



COLEGIO UNION EUROPEA IED
Resolución de Aprobación No.2208 del 30 de Julio de
Emanada por la Secretaria de Educación del Distrito
Código Dane: 11100130833 Nit: 830.020.653-6
Sede A: 7909847 Sede B: 7910407



PLAN DE NIVELACIÓN PERÍODO I

DOCENTE: SAMUEL DAVID VARGAS NEIRA	
GRADO: 10º	CURSO: 1001 - 1002
ÁREA: CIENCIAS NATURALES Y ED. AMBIENTAL	ASIGNATURA: QUÍMICA
INTENSIDAD HORARIA SEMANAL ÁREA: 6	INTENSIDAD HORARIA SEMANAL ASIGNATURA: 3
NOMBRE DEL PLAN: Conceptos fundamentales de química.	
OBJETIVO: DESARROLLAR ACTIVIDADES DE NIVELACIÓN 1 TRIMESTRE.	
DESEMPEÑOS PARA DESARROLLAR: Explica la estructura actual del átomo, su relación con la organización de los elementos en la Tabla Periódica, las propiedades de los elementos químicos, los enlaces y la nomenclatura introducción a la química a través de diferentes infografías, exposiciones, trabajos escritos y que les permite comprender y reflexionar sobre los procesos de conformación de la tabla periódica y sus implicaciones. Socializa por medio de una exposición con medios tecnológicos utilizando herramientas office y otras herramientas de presentación digital, la estructura actual del átomo, su relación con la organización de los elementos en la Tabla Periódica, las propiedades de los elementos químicos, los enlaces y la nomenclatura relacionándolo con su vida cotidiana y usos de los elementos químicos. Toma decisiones asertivas y genera un pensamiento crítico frente a diferentes posturas que se presentan en las discusión y preguntas de las exposiciones interactivas frente a la estructura actual del átomo, su relación con la organización de los elementos en la Tabla Periódica, las propiedades de los elementos químicos, los enlaces y la nomenclatura.	
ACTIVIDADES: Desarrollo de actividad anexa en el taller adjunto.	
MATERIAL DE APOYO: Taller anexo.	
PRODUCTOS POR ENTREGAR: En hoja de examen desarrollo de actividades.	
PLAZO MÁXIMO DE ENTREGA: Semana de 11 a 14 de junio durante el horario de clases.	
OBSERVACIONES: La entrega completa tiene un valor del 50% de la nivelación. La sustentación de las actividades tiene un valor de 50%.	



COLEGIO UNION EUROPEA IED
Resolución de Aprobación No.2208 del 30 de Julio de
Emanada por la Secretaria de Educación del Distrito
Código Dane: 11100130833 Nit: 830.020.653-6
Sede A: 7909847 Sede B: 7910407



Las actividades reposaran en el aula classroom por curso:

1001: 5jj43f7

1002: wqcugsn

RÚBRICA DE EVALUACIÓN

No aprobó
(1.0 a 2.9)

No presentó los trabajos y/o no realizó las entregas a tiempo.

Se evidencia unas entregas insuficientes y regulares, que cumplen parcialmente con los objetivos de las actividades.

Se evidencia entrega de las actividades, sin embargo, no presenta la sustentación respectiva.

Aprobó

(3.0) Máxima nota en nivelación de acuerdo al SIEE

Se evidencia unas entregas y sustentación excelentes, que cumplen con la totalidad de los objetivos de las actividades.

Anexo

- De algunos ejemplos de materia homogénea y de materia heterogénea.
- Cuál es la diferencia entre un elemento y un compuesto.
- Explique qué elementos conforman los siguientes compuestos y en que proporciones:
 - H₂O
 - NaOH
 - KMnO₄
 - K₂Cr₂O₇.
- En las siguientes situaciones, diga cuales son elementos, cuales son compuestos y cuales son mezclas:
 - Zn
 - H₂O y NaBr.
 - H₂SO₄.
 - NaCl
- Expreses los siguientes números en notación científica
 - 145000000000
 - 0,000000000000342
 - 40300000
 - 2150000000



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría
Educación

COLEGIO UNION EUROPEA IED

Resolución de Aprobación No.2208 del 30 de Julio de
Emanada por la Secretaria de Educación del Distrito
Código Dane: 11100130833 Nit: 830.020.653-6
Sede A: 7909847 Sede B: 7910407



- 0,0000000001345
- 524000
- 0,00000000000000000175
- 37000000
- 4500000000
- 0,000405

6. Escriba los factores de conversión posibles para las siguientes igualdades

- 1 kg = 1000g
- 1 kg = 2 lb.
- 1 mm = 1 *10³µm.
- 1 pulgada = 2.54cm.
- 1h = 3600s.
- 1@ = 25 lb_{ing.}
- 1 Å =10⁻⁸cm=10⁻¹⁰m=0.1 nm=100 pm
- 1 ton corta = 2000 lb=907.2 kg
- 1 ton larga=2240 lb
- 1 ton métrica = 1.102 ton cortas
- 1 gal = 3.785 L=4 cuartos=8 pintas=128 onzas líquidas
- 1 pie³=7.48 gal=28.32 L
- 1 pinta = 0.4731 L=16 onzas líquidas
- 1 cuarto=946 mL=0.946 L=2 pintas=32 onzas líquidas
- 1 onza = 29.57 mL

7. Realice lectura del texto “breve historia de la metrología” y escriba la forma en la que se consolidó el sistema métrico decimal.

BREVE HISTORIA DE LA METROLOGÍA

Desde sus primeras manifestaciones, normalmente incluida dentro de la antropología general, pasando por la arquitectura y la agrimensura, hasta las transacciones comerciales, la propiedad de la tierra y el derecho a percibir rentas, donde rápidamente se encuentra el rastro de alguna operación de medida, la metrología, al igual que hoy, ha formado parte de la vida diaria de los pueblos [1].

Antes del Sistema Métrico Decimal, los humanos no tenían más remedio que echar mano de lo que llevaban encima, su propio cuerpo, para contabilizar e intercambiar productos. Así aparece el pie, casi siempre apoyado sobre la tierra, como unidad de medida útil para medir pequeñas parcelas, del orden de la cantidad de suelo que uno necesita, por ejemplo, para hacerse una choza. Aparece el codo, útil para medir piezas de tela u otros objetos que se pueden colocar a la altura del brazo, en un mostrador o similar. Aparece el paso, útil para medir terrenos más grandes, caminando por las lindes. Para medidas más pequeñas, de objetos delicados, aparece la palma y, para menores longitudes, el dedo [2].

Pero hay un dedo más grueso que los demás, el pulgar, el cual puede incluirse en el anterior sistema haciendo que valga $\frac{4}{3}$ de dedo normal (véase Fig. 1). Con ello, el pie puede dividirse por 3 o por 4 según convenga. Y dividiendo la pulgada en 12 partes, se tiene la línea para medidas muy pequeñas.

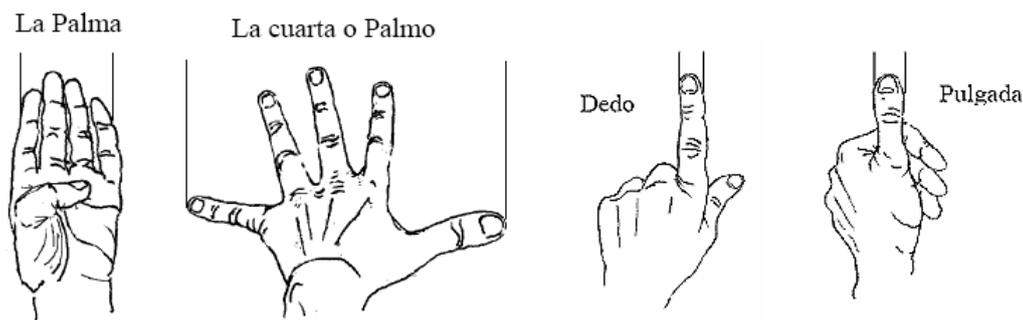


Fig. 1 – Palma, cuarta, dedo y pulgada

Al necesitarse una correspondencia entre unas unidades y otras, aparecen las primeras equivalencias: una palma tiene cuatro dedos; un pie tiene cuatro palmas; un codo ordinario tiene un pie y medio, esto es, 6 palmas; y si a ese codo se le añade un pie más, tenemos el grado o medio paso que es igual, por tanto, a un codo más un pie, o dos pies y medio, o diez palmas; y por fin el paso que es la distancia entre dos apoyos del mismo pie al caminar. Así que una vez decidido cuanto mide un pie, o un codo, todas las demás medidas se obtienen a partir de él, con lo cual puede hacerse un primer esbozo de un sistema antropométrico coherente, como el que muestra la Tabla 1 [2].

	Dedo	Pulgada	Palma	Pie	Codo	Vara
Línea	1/9	1/12				
Grano	1/4	3/16				
Dedo		3/4				
Pulgada	4/3			1/12		
Palma	4	3		1/4		
Cuarta o Palmo	12		3	3/4		1/4
Pie	16	12	4			
Codo	24		6	1,5		
Grado	40		10	2,5	5/3	
Vara	48		12	3	2	
Paso	80		20	5	10/3	
Braza	96		24	6	4	

Tabla 1 – Unidades antropométricas [2]

Cada una de estas medidas, además, se corresponde con un gesto humano característico. Así, la braza es la altura del cuerpo humano, pero se forma al poner los brazos en cruz con las puntas de los dedos estiradas; y la vara, al doblar los brazos, es lo que mide el hombre de codo a codo (véase Fig. 2) [2].

Hasta el Renacimiento, la mayor parte de la información existente sobre metrología se refiere a su aplicación en las transacciones comerciales y en las exacciones de impuestos. Solo a partir del Renacimiento se hace visible la distinción entre metrología científica y otras actividades metroológicas, que podríamos denominar “de aplicación”.

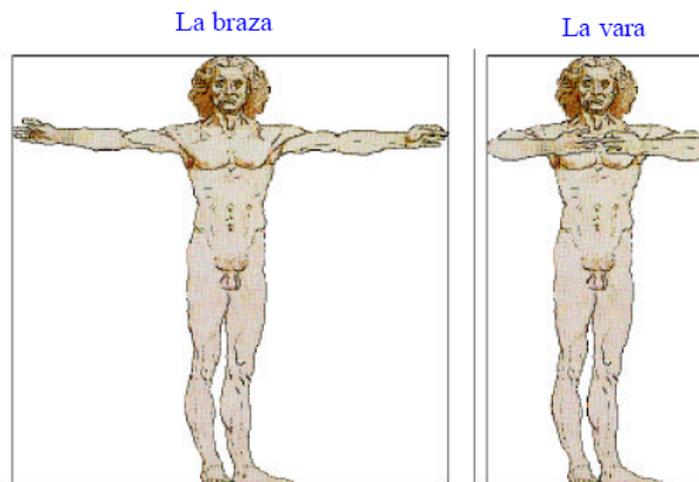


Fig. 2 – La braza y la vara [2]

Una regla general observada a lo largo de la historia es que cuanto más barato es un género, más deprisa se hace su medición y con menor precisión. Hoy día diríamos que tanto la técnica de medición como el instrumento deben adaptarse a la tolerancia de medida que deseamos comprobar y que, en efecto, mayores tolerancias permiten una medición más rápida y menos cuidada.

Un hecho que parece claro es el de la aceptación del nacimiento de la ciencia, entendida en el mismo sentido que hoy día, en la ciudad griega de Mileto, en el siglo VI a.C. y, posteriormente, en la Alejandría de los Ptolomeos, hacia el año 250 a.C., nacida de una necesidad puramente práctica. La medición de largas distancias, basándose en la semejanza de triángulos, según Tales, ha permitido el levantamiento de planos por triangulación hasta nuestros días.

Son innumerables los ejemplos de la aportación griega a la historia del pensamiento científico y de la metrología en particular, no solo debidos a ellos mismos sino al rescate de conocimientos anteriores derivados de los egipcios, haciendo inteligible lo que hasta entonces era confuso. Puede decirse que los Griegos realizaron el estudio sistemático de lo conocido hasta entonces, estableciendo un nuevo espíritu que se mantendría posteriormente con Pericles, Alejandro Magno, Roma, etc. hasta nuestros días, pasando por nuevos impulsos, más recientes, obtenidos sucesivamente en dos épocas claves, el Renacimiento y la Revolución Francesa, las cuales destacan curiosamente por haberse producido en ellas un nuevo acercamiento al “espíritu” griego. Puede sacarse la conclusión, no errónea, de que las épocas de avance de la ciencia coinciden con una vuelta al espíritu griego o helenístico; es decir, a esa forma única de entender el pensamiento y el método para progresar en los estudios.

Antes del Renacimiento, el Imperio Bizantino jugó también un papel importante, por ser su metrología el germen de los módulos árabes posteriores. Todos los módulos empleados por Bizancio derivan de los griegos y de las aportaciones romanas posteriores, éstas “helenizadas”, conduciendo a nombres griegos en su totalidad.

La Ciencia, entendida como tal, llegó al Islam con la dinastía de los Omeyyas, que en el año 661 trasladaron su capital a Damasco, tras haber estado afincados en Siria y haber vivido “helenizados”. De nuevo, el espíritu “helenizador” fue la correa de transmisión de la Cultura. En el año 827, el califa Al-Ma'mun ordenó volver a medir el grado de meridiano, tratando de cotejar el cálculo efectuado en su tiempo por Ptolomeo.

El primer erudito que estudió la metrología árabe parece que fue Sylvestre de Sacy, el cual efectuó la traducción del tratado metrológico de Makrizi. Este tratado es una recopilación del sistema de medidas y monetario empleado por los árabes. En las obras de Ruiz-Castillo [3] y Sánchez Pérez [4] figura una relación importantísima de instrumentos científicos, en su mayoría astronómicos, desarrollados en este periodo.

Posteriormente, entre el final del siglo XV y el XVIII, se consiguieron importantes avances en la astronomía, la geodesia y la medida del tiempo. La aparición de nuevas ideas marca para siempre el devenir de la ciencia en los países desarrollados. La metrología acompaña y precede en muchos casos a los avances científicos. Todo esto tiene lugar cuando se establece con firmeza la superioridad del método experimental frente a la especulación. A partir de esta idea, los científicos exigen ya instrumentos cada vez más perfectos, pudiendo ser considerados como metrólogos aquellos que fueron capaces de construirlos por sí mismos [1].

Considerando en este largo periodo figuras como Copérnico, Johann Müller (Regiomontano), Bernard Walther, Peurbach, Tycho Brahe, Johannes Kepler, Galileo, etc., se comprende que ya estamos hablando de otro nivel de conocimientos y de filosofía subyacente en la aproximación a la ciencia. Aquí, el espíritu del Renacimiento (de nuevo vuelta al espíritu “griego”) se manifiesta en su vigor pleno. Aunque todos los descubrimientos e innovaciones tienen más importancia en campos como la astronomía y la geodesia, también en la metrología aparece, a cargo de Galileo, una clara e importante distinción entre propiedades mensurables y no mensurables de la materia.

Esta pléyade de científicos citados continuaría con nombres como Descartes, Colbert, Picard, Cassini, Huyghens, Newton, pero lo que todos ellos lograron para el progreso de la ciencia escapa desgraciadamente a este breve resumen.

Ciencia y Metrología en España

Los esfuerzos de los reyes cristianos, tras la reconquista definitiva de Toledo en 1085, por acabar con la multiplicidad de valores aceptados, duraron varios siglos, existiendo en la Novísima Recopilación hasta cinco Leyes que se ocupan de esta cuestión, recogándose en varias de ellas algunas disposiciones más antiguas. Estas Leyes van desde la de Don Alonso de Segovia, en 1347, titulada “*Igualdad de los pesos y medidas en todos los pueblos; y orden que se ha de observar en ellos*”, hasta la de Carlos I y D^a Juana, en Madrid, en 1534 titulada “*Arreglo de pesos y medidas por los Corregidores y Justicias*”. Sin embargo, la solución definitiva tendría lugar más de doscientos años después, con la aparición del sistema métrico decimal.

Un elemento central de la Revolución Científica que tuvo lugar más tarde, en la época de Felipe II, fue el abandono de la visión cosmogónica en la que la Tierra ocupaba el centro del Universo y de la física aristotélica por un sistema en el que los planetas se mueven en torno al Sol. Estas eran las ideas que surgieron en 1543, cuando se publicó *De revolutionibus orbium coelestium*, de Nicolás Copérnico. Sin embargo, la condena por la Iglesia de la teoría heliocéntrica hizo prácticamente imposible que los astrónomos católicos la defendieran públicamente en el siglo XVII [5].

Durante el reinado de Felipe II, las instituciones de carácter científico y técnico tuvieron un amplio desarrollo. Por ejemplo, la Casa de la Contratación de Sevilla se consolidó como un gran centro de ciencia aplicada a la navegación, estableciéndose los oficios de Catedrático de Cosmografía y del Arte de Navegar, y de Cosmógrafo Mayor, que adquirió un gran relieve en el Consejo de Indias [6].

En el último tercio del siglo XVIII, mientras en el plano internacional comienza en Inglaterra la revolución industrial, ampliada a Estados Unidos a comienzos del siglo XIX, de la mano de nombres como James Watt, Henry Maudslay, Eli Whitney, considerado como el padre de la fabricación en masa, Joseph Whitworth, etc., en España tiene lugar una actividad mitad científica, mitad política, que se traduce en expediciones científicas a América, las cuales atendieron tanto a las ciencias naturales, como a la hidrografía y al análisis político del ámbito colonial [4], llegando a realizarse cerca de cuarenta expediciones en el reinado de Carlos III y alrededor de treinta en el de Carlos IV.

Entre los componentes de estas expediciones destaca, como consecuencia de la estructura existente, la presencia de la Armada, los ingenieros del Ejército y las nuevas escuelas y observatorios militares. Desde el punto de vista de nuestro interés por la Metrología, es de destacar la realizada por Antonio de Ulloa y Jorge Juan, formando la delegación española de la expedición al Perú organizada por la Academia de Ciencias francesa, encabezada por Godin, ayudado por La Condamine, Bouguer y Jussieu, junto con el quiteño Pedro Vicente Maldonado.

La misión que iban a desarrollar constaba de dos fases bien diferenciadas; la geodésica, consistente en triangular una distancia de unos 400 km a lo largo del corredor interandino, aprovechando las cordilleras occidental y oriental para la instalación de los puestos de observación, la cual les ocupó entre 1736 y 1739, y en la que debieron hacer frente a dos tipos de problemas para asegurarse de la bondad del resultado final; los derivados del instrumental científico empleado (cuarto de círculo y barómetro) y aquellos asociados a la multitud de

verificaciones accesorias y observaciones complementarias cuyo objetivo era depurar los datos, reduciendo los lados de la triangulación al nivel del mar. La segunda fase se refiere a las observaciones astronómicas para determinar la amplitud angular del arco triangulado [7].

Al regreso de dicha expedición, ambos expusieron sus trabajos: Jorge Juan redactando las *Observaciones astronómicas y físicas hechas de Orden de su S. Mag. en los reynos del Perú*, y Ulloa la *Relación histórica del viage*. En su texto, “Jorge Juan mostraba sus conocimientos del análisis infinitesimal, su dominio de las teorías de Huygens y Newton y sus posteriores desarrollos, realizando un correcto análisis dinámico del movimiento circular aplicado al movimiento de rotación de la Tierra [4]. Cabe señalar que Jorge Juan todavía tuvo problemas con la Inquisición, debido a su adhesión al sistema heliocéntrico, pudiendo solucionarse todo gracias a las gestiones de los dirigentes ilustrados (Navarro Brotons, 1983) [8].

Jorge Juan fue finalmente director entre 1752 y 1766 de la Academia de Guardamarinas de Cádiz, donde fundó un observatorio astronómico, trasladado más tarde a San Fernando, donde en la actualidad se mantiene y disemina el segundo, unidad básica de tiempo del Sistema SI.

En esta etapa, no solo en España sino también en el resto de los países, existía una diversidad enorme de pesos y medidas, lo cual empezaba a obstaculizar el comercio y el progreso industrial, ambos ya muy importantes, causando de paso problemas a los recaudadores de impuestos de los Estados.

Aunque la primera propuesta aproximada de lo que luego sería el sistema métrico decimal parece que fue hecha en 1670 por el francés Gabriel Mouton, dicha propuesta sería discutida y manipulada durante más de 120 años, siendo finalmente Talleyrand el que, en 1790, la suscribió ante la Asamblea Nacional francesa. En los distintos países se expresaban las mismas opiniones respecto a la variedad de medidas existente. Delambre escribía: “Asombrosa y escandalosa diversidad”. Talleyrand: “...una variedad cuyo solo estudio espanta”. Pero la idea de unificar los pesos y medidas era, como siempre ha sido, una revolución social, tanto como científica.

España jugó su papel en los trabajos de determinación de la longitud del arco de meridiano, al igual que ocurriera con la expedición al Perú; en este caso, por formar parte su territorio de la medición, ya que la Asamblea francesa había determinado realizar la medición entre Dunquerque y Barcelona, ciudades situadas casi simétricamente a ambos lados del paralelo 45, estando asentadas al nivel del mar.

El 21 de septiembre de 1792 quedó fijado como valor del metro “la diezmillonésima parte del cuadrante de meridiano terrestre que pasa por París”. Los trabajos de medición fueron realizados por Delambre y Méchain (véase Fig. 3). Este último propuso extender los trabajos primero hasta enlazar con Mallorca y después con el norte de África. El proyecto fue continuado, a la muerte de su autor, por Bioy y Aragón y no fue terminado hasta finales del siglo XIX por Ibañez de Ibero y Perrier [9].



Fig. 3 – Jean Baptiste DELAMBRE y Pierre François A. MÉCHAIN midieron el arco de meridiano entre Dunquerque y Barcelona

En España, los intentos de unificación de sus sistemas de medidas habían fracasado uno tras otro. Las “medidas y pesos legales de Castilla” no comenzaron a utilizarse hasta los tiempos de Carlos IV, el cual, en 1801 promulgó la Ley sobre “*Igualación de pesos y medidas para todo el Reyno por las normas que se expresan*”. Conscientes nuestros ilustrados de la necesidad de disponer de un sistema único, se formó una comisión de cuyos trabajos se dio cuenta en informes oficiales. Sin embargo, al final, todos estos trabajos resultaron inútiles, ya que antes de que se implantara un nuevo sistema unificado, apareció el sistema métrico decimal y los miembros de la Comisión, entre ellos Císcar [a] y Pedrayes [b], delegados españoles en la comisión para la medición del meridiano, decidieron apoyarlo [1].

Cuando, en 19 de julio de 1849, Isabel II sanciona la Ley de Pesas y Medidas, la cual introduce en nuestra legislación el sistema métrico decimal y su nomenclatura científica, así como los Reales Decretos y Ordenes para su aplicación, se acomete por tercera vez en la legislación española la unificación de las pesas y medidas. No había sido fácil llegar hasta este punto, ya que durante medio siglo la inmensa mayoría de las propuestas elevadas al Gobierno plantearon la unificación a partir de las unidades de medida acreditadas por la costumbre o por la ley.

Sin embargo, lo que hizo falta fue alguien que, desde los resortes del poder político, estuviese convencido de que el sistema métrico decimal era el único camino para atajar la heredada diversidad metroológica. Este personaje fue Bravo Murillo, que llegó a ministro precisamente en 1849, y que luego alcanzaría la Presidencia del Gobierno [10].

Esta Ley de 19 de julio de 1849, que puede considerarse como la **primera ley fundamental de la metrología española**, dejaba claramente establecido el concepto de uniformidad: “En todos los dominios españoles habrá solo un sistema de medidas y pesas”. “La unidad fundamental de este sistema será igual en longitud a la diezmillonésima parte del arco del meridiano que va del Polo Norte al Ecuador y se llamará metro. En el artículo tercero se materializa el patrón: “El patrón de este metro, hecho de platino, que se guarda en el Conservatorio de Artes y que fue calculado por D. Gabriel Císcar y construido y ajustado por él mismo y D. Agustín de Pedrayes, se declara patrón prototipo legal y con arreglo a él se ajustarán todos los del reino”.

“El mismo 19 de julio fueron nombrados los miembros de una Comisión de Pesos y Medidas, con la misión de garantizar la reforma emprendida por el Estado. El primero de sus trabajos fue el de conseguir prototipos acreditados del metro y del kilogramo. Para ello, Joaquín Alfonso, miembro de la Comisión y director del Conservatorio de Artes, estableció en París contactos con los mejores fabricantes de instrumentos de precisión de la época, Froment y Gambey, adquiriendo un metro de platino de sección triangular, un kilogramo cilíndrico también de platino y un comparador de longitudes que apreciaba centésimas de milímetro, aparte de otro material diverso, quedando todo ello instalado en el Conservatorio de Artes a finales de 1850.

Su segunda tarea consistió en el cotejo de los pesos y medidas tradicionales de todas las capitales de provincia. Enviados los datos por los distintos Gobernadores Civiles, en respuesta a una circular enviada por Bravo Murillo, los resultados fueron hechos públicos en 1852.

La tercera de las tareas, que consistía en poner a disposición de las capitales de provincia colecciones métricas, continuando después con las poblaciones cabeza de partido, iba a resultar más difícil, pues eran necesarias al menos 1200 colecciones, mientras que la industria de la época solo era capaz de fabricar 28 por año. Por ello, un Decreto de 31 de diciembre de 1852 aplazaba en un año la introducción del sistema métrico, por imposibilidad de construir colecciones en número y calidad suficientes” [10]. Sucesivos decretos por la misma causa fueron retrasando la obligatoriedad del sistema métrico y no fue hasta diciembre de 1860, en que la Comisión de Pesos y Medidas se transformó en Permanente, incorporando nuevos miembros, que se recuperó el ritmo de los trabajos facultativos.

Por una Real Orden de finales de 1866, D. Ramón de la Sagra y D. Carlos Ibañez de Ibero [c] son nombrados, en representación de España, para que asistan al Comité de Pesas y Medidas y monedas, creado en Francia con motivo de la Exposición de París de 1867. A partir de este momento, empieza a resaltar la personalidad de Ibañez de Ibero quien, sin ser miembro de la Comisión Permanente de Pesas y Medidas es designado directamente por la Reina para representar a España en el Comité francés.

Tras haber publicado millares de tablas de reducción entre las medidas antiguas y las nuevas, y haber distribuido millares de colecciones por todos los municipios de más de 2000 habitantes, junto con la creación de un servicio de fieles-almotacenes en todas las provincias, para garantizar el control del servicio, todo estaba dispuesto para declarar el sistema métrico obligatorio en 1868, pero nuevos problemas asociados a su puesta en práctica, la resistencia de algunos gremios, el estado de revolución política, etc., fueron retrasando esta obligatoriedad, y hubo que esperar hasta el importante decreto de 14 de febrero de 1879 (consecuencia de la obligación contraída por España, a raíz de la firma en París el 20 de mayo de 1875, del Convenio Diplomático del Metro, donde Ibañez de Ibero, como Presidente, tuvo un papel fundamental), para ver plasmada la obligatoriedad del sistema métrico decimal a partir del 1 de julio de 1880.

En 1892 el Gobierno se hizo cargo de las copias del nuevo metro y kilogramo de platino-iridiado que le correspondían como país firmante del Convenio Diplomático del Metro, y fueron depositadas en los locales de la Comisión Permanente de Pesas y Medidas, ubicada en la sede del Instituto Geográfico y Estadístico, declarándose legales para España mediante una nueva ley de 8 de julio de 1892.

El siglo XX aportaría nuevas necesidades de precisión a las sucesivas definiciones del metro y de otras unidades, dando lugar a un sistema internacional de unidades para la ciencia y la técnica, basado en el sistema métrico.

Retomando la evolución de la ciencia en España, precisamente en 1852 había nacido Leonardo Torres Quevedo, figura que debemos destacar, no solo por sus logros tecnológicos y científicos, siendo el precursor de la moderna robótica, sino por contribuir a que mejorase la situación institucional de la ciencia y tecnología españolas, a través de la creación de unos centros pioneros en la España de la época, y por haber apoyado la construcción de un Laboratorio Nacional, como veremos más adelante.

Con esta exposición en paralelo entre ciencia y metrología, pretendemos mostrar no solo los aspectos técnicos sino también las Instituciones que fueron apareciendo en España, a la vez que

la Metrología permanecía en manos del Instituto Geográfico, hasta que la Comisión de Metrología y Metrotécnica se desligó orgánicamente del Instituto y sufrió su propia evolución. Además, algunos de los nombres que han sido importantes en la historia de la ciencia española, han estado también ligados a la Metrología, por cuanto o fueron Presidentes del Comité Internacional de Pesas y Medidas, o miembros de dicho Comité, o de alguno de los Comités Consultivos.

En 1910, vio la luz una “Asociación de Laboratorios para el fomento de las investigaciones científicas y los estudios experimentales”, tras la propuesta realizada por Torres Quevedo en 1909 ante la Junta para Ampliación de Estudios, que había sido creada dos años antes, en 1907, y de la que Torres Quevedo era vocal. En esta idea parece que intervino también, entre otros, Blas Cabrera, director del Laboratorio de Investigaciones Físicas, que también pertenecía a la Junta [5]. Esta asociación se ocuparía de “construir material científico y facilitar medios de realizar aquellos estudios experimentales que se juzgaran de interés para el progreso de la Ciencia”.

Más importantes fueron las aportaciones de otro organismo, el Instituto de Material Científico, creado por Real Decreto de 7 de marzo de 1911. Este Instituto se fundó para unificar y ordenar, en una sola partida económica, las cantidades destinadas a la compra de material científico para los centros docentes, incluyendo las Universidades, y de otro tipo, del Estado, que hasta entonces hacían cuanto podían de manera desorganizada (Ana Romero, 1998). La creación del Instituto revela que el Gobierno era consciente de la importancia de la instrumentación científica y de las carencias existentes en ese campo. En principio, su creación implicaba a todas las disciplinas, física, química, ciencias naturales, medicina, etc [4].

Evidentemente, cuando se dice que el Gobierno era consciente de la importancia de la instrumentación científica y sus carencias, en realidad quiere decirse que alguien (grupo cohesionado de científicos, personalidades, Directores de Centros, etc.) había informado razonadamente al Gobierno de esta necesidad, por ser su obligación hacerlo, sin temer que al Gobierno no le gustara la propuesta y sus puestos pudieran peligrar.

Torres Quevedo, aparte de presidente de la Sociedad Española de Física y Química (1920) y de la Real Academia de Ciencias (1928), fue miembro del Comité Internacional de Pesas y Medidas de París (1921) y desempeñó otros puestos de relevancia nacional e internacional, que no citamos aquí. Sin embargo, según Sánchez Ron, puede decirse que no tuvo éxito en cuanto a que no tuvo capacidad de afectar de forma permanente a la incidencia de la tecnología en la vida y cultura científica española. Su puesto, por ejemplo, de vocal en la Junta para Ampliación de Estudios, no significó que dicha Junta se ocupase de la tecnología y, a pesar de apoyar la idea de que se crease un Laboratorio Nacional, éste no vería la luz hasta muchos años más tarde, en 1990, con la creación del Centro Español de Metrología (CEM).

Aunque la creación del CEM ha supuesto un hito importante en la metrología española, sin embargo no responde exactamente a la idea de Laboratorio Nacional, al estilo de los primeramente creados en Alemania, Reino Unido o los Estados Unidos, quizá porque su gestación tuvo lugar tardía y casi sorpresivamente, sin que existiera un debate más amplio por parte de los beneficiarios de sus servicios (científicos, investigadores, universidades, industria, etc.), aportando éstos su opinión acerca del modelo propuesto. Pero esta es otra historia de la que nos ocuparemos algo más adelante.

La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) se creó en 1907, como institución autónoma dependiente del Ministerio de Instrucción Pública, inspirada en la ideología que caracterizaba a la Institución Libre de Enseñanza. En sus Centros investigaron los mejores cerebros de la ciencia española de la época; entre otros, Blas Cabrera, Ignacio Bolívar, Miguel

Catalán, Enrique Moles, Julio Rey Pastor, Cajal, Julio Palacios, y jóvenes como Grande Covián o Severo Ochoa.

Un hecho que pudo haber sido fundamental para la metrología española es el que Sánchez Ron cita respecto al congreso que la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias celebró en Sevilla en 1917 y que transcribimos a continuación. “El teniente de Artillería Fernando Sanz presentó una memoria relativa a la conveniencia de establecer en España un Laboratorio Nacional análogo a los que ya funcionaban con nombres semejantes en Alemania (PTR, 1887), Estados Unidos (NBS, 1902) y Gran Bretaña (NPL, 1903), y cuyas creaciones se deben entender como necesidad de sus desarrollos industriales. Tras la lectura de esta memoria, Leonardo Torres Quevedo hizo uso de la palabra, proponiendo que “este importantísimo tema fuese tomado en consideración por la Asociación para llevarlo a la práctica”. Este apoyo de Torres Quevedo era totalmente lógico por cuanto desde 1904 dirigía el Centro de Ensayos de Aeronáutica y Laboratorio de Automática en Madrid.

La Asociación solicitó opiniones de varios militares, ingenieros y catedráticos miembros de la Asociación, dando como resultado un documento titulado “Instituto para el progreso técnico de la industria. Bases para la organización del Laboratorio Nacional”, que se sometió a la consideración del Gobierno con un escrito dirigido al presidente del Consejo de Ministros.

Es útil comprobar cómo en este documento las necesidades de la industria nacional figuraban entre los objetivos del centro, citándose entre las funciones del laboratorio las siguientes:

- a) Estudiar todos los problemas científicos y técnicos que puedan afectar a la producción y la industria nacionales, por iniciativa propia, por encargo del Gobierno o a propuesta de personas o entidades de reconocida competencia y autoridad.
- b) Definir las unidades físicas necesarias para el trabajo de la industria y las transacciones comerciales y fijar los correspondientes patrones de medida y medios de aferición, comparación y ensayos de aparatos.

Cabe decir que el Gobierno encontró muy razonable la propuesta y nombró una comisión para estudiarla. Por la JAE participaron Blas Cabrera, director del Laboratorio de Investigaciones Físicas, y el químico José Casares Gil”.

Aunque el propio Sánchez Ron manifiesta no haber podido averiguar los detalles subsiguientes, el resultado final fue que no se creó el Laboratorio Nacional. Cuando menos cabe argumentar que en 1919 no existían en España los grandes grupos de presión suficientes como para llevar adelante semejante iniciativa, a pesar de la - en principio - actitud favorable del Gobierno; ausencia ésta que no es sino manifestación de la precariedad de una industria lo suficientemente desarrollada como para plantearse problemas técnicos que necesitasen de un centro técnico avanzado para su solución”

Pero, aparte de las consideraciones anteriores, ¿habría algún otro condicionante u oposición, por parte de la Institución responsable de la metrología en aquella época, que impidiera tal creación?. No debe olvidarse que la propuesta de creación de este Laboratorio Nacional tuvo lugar en 1917, justamente un año después de que el Laboratorio de Investigaciones Físicas se quedara sin su sección de Metrología, como veremos a continuación. Sería interesante bucear en los archivos y tratar de hallar algo más relacionado con esta cuestión. Si en este momento se hubiera decidido la creación de dicho Laboratorio Nacional, aunque hubiera sido necesario trasladar o depositar en él los patrones con los que contaba la Comisión de Pesas y Medidas, quizá hoy día tendríamos más historia y desarrollo metrológico, ya que, sin duda, el Laboratorio estaría integrado en la

actualidad dentro de la estructura del CSIC, como pasó con otras Instituciones y laboratorios, tras la guerra civil.

El Laboratorio de Investigaciones Físicas, dirigido por Blas Cabrera, estaba instalado en el Palacio de la Industria y de las Artes, y contaba inicialmente con cuatro secciones: Metrología, Electricidad, Espectrometría y Química Física. En 1914, el físico Jerónimo Vecino se hizo cargo del área de Metrología, tras haber permanecido tres meses en París, estudiando en el Bureau Internacional de Pesas y Medidas, pero este mismo año, Vecino se trasladó a Santiago de Compostela, y al año siguiente, definitivamente, a la cátedra obtenida en Zaragoza, con lo que no quedó nadie con conocimientos suficientes de Metrología como para continuar con la Sección, aprovechándose la ocasión para emplear en otro campo los recursos que ésta había tenido asignados [5].

Precisamente, uno de los miembros del Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta fue Miguel Antonio Catalán (1894-1957), a quien se debe la aportación a la física más destacada de la historia española con el descubrimiento, en 1921, de los denominados “multipletes”, lo que supuso un paso muy importante en el desarrollo de la teoría cuántica, sirviendo para justificar adecuadamente el número cuántico que había introducido en 1920 Arnold Sommerfeld. Este hecho sirvió, entre otras cosas, para que Cabrera viese reforzada ante las autoridades de la JAE la posición de su Laboratorio.

Sin embargo, la guerra civil causó la marcha al exilio de Blas Cabrera, el cual fallecería en México el 1 de agosto de 1945. Por su parte, Catalán, no abandonó España, pero sufrió las consecuencias de su relación con la JAE y con las personas con las que había trabajado, constituyendo un buen ejemplo de exilio interior. Tras la guerra civil, Catalán se encontró con que le estaba vedado el regreso a su cátedra de la Universidad de Madrid, aunque oficialmente seguía manteniéndola. Además, el acceso a su laboratorio del Instituto Nacional de Física y Química, ahora perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, creado por el Gobierno del general Franco para sustituir a la antigua JAE, le estaba vedado. Casi siete años tardó Miguel Catalán en recuperar de manera efectiva su cátedra, y todo ello gracias a numerosos apoyos de eminentes científicos extranjeros, que no dejaron de interesarse por su caso.

Su prestigio científico, la recuperación de su cátedra, así como llamadas que se le hacían desde Estados Unidos, favorecieron su entrada final en el CSIC, aunque no en su viejo Instituto, ahora denominado Rocasolano, sino en el Instituto de Óptica “Daza de Valdés”, dirigido por José María Otero Navascués, quien en 1950 lo nombró Jefe del Departamento de Espectros. Allí se constituyó un buen equipo, dedicándose a temas relacionados con la estructura de espectros de distintos elementos.

En este Instituto, creado oficialmente en marzo de 1946, Otero Navascués, quien llegó también a ser Presidente del Comité Internacional de Pesas y Medidas, fue el motor y responsable máximo del centro. En este Instituto y época comenzó a trabajar otro Leonardo, en este caso apellidado Villena, físico y metrologo que tanto ha hecho, junto con otras personas, por la Metrología española. Trasladado el centro en 1950 a un nuevo edificio en el complejo de la calle Serrano, en él Catalán dirigió una de las dos secciones del departamento de Espectros, la de Espectros Atómicos.

El mencionado Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) fue un producto de la Guerra Civil, en un deseo de romper con el pasado, encarnado en la Junta para Ampliación de Estudios, a la que se acusó de las mayores tropelías [4]. Por ello, aunque hubo continuidad en lo material, ya que las instalaciones y el material existían de antemano, esta continuidad no se dio en el espíritu que animaba a la nueva Institución. Existen documentos que demuestran

claramente que el entonces director del Instituto Ramiro de Maeztu, José María Albareda, fue el arquitecto que diseñó la estructura básica de lo que sería el CSIC. Sus juicios políticos expuestos en cartas al ministro Ibañez Martín, acerca de los científicos que podían o no conformar en un primer momento el CSIC, no tienen desperdicio y demuestran cómo la política está siempre, por encima de todo.

Tras la entrada en funcionamiento del CSIC, la orientación de los estudios físicos no fue encomendada a Julio Palacios y a Miguel Catalán, ambos de renombre universal, sino a José María Otero Navascués, óptico estimable, pero no comparable con los dos anteriores [4]. En todo ello influyeron las opiniones políticas que Albareda tenía sobre los tres y sobre sus respectivas ideologías y comportamientos antes y durante la guerra civil.

Desde nuestro punto de vista, la lástima es que, como comentamos anteriormente, la Metrología quedara descolgada de sus campos de investigación, por no haberse aprobado en los tiempos de la JAE la creación de un Laboratorio Nacional.

La etapa más reciente de la Metrología en España

Retomando la figura del mencionado Leonardo Villena, lo acompañaremos en su biografía [11], ya que ésta nos permitirá saber qué cosas acontecieron en el pasado más reciente, con respecto a las actividades metrológicas en España.

En 1953, Otero Navascués propuso al CSIC la creación de un Centro Metro-Físico, para aprovechar las capacidades en calibración y ensayo de los siete institutos coordinados por el Consejo Nacional de Física, todo ello “en beneficio de la Industria y la Investigación españolas”. En 1954, Leonardo Villena fue nombrado director del CNF. Fue entonces cuando se ofreció el listado de servicios elaborado a la Comisión Permanente de Pesas y Medidas, pidiendo además ayuda moral y material. Según Leonardo, no obtuvo ninguna respuesta. Ciertamente, el presupuesto de la Comisión de Pesas y Medidas era ridículo, pero eso no debería haber impedido emitir una respuesta razonada. Tras esto, como relata el propio Villena, acudió directamente al CSIC, donde pidió 180 000 pesetas para reponer daños en los equipos de medida de los siete institutos. Aquí sí obtuvo respuesta, pero del tipo “Hay dinero para investigación, no para Metrología” (?). Como las ayudas nunca llegaron, en 1958 se disolvió tal Centro.

En lo que se refiere al CIPM y su Comité Consultivo de Unidades, cita Villena en sus notas autobiográficas que “Cabrería había sido miembro, y después Secretario, del Comité Internacional de Pesas y Medidas, máximo organismo en la Metrología Científica. Tras su renuncia, España estuvo ausente de toda actividad científica en Metrología. Ningún español pertenecía ni al CIPM, ni a sus distintas Comisiones consultivas. La Delegación española en las Conferencias Generales la formaban Ingenieros geógrafos o expertos en Metrología legal”. Aunque no lo dice expresamente, tanto por la titulación como por la especialidad, cabe concluir que tales personas prestaban sus servicios en la Comisión de Pesas y Medidas, ubicada en la Dirección del Instituto Geográfico.

“Esta situación se rompió cuando Otero Navascués, internacionalmente conocido, fue elegido miembro de la Comisión de Fotometría. Su habilidad para la síntesis y su “mano izquierda” hicieron que, en 1954, fuera elegido Presidente de dicha Comisión y miembro del CIPM, donde inició una gran labor, normalmente ignorada por los organismos españoles. Su capacidad de trabajo y de consenso fue apreciada por los miembros del CIPM que, en 1968, lo eligieron Presidente. Consecuencia lógica fue que España se incorporara a las Comisiones consultivas para las distintas unidades; así, Orte, en la del segundo; Plaza, en Fotometría; Granados, en

Radiaciones Ionizantes; Colomina, en Temperatura y Villena, en la de Unidades. Otero asumiría más tarde la Presidencia de la más conflictiva, la del metro” [11].

Bastantes años más tarde, ya tras la creación del Centro Español de Metrología, han vuelto a aparecer nombres españoles en los distintos Comités Consultivos. Aparte del Comité de Fotometría y Radiometría, donde el Instituto de Física Aplicada del CSIC se halla representado por Antonio Corrons, el de Tiempo, donde el Real Instituto y Observatorio de la Armada, de San Fernando tiene como representante a Juan Palacio, y el de Radiaciones Ionizantes en el que se halla el CIEMAT, sucesor de la JEN, representado por Antonio Brosed, en los demás Comités Consultivos (Unidades, Termometría, Longitud, Masa y Electricidad y Magnetismo) existen representantes del Centro Español de Metrología. El único Comité sin representante es el de Cantidad de Sustancia.

Volviendo atrás de nuevo, Otero, acompañado por varias personas ilusionadas por el tema, redactó un informe sobre los patrones españoles, el cual fue enviado a la Conferencia Europea de Metrología celebrada en 1973 en Teddington. Fue aquí donde se sentaron las bases para cooperación europea en Metrología y Calibración (WECC).

“La preparación y asistencia a la Conferencia de Metrología de Teddington no cambió en nada la Metrología oficial española, pero fructificó enseguida en el ámbito privado, creándose un mes después, dentro de la Asociación Española para la Calidad (AEC), el Comité de Metrología, el cual fue desde un principio un foro abierto para reunir a los jefes de los laboratorios metrológicos privados y oficiales, detectando las necesidades de la Industria y mentalizando a la Administración para que elaborara las pertinentes recomendaciones y acciones”.

Todo lo hecho desde este Comité, así como las publicaciones que ha generado, han contribuido grandemente a la difusión de la Metrología en laboratorios y empresas, constituyendo prácticamente el único foco formativo existente en estos temas. Cuando la Dirección General de Innovación Industrial y Tecnología del Ministerio de Industria detectó en febrero de 1982 la necesidad de poner al servicio de la Industria un Sistema de Calibración Industrial, se puso en contacto con el Comité de Metrología de la AEC.

De nuevo, Villena recurrió a los amigos que tenía en los más importantes laboratorios metrológicos, cuya capacidad de medida había servido de base para el informe español a la Conferencia de Teddington, reuniéndose en el Taller de Precisión de Artillería, Balmisa (que luego pasaría al CEM, junto con Chimenti, ambos del INTA), Benavente, Carro, Granados, Menéndez, Palacios, Pfretzner y Segovia.

Tras fracasar de nuevo en el intento de obtener el “apoyo” (¿cesión de patrones?) para algunas magnitudes, de la Comisión Nacional de Metrología y Metrotecnica (CNMM), se alcanzó un acuerdo sobre las magnitudes que cada Centro tomaba a su cargo, como Laboratorio de Referencia. La orden ministerial que creaba finalmente el SCI tiene fecha de 21 de junio de 1982, constituyéndose en septiembre un grupo asesor formado por los especialistas que habían elaborado el proyecto, ya citados. Más adelante se incorporaron Boloix, Chimenti, López y Sánchez Pérez, junto con José Catalán, quien llegó en calidad de Jefe de Servicio del SCI, que venía de trabajar en la CNMM y de la que se había ido por discrepancias con Manuel Cadarso y el enfoque que éste pretendía dar a la Metrología. Cabe decir que tanto Catalán como Cadarso eran dos caracteres fuertes y, como suele decirse, no había sitio para ambos bajo el mismo techo. Otro colaborador del SCI fue también Mario Linares, quien también había trabajado como Ingeniero comprobador en la CNMM.

Toda la creación del SCI era una necesidad real a la que faltaba el soporte de un Laboratorio Nacional, inexistente en aquel entonces, ya que la CNMM era un ente prácticamente burocrático, con laboratorios muy pequeños, dedicados en su mayor parte a metrología legal, y carente de presupuesto. Sin embargo, Manuel Cadarso en 1982, curiosamente coincidiendo con el año de creación del SCI, ya tenía en mente la creación de un Centro de Metrología, para lo que había adquirido una extensa parcela en Tres Cantos y, previamente a ello, contratado a seis titulados, para que fueran formándose en metrología, a la vez que habilitaba como laboratorios ciertas dependencias con las que contaba, dentro del propio Instituto Geográfico, con afán de instalar algunos equipos de medición, y que sirviera de periodo experimental, hasta que el nuevo Centro estuviera construido.

Puede imaginarse el lector las dificultades que acompañaron a estos primeros titulados, debido al enfrentamiento existente entre la CNMM y las personas que entendían que la Metrología debía ser otra cosa, más científica, y que habían desarrollado el SCI ante la apremiante necesidad derivada del entorno mundial.

El proyecto de construcción de los nuevos laboratorios de Tres Cantos, tras la recopilación de información de otros laboratorios europeos en cuanto a requisitos ambientales y constructivos, se realizó en 1984, y su construcción entre 1985 y 1987. Desde la primera etapa, la pequeña plantilla del CEM se dedicó al estudio de los patrones necesarios para poder realizar las definiciones del SI en vigor, además de decidir con qué equipos de calibración debía contarse en función del nivel metrológico de nuestro país, con objeto de poder ofrecer un nexo de unión con la red creada por el SCI. Finalmente, la inauguración oficial del CEM tuvo lugar en marzo de 1989 por SS.MM. los Reyes de España.

Desde entonces, el camino recorrido por el CEM, aunque no exento de dificultades, ha permitido consolidar su posición a nivel internacional, a través de sucesivos desarrollos y de los excelentes resultados obtenidos en las comparaciones interlaboratorios, dotando al mismo tiempo de trazabilidad al resto de los niveles metrológicos nacionales, en coordinación con sus Laboratorios Asociados, que mantienen aquellas unidades del Sistema SI no cubiertas por el CEM.

Emilio Prieto
Jefe del Área de Longitud
eprieto@cem.mityc.es

Referencias:

- [1] *Introducción a la Historia de la Metrología*, Carlos Granados, Apuntes Cursos de Doctorado, E.T.S. Ing. Industriales, Univ. Politécnica de Madrid.
- [2] *Metrología en las civilizaciones de Mesopotamia, Egipto, Fenicia, Israel, Grecia, Cartago, Roma y otras culturas de la antigüedad*, Ramón Francisco Pachón Veira; Francisco Manzano Agugliaro, XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Santander, España – 5-7 junio de 2002.
- [3] *Historia de la Ciencia de medir desde la antigüedad hasta el siglo XVII*, E.T.S. Ing. Industriales, Univ. Politécnica de Madrid, 1976.
- [4] *La Metrología y el desarrollo científico y técnico*, Angel Sánchez Pérez, E.T.S. Ing. Industriales, Univ. Politécnica de Madrid, 1990.
- [5] *Cinzel, martillo y piedra. Historia de la ciencia en España (siglos XIX y XX)*, José Manuel SÁNCHEZ RON, Ed. Taurus, 1999.
- [6] Mariano ESTEBAN PIÑEIRO. *Los Cosmógrafos del Rey*, en Lafuente, Antonio y Moscoso, Javier, eds., Madrid, Ciencia y Corte, CAM, Consejería de Cultura, 1999.

-
- [7] Antonio LAFUENTE. *La medida de la figura de la tierra como experimento crucial*. Exposición “Las Medidas y las Matemáticas”. Palacio del Senado. Madrid, 2000.
- [8] LÓPEZ PIÑERO, J.M.; GLICK, T.F.; NAVARRO BROTONS, V.; PORTELA MARCO, E. (1983), *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*. 2 vols, Barcelona, Península.
- [9] RUIZ MORALES, M. Los Ingenieros Geógrafos. Origen y creación del Cuerpo. Madrid: Instituto Geográfico Nacional - Centro Nacional de Información Geográfica, 2003.
- [10] José V. AZNAR GARCÍA. *Dos sistemas de medida*. Exposición “Las Medidas y las Matemáticas”. Palacio del Senado. Madrid, 2000
- [11] Leonardo VILLENA. *Notas autobiográficas*. Homenaje en su 75 aniversario. Madrid, 1992

Notas biográficas:

- a) *Gabriel Ciscar y Ciscar* (Oliva, Valencia 1760 - Gibraltar 1829). Considerado como el primer matemático español, fue comisionado a París en 1798 para acudir al Congreso que había de fijar la unidad fundamental de las nuevas pesas y medidas. En 1800 publicó su Memoria elemental sobre los nuevos pesos y medidas decimales (...), obra considerada como la introductora en España del nuevo sistema. Ocupó destacados puestos políticos; entre otros, fue miembro por tres veces del Consejo de la Regencia de España e Indias. Murió en el exilio, en Gibraltar el 12 de agosto de 1829 y su cadáver fue trasladado en 1860 al Panteón de Marinos Ilustres de San Fernando (<http://www.ucm.es/info/antilia/revista/vol1-sp/artsp1-3.htm>).
- b) *Agustín de Pedrayes y Foyo* (Lastres, Asturias 1744 - Madrid 1815). Destacado matemático del siglo XVIII, en 1777 dio a conocer un método para la resolución de ecuaciones hasta el cuarto grado. En 1799 fue elegido para representar a España en el Congreso Internacional de París convocado para regularizar el sistema de pesas y medidas, que dio origen al sistema métrico decimal. Pedrayes propuso la medición del arco meridiano que va de Dunquerque a Barcelona como base para la divisibilidad del cuadrante de la circunferencia terrestre. Su idea fue aceptada, y la cuarenta millonésima parte de esta longitud sería la nueva unidad básica de medida: el metro (<http://www.larramendi.es/Poligrafos>).
- c) *Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero* (Barcelona 1825-Niza. Francia 1891). Máxima figura española de la geodesia. Fundador y Presidente de la Asociación Geodésica Internacional. Dirigió la medición de la base central de la triangulación geodésica de España efectuada en la provincia de Toledo (Madrirdejos). Inventor del "aparato Ibáñez" destinado a medir bases. Presidente de la Conferencia Diplomática del Metro celebrada en Breteuil en 1875, convocada para determinar el metro y kilogramo internacionales. A su iniciativa se debe la creación en 1870 del Instituto Geográfico y Estadístico. (http://www.tecnociencia.es/ventana/salas/medida/medidas_y_matematicas/libros1.htm).