna explicaron el 55.8% de la variabilidad en la longitud infantil ($R^2=0.558$, $p=0.000$).

Todos los lactantes se agruparon como un solo conjunto de Hermosillo y otro de México. En la Figura 10 se muestran los valores de los puntajes Z para los indicadores de crecimiento en los lactantes de Hermosillo. El peso para la edad y peso para la talla, fueron significativamente mayores ($p<0.01$) al tercer mes, comparados con el primero.

Los puntajes Z para los indicadores de crecimiento en los lactantes de México se observan en la Figura 11. Los tres indicadores fueron significativamente mayores ($p<0.01$) al tercer mes, comparados con el primero. En el primer periodo, el peso para la talla se relacionó con la localidad ($r=0.504$, $p<0.01$) y el peso para la edad con el peso pregestacional materno ($r=0.432$, $p<0.01$).

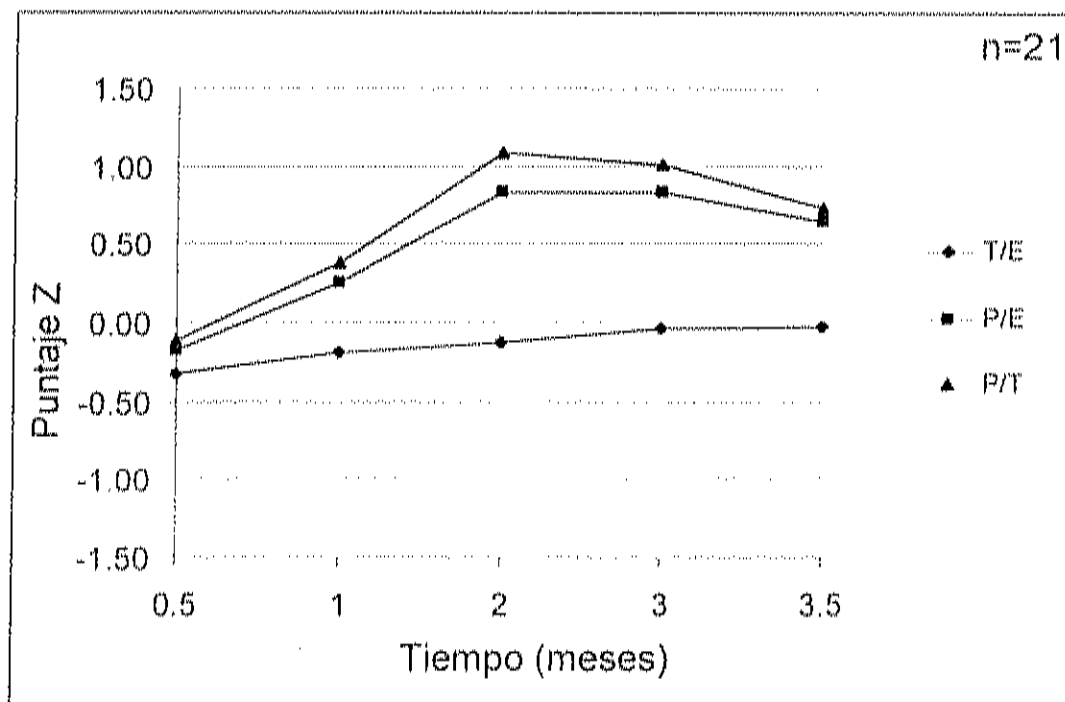


Figura 10. Puntaje Z de los indicadores de Talla para la Edad (T/E), Peso para la Edad (P/E) y Peso para la Talla (P/T) de los lactantes de Hermosillo.

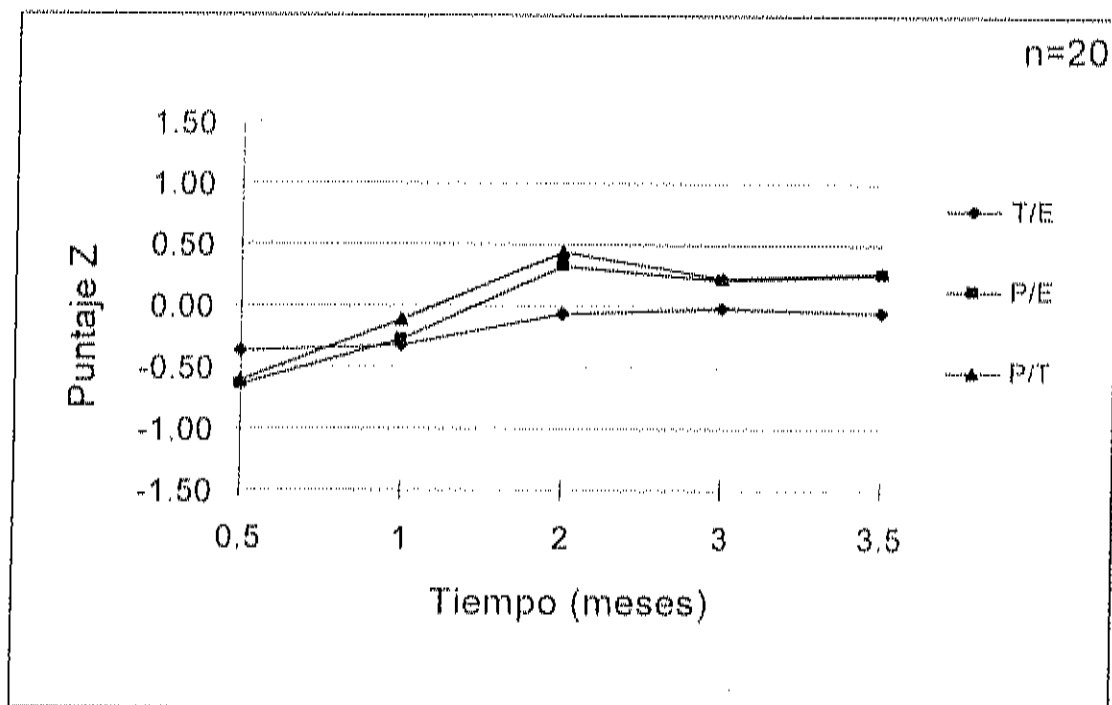


Figura 11. Puntaje Z de los indicadores de Talla para la Edad (T/E), Peso para la Edad (P/E) y Peso para la Talla (P/T) de los lactantes de México.

DISCUSIÓN

Este estudio fue diseñado para evaluar el proceso de la lactancia exclusiva al pecho y su efecto sobre el estado nutricional de mujeres adolescentes y adultas, de Hermosillo y México. Los primeros tres meses de lactancia no sólo son los más importantes para el desarrollo del lactante; también llevan consigo los cambios maternos fisiológicos y de composición corporal más dramáticos (Dorea, 1997). Estos dependen en buena medida del estado de nutrición materno, la historia reproductiva, la etapa y tipo de lactancia (Dorea, 1997; Rasmussen y McGuire, 1996).

En este trabajo se controlaron algunas variables que pudieran ser confusoras para el análisis del proceso de lactancia. La paridad es un factor definitivo que influye en el estado de nutrición materno, por lo que se incluyeron en el estudio solo mujeres primigestas. Todas las madres practicaron la lactancia exclusiva al pecho, por lo que el tipo de lactancia no tiene efecto sobre su composición corporal. Otros factores que se eliminaron fueron el bajo peso al nacer y el consumo de tabaco o alcohol por las madres.

Participación de las mujeres en el estudio

El índice alto de deserción en la muestra de mujeres, especialmente las de Hermosillo, tuvo como causa principal la introducción de fórmula, por "no llenar al bebé" o síndrome de insuficiencia láctea. Se observó que de 201 mujeres, 93 (46.4%) no establecieron la lactancia, ya que brindaron fórmula láctea a sus hijos. La presencia del síndrome de insuficiencia láctea coincide con estudios anteriores de la misma población (Román-Pérez y col., 1998; Pérez Escamilla y col., 1992a). Así, se confirma la persistencia del problema, aún después de varios años de HANM.

Antropometría y Composición Corporal Maternos

Una de las hipótesis de este trabajo, fue que durante la lactancia exclusiva al seno, se afecta en mayor grado el estado nutricional de las madres adolescentes que el de las adultas. En la muestra de estudio, las adolescentes de México presentaron un mayor desgaste en su peso y grasa corporal.

Peso corporal

Las mujeres adultas de los dos sitios de estudio, así como las adolescentes de Hermosillo, prácticamente mantuvieron su peso corporal durante los tres meses post-parto. De hecho, se pudo observar que de manera individual, aproximadamente la mitad de las mujeres no sólo no perdieron peso, sino que lo ganaron. Esto confirma que no existen resultados concluyentes sobre el efecto de la lactancia en el peso corporal materno, tal como se puntualizó en los antecedentes.

Las adolescentes de México perdieron en promedio 1.7 kg de peso corporal durante el periodo de estudio, lo cual equivale a 18.8 g/día. La pérdida de peso también se observó en las adolescentes de Casanueva y col. (1991). En otro estudio con mujeres de la India lactantes, las adolescentes perdieron más peso (2.9 kg en promedio) que las adultas en un periodo de tres meses.

Las implicaciones en salud pública de la pérdida de peso durante la lactancia, dependen del contexto en el cual se encuentre la mujer. Así, una pérdida mayor puede ser benéfica en poblaciones afluentes, pero causar detrimento en poblaciones mal nutridas (Dewey y col., 2001; Adair y Popkin, 1992; Winkvist y Rasmussen, 1999). Por ello, algunos autores sugieren que en las poblaciones mal nutridas se debe suplementar a las mujeres amamantando, en lugar de promover una reducción en el tiempo de la lactancia exclusiva.

En teoría, la lactancia se sostiene parcialmente por la movilización de las reservas de tejido acumuladas durante el embarazo. Uno de los factores que con más consistencia se ha asociado al cambio de peso en el periodo de

lactancia es la ganancia de peso en el embarazo. En este estudio, la variable mencionada se obtuvo restando el peso pregestacional (obtenido por recordatorio) del peso a los 15 días post-parto (Sarduskis y col., 1988). Así, esta ganancia reflejaría la grasa que se acumuló para el periodo de lactancia. En este trabajo, se encontró que el peso corporal materno se relacionó con la ganancia de peso en el embarazo. De hecho, al revisar los resultados para cada mujer, se observó que las adolescentes de México, que fueron las que perdieron peso, hablan ganado menos peso en el periodo gestacional.

Existen otros factores que en algunas ocasiones se identifican como predictores del cambio de peso en el periodo de la lactancia. Algunos de estos son el peso pregestacional, edad, paridad, raza, hábito de fumar, ejercicio, trabajo fuera de casa y la lactancia. Esta última ha resultado estadísticamente significativa en algunos de los estudios. Gelis y col. (1993), encontraron una asociación directa entre la práctica de la lactancia y la pérdida de peso en 28 adolescentes lactantes de la Ciudad de México.

Grasa corporal

El porcentaje de grasa de las mujeres de Hermosillo y adultas de México en promedio fue de 28 a 37%, lo cual concuerda con lo descrito por otros autores para mujeres mexicanas (Barbosa y col., 1997; Casanueva y col., 1991). Los datos de grasa corporal tuvieron intervalos muy amplios: del 16 al 45% en el caso de las mujeres de México y 16-47% en las de Hermosillo.

En este estudio la pérdida de grasa corporal durante tres meses de lactancia, sólo se dio en las adolescentes de México. Estas tuvieron una disminución de 4.9 puntos porcentuales de grasa corporal del primero al segundo periodo. El comportamiento de la grasa en las adolescentes de México, fue similar al encontrado por Casanueva y col. (1991), en mujeres de la misma región. En el estudio mencionado, a los 5 meses post-parto la grasa representaba el 22% del peso corporal de las adolescentes.

En las adolescentes de México, el IMC fue una de las variables que explicaron con mayor fuerza la grasa corporal. Así, la pérdida de peso y grasa corporal encontrados, reflejan que las reservas acumuladas durante el embarazo se movilizaron para subsidiar el proceso de la lactancia. La movilización de grasa representó una porción considerable de la energía total utilizable, correspondiente a 189 kcal/d. Este es un valor mayor que las 150 y 156 kcal/d publicadas por Butte y col. (2001; 1984b) y menor a las 343 kcal/d obtenidas por Brewer y col. (1989).

El resultado de pérdida de grasa en las adolescentes de México es mayor que lo encontrado en algunos estudios que evalúan cambios en la composición corporal de mujeres lactantes. Estos informan sobre 1-2% de pérdida en la grasa corporal en periodos de 2-6 meses. Uno de ellos en mujeres suizas, refiere 0.8% de pérdida de grasa en 6 meses (Sadurskis y col., 1988). En mujeres americanas dicha pérdida se ha cuantificado en 1.7%, para un periodo de 4 meses (Butte y col., 1984b). Barbosa y col. (1997), publicaron que en mujeres otomíes la grasa disminuyó 2.3% en sólo 3 meses. Existen otros estudios donde se ha observado hasta un 10-15% de pérdida de grasa (Manning-Dalton y Allen, 1983), medida por uno o más pliegues subcutáneos. En otros casos, se presenta un aumento de 5 o más puntos porcentuales de grasa en la lactancia (Forsum y col., 1989; Brewer y col., 1989) medida por el cambio en el pliegue tricípital.

Es importante considerar las peculiaridades del metabolismo del tejido adiposo, con el fin de entender los cambios en la composición corporal y poder interpretar los resultados. Rebuffe-Scrive y col. (1985), midieron la lipólisis de los tejidos y la actividad de la lipoproteína lipasa en biopsias de tejido femoral y abdominal. Los autores concluyeron que las células de grasa de diferentes regiones del cuerpo humano muestran una respuesta distinta durante el proceso de lactancia.

Los niveles altos de estrógenos durante el embarazo, promueven una distribución de grasa de tipo ginoïdal (gluteofemoral) y los incrementos en la grasa corporal van de los muslos hacia el tronco (Taggart y col., 1967). Sin embargo, durante la lactancia el patrón se comporta de manera contraria, la grasa se moviliza del tronco hacia los muslos (Butte y col., 1984b; Sohlström y Forsum, 1995). Además, todos los pliegues cutáneos disminuyen, excepto el tricípital (Forsum y col., 1989; Dugdale y Eaton-Evans, 1989; Brewer y col., 1989; Dewey y col., 1993; Kramer y col., 1993). El estado nutricional materno juega un papel importante, mientras que en las mujeres bien nutridas el pliegue tricípital se incrementa o no se afecta durante los 3 primeros meses de lactancia, en las mujeres desnutridas parece ser un indicador importante de la movilización de reservas de grasa (Dorea, 1997).

Todo este comportamiento fisiológico de la grasa corporal en la lactancia, indica que este proceso no solo depende del peso actual de la mujer y de su ingestión dietaria. Los antecedentes de nutrición y reproducción, así como la genética, constituyen un papel primordial en los cambios de composición corporal de la mujer lactante.

El peso y porcentaje de grasa corporal encontrado en las adolescentes de México a los 3 meses post-parto, obliga a evaluar el efecto del cambio en las reservas de grasa en los grupos de mujeres lactantes que se encuentran con mayor riesgo. Así, surge el cuestionamiento de cómo se afectará el estado nutricional de las adolescentes de México si continúan con la lactancia exclusiva por más de 3 meses.

En el análisis comparativo se observó que el lugar de procedencia tuvo efecto en el peso y la grasa corporal de las adolescentes de este estudio. En virtud de lo anterior, se exploraron más específicamente las causas de las diferencias encontradas por lugar de residencia. Uno de los factores que pudo brindar una explicación a los resultados obtenidos fue el nivel socioeconómico. Aunque todas las mujeres del estudio fueron de nivel socioeconómico bajo, en

el caso de las mujeres de México éste tenía varios niveles. Así, el 80% de las adolescentes de México fueron de nivel socioeconómico 1, que es el más bajo. En esta misma región, solo el 20% de las adultas pertenecía al nivel 1, mientras que el resto se ubicó en los niveles 2, 3 y 4. En el caso de las mujeres de Hermosillo, todas ellas eran de nivel socioeconómico bajo, aunque se observó que éste correspondía principalmente al nivel 3 de la clasificación realizada a las de México.

El nivel socioeconómico se asoció con la localidad. Sin embargo, al introducir esta variable al modelo de regresión, no apareció como predictora. Entonces se procedió a introducir en el modelo la variable de interacción entre el lugar de residencia y el nivel socioeconómico, a lo cual se le definió como localidad. Así, se obtuvo que en ambos periodos tanto la variable de interacción como el lugar de residencia y el nivel socioeconómico por separado, resultaron predictoras del índice de masa corporal. También, a los 15 días post-parto la interacción fue variable predictora del porcentaje de grasa materna. Esto indica que a ciertos niveles de ingreso (en este caso el nivel socioeconómico más bajo), la localidad es importante para explicar las diferencias que se observaron entre las adolescentes de México y el resto de las participantes.

Se observó que independientemente de las diferencias en mestizaje que pudieran existir entre los grupos de mujeres de las dos regiones, el factor ambiental se impuso sobre el biológico y tuvo influencia importante en el estado nutricional materno. Esto explica en buena medida el bajo peso y porcentaje de grasa corporal con que comenzaron y terminaron el estudio las adolescentes de México. Aunque el instrumento de medición de la ingestión dietaria no permitió estudiar diferencias en la dieta entre grupos de mujeres, se sabe de otros estudios (Popkin y Bisgrove, 1988; Amigo y col., 2000) que un nivel socioeconómico precario da lugar a una dieta insuficiente y por lo tanto a un peso y composición corporal bajos.

Volumen de Leche Materna

Los volúmenes de leche producidos por las mujeres que participaron en este estudio, concuerdan con los publicados en otros países como Suecia (Hofvander y col., 1982), Estados Unidos (Dewey y Lönnerdal, 1983) y Dinamarca (Michaelsen y col., 1994). En otros estudios (Neville y col., 1988; Butte y col., 1984a), los promedios fueron ligeramente mayores para el primer mes (770 y 751 g/d) que los obtenidos en este estudio. En un trabajo realizado en Honduras (Pérez-Escamilla y col., 1995), el volumen de leche a los 4 meses fue de 797 g/d, menor al que se encontró en este trabajo a los 3 meses. El volumen de leche producida por indígenas mexicanas (Barbosa y col., 1997), fue muy similar (843 g/d) al que se obtuvo en este estudio a los 3 meses posparto.

La ausencia de diferencias en el volumen de leche producido por grupos de edad y región, concuerda con lo señalado en diversos trabajos, donde se menciona que el volumen de leche es independiente de cualquier factor materno o ambiental. Es decir, no existen diferencias en la producción láctea de madres con diferente consumo energético, talla, composición corporal y nivel socioeconómico (Villalpando y col., 1992).

En un estudio hecho con 45 madres bien nutridas, Butte y col. (1984b), no encontraron relación entre el volumen de leche producido y los parámetros antropométricos. Barbosa y col. (1997), en un trabajo con 21 mujeres otomles mexicanas, encontraron una relación inversa entre el volumen de leche y el porcentaje de grasa corporal. Sólo Motil y col. (1997), señalan que las madres adolescentes americanas produjeron significativamente menor cantidad de leche que las adultas. Sin embargo, al analizar con detalle el diseño del estudio, se observa que muchas de las adolescentes ofrecían lactancia mixta a sus lactantes. Esto obviamente lleva consigo una disminución en la demanda por parte del lactante, con una consecuente disminución en la ingestión de leche

materna, ya que una buena parte de su requerimiento lo cubre con fórmula láctea.

El resultado que indica que el peso y talla del lactante fueron variables determinantes en el volumen de leche producido, concuerda con lo descrito por otros autores (Michaelson, 1997; Dewey y col., 1991; Neville y col., 1988; Dewey y Lönnerdal, 1986). Estos muestran que el lactante juega un papel activo en la regulación del volumen de leche. Es por eso que en este estudio también se calculó el volumen de leche en base al peso corporal del lactante, que se incrementa en un 50% durante los primeros 4 meses. En general, no hubo un incremento del volumen de leche. No se conoce la razón por la cual se presenta esta regulación de la ingestión de leche expresada por kilogramo de peso infantil. Probablemente es un reflejo de la reducción en los requerimientos de energía durante este periodo de edad. También puede ser consecuencia de un mecanismo de protección del organismo materno para no agotar sus reservas (Michaelson, 1997).

Composición de Macronutrientes de la Leche Materna

Proteína

Los valores de la concentración de proteína obtenidos, coinciden con los encontrados en la leche de madres bien nutridas, que varían de 14.4 a 16.8 mg/mL para el primer mes y entre 12.3 y 15.2 mg/mL para el tercer mes de lactancia (Michaelson, 1997; Carias y col., 1997; Barbosa y col., 1997; Dewey y Lönnerdal, 1983). En un estudio longitudinal desde el día 6 post-parto hasta el comienzo del destete, Allen y col. (1991), evaluaron la composición de la leche materna. Estos autores demostraron que se producen cambios lentos pero continuos en la composición láctea durante el tiempo de lactancia. Así, la leche materna está en un proceso de cambio, donde la concentración de proteína disminuye durante la lactancia, tal como sucedió en este estudio. De acuerdo a

Michaelsen (1997), la tendencia de la proteína a disminuir continúa hasta los 6 meses y después tiende a estabilizarse.

La ingestión proteínica materna pudo tener influencia en la proteína láctea, cuya concentración fue menor en las mujeres de México. En un estudio con mujeres otomíes (Villalpando y col., 1991), el nitrógeno no proteico, como porcentaje del nitrógeno total, estuvo en el rango más bajo de acuerdo a valores publicados en otros trabajos. Los autores mencionan que esto puede deberse a la baja ingestión de proteína de las mujeres otomíes.

Motil y col. (1996), señalan que las necesidades de proteína para la producción de leche, representan cuantitativamente una porción pequeña (<3%) del metabolismo proteico del organismo materno. Motil y col. (1998), suponen que la ingestión adicional de proteína de las mujeres lactantes, se utiliza para la síntesis de proteína, pero también de los constituyentes no proteicos de la leche humana.

En las mujeres de México, la leche de las adolescentes presentó mayor contenido de proteína que la de las adultas. Brasil y col. (1991), encontraron significativamente mayor contenido de proteína en la leche de adolescentes comparada con la de adultas. Lönnnerdal (1986), menciona que el contenido de proteína en la leche puede variar cuando existe desnutrición energético-proteínica. De acuerdo a Lunn y col. (1980), la mujer desnutrida presenta altos niveles de prolactina en suero, para proporcionar mayor cantidad de nutrimentos a la producción de leche. Lo encontrado en este estudio en cuanto a proteína láctea, sugiere que las adolescentes de México pudieron tener un nivel de prolactina similar al de mujeres desnutridas, para cubrir la demanda de nutrimentos del lactante.

Michaelsen (1997), encontró que la paridad tuvo un efecto sobre la concentración de proteína en la leche de mujeres danesas lactantes. Menciona que la concentración de proteína en la leche de las primigestas fue mayor que en la de las multigestas. Esto probablemente sea un mecanismo que ofrece al

primer hijo, que puede ser de menor peso, la oportunidad de ajustar su crecimiento. En este trabajo todas las mujeres eran primigestas, de tal forma que el factor paridad no pudo tener influencia en el contenido proteico de la leche materna.

Lactosa

Los valores de lactosa en la leche de las mujeres de este estudio en ambos periodos fueron en general ligeramente menores a los publicados por otros (Carias y col., 1997; Michaelsen y col., 1994; Lipsman y col., 1985; Butte y col., 1984b). Una posible causa de la menor concentración de lactosa en las leches maternas analizadas, es que estas tuvieron una concentración elevada de lípidos. Esto disminuye la fracción acuosa, que es donde está contenida la lactosa (Neville y col., 1984). La tendencia de este componente a aumentar con el tiempo, concuerda con lo publicado (Allen y col., 1991), donde se señala que la concentración de lactosa en leche aumenta durante la lactancia.

Se sabe que el peso del lactante es determinante en el volumen de leche producido, tal como se obtuvo en este estudio, donde también fue predictor del contenido de lactosa en leche. Dicho resultado puede relacionarse con lo expresado por Nomssen y col. (1991), quienes encontraron una asociación positiva del volumen de leche y la concentración de lactosa. Los autores argumentaron que la lactosa es el nutrimento que contribuye en mayor medida a la osmolaridad de la leche materna, determinando así el volumen de fluido secretado por la glándula mamaria.

Lípidos

Tal como se ha publicado (Allen y col., 1991), el contenido de lípidos en la leche de las mujeres de este estudio tuvo la tendencia a aumentar entre los 15 y los 90 días post-parto. La falta de significancia en este aumento seguramente se debió a la gran variabilidad en el contenido de lípidos en las

diferentes muestras de leche (19-68 mg/mL en el primer periodo y 23-88 mg/mL en el segundo). A este respecto, es ya conocida la amplia variación de la grasa entre las leches de diferentes madres, durante cada periodo de alimentación y entre días de lactancia (Neville y col., 1984; Lönnnerdal, 1986).

Un factor que pudo tener influencia en la variabilidad de lípidos en la leche, es la toma de muestra de la misma. De acuerdo a lo observado en otros estudios (Neville y col., 1984; Stafford y col., 1994), lo más conveniente es obtener la leche vaciando completamente el seno, haciendo esto en un periodo de 24 horas. En este estudio, sólo se tomaron unos millilitros de leche materna y se tuvo cuidado de obtener la leche a la mitad de la tetada. De esta forma disminuyó la posibilidad de obtener una leche muy acuosa (la del inicio de la tetada) o muy grasosa (la del final de la tetada).

La cantidad de lípidos en la leche de las hermosillenses coincide con los valores encontrados en otros estudios con mujeres bien nutridas. Por otro lado, la concentración de lípidos en la leche de las de México, coincide con los valores publicados para mujeres lactantes desnutridas. En cinco estudios en países industrializados (Dewey y Lönnnerdal, 1983; Butte y col., 1984b; Clark y col., 1982; Michaelsen, 1997; Allen y col., 1991) se encontraron niveles de lípidos lácteos de 40-55 mg/mL a los 30 días y de 46 a 70 mg/mL a los 90 días post-parto. El contenido de grasa láctea en la leche de mujeres en países emergentes (Butte y Calloway, 1981; Prentice y col., 1983; Brown y col., 1986; Barbosa y col., 1997), fue de 35 y 31 mg/mL a los 30 y 90 días post-parto respectivamente. Esto pone de manifiesto una diferencia importante entre ambos grupos de países. Las diferencias concuerdan con las observaciones de que el contenido de lípidos de la leche materna es proporcional a la grasa corporal de las madres lactantes (Nommsen y col., 1991), tal como se obtuvo en este trabajo

En una población desnutrida de Bangladesh (Brown y col., 1986), la energía contenida en la leche fue mayor en mujeres con mayor medida de

circunferencia de brazo y pliegue tricúspital. En este mismo estudio y en el de Michaelsen (1997), se encontró una correlación positiva entre la concentración de lípidos en la leche y la ganancia de peso en el embarazo. Nommsen y col. (1991) y Barbosa y col. (1997), observaron que la grasa materna se relacionó positivamente con la concentración de lípidos lácteos. Ruel y col. (1997), encontraron relación entre el Índice de masa corporal de madres guatemaltecas y el contenido de grasa en la leche que produjeron. En el presente trabajo se observó que las mujeres de Hermosillo presentaron mayor peso y grasa corporal y por consecuencia un elevado contenido de lípidos en su leche.

En este estudio no se encontró relación entre el contenido de lípidos en la leche y la dieta. No existe evidencia de que los cambios en la ingestión de grasa tengan influencia sobre la cantidad de lípidos en la leche materna, aunque sí en la composición de los mismos (Lönnerdal, 1986). Sanders y col. (1978), encontraron que la leche de mujeres vegetarianas en Gran Bretaña contenía cinco veces más de ácidos grasos $C_{16:2}$ que la de no vegetarianas. Chappell y col. (1985), publicaron que el contenido de ácidos grasos *trans* en la leche humana se relacionó directamente con la ingestión materna de grasas y aceites parcialmente hidrogenados.

Ingestión de Energía y Macronutrientes de los Lactantes

Energía

Por la gran variabilidad de la grasa láctea, los resultados de ingestión energética se consideran como estimaciones (Dewey y Lönnerdal, 1983). En este estudio, el consumo energético varió de 117 a 738 kcal/d en el primer periodo y de 128 a 991 kcal/d en el segundo. Las diferencias encontradas en la ingestión de energía en las dos localidades, eran de esperarse, ya que el contenido de lípidos en la leche de las mujeres de México fue menor. La tendencia de la ingestión energética infantil de aumentar con el tiempo, se debe

a que los lactantes aumentaron su peso del primero al tercer mes y por lo tanto necesitaron más energía. Los resultados obtenidos son similares a los publicados en otros trabajos (Michaelsen, 1997; Barbosa y col., 1997; Saint y col., 1984; Dewey y Lönnerdal, 1983).

La recomendación de la FAO/OMS (1985), para el consumo energético durante el primer mes, es de 116 kcal/kg/d y de 103 kcal/kg/d para el tercer mes. Así, los lactantes de las adolescentes y adultas de Hermosillo cubrieron al menos el 88 y 90% de la recomendación en el primer mes, respectivamente. Los lactantes de estas mismas mujeres cubrieron el 77 y 114% de la recomendación al tercer mes. Los lactantes de las adolescentes y adultas de México, cubrieron el 83 y el 91% de la recomendación en el primer periodo, y el 88 y 57% de la recomendación en el segundo. De esta baja ingestión de energía surge el cuestionamiento de si el volumen de leche consumido por los lactantes fue suficiente. Sin embargo, al evaluar el volumen de leche residual en mujeres lactantes, Dewey y col. (1991) encontraron un valor mayor de 100 g/d. Entonces, una menor ingestión de leche por parte del lactante, no es debida a una producción de leche inadecuada por parte de la madre, sino que la ingestión de leche del lactante puede estar autorregulada (Dewey y Lönnerdal, 1986).

En otras investigaciones, se ha mostrado este mismo patrón de consumo energético por debajo de la recomendación, pero con un crecimiento adecuado (Michaelsen, 1997; Carias y col., 1997; Heinig y col., 1993; Dewey y Lönnerdal, 1983). De hecho, se ha mencionado que la actual recomendación de energía para lactantes está sobreestimada y es necesario modificarla. Butte (1996), publicó nuevas estimaciones de las necesidades de energía en lactantes, con base en el gasto energético total medido por agua doblemente marcada. Esta autora recomienda una ingestión de 86-90 kcal/kg/d a los 1-2 meses y 82-83 kcal/kg/d a los 3-4 meses de edad. Los valores de ingestión energética

obtenidos en este estudio son prácticamente idénticos a las nuevas estimaciones de Butte.

A pesar de que se observa la ingestión energética por debajo de la recomendación, sobre todo en el caso de los lactantes de las adultas de México, todos ellos presentaron un peso y talla adecuados, como se describe en la sección de crecimiento infantil.

Lípidos

La ingestión de grasa de los lactantes de este estudio fue comparable (ligeramente superior en los de las adultas de Hermosillo) a la obtenida por otros autores (Michaelsen, 1997; Butte y col., 1984a;1984b; Dewey y Lönnerdal, 1983). El hallazgo de que al tercer mes la grasa corporal materna tuvo influencia en la ingestión de lípidos, confirma lo ya discutido en las secciones anteriores en cuanto a la contribución de las reservas maternas a la síntesis de la leche. También se relaciona con lo encontrado por Nommsen y col. (1991), quienes sugieren que los factores maternos, como la composición corporal, tienen mayor influencia sobre el contenido lipídico de la leche después de los 3 meses de lactancia. La energía proveniente del consumo de grasa en los lactantes de Hermosillo fue de 58-63% y en los de México del 47% al 53%. Es decir, más de la mitad de la energía consumida por los lactantes de las dos regiones, provenía de la grasa láctea.

Proteína

Los resultados de ingestión de proteína en base al peso corporal del lactante fueron similares o ligeramente superiores a los publicados (Michaelsen, 1997; Butte y col., 1984b; Dewey y Lönnerdal, 1983). El consumo de este nutrimento tuvo una tendencia a disminuir con el tiempo, como ya se ha observado anteriormente (Michaelsen, 1997; Butte y col., 1984a).

La ingestión de proteína que se recomienda para lactantes de 1-2 meses y de 3-4 meses es de 2.3 y 1.5 g/kg/d respectivamente (FAO/WHO/UNU, 1985). En este estudio, los lactantes de las mujeres de Hermosillo cubrieron del 87 al 88% de la recomendación en el primer periodo y 84-126% en el segundo. Los hijos de las mujeres de México cubrieron 101-104% de la recomendación para proteína en el primer mes y 68-97% en el tercero. Estos porcentajes en general son mayores a los obtenidos en estudios con niños que lactan al pecho (Michaelsen, 1997; Heinig y col., 1993), donde la ingestión de proteína fue alrededor de un 70% de la recomendación.

Michaelsen (1997), observó baja ingestión de proteína con respecto a la recomendación, en lactantes alimentados al seno. El autor menciona que a pesar de la incertidumbre sobre los requerimientos reales de proteína, no existe razón para creer que los lactantes de su estudio recibieron una cantidad insuficiente de la misma. Esto lo afirma por los valores adecuados de albúmina sérica (indicador del estado proteínico en lactantes) obtenidos.

El aporte de energía proveniente de la ingestión de proteína en el presente estudio, fue de 6.4 a 7.7% en los lactantes de Hermosillo y de 6.8 a 9.5% en los lactantes de México. Este aporte fue ligeramente mayor al estimado (6.5%) por Michaelsen (1997) y comparable al obtenido por Butte y col. (1984a).

Lactosa

La ingestión de lactosa de los lactantes de este estudio fue menor a la obtenida en otros trabajos. Butte y col. (1984a), obtuvieron una ingestión de 48.4 ± 6.5 g/d en el primer mes. Dewey y Lönnnerdal (1983), la estimaron en 49.2 ± 15.3 g/d y 58.7 ± 10.4 g/d en el primero y tercer mes, respectivamente. El consumo de este disacárido aumentó del primero al segundo periodo en todos los casos, como ya se ha mencionado (Dewey y Lönnnerdal, 1983). La lactosa aportó 29-36% del total de calorías ingeridas por los lactantes hermosillenses y 38-43% del total de la energía consumida por los lactantes de México. Se

observa que el aporte de lactosa al consumo energético total, es mayor en el caso de los lactantes de México. Esto era de esperarse, ya que la cantidad de lípidos en la leche de las mujeres de México fue menor, aumentando la fase acuosa y por lo tanto el aporte de lactosa.

CreCIMIENTO Infantil

En los primeros meses de vida, cuando el crecimiento es especialmente rápido, los lactantes ganan alrededor de 200 g en peso y 1 cm en talla semanalmente. Existe también evidencia de que la alimentación en la infancia tiene consecuencias a largo plazo para el metabolismo, desarrollo y enfermedades en la vida adulta (Lucas y col., 1990; Barker, 1995).

El desarrollo físico, equilibrio metabólico, buena salud y nutrición del lactante es una prueba indirecta de la adecuada producción de leche materna durante la lactancia. En este estudio, el crecimiento de los lactantes se evaluó como un indicador indirecto de la adecuación de la leche materna en cantidad y calidad (Jelliffe y Jelliffe, 1978; Lipsman y col., 1985). Los lactantes pertenecían a familias de nivel socioeconómico bajo, y aunque en la sección anterior se observó que no cumplieron con la recomendación de energía y proteína, el peso y talla de los mismos fue el adecuado en todos los casos. Tomando en cuenta que deben aumentar su peso en 800-1200 g al mes (Avila Rosas, 2001), los lactantes estudiados tuvieron un aumento de peso acorde a lo recomendado (aproximadamente 1300 g/mes) a través del tiempo.

La grasa corporal de los lactantes de Hermosillo durante el primer periodo de estudio, fue comparable a la obtenida por Fomon y col. (1982), con valores de 15.5%. La grasa corporal de los lactantes de México fue ligeramente menor. A los tres meses de edad, todos los lactantes tuvieron un porcentaje de grasa superior al 23.6% y 21.3% publicados por Fomon y col. (1982) y Butte y col. (1993) respectivamente.

Para analizar el desarrollo físico infantil se utilizan los indicadores de crecimiento expresados como puntajes Z. El comportamiento de los indicadores de crecimiento en el presente estudio tanto para lactantes de Hermosillo como de México, coincide con lo observado en otros países industrializados y emergentes (Michaelson, 1997; Carias y col., 1997; Falcao-Pimientel y col., 1991; Butte y col., 1984a; Dewey y col., 1984). A los 15 días post-parto, los lactantes de México mostraron puntajes Z inferiores a cero para los tres indicadores. Sin embargo, al mes de edad estos indicadores se encontraban en puntaje $Z=0$ (considerado como el ideal) y así permanecieron el resto del estudio.

En un trabajo realizado con lactantes residentes en la comunidad de Capulhuac, Estado de México, se observaron puntajes Z muy inferiores a los encontrados en este estudio. Los autores comentan que los lactantes presentaron episodios de diarrea e infección, por lo cual su peso y talla se vieron afectados (Villalpando y López-Alarcón, 2000).

Los lactantes hermosillenses presentaron puntajes Z por encima del cero en los indicadores de peso para la edad y peso para la talla. Esto es un reflejo del alto contenido de energía y lípidos en la leche consumida por estos lactantes. El indicador de talla para la edad permaneció en el nivel de cero durante todo el estudio. Así, los lactantes hermosillenses se desarrollaron físicamente de manera óptima, alimentados exclusivamente al pecho. Aunque los lactantes de México iniciaron con desventaja en los puntajes Z, lograron alcanzar el promedio recomendado a los 45 días de vida. Esto concuerda con lo expresado en el estudio de Casanueva y col. (1991), donde los lactantes tuvieron un crecimiento saludable a costa del deterioro en el peso y composición corporal de sus madres adolescentes.

CONCLUSIONES

La primera parte del objetivo de este trabajo, fue evaluar el proceso de la lactancia exclusiva, utilizando como indicadores la cantidad y calidad de la leche materna. Se demostró que una muestra de madres de Hermosillo y México, producen leche en cantidad y con la calidad necesarias para que sus hijos cubran sus necesidades energéticas y tengan un crecimiento óptimo hasta por mas de tres meses. Las evidencias que se aportan en este estudio, apoyan la opinión de que, desde el punto de vista biológico, tiene sentido promover el uso de la leche humana en lugar de los sucedáneos, especialmente cuando se trata de poblaciones pobres.

Para la segunda parte del objetivo de este estudio, se evaluó el estado nutricional de las mujeres adolescentes y adultas de las dos regiones. Tomando en cuenta los resultados obtenidos por región, se observó que el contenido de energía y lípidos de la leche, dependen en gran medida del peso y grasa corporal maternos. Estos últimos no tuvieron influencia en el volumen de leche producido.

Las adolescentes de México desgastaron más su peso y composición corporal, quizá por el estado nutricional con el cual iniciaron el proceso reproductivo. En estas mujeres fue clara la movilización de las reservas de grasa ocasionada por el proceso de lactancia. Así, es posible que una lactancia que exceda los tres meses cause deterioro en su estado nutricional.

Un hallazgo importante en este trabajo fue comprobar que a cierto nivel socioeconómico, el lugar de residencia tuvo influencia en el estado nutricional de las madres participantes, por lo que el factor ambiental resultó significativo. Así, el deterioro en el estado nutricional de las adolescentes de México no fue debido propiamente a la edad, sino a su bajo nivel socioeconómico, ya que tenían 15 años o más y probablemente su crecimiento ya había concluido.

En mujeres de 14 años o menos, la edad puede ser un factor que afecte el estado nutricional materno durante la lactancia.

Con este trabajo, se sienta un precedente para implementar y seguir los programas de apoyo a la lactancia materna. La afirmación de que las mujeres de Hermosillo y México son capaces de producir la suficiente leche de calidad para sus hijos, no pretende resolver por sí sola el abandono de la lactancia. Es un argumento más que puede ayudar en las estrategias para diseñar y aplicar programas de promoción a la lactancia materna, donde se tomen en cuenta todos los factores involucrados en el proceso. Uno de éstos es la diferencia en el estado nutricional encontrado en cada grupo de mujeres.

Desde el punto de vista de salud pública, es importante considerar que en las poblaciones desnutridas puede ser más seguro suplementar a las madres durante la lactancia exclusiva que reducir la duración de la misma. En mujeres bien nutridas, más que una suplementación es conveniente una orientación para lactar. Si además estas mujeres presentan problemas de sobrepeso u obesidad, sería de gran utilidad la orientación en cuanto a la dieta y la actividad física.

REFERENCIAS

- Adair LS, Pollit E. Energy balance during pregnancy and lactation. *Lancet* 1982;2:219.
- Adair LS, Popkin, BM. Prolonged lactation contributes to depletion of maternal energy reserves in Filipino women. *J Nutr* 1992;122:1643-55.
- Agrelo F, Lobo B, Chesta M, Silvina B, Sabulsky J. Crecimiento de niños amamantados y alimentados con biberón hasta los 2 años de vida: estudio CLACYD, 1993-1995. *Rev Panam Salud Pública* 1999;6:44-51.
- Allen JC, Keller RP, Neville MC, Archer P. Studies on human lactation: milk composition and daily secretion rates of macronutrients in the first year of lactation. *Am J Clin Nutr* 1991;54:1721-32.
- American Academy of Pediatrics; Working Group of Breastfeeding; Breast feeding and the use of human milk. *Pediatrics* 1997;100:1035-39.
- Amigo H, Erazo M, Bustos P. Stature of Chilean parents and children of different ethnicity and social vulnerability. *Salud Publica Mex* 2000;42(6):504-10.
- Anderson JW, Johnstone BM, Remley DT. Breast-feeding and cognitive development: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 1999; 70(4):525-35.
- Angelsen NK, Vik T, Jacobsen G, Bakketeig LS. Breast feeding and cognitive development at age 1 and 5 years. *Arch Dis Child* 2001;85(3):183-8.
- AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytic Chemists. 14th Edition. 1984:284.
- Arcos Griffiths, E., Olivo, A., Romero, J., Saldivia, J., Cortez, J., Carretta, L. Relación entre el estado nutricional de madres adolescentes y el desarrollo neonatal. *Bol Oficina Sanit Panam* 1995;118:488-98.
- Arthur PG, Hartmann PE, Smith M. Measurement of the milk intake of breast-fed infants. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1987; 6:758-63.
- Avila-Rosas, H. Evaluación del estado de nutrición. En: Casanueva, E, Kaufer-Horwitz M, Pérez-Lizaur AB, Arroyo P. (Editores). *Nutriología Médica. Segunda Edición. Estado de México: Editorial Médica Panamericana; 2001. p. 593-668.*

- Barbosa L, Butte NF, Villalpando S, Wong WW, O'Brian SE. Maternal energy balance and lactation performance of Mesoamerindians as a function of body mass index. *Am J Clin Nutr* 1997;66:575-83.
- Barker DJP. Fetal origins of coronary heart disease. *Brit Med J* 1995;311:171-74.
- Boardley DJ, Sargent RG, Coker AL, Hussey JR, Sharpe PA. The relationship between diet, activity, and other factors, and postpartum weight change by race. *Obstet Gynecol* 1995;86:834-38.
- Bolaños AV. Lactancia: Consumo por una modificación del método de dilución con deuterio, composición proximal de la leche y desarrollo físico infantil. Tesis de maestría. Hermosillo, Son: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo; 1998.
- Borbón C, Félix C, Noriega I, Gil M. Estudio sobre lactancia materna en el Hospital Infantil del Estado de Sonora. Curso postbásico de enfermería pediátrica. Departamento de Enseñanza. 1987.
- Brasil AL, Vitolo MR, Ancona LF, de Nóbrega FJ. Fat and protein composition of mature milk in adolescents. *J Adolesc Health* 1991;12:365-371.
- Brewer MM, Bates MR, Vannoy LP. Postpartum changes in maternal weight and body fat depots in lactating vs nonlactating women. *Am J Clin Nutr* 1989;49:259-65.
- Brown KH, Ahmed N, Robertson A, Ahmed G. Lactational capacity of marginally nourished mothers: relationships between maternal nutritional status and quantity and proximate composition of milk. *Pediatrics* 1986;78:909-19.
- Butte NF, Wong WW, Hopkinson JM. Energy requirements of lactating women derived from doubly labelled water and milk energy output. *J Nutr* 2001;131:53-58.
- Butte NF, Hopkinson JM, Wong WW, Smith EO, Ellis KJ. Body composition during the first 2 years of life: an updated reference. *Ped Res* 2000;47:578-85.
- Butte NF, Hopkinson JM. Body composition changes during lactation are highly variable among women. *J Nutr* 1998;128:381S-85S.

- Butte NF, Barbosa L, Villalpando S, Wong WW, Smith EO. Total energy expenditure and physical activity level of lactating mesoamerindians. *J Nutr* 1997;127:299-305.
- Butte, NF. Energy requirements of infants. *Eur J Clin Nutr* 1996;50:S24-S36.
- Butte NF, Villalpando S, Wong WW, Flores-Huerta S, Hernández-Beltrán MJ. Higher total energy expenditure contributes to growth faltering in breast-fed infants living in rural Mexico. *J Nutr* 1993;123:1028-35.
- Butte NF, Villalpando S, Wong WW, Flores-Huerta S, Hernandez-Beltran MJ, O'Brian SE, Garza C. Human milk intake and growth faltering of rural Mesoamerican infants. *Am J Clin Nutr* 1992a;55:1109-16.
- Butte NF, Wong WW, Garza C. Prediction equations for total body water during early infancy. *Acta Paediatr* 1992b;81:264-65.
- Butte NF, Wong WW, Patterson BW, Garza C, Klein PD. Human milk intake measured by administration of deuterium oxide to the mother: A comparison with the test-weighing technique. *Am J Clin Nutr* 1988;47:815-21.
- Butte NF, Garza C, O'Brian SE, Nichols BL. Human milk intake and growth in exclusively breast-fed infants. *J Pediatr* 1984a;104:87.
- Butte NF, Garza C, Stuff JE, Smith EO, Nichols BL. Effect of maternal diet and body composition on lactational performance. *Am J Clin Nutr*. 1984b;39:296-306.
- Butte NF, Garza C, Smith EO, Nichols BL. Evaluation of the deuterium dilution technique against the test-weighing procedure for the determination of breast milk intake. *Am J Clin Nutr* 1983;37:996-1003
- Butte NF y Calloway DH. Evaluation of lactational performance of Navajo women. *Am J Clin Nutr* 1981;34:2210-15.
- Caire JG, Calderón de la Barca AM, Bolaños AV, Valencia ME, Coward AW, Salazar G, Casanueva E. Measurement of deuterium oxide by infrared spectroscopy and isotope ratio mass spectrometry for quantifying daily milk intake in breast-fed infants and maternal body fat. *Food Nutr Bull*, 2002 (en prensa).

- Calderón de la Barca AM, Bolaños AV, Caire G, Román-Pérez R, Valencia ME, Casanueva E, Coward A. Evaluación del consumo de leche humana por dilución con deuterio y detección por espectroscopia de infrarrojo. *Perinatol Rep Hum* 1998;12:142-50.
- Campbell CE, Latham MC. Infant feeding and morbidity among poor migrant squatters in Hermosillo, Sonora, México. *Nutr Res* 1988;8:969-79.
- Carballo M, Pelto GH. Social and psychological factors in breast-feeding. En Falker F. *Infant and Child Nutrition Worldwide. Issues and Perspectives*. Boca Raton, USA: CRC Press;1991.
- Carias D, Velásquez G, Cioccia AM, Piñero D, Inciarte H, Helvia P. Variaciones temporales en la composición y aporte de macronutrientes y minerales en leches maternas en mujeres venezolanas. *Arch Lat Nutr* 1997;47:110-17.
- Casanueva, E. La lactancia: un reto materno. *Cuadernos de Nutrición* 1997; 20:34-40.
- Casanueva, E., Soberanis, Y., Ortiz, T., Bobadilla, M. Cambios en la composición corporal en el período perinatal en un grupo de adolescentes. *Perinatol Reprod Hum* 1991;5:28-32.
- Chappell JE, Clandinin MT, Kearney-Volpe C. Trans fatty acids in human milk lipids: influence of maternal diet and weight loss. *Am J Clin Nutr* 1985;42:49-56.
- Chou T, Chan GM, Moyer-Mileur L. Postpartum body composition changes in lactating and non-lactating primiparas. *Nutrition* 1999;15:481-84.
- Clark RM, Ferris AM, Fey M, Brown PB, Hundrieser KE, Jensen RG. Changes in lipids in human milk from 2 to 16 weeks postpartum. *J Peediatr Gastroenterol Nutr* 1982;1:311-15.
- Clements MS, Mitchell EA, Wright SP, Esmail A, Jones DR, Ford RP. Influences on breastfeeding in southeast England. *Acta Paediatr* 1997;86:51-56.

- Clements JB, Stanton B, Stoll B, Shahid NS, Banu H, Chowdhury AKMA. Breast-feeding as a determinant of severity in shigellosis: evidence for protection throughout the first three years of life in Bangladeshi children. *Am J Epidemiol* 1986;123:710-20.
- Coward WA. Modificación del programa para cálculo de ingestión de leche para espectroscopia de infrarrojo. Enviado por el Organismo Internacional de la Energía Atómica para los proyectos colaborativos en lactancia. Viena, 1998.
- Coward WA. Measuring milk intake in breast-fed babies. *J Ped Gastroent Nutr* 1984;3:275-79.
- Coward WA, Cole TJ, Sawyer MB, Prentice AM. Breast-milk intake measurement in mixed-fed infants by administration of deuterium oxide to their mothers. *Hum Nut:Clin Nut* 1982;36C:141-48.
- Coward WA, Whitehead RG, Sawyer MB, Prentice AM, Evans J. New method for measuring milk intakes in breast-fed babies. *Lancet* 1979;2:13.
- Cushing AH y Anderson L. Diarrhea in breast-fed and non-breast-fed infants. *Pediatrics* 1982;70:921-25.
- de Carvalho M, Anderson DM, Giangreco A, Pittard WB. Frequency of milk expression and milk production by mothers of nonnursing premature neonates. *Am J Dis Child* 1985;139:483-85.
- de Carvalho M, Robertson S, Friedman, Klaus M. Effect of frequent breast-feeding on early milk production and infant weight gain. *Pediatrics* 1983; 72:307-11.
- De Regil, LM. Composición corporal de madres adolescentes y adultas amamantando al mes postparto, en dos regiones mexicanas. Tesis de Licenciatura. México, D.F: Universidad Iberoamericana; 2000.
- De Santiago S, Barbosa L. Isótopos estables en estudios de investigación en nutrición. *Arch Lat Nutr* 1995;45:6-11.
- Dewey KG, Cohen RJ, Brown KH, Landa Rivera L. Effects of exclusive breastfeeding for four versus six months on maternal nutritional status and infant motor development: Results of two randomised trials in Honduras. *J Nutr* 2001;131:262-67.

- Dewey KG, Heinig MJ, Nommsen LA. Maternal weight-loss patterns during prolonged lactation. *Am J Clin Nutr* 1993;58:162-66.
- Dewey KG, Heinig MJ, Nommsen LA, Lönnerdal B. Maternal versus infant factors related to breast milk intake and residual milk volume: The DARLING study. *Pediatrics* 1991;87:829-37.
- Dewey KG, Lönnerdal B. Infant self-regulation of breast milk intake. *Acta Paediatr Scand* 1986;75:893-98.
- Dewey KG, Finley DA, Lönnerdal B. Breast milk volume and composition during late lactation (7-20 months). *J Ped Gastroenterol Nutr* 1984;3:713-20.
- Dewey KG, Lönnerdal B. Milk nutrient intake of breast-fed infants from 1 to 6 months: relation to growth and fatness. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1983; 2:497-506.
- Dorea, JG. Changes in body weight and adiposity during lactation. *Nutr Res* 1997;17:379-89.
- Dugdale AE y Eaton-Evans J. The effect of lactation and other factors on post-partum changes in body-weight and triceps skinfold thickness. *Br J Nutr* 1989; 61:149-53.
- ENADID. Encuesta Nacional de Dinámica Demográfica, 1997. Tasa de Fecundidad Adolescente por localidad.
- Falcão Pimentel VA, Midlej MC, Falcão Pimentel E, Macedo, DM. El crecimiento de los niños alimentados exclusivamente con leche materna durante los seis primeros meses de vida. *Bol Of Sanit Panam* 1991;110:311-18.
- FAO/WHO/UNU. Energy and Protein Requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Experts consultation. Technical Report Series 724 Geneva: World Health Organization, 1985.
- Ferris AG, Laus MJ, Hosmer DW, Beal VA. The effect of diet on weight gain in infancy. *Am J Clin Nutr* 1980;33:2635-42.
- Figueroa Díaz R. Prevalencia de la lactancia materna en el hospital infantil del estado de Sonora. Hospital amigo del niño y de la madre. Tesis de especialidad en medicina pediátrica. Hermosillo, Sonora; 1997.

- Fjeld CR, Brown KH, Schoeller DA. Validation of the deuterium oxide method for measuring average daily milk intake in infants. *Am J Clin Nutr* 1988;48:671-79.
- Fomon SF, Haschke F, Ziegler EE, Nelson SE. Body composition of reference children from birth to age 10 y. *Am J Clin Nutr* 1982;35:1169-75.
- Forsum E, Kabir N, Sadurskis A, Westerterp K. Total energy expenditure of healthy Swedish women during pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr* 1992;56:334-42.
- Forsum E, Sadurskis A, Wager J. Estimation of body fat in healthy Swedish women during pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr* 1989;50:465-73.
- Forsum E y Lönnerdal B. Effect of protein intake on protein and nitrogen composition of breast milk. *Am J Clin Nutr* 1980;33:1809-13.
- Frigerio C, Schutz Y, Whitehead R, Jequier E. A new procedure to assess the energy requirements of lactation in Gambian women. *Am J Clin Nutr* 1991;54:526-33.
- Friis-Hansen B. Body water compartments in children: changes during growth and related changes in body composition. *Pediatrics* 1961;28(2):169-81.
- Geervani P, Jayashree G. A study on nutritional status of adolescent and adult pregnant and lactating women and growth of their infants. *J Trop Pediat* 1988;34:234-37.
- Gelis P, Pfeffer F, Casanueva E. Adolescencia y Nutrición. Determinantes de la Evolución del Peso en el Posparto. *Perinatol Reprod Hum* 1993;7(1):15-18.
- Gillman MW, Rifas-Shiman SL, Camargo CA Jr, Berkey CS, Frazier AL, Rockett HR, Field AE, Colditz GA. Risk of overweight among adolescents who were breastfed as infants. *JAMA* 2001;285(19):2461-7.
- Gladen BC, Rogan WJ. DDE and shortened duration of lactation in a northern Mexican town. *Am J Pub Health* 1995;85:504-8.
- Glass RI y Stoll BJ. The protective effect of human milk against diarrhea: a review of studies from Bangladesh. *Acta Paediatr Scand Suppl* 1989;351:131-136.

- Goldberg GR, Prentice AM, Coward WA, Davies HL, Murgatroyd PR, Sawyer MB, Ashford J, Black AE. Longitudinal assessment of the components of energy balance in well-nourished lactating women. *Am J Clin Nutr* 1991;54:788-98.
- Guillermo-Tuazon MA, Barba CVC, Van Raaij JMA, Hautuast JGAJ. Energy Intake, Energy Expenditure and Body Composition of Poor Rural Philippine Women Throughout the First 6 mo of Lactation. *Am J Clin Nutr* 1992;56:874-80.
- Grummer-Strawn LM. The effect of changes in population characteristics on breastfeeding trends in fifteen developing countries. *Intern J Epidemiol* 1996;25:94-102.
- Gussler J, Briesemeister LH. The Insufficient Milk Syndrome: A Biocultural Explanation. *Med Anthropol* 1980; 4:145-74.
- Gutersohn A, Naber C, Müller N, Erbel R, Siffert W. G protein $\beta 3$ subunit 825 TT genotype and post-pregnancy weight retention. *The Lancet* 2000;355:1240-41.
- Haggarty P, Valencia ME, McNeill G, Gonzalez NL, Moya SY, Pinelli A, Quihui L, Saucedo MS, Esparza J, Ashton J, Milne E, James WPT. Energy Expenditure During Heavy Work and its Interaction with Body Weight. *Br J Nutr* 1997;77:359-73.
- Halken S, Skamstrup HK, Jacobsen HP, Estmann A, Engberg FA, Hansen LG, Kier SR, Lassen K, Lintrup M, Mortensen S, Kaas IK, Østerballe O, Høst A. Comparison of a partially hydrolyzed infant formula with two extensively hydrolyzed formulas for allergy prevention: A prospective, randomized study. *Pediatr Allergy Immunol* 2000;11:149-61.
- Halken S, Høst A, Hansen LG, Østerballe O. Preventive effect of feeding high-risk infants a casein hydrolysate formula or an ultrafiltrated whey hydrolysate formula. A prospective, randomized, comparative clinical study. *Pediatr. Allergy Immunol* 1993;4:173-81.
- Hanson LA, Silfverdal SA, Strömbäck L, Erling V, Zaman S, Oolcén P, Telemo E. The immunological role of breastfeeding. *Pediatr Allergy Immunol* 2001;12(suppl 14):15-19.

- Heinig MJ, Nommsen LA, Pearson JM, Lönnerdal B, Dewey K. Energy and protein intakes of breast-fed and formula-fed infants during the first year of life and their association with growth velocity: the DARLING study. *Am J Clin Nutr* 1993;58:152-61.
- Hillervik-Lindquist, C, Hofvander Y, Sjölin S. Studies on perceived breast milk insufficiency. III. Consequences for breast milk consumption and growth. *Acta Paediatr Scand* 1991;80:297-303.
- Hofvander Y, Hagman U, Hillervik C, Sjölin S. The amount of milk consumed by 1-3 months old breast- or bottle-fed infants. *Acta Paediatr Scand* 1982;71:953-58.
- Hopkinson JM, Schanler RJ, Garza C. Milk production by mothers of premature infants. *Pediatrics* 1988;81:815-20.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario Estadístico del Estado de Sonora. XII Censo General de Población y Vivienda 2000.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario Estadístico del Estado de Sonora. XI Censo General de Población y Vivienda 1990.
- Infante C, Hurtado J, Salazar G, Pollastri A, Aguirre E, Vio F. The dose-to-mother method to measure milk intake in infants by deuterium dilution: a validation study. *Eur J Clin Nutr* 1991;45:121-29.
- Institute of Medicine. Milk Volume and Milk Composition. En: *Nutrition During Lactation*. USA: National Academy Press. 1991. p. 80-150.
- Janey CA, Zhang D, Sowers MF. Lactation and weight retention. *Am J Clin Nutr* 1997;66:1116-24.
- Jelliffe DB, Jelliffe P. The Volume and composition of human milk in poorly nourished communities. A review. *Am J Clin Nutr* 1978;31:492-515.
- Jennings G, Bluck L, Wright A, Elia M. The use of infrared spectrophotometry for measuring body water spaces. *Clin Chem* 1999;45:1077-81.
- Jensen RG, Clark RM. Methods of lipid analysis. *J Paediatr Gastroenterol Nutr* 1984;3(2):296-99.

- Jiménez F, Román R. Alimentación, morbilidad y crecimiento en infantes de un grupo de madres primigestas de Hermosillo, Sonora, México. *Salud Pub Mex* 1994;4:399-407.
- Kanashiro HC, Brown KH, López de Romaña G, Lopez T, Black RE. Consumption of food and nutrients by infants in Huascar (Lima), Peru. *Am J Clin Nutr* 1990;52:995-1004.
- Kliewer RL y Rasmussen KM. Malnutrition during the reproductive cycle: effects on galactopoietic hormones and lactational performance in the rat. *Am J Clin Nutr* 1987;46:926-35.
- Kramer FM, Stunkard AJ, Marshall KA, McKinney S, Liebshutz J. Breast-feeding reduces maternal lower-body fat. *J Am Diet Assoc* 1993;93:429-33.
- Leyva-Pacheco R, Bacardi-Gascón M, Jiménez-Cruz A. Variables Asociadas a Patrones de Lactancia en Tijuana, México. *Salud Pub Mex* 1994; 36:161-67.
- Lipsman S, Dewey KG, Lönnerdal B. Breast-feeding among teenage mothers: milk composition, infant growth, and maternal dietary intake. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1985;4:426-34.
- Liston J, Pharm B. Breastfeeding and the Use of Recreational Drugs-Alcohol, Caffeine, Nicotine and Marijuana. An International Breastfeeding Conference; 1997 Oct 23-25; Sidney, Australia. p.130-134.
- Lönnerdal B. Effects of maternal dietary intake on human milk composition. *J Nutr* 1986;116:499-513.
- Long Dunlap, Rivera Dommarco J, Rivera Pasquel M. Feeding patterns of Mexican infants recorded in the 1988 national survey. *Salud Pub Mex* 1995;37:120-29.
- Lovelady CA, Garner KE, Moreno KL, Williams JP. The effect of weight loss in overweight, lactating women on the growth of their infants. *New Eng J Med* 2000;342:449-53.
- Lovelady CA, Merredith CN, Mc Crory MA, Nommsen LA, Joseph LJ, Dewey KG. Energy expenditure in lactating women: a comparison of doubly labeled water and heart-rate-monitoring methods. *Am J Clin Nutr* 1993; 57:512-18.

- Lucas A, Morley R, Cole TJ, Gore SM, Lucas PJ, Crowle P, Pearse R, Boon AJ, Powell R. Early diet in preterm babies and developmental status at 18 months. *Lancet* 1990;335:1477-81.
- Lucas A, Ewing G, Roberts SB, Coward WA.. Measurement of Milk Intake by Deuterium Dilution. *Archives of Disease in Childhood* 1987; 62:796-800.
- Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr* 1987;46:537-56.
- Lunn PG, Prentice AM, Austin S, Whitehead RG. Influence of maternal diet on plasma-prolactin levels during lactation. *Lancet* 1980;1:623-5.
- Madhavapeddi R, Rao BSN. Energy balance in lactating undernourished Indian women. *Eur J Clin Nutr* 1992;46:349-54.
- Manning-Dalton C, Allen LH. The effects of lactation on energy and protein consumption postpartum weight change and body composition of well nourished North American women. *Nutr Res* 1983;3:293-308.
- Margen S, Melnick V, Neuhauser L, Rios R. Infant feeding in Mexico: A study of health facility and mothers' practices in three regions. Ed. Nestlé Infant Formula Audit Commission. USA. 1991.
- Martínez MC, Chávez A, Avalos MP, Aguirre J, Pérez Hidalgo C, Bogrand R, Balam G. La nutrición en lactantes de una comunidad indígena. Ed. División de Nutrición L-9 I.N.N. 1966.
- Martorell R, Stein AD, Schroeder DG. Early nutrition and later adiposity. *J Nutr* 2001;131:874S-880S.
- McCrary MA, Nommsen-Rivers LA, Molé PA, Lönnerdal B, Dewey KG. Randomized trial of the short-term effects of dieting compared with dieting plus aerobic exercise on lactation performance. *Am J Clin Nutr* 1999;69:959-67.
- Michaelsen, KF. Nutrition and growth during infancy. The Copenhagen cohort study. *Acta Paediatr Suppl* 1997;420:1-35.
- Michaelsen KF, Larsen PS, Thomsen BL, Samuelson G. The Copenhagen Cohort Study on Infant Nutrition and Growth: breast-milk intake, human milk macronutrient content, and influencing factors. *Am J Clin Nutr* 1994;59:600-11.

- Morera PS, Bargalló AC, Folgoso CC, López Sabater MC. Triacylglycerol composition in colostrums, transitional and mature human milk. *Eur J Clin Nutr* 2000;54:878-82.
- Motil KJ, Sheng HP, Kertz BL, Montandon CM, Ellis KJ. Lean body mass of well-nourished women is preserved during lactation. *Am J Clin Nutr* 1998;67:292-300.
- Motil KJ, Keetz B, Thotathuchery M. Lactational Performance of adolescent mothers shows preliminary differences from that of adult women. *J Adoles Health* 1997;20:442-49.
- Motil KJ, Davis TA, Montandon CM, Wong WW, Klein PD, Reeds PJ. Whole-body protein turnover in the fed state is reduced in response to dietary protein restriction in lactating women. *Am J Clin Nutr* 1996;64:32-39.
- Motil KJ, Montandon CM, Garza C. Basal and postprandial metabolic rates in lactating and non-lactating women. *Am J Clin Nutr* 1990;52:610-15.
- NAS. National Academy of Sciences. Nutrition during pregnancy. Washington, DC: National Academy Press. 1990.
- NCHS. National Center for Health Statistics. Consensus workshop on dietary assessment: nutrition monitoring and tracking the year 2000. Objectives. U.S. Department of Health and Human Services. Hyattsville, Maryland. December. 1994.
- NCHS. National Center for Health Statistics. 1977. NCHS Growth curves for children: birth-18 years. Washington, D.C: DHEW, 1977. [Publication No (PHS)78-1650].
- NCSS, Number Cruncher Statistical Systems (Computer program) Statistical system for windows, versión 6.0, USA: Hintze JL. 1996.
- Neville MC, Keller R, Seacat J, Lutes V, Nelfert M, Casey C, Allen J, Archer P. Studies in human lactation:milk volumes in lactating women during the onset of lactation and full lactation. *Am J Clin Nutr* 1988;48:1375-86.
- Neville M. Measurement of milk transfer from mother to breast-fed infant. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1987;6:659-62.
- Neville MC, Keller R, SeacatJ, Casey CE, Allen JC, Archer P. Studies on human lactation. I. Within-feed and between-breast variation in selected components of human milk. *Am J Clin Nutr* 1984;40:635-46.

- Newcombe, RG. Development of obesity in parous women. *J Epidemiol Community* 1982;36:306-9.
- Nommsen LA, Lovelady CA, Heinig MJ, Lönnerdal B, Dewey KG. Determinants of energy, protein, lipid, and lactose concentrations in human milk during the first 12 mo of lactation: the DARLING study. *Am J Clin Nutr* 1991;53:457-65.
- Notzon F. Trends in infant feeding in developing countries. *Pediatrics* 1984; 3:648-66.
- NRC. National Research Council (U.S.) and Subcommittee on the Tenth Edition of the RDAs. Recommended Dietary Allowances. National Academy Press, Washington, D.C. 1989.
- Ogden CL, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Mei Z, Guo S, Wei R, Grummer-Strawn LM, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL. Centers for Disease Control and Prevention 2000 growth charts for the United States: improvements to the 1977 National Center for Health Statistics version. *Pediatrics* 2002;109(1):141-2.
- Óhlin A y Rössner S. Maternal body weight development after pregnancy. *Int J Obes* 1990;14:159-73.
- Organización Mundial de la Salud. Cantidad y calidad de leche materna. Informe sobre el estudio en colaboración de la OMS acerca de la lactancia natural. Ginebra, 1985; pp3-21.
- Ortega VMI, Morales FGG, Quizan PT, Preciado RM. Estimación del consumo de alimentos. Cálculo de la ingestión dietaria y coeficientes de adecuación a partir del registro de 24 horas y frecuencia de consumo de alimentos. Cuaderno de trabajo No. 1. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, 1999.
- Parker JD y Abrams B. Differences in postpartum weight retention between black and white mothers. *Obstet Gynecol* 1993;81:768-774.
- Pérez-Escamilla R, Cohen RJ, Brown KH, Rivera LL, Canahuati J, Dewey KG. Maternal anthropometric status and lactation performance in a low-income Honduran population: evidence for the role of infants. *Am J Clin Nutr* 1995;61:528-34.

- Pérez-Escamilla R, Mejía LA, Dewey KG. Neonatal feeding patterns and reports of insufficient milk among low-income urban Mexican mothers. *Ecol Food Nutr* 1992a;27:91-102.
- Pérez-Escamilla ER, Román R, Mejía LA, Dewey KG. Infant feeding practices among low-income Mexican urban women: a four month follow-up. *Arch Latinoam Nutr* 1992b;42:259.
- Peterson GL. A simplification of the protein assay method of Lowry et al which is more generally applicable. *Anal Biochem* 1977;83:346-356.
- Petrucci GD, Victora CG, Barros FC. Breast-feeding has a limited long-term effect on anthropometry and body composition of Brazilian mothers. *J Nutr* 2001;131:78-84.
- Pettitt DJ, Forman MR, Hanson RL, Knowler WC, Bennett PH. Breastfeeding and incidence of non-insulin-dependent diabetes mellitus in Pima Indians. *Lancet* 1997;350(9072):166-8.
- Picciano, MF. Human milk: Nutritional aspects of a dynamic food. *Biol Neonate* 1998;74:84-93.
- Piers LS, Diggavi SN, Thangam S, van Raaij JMA, Shetty PS, Hautvast J. Changes in energy expenditure, anthropometry, and energy intake during the course of pregnancy and lactation in well-nourished Indian women. *Am J Clin Nutr* 1995;61:501-13.
- Popkin BM, Bisgrove EZ. Urbanization and nutrition in low-income countries. *Food and Nutrition Bull* 1988;10(1):3-23.
- Potter S, Hannum S, McFarlim B, Essex-Sorlie D, Campbell E, Trupin S. Does infant feeding method influence maternal postpartum weight loss? *J Am Diet Assoc* 1991;91:441-46.
- Prentice AM, Prentice A. Energy costs of lactation. *Annu Rev Nutr* 1988;8:63-79.
- Prentice A, Paul A, Black A, Cole T, Whitehead R. Cross-Cultural Differences in Lactational Performance. In: Hamosh M, Goldman AS, eds. *Human Lactation 2: Maternal and Environmental Factors*. New York: Plenum Press, 1986:13-44.

- Prentice AM, Roberts SB, Prentice A, Paul AA, Watkinson M, Watkinson AA, Whitehead RG. Dietary supplementation of lactating Gambian women. I. Effect on breast milk volume and quality. *Hum Nutr Clin Nutr* 1983;37C:53-64.
- Prentice AM, Whitehead RG, Roberts SB, Paul AA. Long-term energy balance in child-bearing Gambian women. *Am J Clin Nutr* 1981;34:2790-99.
- Rasmussen KM y McGuire K. Effects of breastfeeding on maternal health and well-being. *Food Nutr Bull* 1996;17:364-69.
- Rasmussen, KM. The influence of maternal nutrition on lactation. *Annu Rev Nutr* 1992;12:103-17.
- Rattigan S, Ghisalberti AV, Hartmann PE. Breast-milk production in Australian women. *Br J Nutr* 1981;45:243-49.
- Rebuffe-Scrive M, Enk L, Crona N, Lönnroth P, Abrahamsson L, Smith U, Björntorp P. Fat cell metabolism in different regions in women. Effect of menstrual cycle, pregnancy and lactation. *J Clin Invest* 1985;75:1973-76.
- Robinson, J. Changes in body composition during pregnancy and lactation. *Proc Nutr Soc* 1986;45:71-80.
- Román-Pérez R, Calderón de la Barca AM, Abril VE, Cubillas MJ, Caire JG. Lactancia materna: un análisis de las tendencias recientes en Hermosillo, Sonora (1986-1996). *Estudios Sociales* 1998; VIII:95-109.
- Román-Pérez R, Abril VE, Cubillas MJ, Carrasco E. Promoción de la lactancia materna: análisis de dos programas educativos. *La psicología social en México*. AMEPSO Ed. 1996; Vol 6 :444-49.
- Román Pérez R, Cubillas MJ, Abril EV, Carrasco ME. ¿Seno Materno o Fórmula Láctea?. Un Análisis sobre la Planeación y Prácticas Maternas de Alimentación Infantil. *Rev. El Colegio de Son* 1995;9:135-50.
- Román-Pérez R, Abril VE, Ramírez C, Ochoa A, Montiel M. El personal de enfermería como promotor de la lactancia materna. *Boletín Clínico de la Asociación Médica del Estado de Sonora* 1990;7:6-9.
- Rookus MA, Rokebrand P, Burema J, Deurenberg P. The effect of pregnancy on the body mass index 9 months post partum in 49 women. *Int J Obes* 1987;11:609-18.

- Ruel MT, Dewey KG, Martínez C, Flores R, Brown KH. Validation of single daytime samples of human milk to estimate the 24-h concentration of lipids in urban Guatemalan mothers. *Am J Clin Nutr* 1997;65:439-444.
- Ruuska, T. Occurrence of acute diarrhea in atopic and nonatopic infants. The role of prolonged breastfeeding. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1992;14:27-33.
- Sadurskis A, Kabir N, Wager J, Forsum E. Energy metabolism, body composition, and milk production in healthy Swedish women during lactation. *Am J Clin Nutr* 1988;48:44-49.
- Saint M, Smith M, Hartmann PE. The yield and nutrient content of colostrums and milk of women from giving birth to 1 month post-partum. *Br J Nutr* 1984;52:87-95.
- Sanders THB, Ellis TR, Dickerson JWT. Studies of vegans: the fatty acid composition of plasma choline-phosphoglycerides, erythrocytes, adipose tissue, breastmilk and some indicators of susceptibility to ischemic heart disease in vegan and omnivore controls. *Am J Clin Nutr* 1978;31:805.
- Sanjur D. Food Consumption Survey: Issues Concerning the Process of Data Collection. En: *Social and Cultural Perspectives in Nutrition*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 1982. p.169-194.
- Schauberger CW, Rooney BL, Brimer LM. Factors that influence weight loss in the puerperium. *Obstet Gynecol* 1992;79:424-29.
- Schloerb R, Friis-Hansen J, Edelman IS, Sheldon DB, Moore SD. The measurement of deuterium oxide in body fluids by the falling drop method. *J Lab Clin Med* 1951;37:652-62.
- Schoeller DA, Santen E, Peterson DW, Dietz W, Jaspan J, Klein PD. Total Body Water Measurement in Humans with ^{18}O and ^2H Labeled Water. *Am J Clin Nutr* 1980;33:2686-93.
- Schutz Y, Lechtig A, Bradfield RB. Energy expenditures and food intakes of lactating women in Guatemala. *Am J Clin Nutr* 1980;40:44-49.
- SEP, DIF, CONAFE, Secretaría de Salud. Primer Censo Nacional de Talla. 1994.

- Serra G, Marletta A, Bonacci W, Campone F, Bertini I, Bruno P, Risso D, Ciangherotti S. Fatty acid composition of human milk in Italy. *Biol Neonate* 1997;72:1-8.
- Simondon, KB, Simondon F, Costes R, Delaunay V, Diallo A. Breast-feeding is associated with improved growth in length, but not weight, in rural Senegalese toddlers. *Am J Clin Nutr* 2001;73:959-67.
- Singh J, Prentice AM, Diaz E, Coward WA, Ashford J, Sawyer M, Whitehead RG. Energy expenditure of Gambian women during peak agricultural activity measured by the doubly-labelled water method. *Br J Nutr* 1989;62:315-19.
- Sohlström A y Forsum E. Changes in adipose tissue volume and distribution during reproduction in Swedish women as assessed by magnetic resonance imaging. *Am J Clin Nutr* 1995;61:287-95.
- Sotelo CN y Barragán, OLF. Patrones de lactancia y ablactación en el primer semestre de vida. *Rev Mex Pediatr* 1994;61:83-87.
- Spaaij CJK, van Raaij JMA, de Groot LCPGM, van der Heijden LJM, Boekholt HA, Hautvast JGAJ. Effect of lactation on resting metabolic rate and on diet- and work-induced thermogenesis. *Am J Clin Nutr* 1994;59:42-47.
- SPSS-PC Base software for windows, versión 7.0. Chicago: SPSS, 1996.
- Stafford J, Villalpando S, Urquileta AB. Circadian variation and changes after a meal in volume and lipid production of human milk from rural Mexican women. *Ann Nutr Metab* 1994;38:232-37.
- Stuff JE, Garza C, Boutte C, Fraley JK, Smith EO, Klein ER, Nichols BL. Sources of variance in milk and calorie intakes in breast-fed infants: implications for lactation study design and interpretation. *Am J Clin Nutr* 1986;43:361-66.
- Suitor CW, Forbes HM. *Nutrition: Principles and Application in Health Promotion*. JB Lippincott Company. USA. 1980. p. 393.
- Taggart N, Holliday R, Billewicz WZ, Hytten FE, Thomson AM. Changes in skinfolds during pregnancy. *Br J Nutr* 1967;21:439-51.
- Toussaint G, Avila-Rosas H, Casanueva E, Atkin-Zuckerman LC. Bases para la formulación de un programa de promoción a la lactancia. I. Identificación de variables en el posparto inmediato. *Perinatol Reprod Hum* 1988a;2:96-103.

- Toussaint G, Casanueva E, Atkin-Zuckerman LC, Avila-Rosas H. La lactancia: impacto del encuentro temprano madre-hijo. *Perinatol Reprod Hum* 1988b;2:115-120.
- Tully J, Dewey KG. Private fears, global loss: A cross-cultural study of the insufficient milk syndrome. *Med Anthropol* 1985;4:456-66.
- Uauy R, de Andraca I. Human Milk And Breast Feeding For Optimal Mental Development. *J Nutr* 1995;125 (Suppl):2278-80.
- UNICEF, The state of the world's children, 1998. Panel 13. www.unicef.org/sowc98.
- van Raaij JMA, Schonk CM, Vermaat-Miedema SH, Peek MEM, Hautvast JGAJ. Energy cost of lactation, and energy balances of well-nourished Dutch lactating women: Reappraisal of the extra energy requirements of lactation. *Am J Clin Nutr* 1991;53:612-19.
- Venyaminov S, Prendergast FG. Water (H₂O and D₂O) molar absorptivity in the 1000-4000 cm⁻¹ range and quantitative infrared spectroscopy of aqueous solutions. *Anal Biochem* 1997;248:234-45.
- Victoria CG, Morris SS, Barros FC, Horta BL, Weiderpass E, Tomasi E. Breast-feeding and growth in Brazilian infants. *Am J Clin Nutr* 1998; 67:452-58.
- Villalpando S y López-Alarcón M. Growth Faltering is prevented by breast-feeding in underprivileged infants from México City. *J Nutr* 2000;130:546-52.
- Villalpando SF, Butte NF, Wong WW, Flores-Huerta S, Hernandez-Beltran MJ, Smith EO, Garza C. Lactation Performance of Rural Mesoamerindians. *Eur J Clin Nutr* 1992;46:337-48.
- Villalpando S, De Santiago S, Flores-Huerta S. Maternal nutritional status and milk volume. Is there a cause-effect relationship? *Arch Latinoam Nutr* 1991;41:293-303.
- Vinoy S, Rosetta L, Mascie-Taylor CGN. Repeated measurements of energy intake, energy expenditure and energy balance in lactating Bangladeshi mothers. *Eur J Clin Nutr* 2000;54:579-85.
- Vio F, Salazar G, Infante C. Smoking during pregnancy and lactation and its effects on breast-milk volume. *Am J Clin Nutr* 1991;54:1011-16.

- Vobecky JS, Vobecky J, Shapcott D, Demers PP. Nutrient intake patterns and nutritional status with regard to relative weight in early infancy. *Am J Clin Nutr* 1983;38:730-38.
- Von Kries R, Koletzko B, Sauerwald T. Breastfeeding and obesity: cross sectional study. *BMJ* 1999;319:147-50.
- Walker LO, Freenland-Graves J. Lifestyle factors related to postpartum weight gain and body image in bottle- and breastfeeding women. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 1998;27:151-60.
- Waterlow JC, Ashworth A, Griffith M. Faltering in infant growth in less developed countries. *Lancet* 1980;2:1176-78.
- Walti C. La fecundidad adolescente. Implicaciones del inicio temprano de la maternidad. *Demos* 1995; 9-10.
- WHO/UNICEF. Baby Friendly Hospital Initiative. *Midwives Chronicle* 1992;353.
- Winkvist A y Rasmussen KM. Impact of lactation on maternal body weight and body composition. *J Mamm Glan Bio Neoplasia* 1999;4:309-18.
- Wright A, Rice S, Wells S. Changing Hospital Practices to Increase the Duration of Breastfeeding. *Pediatrics* 1996;97:669-75.
- Young MC y Rasmussen KM. Effects of varying degrees of chronic dietary restriction in rat dams on reproductive and lactational performance and body composition in dams and their pups. *Am J Clin Nutr* 1985;41:979-87.
- Xanthou, M. Immune protection of human milk. *Biol Neonate* 1998;74:121-33.
- Zuppa AA, Tornesello A, Papacci P, Tortorolo G, Segni G, Lafuenti G, Moneta E, Diodato A, Sorcini M, Carta S. Relationship between maternal parity, basal prolactin levels and neonatal breast milk intake. *Biol. Neonate* 1988;53:144-47.

Measurement of deuterium oxide by infrared spectroscopy and isotope ratio mass spectrometry for quantifying daily milk intake in breastfed infants and maternal body fat

Graciela Caire, Ana María Calderón de la Barca, Adriana Verónica Bolaños, Mauro E. Valencia, Andy W. Coward, Gabriela Salazar, and Esther Casanueva

Abstract

Measurements of deuterium oxide concentrations (DOC) in saliva by infrared spectroscopy (IRS) and isotope ratio mass spectrometry (IRMS) were compared for the calculation of infants' milk intake and maternal body fat. Deuterium oxide (30g) was given to the mother. DOC by IRS and IRMS were 340 ± 209 and 345 ± 202 ppm. The mean difference between both methods (4.62 ± 76.3) was not different from zero ($p = .57$). Bland and Altman analysis showed no significant overall bias ($r = 0.10$; $p = .33$), but dispersion within the limits of agreement. The mean milk intake in the infants' by IRS and IRMS were 624 ± 296 g/day and 634 ± 327 g/day ($p = .642$) and the mothers' mean body fat were $31.3 \pm 12\%$ and $31.5 \pm 13\%$ ($p = .755$). The results appear to be the same for milk intake and body fat by the two methods and no evidence of bias was found.

Key words: deuterium oxide, infrared-spectroscopy, human-milk intake, body composition.

Introduction

Safeguarding the nutritional status of breastfeeding infants and of their mothers, depends on the period of lactation and the quantity and quality of the moth-

ers' milk. Mother's body reserves may not be enough to meet the traditional long periods of lactation in deprived populations [1]. Consequently, it is essential to accurately assess the amount of human milk produced, as well as the mother's body fat content during the lactation period.

Isotope dilution methods to measure infants' milk intake have been validated against the direct weighing of formula bottles and with the test-weighing technique in the case of breastfeeding [2-3]. Using deuterium as a tracer, measurements can be carried out with minimum interference on the lactation process. The dose-to-the-mother deuterium-dilution method to measure both infant milk intake and mother's body composition uses isotope ratio mass spectrometry (IRMS) to quantify deuterium in body fluids [4]. In spite of its potential advantage in field studies of human lactation, it has been limited because of mass spectrometry availability. This equipment is expensive and requires specialized operation and maintenance. Alternative methods have been proposed for deuterium determination in water [5, 6]. These include infrared spectroscopy [7-9], which is widely available.

An inexpensive technique to quantify deuterium oxide (D_2O) by infrared spectroscopy (IRS) in saliva samples was developed and compared with isotope ratio mass spectrometry determination of the same samples. This was applied to measure average daily milk intake of breastfed infants as well as maternal body fat.

Methods and materials

Subjects

Ten low-income lactating women and their infants from Hermosillo, Sonora, Mexico, participated in the study. They had full term (breastfed) infants of appropriate gestational size and age. Written informed consent was obtained from the mothers to participate in this study, which was approved by the Ethical Com-

Graciela Caire, Ana María Calderón de la Barca, Adriana Verónica Bolaños, and Mauro E. Valencia are affiliated with the Nutrition Department, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, in Hermosillo, Sonora, México. Andy W. Coward is affiliated with the MRC Human Nutrition Research Center in Cambridge, UK. Gabriela Salazar is affiliated with the Public Nutrition Area, Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA), University of Chile in Santiago, Chile. Esther Casanueva is affiliated with the Nutrition Research Department, Instituto Nacional de Perinatología in México, D.F. México.

Mention of the names of firms and commercial products does not imply endorsement by the United Nations University.

mittee of Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, where the study took place.

Doses and sample collection

The study was conducted over a 15-day period. At days 0 and 14 weight and length measurements were taken. Saliva samples were obtained at home for milk intake and total body water estimation by the deuterium (D_2O) dilution method. On the first day, mothers received an oral dose of 1.5 mol (30g) of D_2O 99.8% (Cambridge Isotope Laboratories, Andover, Mass., USA). Saliva samples were collected from mothers and infants (1 ml) at days 1, 6 and 14; and 1, 2, 5, 6, 13, and 14, respectively, after dosing the mothers. The samples were frozen at $-70^\circ C$.

Sample sublimation

A simple sublimation system connected to a freeze drier was used [10] to obtain water from saliva. Each frozen saliva sample was placed inside an ice bath, vacuum was applied, and sublimated water was condensed in a trap to constant temperature ($-30^\circ C$). D_2O in different concentrations was completely recovered on condensation flasks to avoid fractionation. Time of sublimation for saliva was 1 ml/hour.

D_2O measurements by infrared spectroscopy (IRS)

Deuterium abundance was measured by IRS with a CaF_2 cell (Miran 1FF, Foxboro Co., Mass., USA). Measurements were taken after filtration ($0.22\mu m$) at 2513 cm^{-1} under controlled temperature ($15^\circ C$). A programmable voltmeter (Mod. 83 III, Fluke Corporation, Everett, Wash., USA) was installed to the detector signal, for digitizing and averaging absorbance measurements. A calibration curve was checked every day using a deuterium stock solution (2000 ppm). Each dilution or sample was loaded into the cell using a syringe. All standards and samples were measured in duplicate after adjusting the absorbance to 0 with water or basal saliva.

D_2O measurements by isotope ratio mass spectrometry (IRMS)

Sublimated samples were analyzed by IRMS at the Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA) in Chile. The samples were isotopically equilibrated with hydrogen for three days, using platinum on alumina powder as a catalyst [11]. The deuterium content of

the resultant gas was compared with that of known calibrators, using HYDRA (Europe Scientific, Crewe, UK) and the results were converted to the V-SMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water) scale [12].

Milk ingestion and body composition

The dose-to-mother D_2O -dilution method was applied and babies' milk intakes were estimated by a program modified to obtain a better curve adjustment using the IRS concentration values. Mothers' and babies' data samples were introduced to the program to calculate milk intake based on *in vivo* tracer kinetics. The computer program also calculated the mothers' D_2O enrichment at the equilibration time. Thus, total body water and percentage of body fat were obtained from the program as well.

Statistical methods

Statistical analysis was done (NCSS*, 1997; Kaysville, UT, USA) and results were expressed as means \pm standard deviations (SD). Accuracy of the technique was examined by a Student's *t*-test ($p < .05$) and regression procedures. The comparison was considered accurate if the regression between IRMS and IRS had a slope not significantly different from 1 and an intercept not significantly different from zero. Precision was assessed by the model R^2 and the standard error of the estimate (SEE) from the regression procedures described above. Bias was examined using the procedures of Bland and Altman [13].

Results

The mean age of the 10 healthy lactating mothers was 21.7 ± 3.4 years (range 16.9 to 27.5 years) and their weight was 62.7 ± 8.1 kg (range 49.6 to 74 kg). Mean weight of the infants under three months old, was 4.5 ± 0.9 kg (range 3.6 to 6.4 kg).

D_2O analysis by IRS and IRMS

Accuracy and precision of D_2O concentration analyzed by infrared spectroscopy (IRS) in comparison to isotope ratio mass spectrometry (IRMS) was studied for 88 sublimated saliva samples. Mean D_2O concentrations obtained by IRS and IRMS were 340 ± 209 and 345 ± 202 ppm, respectively, within a range of 21 to 1,022 ppm. The mean difference between the methods was 4.62 ± 76.3 , which was not different from zero ($p = .57$). The standard deviations of the difference showed a considerable dispersion by the Bland and

Altman analysis (fig. 1). The discrepancy between the measurements on both instruments showed no significant overall bias ($r = 0.10$; $p = .33$), however it showed a wide range of dispersion within the 95% limits of agreement (mean \pm 2SD). The tendency to bias was more pronounced at lower concentrations of deuterium in the range of 200 to 500 ppm.

The relationship between D_2O concentration by IRS and IRMS (fig. 2) deviated significantly from the line of identity in terms of the intercept ($p < .01$) but not of the slope ($p > .90$) that was not different from 1. This relationship was explained by the following correction equation: Actual D_2O concentration = $0.896 \times D_2O$ concentration by (IRS) + 39.89 ppm (table 1).

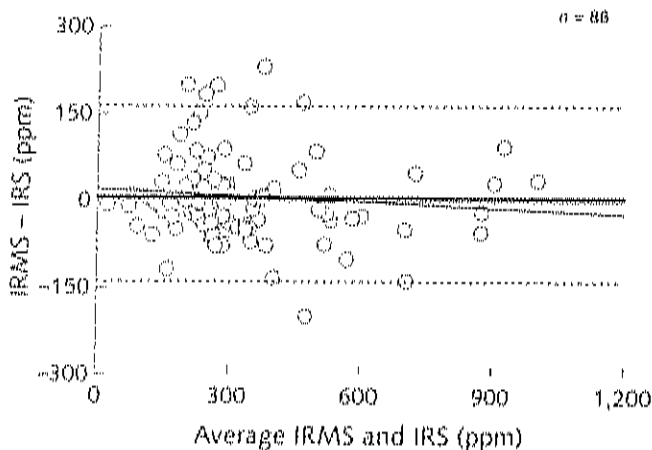


FIG. 1. Individual differences versus the averages for deuterium enrichment (ppm) measured by mass spectrometry (IRMS) and infrared spectroscopy (IRS). The mean difference is represented by the solid line and the dotted lines represent \pm 2SD from the mean.

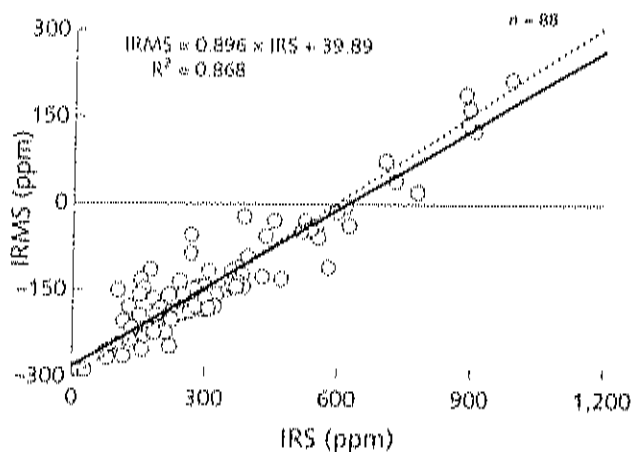


FIG. 2. Relationship between deuterium enrichment (ppm) measured by infrared spectroscopy (IRS) versus mass spectrometry (IRMS). The identity line (slope = 1, intercept = 0) is the dotted line, while the solid line represents the linear regression of the total ppm data.

Infant's milk intake and mother's body fat

Milk intakes using data obtained by IRS ranged from 280 to 1,290 g/day and the mean (624 ± 296 g/day) was not different ($p = .64$) from that determined by IRMS (634 ± 327 g/day). The mean mother's percent body fat by IRS and IRMS were $31.3\% \pm 12.4$ and $31.5\% \pm 13.1$ ($p = .755$), respectively. For milk intake, the difference between the methods was 10 ± 65.7 g/day, with 95% limits of agreement from -121 to $+141$. The discrepancy analysis showed a strong tendency to bias, however non-significant with an intercept of -54.7 ($p = .26$) and a slope of 0.10 ($p = .15$). The relationship of milk intakes' means by both methods and the difference between them showed a correlation of 0.48 ; $p = .15$.

The difference in the mothers' percent body fat by the IRS and IRMS was $0.194 \pm 1.9\%$ and was not different from zero ($p = .74$). Limits of agreement were from -3.6 to $+4.0$. The discrepancy analysis for mother's body fat showed an intercept and a slope of -1.67 ($p = .33$) and 0.059 ($p = .25$), respectively. The relationship of the body fat's mean by both methods and the difference between them showed a correlation of 0.38 ; $p = 0.25$.

Regression analyses of infants' milk intake and mothers' body fat were performed using IRS and IRMS data. There was a significant relationship between measurements obtained for milk intake ($r = 0.983$, $p = .0000$) and percent body fat ($r = 0.991$, $p = .0000$). Precision of IRS determined from the model R^2 and standard error of the estimate (SEE) from the regression procedures is listed in table 1. The IRS technique explained 96% and 98% of the variance for milk intake and percent body fat, respectively.

Discussion

The use of IRS to quantify deuterium oxide concentration in physiological fluids has the potential to be an alternative technique to IRMS for lactation and body composition studies by dilution and wash-out kinetics principles. In this study, D_2O concentration between

TABLE 1. Summary of regression of deuterium concentration in saliva samples, milk intake, and percent body fat by IRS against IRMS

Measurement	R^2	Intercept	Slope	SEE ^a
Deuterium in saliva (ppm) ($n = 88$)	0.868	39.89	0.896	73.7
Milk intake (g/day) ($n = 10$)	0.966	-45.3	1.09	63.9
Body fat (%) ($n = 10$)	0.981	-1.41	1.05	1.9

a. Standard error of the estimate.

the IRS and IRMS methods were not different, however, the standard deviations were large. Bias although not significant, did show a wide dispersion. Accuracy from the standpoint of the line of identity, showed that the intercept was different from zero and a correction equation was applied.

One of the limitations of the IRS technique is the precision (CV, 7.17%) for repeated measurements of the same sample. By IRMS or Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) it is possible to obtain CV < 1.0% [7, 9]. Another limitation for IRS technique is the quantity of sample required for the analysis, 400 µl of sublimated sample was required to fill the cell and ports. Even most important, is the poor sensibility of the IRS, several times lower than that of the IRMS.

Although there was no significant bias in either milk intake or in the mothers' percent body fat derived from D₂O concentration examined by IRS and IRMS, large standard deviations were observed especially with regard to milk intake. The limits of agreement for individual estimates indicated that both methods could differ by as much as 130 g/day, which would

be equivalent to 21% of the overall mean milk intake. Mean values for body fat were essentially identical and the 95% limits of agreement represents about 13% of the mean body fat observed in these women. Although there were no differences detected between the means or the mean difference was not different from zero, the large variation could be the reason for not detecting these differences. An increase in sample size could help to resolve this problem.

The IRS methodology described herein is a potentially good alternative to those laboratories that do not have IRMS or FTIR facilities. However, further analysis using a large sample should be done. The cost of the IRS instrument, like the one used in this study plus voltmeter that increases sensitivity, is approximately US\$5,200. The sublimation may be avoided by carefully loading saliva samples into the IR cell, just after centrifugation [9]. The comparison of the IRS and IRMS techniques for measuring deuterium oxide enrichment showed a reasonable agreement and provided similar estimates of milk intake and maternal percent body fat in the mother-infant pairs studied.

References

1. Kusin JA, Kardjati S, Renquist UH. Chronic undernutrition in pregnancy and lactation. *Proc Nutr Soc* 1993;52: 19-28.
2. Infante BC, Hurtado J, Salazar G, Pollastri A, Aguirre E, Vio E. The dose-to mother method to measure milk intake in infants by deuterium dilution: A validation study. *Eur J Clin Nutr* 1991;45:121-9.
3. Fjeld CR, Brown KH, Schoeller DA. Validation of the deuterium oxide method for measuring average daily milk intake in infants. *Am J Clin Nutr* 1988;48:671-9.
4. Coward WA, Cole TJ, Sawyer MB, Prentice AM. Breast-milk intake measurement in mixed-fed infants by administration of deuterium oxide to their mothers. *Hum Nutr Clin Nutr* 1982;36C:141-8.
5. Schloerb R, Friis-Hansen J, Edelman IS, Sheldon DB, Moore SD. The measurement of deuterium oxide in body fluids by the falling drop method. *J Lab Clin Med* 1951;37:652-62.
6. Nielsen WC, Krzywicki HJ, Johnson HL, Consolazio CF. Use and evaluation of gas chromatography for determination of deuterium in body fluids. *J Appl Physiol* 1971;31:957-61.
7. Blagojevic N, Allen BJ, Gaskin KJ, Baur LA. Determination of total body water by Fourier transform infrared analysis. *Australas Phys Eng Sci Med* 1990;13:110-6.
8. Venyaminov S, Prendergast FG. Water (H₂O and D₂O) molar absorptivity in the 1000-4000 cm⁻¹ range and quantitative infrared spectroscopy of aqueous solutions. *Anal Biochem* 1997;248:234-45.
9. Jennings G, Bluck L, Wright A, Elia M. The use of infrared spectrophotometry for measuring body water spaces. *Clin Chem* 1999;45:1077-81.
10. Calderón de la Barca AM, Bolaños AV, Caire Juvera G, Román Pérez R, Valencia ME, Casanueva E, Coward WA. Evaluación del consumo de leche humana por dilución con deuterio y detección por espectroscopia de infrarrojo. *Per Rep Hum* 1998;12:142-50.
11. Scrimgeour CM, Rollo MM, Mudambo SMKT, Handley LL, Prosser SJ. A simplified method for deuterium hydrogen isotope ratio measurements on water samples of biological origin. *Biol Mass Spectrom* 1993;22: 383-7.
12. Gonfiantini R. Report on advisory group meeting on stable isotope reference samples for geochemical and hydrological investigations. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 1984.
13. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.

the IRS and IRMS methods were not different, however, the standard deviations were large. Bias although not significant, did show a wide dispersion. Accuracy from the standpoint of the line of identity, showed that the intercept was different from zero and a correction equation was applied.

One of the limitations of the IRS technique is the precision (CV, 7.17%) for repeated measurements of the same sample. By IRMS or Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) it is possible to obtain CV < 1.0% [7, 9]. Another limitation for IRS technique is the quantity of sample required for the analysis, 400 µl of sublimated sample was required to fill the cell and ports. Even most important, is the poor sensibility of the IRS, several times lower than that of the IRMS.

Although there was no significant bias in either milk intake or in the mothers' percent body fat derived from D₂O concentration examined by IRS and IRMS, large standard deviations were observed especially with regard to milk intake. The limits of agreement for individual estimates indicated that both methods could differ by as much as 130 g/day, which would

be equivalent to 21% of the overall mean milk intake. Mean values for body fat were essentially identical and the 95% limits of agreement represents about 13% of the mean body fat observed in these women. Although there were no differences detected between the means or the mean difference was not different from zero, the large variation could be the reason for not detecting these differences. An increase in sample size could help to resolve this problem.

The IRS methodology described herein is a potentially good alternative to those laboratories that do not have IRMS or FTIR facilities. However, further analysis using a large sample should be done. The cost of the IRS instrument, like the one used in this study plus voltmeter that increases sensitivity, is approximately US\$5,200. The sublimation may be avoided by carefully loading saliva samples into the IR cell, just after centrifugation [9]. The comparison of the IRS and IRMS techniques for measuring deuterium oxide enrichment showed a reasonable agreement and provided similar estimates of milk intake and maternal percent body fat in the mother-infant pairs studied.

References

1. Kusin JA, Kardjati S, Renquist UH. Chronic undernutrition in pregnancy and lactation. *Proc Nutr Soc* 1993;52:19-28.
2. Infante BC, Hurtado J, Salazar G, Pollastri A, Aguirre E, Vio F. The dose-to-mother method to measure milk intake in infants by deuterium dilution: A validation study. *Eur J Clin Nutr* 1991;45:121-9.
3. Fjeld CR, Brown KH, Schoeller DA. Validation of the deuterium oxide method for measuring average daily milk intake in infants. *Am J Clin Nutr* 1988;48:671-9.
4. Coward WA, Cole TJ, Sawyer MB, Prentice AM. Breast-milk intake measurement in mixed-fed infants by administration of deuterium oxide to their mothers. *Hum Nutr Clin Nutr* 1982;36C:141-8.
5. Schloerb R, Friis-Hansen J, Edelman IS, Sheldon DB, Moore SD. The measurement of deuterium oxide in body fluids by the falling drop method. *J Lab Clin Med* 1951;37:652-62.
6. Nielsen WC, Krzywicki H, Johnson HL, Consolazio CE. Use and evaluation of gas chromatography for determination of deuterium in body fluids. *J Appl Physiol* 1971;31:957-61.
7. Blagojevic N, Allen BJ, Gaskin KJ, Baur LA. Determination of total body water by Fourier transform infrared analysis. *Australas Phys Eng Sci Med* 1990;13:110-6.
8. Venyaminov S, Prendergast FG. Water (H₂O and D₂O) molar absorptivity in the 1000-4000 cm⁻¹ range and quantitative infrared spectroscopy of aqueous solutions. *Anal Biochem* 1997;248:234-45.
9. Jennings G, Black L, Wright A, Elia M. The use of infrared spectrophotometry for measuring body water spaces. *Clin Chem* 1999;45:1077-81.
10. Calderón de la Barca AM, Bolaños AV, Caire Juvera G, Román Pérez R, Valencia ME, Casanueva E, Coward WA. Evaluación del consumo de leche humana por dilución con deuterio y detección por espectroscopia de infrarrojo. *Per Rep Hum* 1998;12:142-50.
11. Scrimgeour CM, Rollo MM, Mudambo SMKT, Handley LL, Prosser SJ. A simplified method for deuterium hydrogen isotope ratio measurements on water samples of biological origin. *Biol Mass Spectrom* 1993;22:383-7.
12. Gonfiantini R. Report on advisory group meeting on stable isotope reference samples for geochemical and hydrological investigations. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 1984.
13. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.