



www.revistaserendipia.com

DIRECTORIO

Directora L.P.C. Julieta Isabel

Espinosa Renteríc

Subdirector, Arte y Diseño L.A.P. Jorge Arturo

Alcántara Muñoz

Redacción L.P.C. Julieta Isabe

Espinosa Renterío

Fotografía L.A.P. Jorge Arturo

Alcántara Muñoz

llustraciones: L.A.P. Jorge Arturo

Alcántara Muñoz

Contacto Serendipia: Tel: (442) 2.62.89.67

e-mail: contacto@revistaserendipia.com web: www.revistaserendipia.com síguenos en: facebook/revistaserendipia



Serendipia, revista bimensual mayojunio de 2014. Editor responsable: Julieta Isabel Espinosa Rentería. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: En trámite. Número de Certificado de Licitud de Título: En trámite. Número de Certificado de Licitud de Contenido: En trámite. Domicilio de la publicación: 3º Cerrada de St. Andrew's Old No. 14 Balvanera Polo & Country Club C.P. 76920 Corregidora, Querétaro. Calle 1 núm. 101, Zona Ind. B. Juárez. C.P. 76120, Querétaro. Qro. Distribuidor: Julieta Isabel Espinosa Rentería. 3º Cerrada de St. Andrew's Old No. 14 Balvanera Polo & Country Club C.P. 76920 Corregidora, Querétaro. Serendipia cuenta con un tiraje de 3,000 ejemplares distribuidos en el estado de Querétaro. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial del contenido de ésta revista, sin la autorización expresa de los titulares de los derechos. Serendipia no se hace responsable del contenido de los anuncios ni de las ofertas realizadas por sus anunciantes.



aboratorio nacional de referencia en materia de mediciones es la descripción más compleja y simple, a la vez, del Centro Nacional de Metrología (CENAM). Un centro de investigación, desarrollo y servicio tecnológico que tras 20 años de existencia es la institución científica consolidada con mayor vinculación e impacto con todos y en todos los sectores del país.

Ejecutora intachable de su responsabilidad de establecer y mantener los patrones nacionales; así como de ofrecer servicios metrológicos de calibración de instrumentos y patrones, certificación y desarrollo de materiales de referencia, cursos especializados en metrología, asesorías y venta de publicaciones, el CENAM es resguardo y generador del conocimiento requerido por el avance tecnológico y el incremento en la exigencia metrológica de las transacciones comerciales nacionales e internacionales de nuestro país.

A 20 años de su puesta en operación, el 29 de abril de 1994, Serendipia dedica su edición núm. 30 a dicho Centro y publica íntegro el documento *Los prototipos nacionales del Sistema Métrico Decimal*, del extinto exjefe de la División de Metrología de Masa y Dimensional, Ing. Félix H. Pezet Sandoval; y un extracto de la publicación técnica *El Sistema Internacional de Unidades (SI)*, coautoría del actual director general del CENAM, Dr. Héctor O. Nava Jaimes; el Ing. Pezet Sandoval; y el director del Área de Metrología Mecánica del CENAM, Dr. Ignacio Hernández Gutiérrez.

La pretensión de esta edición es la de compartir con nuestros lectores la historia e implicaciones de la convención más importante, tal vez, de la humanidad: las unidades de medida, y la forma en que México forma parte de ella. Lo anterior, aunado al deseo de contribuir en la imperante tarea de culturizar metrológicamente a las actuales y nuevas generaciones.

Nuestro agradecimiento y felicitación al Dr. Héctor O. Nava Jaimes por el liderazgo de 18 años al frente del CENAM y, por su siempre disposición e interés para la divulgación del conocimiento.



# Breve reseña histórica de la metrología en México

Héctor O. Nava Jaimes, Félix H. Pezet Sandoval e Ignacio Hernández Gutiérrez



«...y porque pudiera suceder que al repartir las tierras hubiera duda en las medidas, declaramos que una peonía es... tierra de pasto para diez puercas de vientre, veinte vacas y cinco yeguas, cien ovejas y veinte cabras." Ley primera del Título 12, Libro IV de la Recopilación de las Leyes de Indias. Época Prehispánica.

éxico es, sin duda, una de las naciones que cuenta con una historia variada en civilizaciones. La última tribu que llegó a la mesa central después de una peregrinación que duró 165 años fue la de los aztecas, quienes el 18 de julio de 1325 fundaron la gran Tenochtitlan. Además de su actividad guerrera, el amplio núcleo de habitantes desplegó su actividad en los campos relativos al conocimiento, a la construcción, a la manufactura, al tráfico mercantil y a la producción agrícola. Esto necesariamente supone la idea de ciertas medidas para la construcción de los palacios, la determinación de los tributos, la limitación de sus tierras, la mensuración de los objetos sujetos a transacción y el registro del tiempo.

En el campo mercantil, los historiadores coinciden en que las mercancías se vendían y se permutaban por número y medida; en igual forma, mesuraban sus tributos pero no tuvieron noticias de que hubieran usado pesas, incluso, hay constancia de que las cosas que comúnmente se sujetaban a la determinación de su peso en otras civilizaciones, entre los mexicanos se determinaban mediante el uso de medidas para áridos.

En el campo dimensional para mensuración de sus tierras, casas, templos y pirámides, la principal medida lineal mexicana correspondió a tres varas de Burgos.

En 1521 se rindió la gran Tenochtitlan, principal reducto militar de los aztecas, y con ello todo su sistema de numeración y de medidas se vio truncado violentamente. Las evidencias del uso de este sistema de medidas nos lo proporcionan los cronistas e historiadores de la Conquista y relatores de la vida cotidiana del México Antiguo:

En palabras de Alfonso de Molina en su Vocabula-



rio de la Lengua Mexicana: «...la medida que se utilizaba en aquel entonces era el octacatl o vara de medir».

Manuel Orozco y Berra, en su *Historia Antigua y de la Conquista de México* menciona: «...encontramos después, en Ixtlixóchitl, al hacer la descripción de los palacios de Netzahualcóyotl... Tenían las casas de longitud, que recorrían de oriente a poniente, cuatrocientas y once medidas y media, que reducidas a nuestras medidas hacen mil doscientas treinta y cuatro varas y media, y de latitud que es de norte a sur, trescientos veinte y seis medidas que hacen novecientas y setenta y ocho varas».

«...Refiérese Ixtlixóchitl en su comparación, por la una parte a la medida de Texcoco, igual en todo a la de México y por la otra, a la vara de Burgos que era la mandada usar en la Colonia por la Ordenanza de Don Antonio de Mendoza. De esta relación directa se saca que una medida lineal mexicana corresponde a tres varas exactas de Burgos: cada una de éstas es igual a 0,838 m, luego aquella mide 2,514 m. Como según la índole de la numeración, cada una de estas unidades principales se dividía en cinco menores, cada una de éstas era equivalente a 21,6 pulgadas castellanas o 0,503 m».

Citado por N. Molina Fábrega en su obra El Código Mendocino y la Economía de Tenochtitlan: «...En la ciudad de Texcoco, con sus barrios y aldeas, puso por mayordomo a Matlalaca, el cual además de estar a su cargo todas las rentas y tributos de ella, tenía la obligación de sustentar la casa y corte del rey setenta días, dando cada día en grano, veinticinco tlacopustlis de maíz para ser tomados, que era una medida que en aquel tiempo se usaba y cada tlacopustli tenía tres almudes más una fanega, las que reducidas a fanegas montan treinta y una fanegas y tres almudes».

Antonio de Solís, autor de la *Historia de la Conquista de México*, manifiesta: «Hacíanse las compras y ventas por vía de permutación con que daba cada uno lo que le sobraba por lo que había menester, y el maíz o el cacao servía de moneda para las cosas menores. No se gobernaban por el peso, ni le conocieron; pero tenían diferentes medidas con que distinguir las cantidades y, sus números o caracteres con que ajustar los precios según sus transacciones».

Esto nos manifiesta, sin lugar a dudas, que hubo muchas más unidades de medida que utilizaron los antiguos mexicanos, sin embargo, el conocimiento de ellas se perdió en el tiempo y en los efectos devastadores de la Conquista.

# Época Colonial

El empleo de las medidas españolas se hizo extensivo en las tierras de Anáhuac porque la Conquista, al truncar el desarrollo natural de la cultura de los pueblos indígenas, implantó el uso, la costumbre y el idioma de los vencedores.

Bajo la sombra del sistema de medidas impuesto, proliferó el desorden y la arbitrariedad en su aplicación que tenía como víctima principal al indígena, al verdadero dueño de todo, que trabajaba la tierra con el recuerdo de su pasada grandeza.

Una vez consumada la Conquista y apenas transcurridos cuatro años de dominación española, Hernán Cortés, Capitán General y Gobernador de la Nueva España, dictó la ordenanza de 1525 que reglamentó de alguna forma las pesas y las medidas, al señalar que en cada villa hubiera un «fiel» designado y elegido por los alcaldes y regidores cada año, que tenía la obligación de conservar en su casa pesas y medidas, desde la arroba hasta el cuartillo y medio cuartillo, los cuales servían como patrones de verificación.

En 1536, el 4 de junio, Juan de Bustillos, pregonero público, dio a conocer las ordenanzas del Virrey Don Antonio de Mendoza referentes a las medidas para tierra fundándose principalmente en las medidas españolas. Estableció como medida esencial la vara: «...y está declarado que cada pie de los de dichas medidas ha de ser una tercia y cada paso de cinco pies», lo anterior citado por Don Mariano Galván Rivera en su obra *Ordenanzas de Tierra y Aguas*.

En 1567 se dictaron las ordenanzas del Virrey Don Gastón de Peralta, Marqués de Falces, de cuya época Francisco Sedano en sus *Noticias de México* hace alusión: «...En el convento

ciencia (🏠



de San Hipólito de México se halla en el archivo un legajo con este brevete, Perote, una merced de tierra hecha por su majestad el año de 1567 que dice: Paso de marcas de cinco tercias de largo. Cinco tercias es lo mismo que cinco pies o, vara y dos tercias. Paso geométrico es de dos pies y medio, la mitad del paso de marca o de Salomón y tiene cinco sesmas. [...] Un sitio de ganado mayor tiene una legua de largo y una legua de ancho. La legua en esta Nueva España tiene cinco mil varas y viene a tener un sitio de 25 000 000 de varas cuadradas de área. Un sitio de ganado menor tiene 11 133 333 varas y dos tercias de largo. y otro tanto de ancho. En un sitio de ganado mayor caben 41 caballerías de tierra y 14 272 varas cuadradas. En un sitio de ganado menor caben 18 caballerías de tierra. Una caballería de tierra tiene 1 104 varas de largo y 552 varas de ancho, y su área tiene 609 408 varas cuadradas. Una avanzada de tierra tiene 220 pies de largo y 220 de ancho; 220 pies o tercias hacen 73 1/2 varas y esto tiene por lado la avanzada y 377 2/9 varas cuadradas de área. Vi varios expedientes firmados por el señor Don José Antonio de Areche, fiscal de su majestad, sobre medidas de tierra, con motivo de la venta de haciendas que fueron de los regulares de la Compañía de Jesús, y en ellos se asienta que una legua en Nueva España tiene cinco mil varas de largo, y que un sitio de ganado mayor tiene una legua de largo y otra de ancho, y concuerda con lo que va referido».

En esta época se conocían unidades que servían para la mensuración de tierras como las huebras y las peonías, a las cuales la Ley primera del Título 12 del Libro IV de la recopilación de las Leyes de Indias daba la siguiente equivalencia: «...la peonía es un solar de cincuenta pies de ancho y cien de largo, cien fanegas de tierra de labor de trigo o de cebada, diez de maíz, dos huebras de tierra para huerta y ocho para plantas de otros árboles de secadal, tierra de pasto para diez puercas de vientre, veinte vacas y cinco yeguas, cien ovejas y veinte cabras. [...] La huebra es la superficie que se ara en un día. [...] La caballería es como de cinco peonías».



Refiriéndose al año de 1763, el historiador Francisco Sedano en su obra citada dice: «...por carga de pulque, para la cuenta y pago de los derechos que pagan los pulqueros, se entiende 18 arrobas. La carga de 18 arrobas se compone de nueve cubos, cada cubo de 60 cuartillos».

En esa época se utilizaban principalmente arrobas, quintales y libras para determinar el peso de las cosas, y en lo referente a ello menciona: «la campana mayor de la Santa Iglesia Catedral llamada de Nuestra Señora de Guadalupe pesa 270 quintales. Tiene de alto desde el bordo hasta la extremidad de las asas, tres varas y tercia. Tiene de circunferencia en el bordo 10 varas: tiene de diámetro 3 varas y 10 pulgadas. El badajo tiene dos varas y media, y pesa 22 arrobas y 19 libras de fierro».

De estas evidencias podemos afirmar que el sistema de pesas y medidas en la época colonial estuvo fundamentado en tres unidades básicas: la vara castellana, en longitud; la libra castellana, en peso y el segundo, en tiempo. De estas unidades se derivaban las demás, múltiplos y submúltiplos, cuya variación no era decimal, por ejemplo: la vara se dividía en tres pies, el pie en doce pulgadas, la pulgada en doce líneas y la línea en doce puntos; la legua, único múltiplo, equivalía a cinco mil varas.

Las superficies se valoraban en varas cuadradas y los volúmenes en varas cúbicas. La vara castellana también se conocía como vara de Burgos, que después se transformó en la vara mexicana y entre ellas había algunas diferencias.

Sin embargo, lo cierto es que a la luz de estas unidades se habían establecido otras de carácter fuertemente arbitrario, debido a las necesidades del comercio y que quedaron muy arraigadas en los habitantes: los grandes hacendados valoraban sus extensiones de tierra en sitios de ganado mayor, sitios de ganado menor, criaderos de ganado mayor o criaderos de ganado menor. Las superficies de sembradío las valoraban en caballerías de tierra y en fanegas de sembradura de maíz. Estas tierras se regaban con agua de manantiales caudalosos, cuyos gastos se medían en buey de agua o de ríos, cuyos flujos se medían en surcos, naranjas, reales o limones.

Era común que los habitantes de la ciudad tomaran agua de las fuentes de los acueductos que fluía a razón de cinco pajas. En las transacciones mercantiles, los líquidos se vendían en barriles, jarras y cuartillos. Para el caso de los granos se usaban medidas de capacidad que tomaban por nombre: carga, fanega, media fanega, cuartilla, almud y cuartillo. Para los pesos (masas) en general se utilizaba el quintal, la arroba, la libra, la onza, el adarme, el tomín

y el grano.

Si las transacciones comerciales se hacían con plata se utilizaba el marco y la ochava; si se tratase de oro, el castellano; y para usos medicinales, el dracma y el escrúpulo. La libra, la onza, el tomín y el grano se utilizaban también en estas actividades con pequeñas variantes

Había otras unidades como el montón, el huacal, el chiquihuite, el cubo, la tinaja, la tercia y la cuarta, que se usaron hasta que poco a poco fueron desapareciendo conforme el Sistema Métrico cobraba mayor expansión, como resultado de los esfuerzos que los gobiernos hacían para que la población aceptara el nuevo sistema y del ingreso de México a la Convención del Metro.

# Época İndependiente

La emancipación política de nuestra patria no trajo consigo, de inmediato, cambios radicales porque muchas instituciones coloniales subsistieron y diversas disposiciones españolas tuvieron vigencia hasta que, paulatinamente, se fueron substituyendo por otras. En tales condiciones, cabe decir que la situación de las pesas y de las medidas reinante en la época colonial también imperó en el México independiente hasta que se creó un nuevo régimen sobre la materia con la adopción del Sistema Métrico Decimal, adopción que fue del todo fácil.

Desde la circular de Don Manuel Siliceo, Ministro del Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana, firmada el 20 de febrero de 1856; continuada por el primer Decreto que establece el uso del Sistema Métrico Decimal Francés de Don Ignacio Comonfort en 1857; seguido en su turno por los Decretos de Don Benito Juárez, los de Maximiliano de Habsburgo y otros gobernantes; hasta

la Ley de 1895 de Don Porfirio Díaz; el país atravesó por etapas difíciles de invasiones, insurrecciones y, gobiernos inestables y galopantes que lo mantuvieron en condiciones no aptas para la adopción integral de un nuevo sistema en materia de pesas y medidas, por lo que se establecieron decretos que primeramente confirmaban y después aplazaban la obligación del uso del Sistema Métrico.

Respecto de las unidades de medida más comunes que se utilizaron en el México Colonial y en el México Independiente se indica una relación a continuación.

Unidad	Equivalencia
adarme	1,798 g
legua	4,190 km
almud libra	7,568 L
arroba	460,246 g 11,506 kg
limón	8,284 L/min
barril	3,914 L
línea	1,940 mm
buey de agua	159,061 L/s
marco	230,124 g
caballería de tierra	42,795 ha
media fanega	45,407 L
carga (para grano)	181,630 L
naranja	1,105 L/s
adarme	1,798 g
legua	4,190 km
almud	7,568 L
libra	460,246 g
arroba	11,506 kg
limón	8,284 L/min
barril	3,914 L
línea	1,940 mm
buey de agua	159,061 L/s
marco	230,124 g
caballería de tierra	42,795 ha
media fanega	45,407 L
carga (para grano)	181,630 L
naranja	1,105 L/s
cuarta	209,500 mm
ochava	3,595 g
castellano	4,602 g
onza criadero de ganado mayor	28,765 g 438,90 ha
paja	0,460 L/min
criadero de ganado menor	195,067 ha
pie castellano	279,333 mm
cuartillo (para aceite)	506,162 mL
pulgada castellana	23,278 mm
1 0	
MAYO ILINIO 2014	



Unidad	Equivalencia
cuartillo (para líquido) punto cuartillo (para grano) quintal cuartillo de almud real o limón cuartilla de fanega sitio de ganado mayor dedo sitio de ganado menor dracma surco escrúpulo tomín fanega vara de Burgos fanega de sembradura de maíz vara castellana grano vara mexicana jarra	456,263 mL 0,161 mm 1,892 L 46,025 kg 1,892 L 8,284 L/min 22,704 L 1 755,61 ha 17,458 mm 780,271 ha 3,596 g 3,314 L/s 1,198 g 0,599 g 90,814 L 848 mm 3,566 ha 835,6 mm 49,939 mg 838 mm 8,213 L

# Época Revolucionaria

La revolución social de 1910, una explosión del pueblo bajo el lema de «Tierra y Libertad» en contra de sus opresores y terratenientes, y sus instrumentos de opresión: la tienda de raya, la leva, los salarios raquíticos, las grandes jornadas de trabajo en condiciones muchas veces inhumanas, hicieron aparecer caudillos que levantaron la voz del pueblo y lo guiaron en una revolución fratricida por buscar mejores condiciones de vida. Así, Emiliano Zapata y Francisco Villa, principales actores de la revolución, ofrendaron su vida por estos ideales.

En medio de esta fragorosa lucha, siguió vivo el espíritu de superación metrológica dentro del gobierno en turno que, a pesar de tener su estabilidad en continua zozobra, tuvo a quienes con anticipación establecieron el papel importante de la metrología en el desarrollo económico del país.

En esta época se adquirieron equipos que formaron parte del laboratorio de metrología, instalado en el edificio del Departamento de Pesas y Medidas de las calles de Filomeno Mata, esquina con Av. 5 de mayo, en la ciudad capital; hecho que dio fe de la importancia que se le concedió al aspecto legal de las pesas y de las medidas, sin embargo, en el caso de la metrología científica no se tuvo aún la infraestructura necesaria para incursionar en ella.

Aun así, al transcurrir los años, la aplicación práctica de la metrología legal empezó a decaer hasta quedar en completo abandono el laboratorio. A fines de la década de los 70, de sus actividades, la industria no obtenía ya ningún beneficio y el caos metrológico se hizo presente.

En la transición entre estas dos épocas, la revolucionaria y la moderna, y principalmente en el transcurso de esta última, existió la necesidad de producir un detonante que hiciera desper-

ciencia 🏠

tar la conciencia de la metrología entre aquellos que en los gobiernos tenían el poder de decisión.

# Época Moderna

La desaparición de los mercados domésticos cautivos, la apertura de fronteras al libre comercio, la necesidad de ganar mercados externos para superar la crisis económica hizo que muchos países miraran con interés a la metrología como un elemento básico indispensable, que les permitiría el mejoramiento de su producción y la competitividad de sus productos tanto en el mercado interno como en el externo. Así, en México, el ingreso al GATT (actualmente la Organización Mundial de Comercio) y posteriormente al Tratado de Libre Comercio con América del Norte vino a dar un fuerte impulso a la metrología nacional, dado que ésta forma parte de la infraestructura requerida por la industria mexicana para producir con calidad y poder hacer frente, con éxito, a las exigencias normativas de los países compradores.

Con el ímpetu de las circunstancias, esta época vio el nacimiento del Sistema Nacional de Calibración y una etapa importante quedó plasmada en los anales de la metrología científica nacional, ya que el proyecto y diseño de un laboratorio cúpula de alto nivel había finalizado y dado lugar, en 1991, a la instalación del Centro Nacional de Metrología (CENAM) como laboratorio primario del Sistema, El CENAM inició sus operaciones el 29 de abril de 1994.

Con el CENAM se hacía realidad la transferencia de la exactitud de los patrones nacionales y un acontecimiento histórico se marcaba respecto del patrón nacional de masa, el prototipo número 21. De platino iridio, añejo representante del Sistema Métrico Decimal, desde 1891 -hace más de un siglo- se encontraba en nuestro país. Desde esa fecha, y por diversas razones, no se había logrado antes establecer la trazabilidad de las mediciones de masa en México hacía ese patrón nacional, como se hace actualmente.

Dentro de las importantes disposiciones legislativas que se han publicado, resalta últimamente la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, firmada el 18 de junio de 1992, que contiene una regulación moderna sobre la materia de las mediciones en el país. Esta Ley fue publicada en el Diario Oficial de la Federación, el primero de julio de 1992. Se adicionó y reformó el 24 de diciembre de 1996, y se volvió a reformar el 20 de mayo de 1997 estando la presidencia del gobierno federal a cargo del Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León.

Estas reformas tuvieron la finalidad de privatizar algunas actividades del gobierno federal en materia de metrología, normalización y control de la calidad de la producción nacional, así como la acreditación como reconocimiento a la capacidad técnica de los organismos que las realizan, otorgada por una nueva figura legal: las Entidades Mexicanas de Acreditación.

La aprobación de los organismos acreditados podría concederse por las dependencias oficiales correspondientes. Actualmente, la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), reconocida por varias dependencias del gobierno federal, otorga a través de comités y subcomités de evaluadores, la acreditación a las entidades, físicas o morales, para desempeñarse como laboratorios de metrología, laboratorios de pruebas, organismos de certificación y unidades de verificación tanto en el campo de la metrología como en la calidad de productos o servicios. El órgano rector de este nuevo esquema es la Comisión Nacional de Normalización.

Para complementar la relatoría anterior, se proporciona en una lista de Leyes y Decretos que, a partir de la época independiente, se han emitido en torno a la adopción del Sistema Métrico y, en general, a la materia de pesas y medidas.

## Leyes:

Ley sobre Pesas y Medidas de 1895 (Porfirio Díaz) Adopta el Sistema Métrico Internacional de Pesas y Medidas.

Ley sobre Pesas y Medidas de 1905 (Porfirio Díaz)



Se establece que los patrones nacionales de longitud es el metro, prototipo núm. 25, y el de masa es el kilogramo, prototipo núm. 21, ambos de platino iridio.

Ley sobre Pesas y Medidas de 1928 (Plutarco Elías Calles)

Establece una incipiente cadena metrológica teniendo como origen los patrones nacionales.

Ley General de Normas y de Pesas y Medidas de 1961

(Gustavo Díaz Ordaz)

Conjunta las actividades de metrología, normalización, verificación y control de la calidad, cuyo Título II, referente al Sistema General de Unidades de Medida, fue modificado en 1970.

Ley Federal sobre Metrología y Normalización de 1988

(Miguel de la Madrid Hurtado)

Establece y eleva a rango de Ley, el Centro Nacional de Metrología, el Sistema Nacional de Calibración y el Sistema Nacional de Acreditación de Laboratorios de Pruebas.

Ley Federal sobre Metrología y Normalización de 1992

(Carlos Salinas de Gortari)

Reformas a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización

(Ernesto Zedillo Ponce de León)

Modifica procedimientos y funciones de los organismos antes citados. Se reforma en 1996 y se vuelve a reformar en 1997, ambas reformas bajo la administración del presidente Ernesto Zedillo Ponce de León. El sector privado se ocupará de las actividades de normalización, acreditación, certificación y verificación.

#### Decretos:

# 15 de marzo de 1857

Ignacio Comonfort

Se adopta el Sistema Métrico; se instituye la Dirección General de Pesas y Medidas de la República.

#### 15 de marzo de 1861

Benito Juárez

Enseñanza obligatoria del Sistema. Se establecen las Oficinas del Fiel Contraste

## 27 de octubre de 1865

Maximiliano de Habsburgo Confirma la obligatoriedad del Sistema Métrico Decimal Francés.

#### 20 de diciembre de 1882

Manuel González

Prohíbe la fabricación e importación de medidas en desacuerdo con el nuevo Sistema.

#### 14 de diciembre de 1883

Manuel González Establece Oficinas Verificadoras de Pesas y Medidas.

#### 18 de febrero de 1927

Plutarco Elías Calles Ratifica la aceptación al Tratado de la Convención del Metro.

#### 21 de abril de 1980

José López Portillo Establece el Sistema Nacional de Acreditación de Laboratorios de Pruebas.

#### 9 de junio de 1980

José López Portillo Establece el Sistema Nacional de Calibración.

# La adhesión a la Convención del Metro

El 30 de diciembre de 1890, una comunicación salió del Ministerio de Negocios Extranjeros de Francia hacia el presidente del Comité Internacional de Pesas y Medidas, dándole a conocer la adhesión de México a la Convención del Metro de 1875. A su vez, el Presidente del Comité Internacional de Pesas y Medidas lo daba a conocer a las

ciencia (🎓

Altas Partes Contratantes el 22 de enero de 1891.

En esta forma terminaron las gestiones iniciadas oficialmente, cuando siendo presidente de la República Mexicana Don Manuel González, en el año de 1883, dio instrucciones al representante de México en París para que se informara con el Ministro de Relaciones Exteriores del gobierno francés sobre los requisitos que debía cubrir el país para adherirse al Tratado de la Convención del Metro. Las gestiones se fortalecieron con un argumento que fue importante: el tiempo transcurrido desde que oficialmente se había adoptado el Sistema Métrico Decimal en México.

# La adopción del Sistema Métrico

El gobierno pudo demostrar que desde el 20 de febrero de 1856, casi 20 años antes de la reunión diplomática de la Convención del Metro, ya se había cristalizado una inquietud que -desde años anteriores- existía para la adopción del Sistema Métrico con una publicación de una circular oficial, la número 94, en la que el Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio del gobierno mexicano exhortaba a los Directores de Caminos y demás ingenieros empleados en esa Dependencia para que se sujetaran a dicho sistema, entre tanto se dictaban medidas de carácter general.

Igualmente, demostró que con la Constitución promulgada el 5 de febrero de 1857 se dieron las bases para que Don Ignacio Comonfort dictara, el 15 de marzo de ese año, el primer Decreto con el que se adoptaba el Sistema Métrico Decimal Francés en toda la República y se instituía un organismo, la Dirección General de Pesas y Medidas de la República, que tuvo como misión la de propagar el nuevo sistema.





Llegaba el año de 1875, eran también tiempos difíciles, cuando Don Sebastián Lerdo de Tejada se encontró imposibilitado para atender la invitación del gobierno francés para la reunión de la 120 Convención del Metro, en París, a pesar de estar de paso por esa ciudad Don Francisco Díaz Covarrubias y Don Manuel Fernández Leal, científicos mexicanos comisionados por el propio presidente Lerdo de Tejada para hacer observaciones del tránsito del planeta Venus por el Sol en Yokohama, Japón, misión que culminaron con mucho éxito.

Por lo tanto, la reunión diplomática se llevó a cabo sin la asistencia de México y en ella, 17 países de los 20 representados firmaron el Tratado, el 20 de mayo de 1875.

# La fecha de la adhesión

En 1883, México inició las gestiones para adherirse a la Convención, pero no fue sino hasta 1890, durante el gobierno de Don Porfirio Díaz, cuando una vez terminadas éstas, el encargado de Negocios de México en París comunicó al Ministro francés de Negocios Extranjeros sobre las instrucciones que tenía de su gobierno, de hacerle saber que los Estados Unidos Mexicanos se adherirían a la Convención del Metro.

La fecha de la comunicación que fue transmitida al Presidente del Comité Internacional de Pesas y Medidas como se mencionó, estableció la fecha oficial de esta adhesión: el 30 de diciembre de 1890.

# Obtención de los prototipos

Habiendo ingresado México a la Convención del Metro, solicitó que se le asignaran los prototipos del metro y del kilogramo. Esta asignación se realizó por sorteo. En el sorteo en que participó para la asignación del kilogramo, le tocó en suerte el número 21; mismo que llegó a nuestro país en 1891, con su carácter de patrón nacional de masa.

No habiendo prototipos del metro, no fue sino hasta 1893 cuando se obtuvo el número 25, que originalmente le había correspondido al Observatorio Real de Bruselas. Este prototipo en su carácter de patrón nacional de longitud fue recibido en México en el año de 1895.

Ambos prototipos se encuentran actualmente en el Centro Nacional de Metrología. El del kilogramo sigue representando su papel de patrón nacional de masa, mientras que el del metro ha sido sustituido, a partir de 1960, como patrón nacional de longitud.

#### Revisión del Tratado

Cuando fue revisado el Tratado de la Convención del Metro, sufrió modificaciones que se pusieron a consideración de las Altas Partes Contratantes; por México lo firmó en París, el Sr. Juan F. Urquidi, en su calidad de representante del gobierno mexicano, y lo ratificó Don Plutarco Elías Calles, presidente de México, por medio del Decreto expedido el 18 de febrero de 1927.

omenzamos a trabajar, a hacer calibraciones y a establecer patrones nacionales, aunque no se declaraban como tales. Hubo dos coincidencias: el interés metrológico en México promovido por un Director General de Normas con una visión técnica muy adecuada, y la experiencia que había ganado el gobierno mexicano al incorporarse al Acuerdo General sobre Aranceles Aduanales y Comercio (GATT, por sus siglas en inglés) en 1986. Había preocupación por las barreras técnicas al comercio, su normatividad y las mediciones que la soportaban, y México no contaba con infraestructura de esa naturaleza.

Dr. Héctor O. Nava Jaimes Director General del Centro Nacional de Metrología





# Los Prototipos Nacionales del Sistema Métrico Decimal

Félix H. Pezet Sandoval



# LOS ACONTECIMIENTOS DE LA ÉPOCA

os acontecimientos que en el país se desarrollaron en el siglo XIX marcaron en el país el camino de su historia como nación independiente de nuestros días.

El siglo XIX conoció la propensión del cabildo de la ciudad de México para liberar al país como colonia de España, la proclamación y consumación de la independencia, el primer imperio, la intervención norteamericana, la intervención europea, el segundo imperio, la restauración de la república, el porfiriato pero también en el quehacer de la vida cotidiana de sus habitantes, conoció del carácter arrebatado e impetuoso de Salvador Díaz Mirón, quien varias veces fue protagonista de duelos para salvaguardar su honor pero que no dejaban de ser peligrosas consecuencias de pleitos callejeros, y de los inventos relacionados con sistemas mecánicos para hacer más llevadera la difícil vida de los casi esclavizados trabajadores de las haciendas agrícolas.

En el campo de las mediciones conocido en aquella época de las pesas y de las medidas, también soplaban vientos de efervescencia; se sabía que en Francia se había establecido un sistema de mediciones con base científica, de variación decimal, de fácil uso, cuyas principales unidades -metro y kilogramo- vendrían en el devenir del tiempo a sustituir en nuestro país al sistema español de varas y libras de la época de la conquista y del virreinato.

Manteniendo el espíritu de la libertad, igualdad y fraternidad, Francia daba a conocer al mundo civilizado de aquel entonces, el Sistema Métrico Decimal desarrollado en las postrimerías de la Revolución Francesa con la finalidad de que fuera un sistema único, universal, que sustituyera a todos los demás sistemas imprecisos y arbitrarios que -a la luz del caos y del fraude- se utilizaban en todo el mundo.

En la Exposición Universal de Londres de 1851, en la Exposición Universal de París de 1855 y en los demás eventos de carácter técnico-científico internacionales que se organizaban, como el Congreso Internacional de Esta-





dística celebrado ese año, se tenía la presencia de la aportación francesa hacía la unificación mundial de las pesas y de las medidas.

Esta actividad empezó a dar frutos. El mundo se daba cuenta de la bondad de un sistema único, cuyas unidades fueron tomadas de la naturaleza, que no era en particular de algún país y que facilitaba esa circunstancia su adopción en todos los países del orbe.

# Adopción del Sistema Métrico Decimal

Con el temor nacido por los acontecimientos nacionales de la época pero con la firmeza de su convicción, Don Manuel Siliceo, en su carácter de Ministro de la Secretaría de Fomento del gobierno de Don Ignacio Comonfort, estableció en 1856 mediante una circular fechada el 20 de febrero, la primera obligatoriedad dirigida a los ingenieros de caminos que prestaban sus servicios en dicha Secretaría para que en el desempeño de sus funciones, utilizaran el Sistema Métrico Decimal.

A fin de que un sistema de unidades sea aceptado por la población y logre su finalidad, es necesario establecerlo en una ley. La primera disposición legal que adopta el Sistema Métrico Decimal Francés fue emitida en el año de 1857 por Don Ignacio Comonfort en su carácter de Presidente de la República. Después se promulgaron varios más, unos para ponerlo en vigor y otros que prorrogaban su aplicación, en un vaivén motivado por las presiones de los acontecimientos políticos y sociales de la época.

Ante los levantamientos armados, las invasiones extranjeras, los gobiernos galopantes y, en general, la lucha entre los grupos liberales y conservadores se siente la dimensión del esfuerzo y de la importancia que daban los gobiernos en turno, al considerar la obligación de imponer un sistema único de unidades de medida al mismo nivel que le concedían su atención a las urgentes necesidades del pueblo.

Entre los primeros decretos que establecían el uso obligatorio del Sistema Métrico se encuentran además, el



La palabra *Kleenex* no siempre fue sinónimo de pañuelos desechable. El principal material, *cellucotton*, fue usado originalmente durante la Primera Guerra Mundial como un reemplazo del algodón en máscaras de gas. En 1924, después de la Guerra, *Kimberly Clark* lo introdujo al mercado en EE.UU. como pañuelos faciales para quitar el maquillaje. Muchas cartas fueron

enviadas a la compañía por mujeres que se enamoraron del producto, pero que consideraban desafortunado que sus maridos e hijos los usaran para limpiarse la nariz. Cuando los estudios indicaron que aproximadamente 60% de los clientes usaban los *Kleenex* para este propósito, el producto fue lanzado por tercera vez en 1930, pero en esta ocasión como pañuelo desechable. Las ventas se duplicaron. En todo el mundo, los pañuelos desechables son ahora más populares que los pañuelos de algodón. Los *Kleenex* se fabrican en 30 países y se comercializan en más de 170.



# plastilina

¿Podrías pasarme la plastilina, por favor?, hay una mancha en la pared. Créalo o no, la plastilina fue lanzada como jabón por la fábrica *Kutol Products*, poco después de la Segunda Guerra Mundial, como un producto de limpieza para el papel tapiz. En 1955, el propietario Joseph McVicker le dio un trozo a su hermanastra, una maestra de *kindergarden*, cuando ella le dijo que la arcilla tradicional para modelar era demasiado sucia y dura para las manos de los pequeños niños. La sustancia de arcilla no-tóxica, lavable y permanentemente suave fue un tremendo éxito en el salón de clase. Un año después, el producto de limpieza había sido relanzado como juguete para niños y McVicker se hizo millonario. Actualmente, 95 millones de paquetes de plastilina se siguen vendiendo cada año.

Fuente: Inventos por accidente. Numen, Arte a través del Tiempo. México 2010



de Benito Juárez en 1861, el de Maximiliano de Habsburgo en 1865 y el de Manuel González en 1882.

Tratando de minimizar un poco el impacto social y la incertidumbre que se creó en la población por estar obligado a usar el nuevo sistema, se ordenó la elaboración de instrucciones y tablas de equivalencia a fin de que se compararan el «tamaño» de las nuevas unidades en relación con las antiguas.

## El Tratado del Metro

Como culminación de todo el movimiento universal para el uso del Sistema Métrico promovido por Francia, se celebró el 20 de mayo de 1875, en París, una reunión diplomática denominada Tratado del Metro, también conocida como Convención del Metro, a la cual asistieron 18 países que oficialmente adoptaron el Sistema Métrico Decimal y convinieron en sostener, a gasto proporcional, a la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM), situada bajo la autoridad del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) y éste, a su vez, al de la Conferencia General de Pesas v Medidas (CGPM).

Tres años antes de la celebración del Tratado del Metro, había fallecido Don Benito Juárez y en la fecha de la reunión, la presidencia del país primeramente interina y posteriormente constitucional, la ejercía Don Sebastián Lerdo de Tejada.

México no tuvo representación en esta reunión a pesar de que intentaron sin éxito acceder a la reunión, miembros de la Comisión Científica Mexicana que se encontraban en esa fecha en París regresando de Yokohama, Japón, después de observar el tránsito del planeta Venus por el disco del Sol e intercambiar con los científicos más destacados del mundo los cálculos que se derivaron de la observación de

éste fenómeno natural.

# EN BUSCA DE LOS PROTOTIPOS NACIONALES

# Los promotores

Formando esta Comisión Científica se encontraban personalidades que sobresalían por su apego al Sistema Métrico Decimal y por el convencimiento del gran beneficio que traería al país su adopción, como el Ing. Francisco Díaz Covarrubias, quien se destacó como notable hombre de ciencia, educador, gran promotor de los estudios astronómicos en nuestro país; el Ing. Manuel Fernández Leal, quien primeramente se desempeñó como Oficial Mayor de la Secretaría de Fomento y posteriormente durante cerca de diez años en el encargo de Ministro de Fomento, Colonización e Industria del gobierno de Don Porfirio Díaz; y el Ing. Francisco Bulnes, escritor y matemático quien fungió como relator y calculista de la Comisión.

Francisco Díaz Covarrubias y Manuel Fernández Leal hubieran podido asistir a esta reunión diplomática si no fuera porque estaban rotas las relaciones entre el gobierno de la República Mexicana y el gobierno de Francia, a causa de los acontecimientos de la época. Aún quedaba resentimiento hacia los representantes del gobierno republicano en México, tal como lo experimentó el Ing. Díaz Covarrubias en los círculos intelectuales franceses por la actitud para con ellos, de algunos de sus connotados hombres de ciencia.

En noviembre de 1880, culminaron las gestiones apoyadas por el Gral. Don Porfirio Díaz con las que se restablecieron las relaciones diplomáticas entre ambos países. El Gral. Díaz estaba en las postrimerías de su primera elección como gobernante, para ceder el mando al Gral. Don Manuel González que gobernó hasta el año de 1884.

# Los requisitos

Para obtener los prototipos e ingresar al concierto de los países métricos, el gobierno de México tuvo que:

a. Manifestar oficialmente su deseo de adherirse al Tratado del Metro.

b. Pagar su cuota de ingreso y su cuota anual, calculadas tomando como base la fecha en que entró en vigor el Sistema Métrico Decimal, el carácter opcional y obligatorio que tenía este Sistema en el país y el número de



habitantes a la fecha de ingreso.

c. Pagar el costo de los prototipos.

# El ingreso al Tratado del Metro

En esta circunstancia, el 9 de junio de 1883, el gobierno del Gral. González inició las gestiones para que nuestro país se adhiriese al Tratado del Metro. El Sr. Emilio Velazco, embajador de México con sede en París, comisionó al Ing. Francisco Díaz Covarrubias para que estudiara las funciones de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas con miras a nuestro ingreso al Tratado del Metro.

Las gestiones continuaron después de la segunda reelección de Don Porfirio Díaz y el 4 de agosto de 1890, el Sr. Gustavo Baz, encargado de negocios de la embajada de México en París, notificó al presidente del Comité Internacional de Pesas y Medidas, Gral. Carlos Ibáñez, Marqués de Mulhacén, la aceptación de los Estados Unidos Mexicanos para adherirse al Tratado del Metro; seguramente que esa decisión fue tomada por Don. Porfirio Díaz apoyada en la recomendación del Ing. Manuel Fernández Leal, quien se desempeñaba como Oficial Mayor del Ministerio de Fomento y que al año siguiente fue promovido a Ministro de Estado, en dicho ministerio.

La contribución económica que nuestro país debía pagar en función del número de años en que el Sistema Métrico Decimal había sido adoptado y del número de habitantes que tenía, considerando en 1890 una población de 11 632 924 habitantes y que el Sistema Métrico Decimal estaba legalmente en vigor desde el 15 de marzo de 1857, se fijó en 22 335 francos y una cuota anual de 2 878 francos.

Finalmente después de cumplir con su cuota de ingreso y con los trámites respectivos, nuestro país se adhirió al Tratado del Metro, el 30 de diciembre de 1890.

## LA OBTENCIÓN DE LOS PROTOTIPOS

## Los trámites

De inmediato, el gobierno del Gral. Díaz dictó sus instrucciones por intermedio de Don Ignacio Mariscal, Secretario de Relaciones Exteriores, al entonces encargado de negocios en Francia, Sr. Gustavo Baz, en relación con el precio del prototipo de kilogramo y su pago.

Habiendo fallecido en 1891 el Gral. Ibáñez, las gestiones continuaron con el Dr. W. Foerster, quien fue el nue-

vo presidente del CIPM hasta 1920.

El sorteo que se llevó a cabo el 4 de abril de 1891, en presencia del Sr. Ramón Fernández, enviado extraordinario y Ministro plenipotenciario de los Estados Unidos Mexicanos, le tocó en suerte a México el kilogramo marcado con el número 21, que habiendo sido comparado con el patrón internacional se expidió el certificado correspondiente, el 28 de septiembre de 1889, en el cual se le asignó un valor de masa de 1 kg + 63 µg. El Sr. Gustavo Baz pasó a nombre del gobierno mexicano la cantidad de 3 105 francos por el kilogramo y 200 francos más por sus accesorios y aparatos auxiliares.

El metro prototipo número 25 se adquirió en 1895 e, inicialmente, había sido asignado al Observatorio Real de Bruselas, quien cedió sus derechos al gobierno mexicano; su costo fue de 10 173 francos más 535 francos por sus accesorios y aparatos auxiliares.

## El traslado y la recepción

El 13 de noviembre de 1891, el kilogramo número 21 fue entregado para su traslado a México al capitán de navío, Ángel Ortiz Monasterio, comandante del buque Zaragoza quien años después llegaría a ser contraalmirante de la armada mexicana.

El 20 de agosto de 1892, llegó a nuestro país y el 23 del mismo mes y año, fue recibido por el propio Ing. Manuel Fernández Leal, quien seguía desempeñándose como Ministro de Estado y del despacho de Fomento, Colonización e Industria del gobierno porfirista.

Con el cuidado inherente a su calidad de patrón nacional de masa, se dejó guardado en la sede del Ministerio en el embalaje con el que fue trasladado desde Francia.

Por lo que respecta al metro



prototipo número 25, fue entregado por Gustavo Baz al Sr. Félix Hauser de la empresa de consignación Hauser Zivy & Cia. para su expedición, por el vapor La Navarre que zarpó el 21 de marzo de 1895 del puerto francés San Nazario hacia Veracruz. El 16 de abril de 1895, fue recibido por el Ministro de Estado. Manuel Fernández Leal.

Pocos años después, el kilogramo prototipo número 21 y el metro prototipo número 25 fueron entregados para su resguardo al director del Departamento de Pesas y Medidas, Ing. Ezequiel Pérez, por el propio Ing. Manuel Fernández Leal, el 20 de agosto de 1900, colocándose en una caja fuerte especialmente adquirida para ese fin.

El Departamento estaba ubicado en el edificio de la calle de Betlemitas (actualmente Filomeno Mata) núm. 8. Poco tiempo después se cambió al nuevo edificio en el núm. 10 de la misma calle, esquina con Arquillo (actualmente Av. 5 de mayo).

# El primer reconocimiento legal

La primera declaratoria formal y legal de los prototipos como patrones nacionales, a fin de que se tomen como referencia en la medición de longitud y de masa en el país, fue establecida por Don Porfirio Díaz en la Ley del 6 de junio de 1905, en los artículos 4 y 5.

# PRESENCIA DE LOS ORGANISMOS INTERNACIO-NALES

Perteneciendo ya al Tratado del Metro y siendo miembro de la Conferencia General de Pesas y Medidas, México participa en la segunda reunión de la CGPM celebrada en 1895, representado por el Ing. Francisco Garibay, colaborador de Manuel Fernández Leal y Francisco Díaz Covarrubias.

Por lo que respecta al CIPM, reunión de 18 expertos destacados a nivel internacional e impulsores de la metrología mundial, México estuvo representado por el Dr.



Manuel Salvador Vallarta, connotado científico mexicano, hasta su fallecimiento en 1977.

En el año 2008, el Dr. Héctor O. Nava Jaimes, director general del Centro Nacional de Metrología, fue nombrado miembro de este comité.

## EL CAMINO ANDADO

# Vicisitudes de los prototipos nacionales

Recién inaugurado el edificio de Filomeno Mata y Aw. 5 de mayo, sede de los patrones nacionales, acaeció el importante movimiento social de la Revolución Mexicana. Seguramente, los prototipos nacionales protegidos en su caja fuerte, también se cimbraron por el estruendo de los cañones de fragorosas batallas y sintieron el trepidar del paso de la caballería de la División del Norte del Gral. Francisco Villa y del Caudillo del Sur, Gral. Emiliano Zapata, cuyas tropas también se solazaban en el cercano *Sanborns* de los Azulejos.

En el inicio del siglo XX, los prototipos no tenían una utilidad práctica por la falta de instrumentación adecuada y del conocimiento necesario para su manejo, por lo que generalmente fueron objetos de exhibición. Con todo el ceremonial y protocolo debido, y previa acta circunstancia, se extraían de su caja fuerte y se iban mostrando cuidadosamente, de uno en uno, en su campana de cristal o en su estuche para ser admirados por los estudiosos, de bombín y levita, que en aquel entonces querían conocer a los patrones representativos del Sistema Métrico Decimal para corroborar lo que acerca de ellos se comentaba en las aulas o en los círculos técnico-científicos.

Como la difusión de la metrología comenzaba con la del Sistema Internacional de Unidades, se tuvo como atracción principal, a mediados de los años 70, la exhibición por única vez en el Auditorio Nacional durante el día de la inauguración de la *Feria del Hogar*, feria industrial y comercial, de los prototipos nacionales para que se despertara el interés por las mediciones en los sectores populares que visitaban la feria.

Se cuidó que el *stand* estuviera en las condiciones más apropiadas para la recepción de prototipos, bajo vigilancia policiaca y cuando extremo del personal de la Secretaría de Industria y Comercial, actual Secretaría de Economía, para evitar que los prototipos de platino iridio aparecieran, en otro tiempo y lugar, convertidos en curiosos objetos de orfebrería.

A finales de la década de los 70, nuestro país tra-

mitaba su eventual adhesión al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT). Recién había fallecido el Dr. Manuel Sandoval Vallarta dejando gratos recuerdos de sus interesantes conferencias sobre el Sistema Internacional de Unidades -versión moderna del Sistema Métrico Decimal, impartidas en el Colegio Nacional.

En los círculos oficiales resurgió el interés por la metrología como herramienta que ayudaría a la competitividad de las empresas mexicanas ante la inminente apertura de nuestras fronteras a los productos extranjeros. Años aquellos que atestiguaron la efímera instalación del laboratorio nacional de metrología en el CICITEC-IPN, por el rumbo de Oaxtepec y, del inicio del proyecto CENAM.

En el transcurrir del tiempo, en la idílica paz de su resguardo, los prototipos nacionales conocieron diversas ubicaciones: del edificio de 5 de mayo fueron trasladados al de Carmona y Valle núm. 5, después al de Tuxpan núm. 2 en la colonia Roma, luego al de la Av. Cuauhtémoc núm. 80, en la que aconteció el fatal sismo del 19 de septiembre de 1985.

Protegidos en su caja fuerte, los patrones nacionales fueron rescatados del edificio colapsado y trasladados al edificio de Puente de Tecamachalco núm. 5 que ocupa la Dirección General de Normas, de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, actual Secretaría de Economía.

## LOS AÑOS RECIENTES

#### La nueva sede

En 1993, los patrones nacionales arribaron a su nueva sede en el Centro Nacional de Metrología, con todas las atenciones debidas a su investidura histórica representativa del Sistema

Métrico Decimal.

El metro, cuya definición había sido actualizada, quedó resguardado en el museo del laboratorio nacional y, el kilogramo se trasladó a los laboratorios de la División de Masa y Densidad, equipado con la tecnología necesaria para permitir su uso como patrón de masa de la más alta exactitud, condición necesaria para tomarse como referencia para las mediciones de esta magnitud en la República Mexicana.

#### El uso formal

El prototipo núm. 21, patrón nacional de masa, es manejado en el laboratorio con todos los cuidados y formalidades del caso evitando, en la medida de lo posible, aumentar la incertidumbre de su valor, que es del orden de unas cuantas partículas de polvo.

Al utilizarlo para encontrar el valor real que tiene una pesa de exactitud elevada, se hace con extremo cuidado, siguiendo técnicas internacionales y evitando en lo posible la influencia de fenómenos que no son objeto de la medición pero que puede alterar el resultado.

El 31 de marzo de 1996 se obtuvo por primera vez, con una serie de mediciones con el prototipo nacional, el valor de masa de una pesa de acero inoxidable, con lo cual se logró el punto de partida para el establecimiento de la escala nacional de masa.

## **EPÍLOGO**

Cinco años duraron las gestiones para obtener los prototipos nacionales sancionados por resolución de la 1ª CGPM, pero transcurrió más de un siglo para que, a partir de 1996 uno de ellos, el prototipo núm. 21 patrón nacional de masa, se reafirmara como el origen de la exactitud de estas mediciones, lo que seguramente fue uno de los deseos fervientes de los ingenieros Manuel Fernández Leal y Francisco Díaz Covarrubias.

Finalmente, un reconocimiento a la generación de mediados del siglo XIX, hombres de ciencia, funcionarios de altura y educadores, de gesto grave y luenga barba, bastón, levita v bombín; catrinas de peinados v sombreros vistosos, pegadas a su inseparable sombrilla; modestos funcionarios públicos de trajes lustrosos exhibiendo la caída del tiempo; mujeres de ciudad, campesinas y revolucionarias; a toda la cauda de currutacos y lagartijos con amoldado traje, bombín y pañuelo; a los pocos industriales y muchos comerciantes; a los obreros y campesinos; a los léperos y peones, esclavos de hacienda atados a la tienda de raya, a todos ellos que con su esfuerzo y sacrificio, voluntario e involuntario, obligados o convencidos, acogieron las unidades del Sistema Métrico y participaron directa o indirectamente en el movimiento nacional renovador del sistema de unidades que se gestó en ese siglo y cuyos símbolos fueron los prototipos nacionales.







# El Sistema Internacional de Unidades

Héctor O. Nava Jaimes, Félix H. Pezet Sandoval e Ignacio Hernández Gutiérrez

n 1790, a finales de la Revolución Francesa, le correspondió a la Academia de Ciencias de París hacer las proposiciones para crear un sistema de medidas que pudiera ordenar el caos que existía en aquel entonces por la gran variedad de medidas existentes en toda Francia.

Estas proposiciones las hizo la Academia a petición de la Asamblea Nacional Francesa, fundamentándose en un sistema decimal perdurable e indestructible tomando como base la unidad de longitud, el metro, del cual se deducirían las unidades de las magnitudes que fueron de uso común para la época: el área, el volumen y los pesos.

Excepcionales fueron los trabajos de los hombres de ciencia de aquel entonces para establecer el sistema, entre los que podemos citar: Legendré, Lavoisier, Coulomb, Borda, Berthollet, Lagrange, Delambre, Lefëvre-Gineau, Haüy, Mechain, Van Swiden, para que junto con otros científicos llegaran al establecimiento del Sistema Métrico Decimal.

Al transcurrir los años, el Sistema Métrico Decimal se hizo universal después de la firma en 1875 por los países signatarios de la Convención del Metro y, que instituyó en esa ocasión la Conferencia General de Pesas y Medidas, el Comité y la Oficina Internacional de Pesas y Medidas. En 1960 la Conferencia denomina Sistema Internacional de Unidades (SI), a este Sistema.

La Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), máxima autoridad de la metrología científica, es la que aprueba las nuevas definiciones del Sistema internacional de Unidades y recomienda a los países miembros de la Convención del Metro que, en la medida de lo posible, lo integren a sus legislaciones.

Hasta 1995, la CGPM se ha reunido 20 veces [hasta 2010, 24 ocasiones]. Los antecedentes de la formación del SI a través de las reuniones de la CGPM, son los siguientes:

• En el año de 1948, la novena Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) encomienda al Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), mediante su resolución seis, el estudio completo de una reglamentación de las unidades de medida del sistema MKS y de una unidad eléctrica del sistema práctico absoluto, a fin de establecer un sistema de unidades de medida susceptible de ser adoptado por todos los países signatarios de la Convención del Metro. Esta misma Conferencia, en su resolución 7, fija los principios generales para los símbolos de las unidades y proporciona una lista de nombres especiales para ellas.

- En 1954, la décima Conferencia General de Pesas y Medidas, en su resolución seis, adopta las unidades de base de este sistema práctico de unidades en la forma siguiente: de longitud, metro; de masa, kilogramo; de tiempo, segundo; de intensidad de corriente eléctrica, ampere; de temperatura termodinámica, kelvin; de intensidad luminosa, candela.
- En 1956, reunido el Comité Internacional de Pesas y Medidas, emite su recomendación número 3, por la que establece el nombre de Sistema Internacional de Unidades para las unidades de base adoptadas por la décima CGPM.
- Posteriormente, en 1960, la décima primera CGPM en su resolución 12 fija los símbolos de las unidades de base, adopta definitivamente el nombre de Sistema Internacional de Unidades (SI); designa los múltiplos y submúltiplos, y define las unidades suplementarias y derivadas.
  - · La decimocuarta CGPM efec-

tuada en 1971, mediante su resolución tres, decide incorporar a las unidades de base del SI, la mol como unidad de cantidad de sustancia. Con ésta son siete las unidades de base que integran el Sistema Internacional de Unidades.

- · En 1980, en ocasión de la reunión del CIPM se hace la observación de que el estado ambiguo de las unidades suplementarias compromete la coherencia interna del SI y decide recomendar (resolución número uno) que se interprete a las unidades suplementarias como unidades derivadas adimensionales.
- · Finalmente, la vigésima Conferencia General de Pesas y Medidas celebrada en 1995 decide aprobar lo expresado por el CIPM, en el sentido de que las unidades suplementarias del SI, nombradas radián v esterradián, se consideren como unidades derivadas adimensionales y recomienda, consecuentemente, eliminar esta clase de unidades suplementarias como una de las que integran el SI. Como resultado de esta resolución que fue aprobada, el SI queda conformada únicamente con dos clases de unidades: las de base y las derivadas.

Ha transcurrido cerca de medio siglo desde que empezó a integrarse el Sistema Internacional de Unidades, cerca de 50 años en los cuales se ha logrado simplificar su estructura sin dejar de cubrir todo el campo del conocimiento humano como se establece más adelante.

La incorporación de nuevas unidades, de sus definiciones, del cambio de ellas motivado por el avance científico y tecnológico, ha sido únicamente después de laboriosas investigaciones y de interesantes debates efectuados en cada uno de los organismos citados que

regulan la metrología científica; este sistema, por lo tanto, no es estático sino que se adapta para responder a las exigencias de un mundo cuvas necesidades en materia de mediciones crecen inexorablemente.

Las decisiones relevantes de la Conferencia General de Pesas y Medidas que han contribuido al perfeccionamiento del SI son-

9a. CGPM, 1948: Encomienda al CIPM un estudio para reglamentar las unidades de medida. Define el ampere. 10a. CGPM, 1954: Adopta el sistema de seis unidades de base. Elige el punto triple del agua.

11a. CGPM, 1960: Adopta el nombre de Sistema Internacional de Unidades y las siglas SI. Redefine el metro y el segundo. Fija reglas para los prefijos.

12a. CGPM, 1964: Decide sobre el litro y el decímetro cúbico. Se introduce el prefijo femto y atto.

13a. CGPM, 1967: Define el segundo en función del átomo de cesio 133. Redefine la candela. Adiciona unidades derivadas. El °K se reemplaza por K. Define la unidad de temperatura termodinámica.

14a. CGPM, 1971: Define e incorpora la mol como séptima unidad de base. Introduce el pascal y el siemens.

15a. CGPM, 1975: Establece el Tiempo Universal Coordinado como escala de tiempo (UTC). Introduce el becquerel y el gray .Se adicionan los prefijos exa y peta.

16a. CGPM, 1979: Redefine la candela. Introduce el sievert. Se establecen los símbolos I y L para el litro.

17a. CGPM, 1983: Redefine el metro en función de la velocidad de la luz.

19a. CGPM, 1991: Introduce los prefijos Z, Y, z, y.

20a. CGPM, 1995: Elimina la clase de unidades suplementarias dentro del contexto del SI.

21a. CGPM, 1999: Establece el katal como unidad SI derivada.



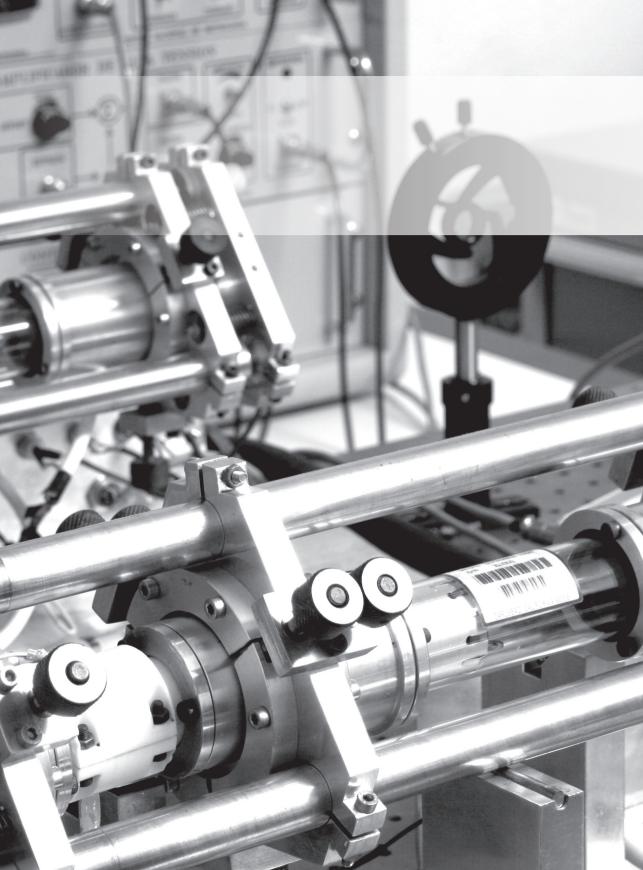
# Los hombres de ciencia que dieron nombre a las unidades

Héctor O. Nava Jaimes, Félix H. Pezet Sandoval e Ignacio Hernández Gutiérrez

MAGNITUD	UNİDAD	ORIGEN
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	André – Marie AMPERE, físico y matemático. Francia, 1775 - 1836.
Temperatura termodinámica	kelvin	William Thomson, Lord KELVIN, físico y matemático. Inglaterra, 1824 - 1907.
Temperatura Celsius	grado Celsius	Anders CELSIUS, astrónomo. Suecia, 1701 - 1744.
Frecuencia	hertz	Heinrich Rudolph HERTZ, físico. Alemania, 1857 - 1894.
Fuerza	newton	Isaac NEWTON, físico matemático y astrónomo. Inglaterra, 1642 - 1727.
Presión	pascal	Blaise PASCAL, físico matemático y filósofo. Francia, 1623 - 1662.
Energía	joule	James Prescott JOULE, físico. Inglaterra, 1818 - 1889.
Potencia	watt	James WATT, ingeniero mecánico. Escocia, 1736 - 1819.
Cantidad de electricidad	coulomb	Charles Augustin COULOMB, físico. Francia, 1736 - 1806.
Tensión eléctrica	volt	Alessandro VOLTA, físico. Italia, 1745 - 1827.

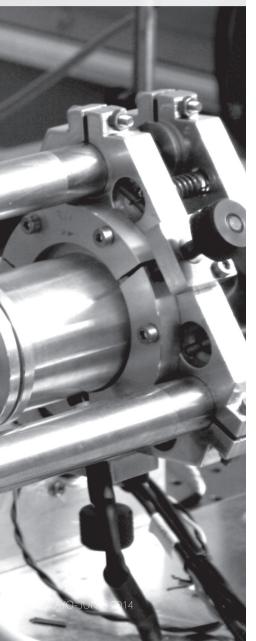
മ	
ュ	
ᄝ	
Œ	

MAGNITUD	UNİDAD	ORIGEN	rte
Capacidad eléctrica	farad	Michael FARADAY, físico y químico. Inglaterra, 1791 - 1867.	
Resistencia eléctrica	ohm	George Simon OHM, físico. Alemania, 1789 - 1854.	
Conductancia eléctrica	siemens	Werner von SIEMENS, inventor e industrial electrotécnico. Alemania 1789 - 1854.	
Flujo de inducción magnética	weber	Wilhelm Eduard Weber, físico. Alemania, 1804 - 1891.	
Inducción magnética	tesla	Nikolaj TESLA, físico e ingeniero. Yugoslavia, 1856 - 1934.	
Inductancia	henry	Joseph HENRY, físico. Estados Unidos de América, 1797 - 1878.	
Actividad de un (radionúclido)	becquerel	Henry BECQUEREL, físico. Francia, 1852 - 1908.	
Dosis absorbida	gray	Louis Harold GRAY, físico. Inglaterra, 1905 - 1965.	_
Dosis equivalente	sievert	Rolf SIEVERT, físico. Suecia, 1896 - 1996.	



# La Convención del Metro y los organismos que la integran

Héctor O. Nava Jaimes, Félix H. Pezet Sandoval e Ignacio Hernández Gutiérrez



espués de la Revolución Francesa, los estudios para determinar un sistema de unidades único y universal concluyeron con el establecimiento del Sistema Métrico Decimal. La adopción universal de este sistema se hizo con el Tratado del Metro o la Convención del Metro, que se firmó en Francia el 20 de mayo de 1875, y en el cual se establece la creación de una organización científica que tuviera, por una parte, una estructura permanente que permitiera a los países miembros tener una acción común sobre todas las cuestiones que se relacionen con las unidades de medida y que asegure la unificación mundial de las mediciones físicas.

Los organismos que fueron creados para establecer dicha estructura son los siguientes: la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), que actualmente se reúne cada cuatro años, integrada por los representantes de los Gobiernos de los países firmantes de la Convención del Metro. Bajo su autoridad se encuentra el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), quien a su vez, supervisa las actividades de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures*, BIPM) que es el laboratorio científico permanente.

Cada Conferencia General recibe el informe del Comité Internacional sobre los trabajos desarrollados, discute y examina las disposiciones necesarias para asegurar la extensión y el mejoramiento del Sistema Internacional de Unidades (SI), sanciona los resultados de las nuevas determinaciones metrológicas fundamentales, adopta las resoluciones científicas de carácter internacional en el campo de la metrología y, toma las decisiones importantes que afecten a la organización y al desarrollo de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas.

El CIPM prepara el programa de trabajo de la Conferencia General y establece un informe anual a los Gobiernos de las Altas Partes Contratantes sobre la situación administrativa y financiera del BIPM. Sus reuniones y discusiones son el objeto de informes detallados que publica el BIPM.

El CIPM ha creado Comités Consultivos que reúnen a los expertos mundiales en cada campo particular



de la metrología, los que son consejeros sobre todas las cuestiones científicas y técnicas. Los Comités Consultivos estudian de manera profunda los progresos científicos y técnicos que puedan tener una influencia directa sobre la metrología, preparan recomendaciones que son discutidas por el CIPM, organiza comparaciones internacionales de patrones y aconseja al CIPM sobre los trabajos científicos a efectuar en el BIPM. Estos Comités tienen relación con los grandes laboratorios de metrología. Los Comités Consultivos son actualmente diez y sus actividades son:

- 1. Comité Consultivo de Electricidad y Magnetismo (CCEM), nuevo nombre dado en 1997 al Comité Consultivo de Electricidad (CCE), creado en 1927: la realización práctica del volt, del ohm, del ampere y del watt del SI; patrones de referencia del volt y del ohm fundados sobre el efecto Josephson y el efecto Hall cuántico; patrones de capacidad y de paso de corriente continua a corriente alterna; patrones eléctricos en radiofrecuencias y en ondas milimétricas.
- **2.** Comité Consultivo de Fotometría y Radiometría (CCPR), nuevo nombre dado en 1971 al Comité Consultivo de Fotometría (CCP), creado en 1933: escalas fotométricas y radiométricas, desarrollo de la radiometría absoluta, radiometría para las fibras ópticas.
- **3.** Comité Consultivo de Termometría (CCT), creado en 1937: establecimiento y realización de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90), diferencias entre T90 y la temperatura termodinámica, extensión y mejoramiento de la EIT-90, puntos secundarios de referencia, tablas internacionales de referencia para los termopares y los termómetros de resistencia.
- **4**. Comité Consultivo de las Longitudes (CCL), nuevo nombre dado en 1997 al Comité Consultivo para la Definición del Metro (CCDM), creado en 1952: definición y realización del metro, medidas prácticas de longitud y ángulo.
- **5.** Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia (CCTF), nuevo nombre dado en 1997 al Comité Consultivo para la Definición del Segundo (CCDS), creado en 1956: definición y realización del segundo, establecimiento y difusión del tiempo atómico internacional (TAI) y del tiempo universal coordinado (UTC).

- 6. Comité Consultivo de las Radiaciones Ionizantes (CCRI), nuevo nombre dado en 1997 al Comité Consultivo para los Patrones de Medida de las Radiaciones Ionizantes (CCEMRI), creado en 1958: definiciones de las magnitudes y de las unidades; patrones de dosimetría para los rayos X y g, y para los neutrones; medidas de radioactividad; y Sistema Internacional de Referencia para la medida de los radionúclidos (SIR).
- 7. Comité Consultivo para la Masa y Magnitudes relacionadas (CCM), creado en 1980: comparaciones de patrones de masa con el prototipo internacional del kilogramo; problemas relativos a la definición de la unidad de masa; determinación de la constante de Avogadro; así como patrones de densidad, de presión y de fuerza, dureza gastos de fluidos y la viscosidad (los tres últimos agregados en 1999).
- **8.** Comité Consultivo para la Cantidad de Sustancia (CCQM), creado en 1993: métodos primarios para medir la cantidad de sustancia y comparaciones internacionales, establecimiento de la trazabilidad a nivel internacional entre laboratorios nacionales concernientes a la metrología química.
- **9.** Comité Consultivo de Unidades (CCU), creado en 1964: evolución del Sistema Internacional de Unidades (SI), publicación de ediciones sucesivas de folletos sobre el SI.
- **10.** Comité Consultivo de Acústica, Ultrasonidos y Vibraciones (CCAUV), creado en 1998.

La Convención del Metro: Tratado entre países. Actualmente (2014), 56 estados miembros.



## CGPM:

Representantes de los gobiernos. Administración del BIPM. Decisiones internacionales del SI.

# CIPM:

Cuerpo directivo del BIPM. 18 expertos en metrología de diferentes países. Prepara e implementa las decisiones de la CGPM.

## BİPM:

10 comités

Laboratorio internacional. Mantiene los patrones internacionales. Calibra patrones de referencia. Coordina comparaciones. Publica la revista Metrología.



# Unidades del Sİ y prefijos

Héctor O. Nava Jaimes, Félix H. Pezet Sandoval e Ignacio Hernández Gutiérrez

I Sistema Internacional de Unidades (SI) es el sistema coherente de unidades adoptado y recomendado por la Conferencia General de Pesas y Medidas. Hasta antes de octubre de 1995, el Sistema Internacional de Unidades estaba integrado por tres clases de unidades: Unidades SI de base, Unidades SI suplementarias y Unidades SI derivadas.

La XX Conferencia General de Pesas y Medidas, reunida en esa fecha, decidió que las unidades suplementarias (radián y esterradián) formaran parte de las unidades derivadas adimensionales. Con esta decisión las clases de unidades que forman el SI se redujo a unidades SI de base o fundamentales y unidades SI derivadas.

Son siete unidades sobre las que se fundamenta el sistema y de cuya combinación se obtienen todas las unidades derivadas:

## Unidad de longitud:

En su inicio en 1793, sirvió como base la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre; en 1889 (1ª CGPM) se materializó en una regla de platino iridio; en 1960 (11ª CGPM) se reprodujo con la longitud de onda del kriptón 86 y, finalmente, en 1983 (17ª CGPM) se igualó el recorrido de la luz en una fracción de tiempo. Actualmente la unidad de longitud se realiza y se disemina por medio de láseres estabilizados, lámparas espectrales y patrones materializados de acuerdo con su definición.

Unidad: metro Símbolo: m

Definición: Es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío en un lapso de 1/299 792 458 de segundo, (17ª CGPM, 1983).

## Unidad de masa:

Partiendo de la «grave» de Lavoisier en 1793, la unidad de masa era el «peso» de un decímetro cúbico de agua a la temperatura de fusión del hielo y, después se consideró a la temperatura de su máxima densidad. Actualmente la unidad de masa está representada por un cilindro de platino iridio de diámetro y altura iguales (39 mm).

El mundo científico hace esfuerzos para redefinir la unidad de masa en términos de constantes universales, ya que el kilogramo es la única unidad de todas las unidades de base del SI que se realiza por medio de un patrón materializado, esto, desde los tiempos de la fundación del Sistema Métrico.

Unidad: kilogramo Símbolo: kg

Definición: Es la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo, (1ª y 3ª CGPM, 1889 y 1901).

#### Unidad de tiempo:

La escala de tiempo de los astrónomos fundamentada en las leyes de la gravitación universal servía para definir el segundo hasta 1967. Actualmente, esta unidad se define en la escala de tiempo de los físicos a partir de la frecuencia de una cierta transición hiperfina del átomo de cesio 133. El patrón atómico de cesio constituye a la vez la referencia de tiempo y frecuencia.

Unidad: segundo Símbolo: s

Definición: Es la duración de 9

mental: el punto triple del agua, al cual se le atribuye el valor de 1/273,16 K.

Las medidas prácticas de temperaturas se efectúan en las denominadas escalas internacionales, que en su turno fueron conocidas como EIT-27, EIT-48, EIPT-68 y finalmente la EIT-90, escala internacional de temperatura de 1990, basada en un número definido de puntos fijos y en instrumentos de interpolación calibrados en dichos puntos.

Es de uso común expresar una temperatura termodinámica (T) en función de su diferencia por relación a la temperatura de referencia To = 273,15 K, punto de congelación del agua. Esta diferencia de temperatura es llamada temperatura Celsius (t) y se define por la ecuación t = T-To. La unidad de temperatura Celsius es el grado Celsius (°C), igual a la unidad kelvin por definición. Un intervalo o una diferencia de temperatura puede expresarse tanto en kelvin como en grado Celsius (13ª CGPM, Resolución 3).

El kelvin y el grado Celsius son unidades de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90), adoptada por el Comité Internacional en 1989 en su recomendación 5.

Unidad: kelvin Símbolo: K

Definición: Es la fracción de 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (13ª CGPM, 1967).

#### Unidad de intensidad luminosa:

La realización de la candela puede hacerse midiendo la energía de una fuente a través de un filtro V (I) que simula la respuesta del sistema visual humano en función de la longitud de onda. La transferencia de la unidad se realiza a partir de lámparas patrón y fotodiodos, mediante métodos de comparación.

La unidad de intensidad luminosa primeramente fue establecida utilizando patrones de flama o de filamento incandescente. Fueron reemplazadas por «la bujía nueva» fundada sobre la luminancia del radiador de Planck (cuerpo negro) a la temperatura de congelación del platino.

La 9ª CGPM adopta un nuevo nombre internacional la candela, símbolo cd. En 1979 en razón de las dificultades experimentales para la realización de un radiador de Planck a temperaturas elevadas y a las posibilidades

192 631 770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133 (13ª CGPM, 1967).

#### Unidad de corriente eléctrica:

La realización práctica de esta definición se logra con el uso de balanzas de corriente o electrodinamómetros, sin embargo, como la medición de la fuerza ejercida mutuamente por una corriente que circula en ellos es difícil, la incertidumbre asociada a este método es alta.

En la práctica la unidad de corriente eléctrica se realiza a partir de patrones materializados de tensión y resistencia. Los grandes laboratorios utilizan como patrón de tensión una red de uniones Josephson y como patrón de resistencia el efecto Hall cuántico.

Unidad: ampere Símbolo: A

Definición: Es la intensidad de una corriente constante que mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos de longitud infinita, de sección circular despreciable, colocados a un metro de distancia entre sí, en el vacío, producirá entre ellos una fuerza igual a 2x10-7 newton por metro de longitud (9ª CGPM, 1948).

# Unidad de temperatura termodinámica:

En 1954, la 10<sup>a</sup> CGPM modificó la base termodinámica dela escala de temperatura, en vez de hacerla sobre dos puntos fijos, el punto de congelación y el punto de ebullición del agua, se hizo sobre un solo punto fijo funda-



ofrecidas por la radiometría (medida de la potencia de la radiación óptica), la 16ª CGPM adopta una nueva definición de la candela que actualmente se encuentra vigente.

Unidad: candela Símbolo: cd

Definición: Es la intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540x1012 hertz y cuya intensidad energética en esa dirección es 1/683 watt por esterradián (16ª CGPM, 1979).

#### Unidad de cantidad de sustancia:

Incorporada en 1971 como la séptima unidad de base del SI para formar la estructura metrológica del campo de la físico-química, la mol no se refiere a una masa sino a un número de partículas. Mencionar un número determinado de moles sin indicar cuáles son las partículas es tan incierto como mencionar un número de metros sin señalar a qué dimensión del objeto se refiere.

La definición de mol, establecida por la 14ª CGPM en 1971, se refiere a los átomos de carbono 12 no ligados,

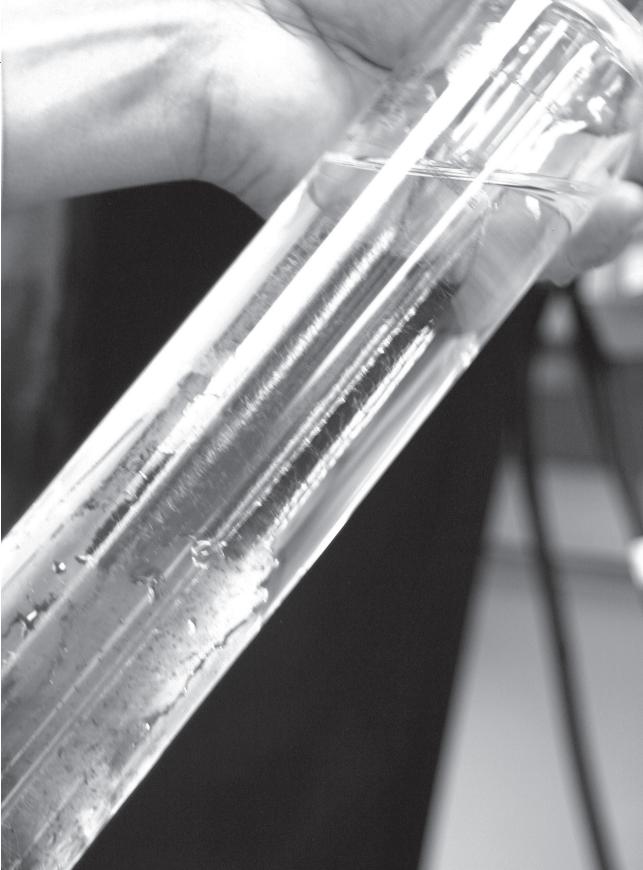
que se encuentran en reposo y en su estado fundamental.

Unidad: mol Símbolo: mol

Definición: Es la cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como existen átomos en 0,012 kg de carbono 12 (14ª CGPM, 1971).

En la actualidad existen 20 prefijos. Debido al gran número de ellos, se dificulta su utilización; en un tiempo estuvieron sujetos a desaparecer para substituirlos por potencias positivas y negativas de base 10. Los prefijos no contribuyen a la coherencia del SI pero se ha visto la necesidad de su empleo para facilitar la expresión de cantidades muy diferentes.

Nombre	Símbolo	Valor
yotta	Y	10 <sup>24</sup> = 1 000 000 000 000 000 000 000 000
zetta	Z	$10^{21} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
exa	Е	1018 = 1 000 000 000 000 000 000
peta	P	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
tera	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$
giga	G	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
mega	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$
kilo	k	$10^3 = 1\ 000$
hecto	h	$10^2 = 100$
deca	da	$10^1 = 10$
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	C	$10^{-2} = 0.01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	μ	$10^{-6} = 0,000\ 001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
pico	р	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$
femto	f	$10^{-15} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001$
atto	a	10-18 = 0,000 000 000 000 000 001
zepto	Z	10-21 = 0,000 000 000 000 000 000 001
yocto	y	10-24 = 0,000 000 000 000 000 000 000 001





# Reglas de escritura de los símbolos de las unidades y los prefijos

Héctor O. Nava Jaimes, Félix H. Pezet Sandoval e Ignacio Hernández Gutiérrez

a conformación de un lenguaje contiene reglas para su escritura que evitan confusiones y facilitan la comunicación. Lo mismo sucede en el lenguaje de las medidas. El Sistema Internacional de Unidades (SI) tiene sus propias reglas de escritura que permiten una comunicación unívoca. Por ejemplo, abreviar indiscriminadamente o escribir con mayúscula el nombre de las unidades es muy común en el medio y son faltas que podrían causar ambigüedad.

El cuidado que se ponga en aplicar estas reglas ayuda a incrementar la credibilidad y seriedad en la presentación de resultados en los ambientes técnico y científico.

- 1. El uso de unidades que no pertenecen al SI debe limitarse a aquellas que han sido aprobadas por la Conferencia General de Pesas y Medidas.
- **2.** Los símbolos de las unidades deben escribirse en caracteres romanos rectos, no en caracteres oblicuos ni con letras cursivas.

Escribir:	No escribir:
m	m
Pa	Pa

**3.** El símbolo de las unidades debe escribirse con minúscula a excepción hecha de las que se derivan de nombres propios. No utilizar abreviaturas.

Escribir		No escribir	
metro	m	metro	Mtr
segundo	S	segundo	Seg
ampere	Α	ampere	Amp.
pascal	Pa	pascal	pa

**4.** En los símbolos, la substitución de una minúscula por una mayúscula no debe hacerse ya que puede cambiar el significado.

Escribir:	No escribir:
5 km para indicar 5 kiló-	5 Km porque significa
metros	5 kelvin metro

**5.** En la expresión de una magnitud, los símbolos de las unidades se escriben después del valor numérico completo, dejando un espacio entre el valor numérico y el símbolo. Solamente en el caso del uso de los símbolos del grado, minuto y segundo de ángulo plano, no se dejará espacio entre estos símbolos y el valor numérico.

Escribir:	No escribir:
253 m	253m
5 °C	5°C
5°	5 °

**6.** Contrariamente a lo que se hace para las abreviaciones de las palabras, los símbolos de las unidades se escriben sin punto final y no deben pluralizarse para no utilizar la letra s que, por otra parte, representa al segundo. En el primer caso existe una excepción: se pondrá punto si el símbolo finaliza una frase o una oración.

Escribir:	No escribir:
50 mm	50 mm.
50 kg	50 kgs

**7.** Cuando la escritura del símbolo de una unidad no pareciese correcta, no debe substituirse este símbolo por sus abreviaciones aún si estas pareciesen lógicas. Se debe



recordar la escritura correcta del símbolo o escribir con todas las letras el nombre de la unidad o del múltiplo a que se refiera.

Escribir: No escribir: segundo o s seg. ampere o A Amp. kilogramo o kg litros por minuto o L/min s-1 o min-1 RPS ó RPM km/h KPH

**8.** Cuando haya confusión con el símbolo I de litro y la cifra 1, se puede escribir el símbolo L, aceptada para representar a esta unidad por la Conferencia General de Pesas y Medidas.

Escribir: No escribir: 11 L 11 L

**9.** Las unidades no se deben representar por sus símbolos cuando se escribe con letras su valor numérico.

Escribir: No escribir: cincuenta kilómetros cincuenta km

**10.** Las unidades de las magnitudes derivadas deben elegirse tomando en consideración principalmente las unidades de las magnitudes componentes de su definición.

Escribir: No escribir: momento de una fuerza: momento de una fuerza: newton metro newton metro energía cinética: joule energía cinética: newton metro

11. No deben agregarse letras al símbolo de las unidades como medio de información sobre la naturaleza de la magnitud considerada. Las expresiones MWe para «megawatts eléctrico», Vac para «volts corriente alterna» y kJt para «kilojoules térmico» deben evitarse. Por esta razón, no deben hacerse construcciones SI equivalentes al de las abreviaciones «psia» y «psig» para distinguir entre presión absoluta y presión manométrica; en este caso, la palabra presión es la que debe ser calificada apropiadamente.

Escribir: No escribir: presión manométrica de 10 10 kPa man.

kPa 10 kPa abs.
presión absoluta 120 Vac
de 10 kPa
tensión en corriente alterna:
120 V

12. El signo de multiplicación para indicar el producto de dos o más unidades debe ser de preferencia un punto. Este punto puede suprimirse cuando la falta de separación de los símbolos de las unidades que intervengan en el producto no se preste a confusión

Escribir: No escribir:

N•m, N m, para designar: newton o

m•N, para designar: metro newton

No escribir:

mN que se confunde con milinewton

**13.** Cuando se escribe el producto de los símbolos, éste se expresa nombrando simplemente a estos símbolos.

Escribir: No escribir:

m·s se dice metro metro por segunsegundo do

kg·m se dice kilogramo por gramo metro metro

**14.** Cuando una magnitud es el producto de varias magnitudes y entre éstas no existe ningún cociente, el símbolo de la unidad de esta magnitud se forma por el producto del símbolo de las unidades componentes.

Escribir: No escribir: viscosidad dinámica (η): Pa•s A-m2 momento magnético (*m*): A•m²

ciencia

**15.** Para no repetir el símbolo de una unidad que interviene muchas veces en un producto, se utiliza el exponente conveniente. En el caso de un múltiplo o de un submúltiplo, el exponente se aplica también al prefijo.

Escribir: No escribir:  $1 \text{ dm}^3$   $1 \text{ dm} \cdot \text{dm} \cdot \text{dm}$   $1 \text{ dm}^3 = (0,1 \text{ m})^3$   $1 \text{ dm}^3 = 0,1 \text{ m}^3$   $= 0.001 \text{ m}^3$ 

**16.** Para expresar el cociente de dos símbolos, puede usarse entre ellos una línea inclinada o una línea horizontal, o bien afectar al símbolo del denominador con un exponente negativo, en cuyo caso la expresión se convierte en un producto.

Escribir: No escribir: m/s  $m \div s$   $m \cdot s - 1$ 

17. Cuando una magnitud es el cociente de otras, se expresa el nombre de la unidad de esa magnitud intercalando la palabra «por» entre el nombre de la unidad del dividendo y el nombre de la unidad del divisor.

Escribir: No escribir: km/h o kilómetro kilómetro entre por hora hora

**18.** En la expresión de un cociente no debe ser usada más de una línea inclinada.

Escribir: No escribir: m/s<sup>2</sup> m/s/s
J/mol K J/mol/K

**19.** Cuando se trata del símbolo de una magnitud que sea el cociente de dos unidades, solamente se debe utilizar un prefijo y éste debe ser colocado en el numerador. Es preferible, en forma

general, no usar múltiplos o submúltiplos en el denominador.

Escribir: No escribir: kV/m kV/mm J/kg J/g

**20.** En las expresiones complicadas debe utilizarse paréntesis o exponentes negativos.

Escribir: No escribir:  $J/(mol\cdot K)$  o bien  $J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$   $J/mol\cdot K$  J/mol/K

**21**. Los nombres completos de las unidades y los símbolos de ellos no deben usarse combinados en una sola expresión.

Escribir: No escribir: m/s metro/s

**22.** Si el nombre de una unidad figura muchas veces en el denominador como factor de un producto, se puede en lugar de repetirlo, emplear según el caso, uno de los adjetivos «cuadrado», «cubo», etc.

Escribir: aceleración: metro por segundo cuadrado

**23.** En la escritura de los múltiplos y submúltiplos de las unidades, el nombre del prefijo no debe estar separado del nombre de la unidad.

Escribir: No escribir: microfarad micro farad

**24.** Debe evitarse el uso de unidades de diferentes sistemas.

Escribir: No escribir: kilogramo por metro cúbi- kilogramo por galón

**25.** Celsius es el único nombre de unidad que se escribe siempre con mayúscula, los demás siempre deben escribirse con minúscula, exceptuando cuando sea principio de una frase.



Escribir:

momento de una fuerza:

newton metro energía cinética: joule No escribir:

momento de una fuerza: newton metro=ioule energía cinética: newton

metro

26. El plural de los nombres de las unidades se forma siguiendo las reglas para la escritura del lenguaje.

Escribir:

No escribir:

10 newtons

10 N's ó 10 Newton

50 gramos 50 gramo

27. Sin embargo, se recomienda los plurales irregulares para los siguientes casos.

Escribir: Singular

Plural

No escribir: luxes

lux hertz lux hertzes

hertz siemens siemens

28. Para escribir un producto con el nombre completo de las unidades que intervienen, debe dejarse un espacio o un guión entre el nombre de ellas.

Escribir:

No escribir:

newton metro o newton-

metro exceptuando: watthora watt-hora

29. Los prefijos deberán ser usados con las unidades SI para indicar orden de magnitud, ya que proporcionan convenientes substitutos de las potencias de 10.

Escribir:

No escribir:

18,4 Gm

18 400 000 000 m

30. Se recomienda el uso de prefijos escalonados de mil en mil.

micro (µ), mili (m), kilo (k),

mega (M)

preferir 0,1 kg a 1hg

**31**. Los prefijos hecto, deca, deci y centi se recomiendan únicamente en las magnitudes de longitud, área y volumen. Sin embargo, excepciones de ello pueden considerarse en ciertos campos de aplicación como el de la industria de la construcción, el de la madera, etc.

Escribir: dam<sup>2</sup>, dl, cm<sup>3</sup> No escribir: daK, cs, ccd

32 No deben usarse prefijos repetidos en una sola expresión.

Escribir:

No escribir: μμΕ

PF Gg

Mkg

33. Los prefijos que se utilicen para formar los múltiplos y submúltiplos de las unidades, deben ser antepuestos a las unidades básicas o derivadas del SI. Exceptuando la unidad básica, el kilogramo, que ya contiene en sí un prefijo; en este caso el prefijo requerido debe ser antepuesto al gramo.

Escribir:

Mg (megagramo) ms (microsegundo)

mK (milikelvin)

**34.** El símbolo del prefijo no debe estar separado del símbolo de la unidad ni por un espacio, ni por cualquier signo tipográfico.

Escribir: cm

No escribir: c m o c·m

**35.** En las expresiones de magnitudes de la misma naturaleza, los prefijos no deben ser mezclados a menos que el valor numérico de las magnitudes justifique una diferencia.

Escribir:

No escribir:

15 mm de longitud x 10 mm de

por 10 m de longi-

tud

5 mm de longitud x 0,01 m de altura

altura 5 mm de diámetro

5 mm de diámetro x 10 000 mm de

longitud

ciencia

**36.** Solamente en los casos siguientes se admite la contracción del nombre del prefijo al anteponerse al nombre de la unidad.

Escribir:	No escribir:
megohm	megaohm
kilohm	kiloohm
hectárea	hectaárea

**37.** Los prefijos giga (10<sup>9</sup>) y tera (10<sup>12</sup>) deben ser usados cuando se preste a confusión el término «billón» que en unos países representa un millar de millones y en otros un millón de millones, por tanto el término billón así como trillón, etc. no se recomienda en la literatura técnica.

Escribir:	No escribir:
1 teraohm	1 billón de ohm

**38.** Los valores numéricos serán expresados, cuando así correspondan, en decimales y nunca en fracciones. El decimal será precedido de un cero cuando el número sea menor que la unidad.

Escribir:	No escribir:
1,75 m	1 3/4 m
0,5 kg	1/2 kg

**39.** Se recomienda generalmente que los prefijos sean seleccionados de tal manera que los valores numéricos que le antecedan se sitúen entre 0,1 y 1 000.

Escribir:	No escribir:
9 Gg	9 000 000 kg
1,23 nA	0, 001 23 μΑ

**40.** Otras recomendaciones cuyas reglas específicas no se indican pero que es conveniente observar.

Escribir:	No escribir:
20 mm x 30 mm x 40 mm	20 x 30 x 40 mm
200 nm a 300 nm	200 a 300 nm
0 V a 50 V	0 - 50 V
$(35,4 \pm 0,1)$ m	$35,4 \pm 0,1 \text{ m}$
$35,4 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$	$35,4 \text{ m} \pm 0,1$
incertidumbre relativa:	Ur = 3 ppm
$Ur = 3 \times 10^{-6}$	25 ccm
25 cm <sup>3</sup>	Tohm
ΤΩ	Mohm
$M\Omega$	



Dra. Ma. Guadalupe Flavia

Dra. Marcela Gaytán Martínez

Facultad de Química de la UAQ

Loarca Piña

Alimentos Nutracéuticos

### USO DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

a Tecnología de los Alimentos es considerada como un conjunto de operaciones estructuradas, destinadas a modificar las propiedades de los alimentos; ésta tiene su origen en el descubrimiento del fuego. También, se concibe como la aplicación de la ciencia para la selección, conservación, transformación, envasado, distribución y uso de alimentos nutritivos y seguros.

A través de la tecnología de alimentos es posible modificar el aroma, sabor y textura de los alimentos procesados introduciendo, a la vez, un principio de tratamiento antimicrobiano y de conservación. Con el tiempo, este procedimiento empírico fue perfeccionándose hasta convertirse en una auténtica tecnología de conservación dando lugar a procesos como la pasteurización y la esterilización térmica, que permiten la conservación por largos períodos de tiempo.

Evitando la destrucción o alteración de los alimentos por microorganismos deterioradores e incluso patógenos y/o tóxicos, la pasteurización y la esterilización tradicionales implican aplicar altas temperaturas, con el fin de conseguir la destrucción dichos microorganismos. Esto tiene como contrapartida que el calor aplicado produce alteraciones en la composición de los productos alimenticios; las cuales suponen pérdidas en las propiedades sensoriales, calidad nutritiva y nutracéutica.

La necesidad de aumentar la seguridad de los alimentos, la demanda de los consumidores de alimentos más naturales y frescos, la mejora en la calidad nutracéutica y la garantía de una vida útil adecuada son factores que están determinando la modificación de la forma de conservación tradicional de los alimentos y el surgimiento progresivo de tecnologías alternativas para su procesamiento.

Las nuevas tecnologías de transformación de alimentos se pueden clasificar en: emergentes, que aplican calor, y alternativas, que no aplican calor. El objetivo de las tecnologías alternativas es el proporcionar alimentos seguros para el consumidor, ya que eliminan microrganismos, levaduras y hongos; así como también disminuyen la actividad enzimática que causa deterioro en los alimentos; y eliminan factores antinutricios y metabolitos secundarios.

Entre las tecnologías emergentes se pueden mencionar: el calentamiento óhmico, las altas presiones, los pulsos eléctricos, los pulsos luminosos, los campos magnéticos oscilantes, los ultrasonidos, entre otros. Con estas tecnologías se tiene un mínimo procesamiento de los alimentos, lo que permite amplias connotaciones, puesto que incluye aspectos sobre la calidad nutricional, el ahorro energético y el respeto al medioambiente; son sustentables y proporcionan alimentos seguros desde el punto de vista de la inocuidad.

loarca@uag.mx MAYO-JUNIO 2014

#### Píldoras Médicas

#### **CELULITIS**

I término celulitis tiene dos connotaciones. La primera es la de una entidad patológica referente a una infección de la piel causada por bacterias, siendo las más comunes el estafilococo y el estreptococo. Este tipo de infección se produce, generalmente, con el rompimiento de la capa superficial de nuestra piel, sitio por donde las bacterias entran produciendo un proceso inflamatorio o enrojecimiento que se torna doloroso y crece rápidamente en 24 horas. La piel se observa tensa, brillante y muy sensible. Los factores de riesgo más comunes son las heridas de la piel causadas por múltiples mecanismos como raspaduras, picaduras o mordeduras de insecto, y úlceras que se presentan en ciertas enfermedades como la diabetes.

Esta patología puede aparecer en cualquier parte del cuerpo, siendo los sitios más comunes los brazos, pies y cara. Es debido a este tipo de infección que, cuando se sufre una lesión en la piel, el sitio deba ser lavado de inmediato con agua común y jabón, y dependiendo del tamaño de ésta, que el lavado sea hecho por una enfermera o médico. A partir de ese momento, es preciso observar las características de la piel cuando menos por unas 24 a 48 horas, tiempo en el que se soluciona el problema o se establece la celulitis.

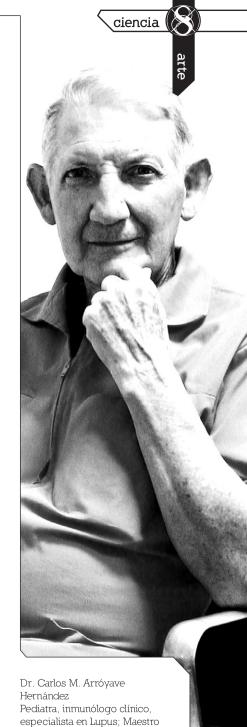
El pronóstico de esta patología es bueno, cuando una vez que se hace el diagnóstico se administran antibióticos por el tiempo necesario para controlar el proceso infeccioso pero, de no hacerlo a tiempo, se pueden presentar complicaciones importantes como la diseminación de la infección en todo el organismo (septicemia), la infección de los huesos u osteomielitis, entre otras. Según el tipo de complicación que se presente, requerirá el paciente ser hospitalizado.

Una forma de prevenir este problema es: cuando se lesiona la piel, mantenerla humectada con la aplicación de cremas; cortarse las uñas con mucho cuidado para no producir pequeñas heridas; evitar la presencia de ampollas en los pies usando los zapatos adecuados y; en general, evitar cualquier tipo de lesión en nuestra piel.

La segunda celulitis es la llamada estética, también conocida como lipodistrofia ginecoide o síndrome de piel de naranja, así como alteración edematosa fibroesclerótica. Ésta no es una enfermedad y es el resultado del acúmulo de tejido adiposo en ciertas partes del cuerpo formándose nódulos de grasa, que dan como resultado la presencia de pequeños hoyitos o depresiones en la piel.

Esta alteración es en parte debida a una mala microcirculación de los vasos linfáticos, venosos o arteriales, revistiendo gran importancia estética y presentándose hasta en 90% de las mujeres.

Diferentes estudios ha encontrado que hay un componente hereditario, racial o constitucional; también, han tratado de relacionarla



carlosarroyave@live.com.mx

en Ciencias Médicas: miembro

de la Academia Mexicana de

Pediatría



con problemas alimentarios, estilo de vida y factores psicológicos. La celulitis estética se observa sobre todo en aquellos sitios en los que, en forma fisiológica, hay una mayor cantidad de acúmulo de células de grasa como son la pelvis, los muslos y las nalgas.

Este tipo de problema se observa desde la infancia pero, debido a factores hormonales, son más pronunciadas las áreas de celulitis durante la adolescencia, el embarazo y la menopausia. Debe de quedar claro que la presencia de esta celulitis no es una forma de obesidad, en la cual la piel es suave, no se observa el signo de la piel de naranja y no hay dolor al pellizco. Como no es un tipo de obesidad, se observa claramente en personas delgadas. Se le puede encontrar en forma localizada o generalizada, de características dura o flácida.

Ante la alta prevalencia de la celulitis estética, se han desarrollado tratamientos que van desde la alimentación y el ejercicio hasta la cirugía. Si bien es posible que todos ayuden en alguna forma a la persona que los sigue, es conveniente tener una idea de lo que uno puede esperar de ellos. Es por todos sabido que una alimentación balanceada, sin excesos de carbohidratos o grasa, es lo adecuado para poder tener una vida sana. Si la alimentación es inadecuada con un alto contenido de grasas o azucares, estaremos propiciando que haya un mayor acúmulo de grasa en nuestro organismo. Si además, llevamos una vida sedentaria, las consecuencias serán mayores.

Para entender los tratamientos, pensemos en un juego de niños en el que hay muchas pelotas de plástico sobre una superficie finita, con las que pueden meterse a jugar. Las pelotas son las bolitas de grasa que tratamos de distribuir, en forma tal, que quede lisa la superficie. Cualquier cosa que hagamos, hará que las pelotas queden en un momento dado en un sólo nivel, pero al poner otras pelotas -que sería el equivalente de que nuestro organismo forma más grasa-, nuevamente en la parte superior se verán bolas que sobresalen. Lo mismo sucede con los tratamientos, hacemos que desaparezcan por un tiempo las bolitas de grasa en la superficie de nuestra piel, mas con el tiempo se volverán a formar. Si aceptamos lo mencionado, no hay tratamiento alguno que resuelva el problema de la celulitis estética en un período corto de tiempo.

Así, tenemos las dietas y ejercicio, cremas con diferentes sustancias, liposucción (extracción, por medio de una cánula, de la grasa que se encuentra por debajo de la piel), mesoterapia (infiltración en forma subcutánea de diferentes productos activos), biomesoterapia (emplea productos biológicos, antioxidantes celulares, peptonas y oligoelementos), plasma rico en plaquetas (infiltración en los sitios adecuados de los elementos sanguíneos encargados de los procesos de cicatrización y reparación celular), ultra cavitación (aplicación de ultrasonido de alta potencia), vacunas orales anticelulíticas (lisados celulares, antioxidantes, oligoelementos y, agentes anticelulíticos y circulatorios), presoterapia (masaje seco para moldear el cuerpo y eliminar toxinas), hidroterapia (hidromasajes en bañeras especiales y duchas a presión), ultrasonido, entre otros.

carlosarroyave@live.com.mx

La Ecología del Paisaje Hou

# EXPLORANDO EL HORIZONTE CIENTÍFICO

ada año aparece en una prestigiosa revista, Trends in Ecology and Evolution, las tendencias en investigación mundial de los temas relacionados con las ciencias del paisaje. Estas tendencias aparecen bajo el nombre de A horizon scan of global conservation issues for 2013 (Sutherland v col. 2014, TREE, 29,1:15-22). Se enlistan las tendencias de investigación sobresalientes para los próximos años, hacia dónde va la vanguardia conservacionista, qué camino seguirá el desarrollo de energías alternativas o limpias, por ejemplo. Esta exploración del horizonte científico internacional, como sus autores han explicado «es la búsqueda sistemática de incipientes tendencias, oportunidades, desafíos y limitaciones (por lo tanto problemas) que podría afectar la probabilidad de lograr los objetivos sociales y objetivos "del milenio" relacionados con el mantenimiento de la diversidad biológica a largo plazo».

Es importante señalar que los temas expuestos en esta exploración no son los que ya están desarrollándose con profusión y a profundidad, sino más bien son los temas que marcarán la tendencia, son lo que sigue... Dichos temas buscarán responder a las nuevas preguntas de la ciencia, como resultado filosófico de las investigaciones que en este momento se están desarrollando. Muchos temas actuales no han sido abordados con la seriedad que requieren por ser campos emergentes de la ciencia y por no saberse qué probabilidad de éxito tendría su desarrollo; invertir grandes sumas de recursos (tiempo, materiales humanos y económicos) no es buena idea cuando el mundo avanza rápidamente por canales oficiales y sigue dando resultados... y ganancias a las firmas patrocinadoras.

Los temas emergentes se asocian a futuras catástrofes ambientales pero de baja probabilidad de ocurrencia actual. Lo interesante es que una baja ocurrencia de aparición de un fenómeno no elimina la amenaza, pero sí puede incrementar el riesgo de aparición de un desastre haciendo más vulnerable a la población y al ambiente, al haberse generado sinergias de los nuevos productos que estamos produciendo o de nuestros nuevos hábitos de consumo.

Estas amenazas ocultas, por decirlo de alguna forma, si ocurren, tendrían efectos sustanciales sobre la población y el ambiente, pero también sobre otros campos del saber modificándolos y haciendo que nos replanteemos las preguntas de si es correcta la tecnología y la intensidad con la que la usamos para generar energía eólica, solar o por mareas; si los nuevos productos biotecnológicos, en especial los nanoproductos, están debidamente normalizados y cumplimos los principios de precaución cada vez que se lanza uno al mercado. Y, por supuesto, también hay preguntas más enfocadas a la ecología y su lado pragmático, ¿la biología de la conservación centrada en alcanzar



Gutiérrez-Yurrita Profesor titular v Coordinador de Doctorado del ClIEMAD del Instituto Politécnico Nacional



la sustentabilidad va por buen camino?

Los temas emergentes son: 1. respuesta de los mercados financieros a carbono no inflamable; 2. pérdida de extensas tierras en el sudeste asiático debido a procesos de subsidencia en las turberas; 3. células solares de carbono como fuente alternativa de energía renovable; 4. rápida expansión geográfica del cultivo de macroalgas para biocombustibles; 5. aumento en la redistribución de la temperatura mundial entre ecosistemas; 6. incrementar la frecuencia de monitoreo del cambio de usos de suelo; 7. se ha acelerado el proceso de pérdida de especies silvestres de gran tamaño (rinocerontes, elefantes); 8. aumento de escala en la pérdida de mamíferos no nativos en las islas; 9. desarrollo de sistemas genéticos autosostenibles para el control de especies invasoras; 10. tratamiento probiótico para anfibios; 11. incremento de enfermedades fúngicas en reptiles; 12. incremento del poli-isobutileno como contaminante marino; 13. explotación de los recursos naturales de la Antártida; 14. incrementar el listado de ecosistemas en peligro de extinción; y 15. revivir especies extintas.

La explotación de los recursos marinos y de la Antártida (bióticos y minerales) es un tema que emerge con gran fuerza desde hace años. La generación de energía utilizando corrientes marinas y mareas también es un tema relevante. Sin embargo, el tema más candente, en mi opinión, es el alimentario. Alimentar a más de siete mil millones de personas no será fácil, especialmente, si es necesario al mismo tiempo cuidar nuestro ambiente natural.

Muchas otras cuestiones identificadas en el horizonte de análisis reflejan la aparición y aplicación de nuevas tecnologías (grafeno, baterías nucleares, granos perennes, cereales fijadores de nitrógeno, sistemas de desalinización de bajo costo, nanotecnología *limpia* y genética sintética). Es importante tener en cuenta que muchas acciones que el hombre realiza ahora en sus investigaciones, aunque no sea de manera directa, pueden arrojar información sobre el cambio climático, los nuevos procesos de extinción de especies biológicas y el impacto que provocan las especies exóticas en los ecosistemas invadidos. La comunidad científica se está volcando cada vez más en resolver problemas complejos, pero con enfoques más audaces y, por ello, probablemente más inciertos, como el del holismo.

Con todo el avance científico actual, la disponibilidad de tecnología para producir bienestar en toda la población mundial está muy limitada y, superar la pobreza sigue y seguirá siendo durante unos años el reto más grande de esta civilización.

pgutierrezy@ipn.mx

MAYO-JUNIO 2014

E3: Energía, Ecología, Economía

## LA PARADOJA DEL GAS NATURAL EN MÉXICO

a reforma energética recién aprobada hace mucho énfasis en la producción de gas natural como un medio para bajar el precio de la electricidad, que en buena medida se produce con este recurso. Además, dice la Secretaría de Energía que la sustitución de combustóleo y diesel con gas natural «permitirá reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera y hacer frente al cambio climático». Estas promesas resultan difíciles de cumplir a la vista de la situación del gas natural en México, que es muy distinta de la del petróleo.

A pesar de que la producción de México ha disminuido 27% desde el pico de 2004, exportamos todavía 45% del petróleo que extraemos. En cambio, somos deficitarios en cuanto a gas natural, del que importamos anualmente 30% de lo que consumimos.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos ligeros (principalmente metano y etano) que se forma por el mismo proceso de sepultamiento de materia orgánica por el que se produce el petróleo, sólo que a presiones y temperaturas mayores. De hecho, en muchos campos, el petróleo está asociado al gas natural. ¿Por qué entonces si México produce casi el doble del petróleo que consume, tiene que importar altos porcentajes de gas natural?

La razón es que el gas tiene menor valor económico que el petróleo y la infraestructura para su aprovechamiento necesita inversiones significativas. Por lo tanto, por varias décadas PEMEX ha quemado o liberado a la atmósfera grandes cantidades de gas asociado a los yacimientos petreoleros del sureste, particularmente, a los del complejo Cantarell. La quema y venteo de gas aumentó significativamente en los años del colapso accelerado de Cantarell (2005-2010) porque sus pozos producían cada vez menos petróleo y más gas.

El pico máximo de este «derroche energético» se dio en 2008, cuando la quema y venteo de gas representó entre 18% y 23% de la producción de gas de ese mismo año. Esto se debió a la producción accelerada de los últimos pozos de Cantarell y la falta de infraestructura suficiente para el aprovechamiento de las grandes cantidades de gas asociadas a ellos.

La Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), creada con la reforma de 2008, impuso reglas muy estrictas a PEMEX para que se redujera la quema y venteo de gas. La diminución efectivamente ocurrió pero sólo hasta finales de 2011 se logró que el venteo a la atmósfera fuera menor a 3% de la producción. Paradójicamente, mientras se tiraban grandes cantidades de gas a la atmosfera, se impulsaba la generación eléctrica con gas, al punto que en la actualidad casi la mitad de la energía electrica nacional se produce con centrales



Dr. Luca Ferrari Investigador titular del Centro de Geociencias de la UNAM, Campus Juriquilla



de ciclo combinado que utilizan el gas natural.

Muchas de estas centrales son operadas por privados, entre ellos la compañía española *Iberdrola*, que sola produce 14.5% de toda la electricidad de México. El gas natural para la producción de estas centrales es en parte importado por CFE, quien posteriormente compra la energía eléctrica producida a precio de mercado para luego distribuirla con subsidio a los usuarios finales.

Debido a estas políticas contradictorias -venteo de gas asociado a petróleo e incremento de la generación de electricidad quemando gas- y al estancamiento de la producción nacional de gas, la importación de este recurso sigue creciendo. Para enfrentar esta situación, con la reforma energética se espera replicar la experiencia de EE.UU. en los últimos cinco a seis años, donde una sobreproducción de gas no convencional (gas shale o gas de lutitas) provocó una baja temporal de los precios.

Sin embargo, el gas de lutitas tiene tres problemas: 1) un alto costo energético, ya que la diferencia entre la energía que se usa para la extracción y la que se obtiene del recurso es mucho menor que la del petróleo y gas convencional; la tasa de retorno energético de este recurso se estima en 3:1 contra 20:1 a 15:1 del petróleo convencional. 2) Un alto costo de producción porque la productividad por pozo es cien veces menor que para gas convencional y los pozos se acaban en dos a tres años, por lo que se necesitan perforar miles de pozos; las grandes empresas petroleras de EE.UU. no han entrado en su explotación y la mayoría de la pequeñas empresas que lo han hecho han salido perdiendo. 3) Un alto costo ambiental, ya que el proceso de fracturación hidráulica (*fracking*) que se necesita para producir el gas de lutitas usa grandes cantidades de agua que, al ser contaminada por los químicos que se utilizan, no puede ser utilizada para uso agrícola v humano.

Además, se ha demostrado que en el proceso de producción se libera metano, gas de efecto invernadero 15 veces más poderoso que el bióxido de carbono. Como lo muestran excelentes estudios independientes (Hughes, 2013; Rogers, 2013), el gas de lutitas de EE.UU. está revelando una burbuja de corto plazo (cinco a seis años), que ha sido impulsada por los bancos, quienes han sido los pocos beneficiarios de este *boom*.

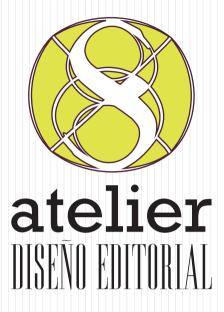
A la vista de la experiencia de EE.UU., la apuesta de la reforma energética resulta desatinada ya que desviaría grandes cantidades de capital hacia la producción de un recurso caro, de corto plazo y con un alto costo ambiental, en lugar de impulsar la transición hacia fuentes más limpias y sustentables como las de las energías renovables.

luca@unam.mx

Recomendaciones para consultar:
Hughes D., 2013. Perfora, chico, perfora.
http://www.postcarbon.org/report/1983362-perfora-chico-perfora
Rogers D., 2013. Shale and Wall Street: was the decline in natural gas price
orchestrated?
http://shalebubble.org/wall-street/



www.revistaserendipia.com



Libros, memorias, informes, catálogos, revistas, carteles, pósters, trípticos, postales.

İnformes: L.A.P. Jorge Alcántara Muñoz. e-mail: contacto@revistaserendipia.com Tel: (442) 262.89.67

# SERENDÍPÍA ya es miembro de la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Tecnología A.C. (SOMEDÍCYT)



Escribe la dirección electrónica en tu navegador: www.somedicyt.org.mx



Busca en el menú superior la liga a ENLACES y selecciona PUBLICACIONES



Alegh Zero
Universidad de las Américas Puebla. México

Conversus

Figura Sum
Universidad Autónoma del Estado de México. México

Espa sum
Universidad Autónoma del Estado de México. México

Estados de Diudgación de la Cierri

Hypa Club
Gobierno del Estado de Morelos. México

Esto te llevará a la lista de publicaciones miembro de la SOMEDİCYT

¡Encuentra SERENDIPIA!

EDITORIAL 3 Cenam: 20 años Breve reseña hislórica de 42 Unidades del SI y prelijos la metrología en México Héclor O. Nava Jaimes, Héctor O. Nava Jaimes, Félix H. Pezel Sandoval Félix H. Pezet Sandoval e Ignacio Hernández Guliétrez e Ignacio Hernández Guliérrez 49 Reglas de escritura de los Los Protolipos Nacionales del 19 símbolos de las unidades Sistema Métrico Decimal y los prefijos El Sislema Internacional de Unidades 30 Félix H. Pezel Sandoval Héctor O. Nava Jaimes, Félix H. Pezel Sandoval e Ignacio Hernández Guliérrez Félix H. Pezet Sandoval e Ignacio Hernández Guliérrez OPINIÓN 56 ALIMENTOS NUTRACÉUTICOS Los hombres de ciencia que Uso de tecnologías emergentes dieron nombre a las unidades DE INTERÉS **36** en la industria de alimentos Dra. Ma. Guadalupe Flavia Héctor O. Nova Jaimes, Félix H. Pezel Sandoval Loarca Piña e Ignacio Hernández Guliérrez 57 PILDORAS MEDICAS La Convención del Metro y los 39 organismos que la integran Dr. Carlos M. Arróyave Hernández 59 LA ECOLOGÍA DEL PAISAJE HOY Héclor O. Nava Jaimes, Félix H. Pezet Sandoval e Ignacio Hernández Guliérrez Explorando el horizonte científico Dr. Pedro Joaquín Gutiérrez-Yurita 61<sub>E3:</sub> La paradoja del 90s natural en México Dr. Luca Ferrari edroglio