

TCL 72201

LOS TERREMOTOS EN TOLEDO Y EN LA MESETA CENTRAL

Excelentísimas Autoridades,
Señores Académicos,
Señoras y Señores:

Al verme en esta honrosa tribuna, por la que han pasado tantos y tan valiosos historiadores y hombres de ciencia, siento un profundo sentimiento de inseguridad por ser consciente de estar hollando un terreno, el de la Historia de Toledo, excesivamente ajeado de mi trayectoria profesional y científica. Sin embargo, este mundo de la Historia está entrañablemente unido a mi ambiente familiar desde la niñez, pues mi abuelo primero y mi padre después, me hicieron, casi diría, que convivir con los personajes históricos y literarios de Toledo, como si fueran otros miembros más de mi propia familia. Todo ello sin duda ha condicionado esa fuerte afición artística y literaria que de siempre compite dentro de mí, y a veces con ventaja, con mi profesionalidad en el campo de la Ciencia.

Así pues, y sólo en razón de mi amor a esta indescriptible ciudad, a su arte, a su historia y a sus gentes, me veo capaz de aceptar esta inmerecida designación como miembro de esta Academia a la que me esforzaré por honrar.

Esta dualidad del científico español, que trata de enriquecer su espíritu con otros campos de estética diferente, diríamos que ya es un hecho casi tradicional en los acontecimientos culturales hispánicos. Y algunos dignos ejemplos hay entre los presentes y pasados miembros de esta Academia. Entre estos últimos quiero fijarme en un ilustre predecesor mío, Ingeniero Geógrafo como yo, Sismólogo también y Académico Numerario entre los años 1928 a 1940. Estoy hablando de D. Alfonso Rey Pastor.

Destinado en 1921 como encargado de la Estación Sismológica, que el Instituto Geográfico tenía instalada desde 1909, en los sótanos de la Diputación Provincial, fue Director de la misma desde 1924 y

continuó en este cargo aún después de trasladar la Estación al emplazamiento actual del Observatorio en 1931: por tanto, fue Director de la Estación Sismológica hasta 1940, fecha en que fue destinado a Alicante como Director del Observatorio Sismológico allí existente. Durante su estancia en Toledo realizó D. Alfonso Rey Pastor, una prolífica e importante labor científica. Causa asombro su gran capacidad de trabajo.

Por aquel entonces la Ciencia Sismológica se integraba más en las ciencias Geológicas que en la Geofísica, y en ese campo el ilustre científico llegó al límite máximo de la ciencia sismológica de sus días. Determinó las coordenadas de todos los epicentros de los sismos españoles de su época y recalculó los ocurridos desde 1900, usando todos los datos entonces a su alcance. De algunos sismos notables (Pastrana, Canal de Verdún, Cehegin, etc.), hizo extensas monografías y, conjuntando la situación de los focos sísmicos con sus profundos conocimientos geológicos, estudió el comportamiento sismo-tectónico de las principales áreas activas de nuestra Península, como la falla del Guadalquivir, la comarca del Bajo Segura y región Sureste de España, la región alicantina, etc.

De Toledo, como he dicho, marchó D. Alfonso Rey Pastor en 1940 a Alicante donde continuó su infatigable trabajo, estudiando la Geología y tectónica de la región Murciano-Alicantina. En aquel tiempo patentó un método práctico y su correspondiente instrumental para la búsqueda de petróleo y aguas subterráneas, verdaderamente ingenioso. Destinado a Madrid en 1954, estuvo al frente de la Sección de Geomagnetismo hasta 1959, fecha de su fallecimiento, dos años antes de haber alcanzado su jubilación.

Durante sus casi 20 años de permanencia en Toledo, desarrolló paralelamente a su labor de sismólogo otra muy importante labor arqueológica, que le abrió las puertas de esta Academia y le llenó de intensa satisfacción personal. Encargado por el Instituto Geográfico de la ampliación del plano de Toledo, su curiosidad infatigable le llevó a interesarse por todos los vestigios romanos de la ciudad, recabando ayuda para su descubrimiento y replanteo. No sólo estudió a fondo la arqueología romana en Toledo, sino que con la energía que le caracterizaba dirigió él, personalmente, los trabajos de campo que se llevaron a efecto para descubrir las ruinas. Replanteó el grandioso circo Romano de la Veja Baja, el Anfiteatro del barrio de las Covachuelas y hasta el Acueducto que unía el Alcázar con la explanada

de la actual Academia de Infantería, del que tan pocos restos quedan. Fue incisivo en presionar a las autoridades toledanas para interesarlas en el afloramiento de estas valiosas ruinas, aun sabiendo la dificultad del éxito, pues las extensas zonas ocupadas por los restos romanos o estaban ya edificadas o afectaban a las zonas de expansión de la ciudad. Y es la verdad que poco queda en el presente, de aquel primer entusiasmo sembrado por Rey Pastor, y nuestras ruinas romanas se consumen en el anonimato más desolador.

Además de su estudio geológico del Peñón toledano, su campo de acción se amplió a la provincia, estudiando los restos del convento de los Agustinos de San Pablo de los Montes, construcción del siglo XII en la que descubrió la existencia de piedras visigodas, lo que indicaba la existencia de un antiguo monasterio, probablemente en el mismo emplazamiento.

Y así fue la vida de Rey Pastor, un auténtico trabajar en la ciencia del saber humano en sus más amplias facetas.

Recuerdo que en el principio de mi carrera profesional, allá por el final de los años cincuenta, asistí en Madrid a la imposición por el Ministro de la Presidencia de la Cruz de Alfonso X el Sabio a don Alfonso Rey Pastor, en premio merecido a su labor científica como sismólogo. Y cual no fue mi asombro, y posiblemente de los altos funcionarios que asistían, cuando Rey Pastor, ya en ese escaño de la vida en que todo se ve con la sinceridad y claridad que da el reposo de la vejez, dijo: "Lo cierto es que si en algo me siento orgulloso de mi labor como hombre de ciencia, es por los trabajos arqueológicos que realicé en Toledo, en los que puse todo cuanto pude de mí mismo".

Con esa fuerza quisiera, también yo, ser captado por esta nueva faceta de mi vida en Toledo que ahora se me brinda, al entrar en esta honrosa Academia.

LA CIENCIA GEOFISICA

Como es conocido, casi todo lo que se conoce sobre el interior de la Tierra se apoya en los estudios sismológicos, ya que son las ondas sísmicas los únicos detectores de la constitución interna de nuestro planeta. Por eso es muy importante señalar que las Ciencias de la Tierra han sufrido en estos últimos 15 años una gran revolución. Tan importante ha sido que J. T. Wilson, eminente geofísico

americano, la juzga comparable a la que produjo en Biología la introducción de la teoría de la Evolución, o en Astronomía el descubrimiento de las leyes de la Gravitación Universal. En efecto, recientemente se han descubierto un conjunto de hechos, observaciones y leyes que explican muy brillantemente cómo se comporta la dinámica de nuestro planeta. Este conjunto de ideas se conoce con el nombre de Tectónica Global o Tectónica de Placas. Su gran importancia estriba fundamentalmente en que con esta Teoría se aclaran una serie de fenómenos terrestres que antes resultaban de difícil explicación y a menudo contradictoria. Con la Tectónica de Placas se da una adecuada y razonable explicación, por ejemplo, a la existencia de las cadenas montañosas, los arcos de islas, las trincheras y crestas oceánicas, la dirección de los planos de falla, las observaciones paleomagnéticas, las semejanzas geológicas entre regiones alejadas, la distribución de los terremotos y volcanes circunscritos sólo a determinadas zonas del Globo, las observaciones paleontológicas, etc.

De una manera sucinta y antes de hablar de los terremotos de la meseta y de los sentidos en Toledo, objeto de este trabajo, convendría describir en qué consiste este gran descubrimiento de la Tectónica de Placas y explicar por qué los terremotos aparecen sólo en determinadas regiones. El esquema de esta dinámica de la corteza y manto de la Tierra es el siguiente:

De una situación inicial a finales del Triásico (fig. 1), hace unos 180 millones de años, en la que la mayor parte de las tierras emergidas estaban reunidas formando un único continente denominado Pangea, por un proceso dinámico interno comienza la separación de estos bloques. A través de la zona de apertura se segrega a ambos lados un material magmático que se adosa a los bordes continentales que se separan, formándose de este modo la corteza del nuevo océano.

Las rendijas por las que surge ese material nuevo que forma los suelos oceánicos, se reconocen fácilmente en la actualidad por las crestas oceánicas que se forman y que existen en el centro de todos los océanos. También es fácil reconocer esta línea divisoria, porque la joven corteza oceánica que se forma al ascender el magma por la abertura, se magnetiza al enfriarse y se forman bandas de anomalías magnéticas paralelas a las crestas. Se ha descubierto que el polo magnético de la Tierra ha sufrido sucesivas inversiones de polaridad a lo largo de los tiempos geológicos y se han datado estas inversiones.

Ello ha hecho que actualmente (fig. 2) aparecen a ambos lados de la cresta oceánica, estas bandas simétricas de anomalías magnéticas cuya anchura se corresponde con el tiempo de una misma polaridad.

Por otra parte, hasta geoméricamente puede verse (fig. 3) el perfecto encaje de los continentes actuales antes de separarse, obtenido matemáticamente.

En la actualidad, este movimiento de separación continúa, y así tenemos dividida la tierra en bloques, llamados placas. Cada uno de estos bloques (fig. 4), está limitado en su trasera por la cresta oceánica, donde se crea la nueva corteza: y en su frente de avance por las trincheras oceánicas donde se sumerge la litosfera en el manto y, cuando alcanza unos 700 kms. de profundidad, se destruye fundida por las temperaturas del manto superior. Los continentes, en todo este proceso, son pasajeros que cabalgan sobre las placas, rígidos como balsas de madera atrapadas en témpanos de hielo. Por ser de materiales ligeros, los continentes nunca se hunden en el manto, al colisionar una placa móvil con otra que se mueva en dirección opuesta.

¿Dónde se producen, pues, los terremotos? En las zonas de colisión o contacto de unas placas con otras, que que son lugares fijos geográficamente. En las zonas de extensión o crestas oceánicas suelen producirse terremotos superficiales; y los más profundos en general se dan en las zonas de colisión o hundimiento de la litosfera. En estas zonas de colisión es donde se producen también las arrugas montañosas y las cadenas de volcanes.

Se señalan, actualmente, seis grandes placas (fig. 5) que se mueven a razón de unos 2-10 cm. por año. En la figura, se distinguen los bordes donde se produce la extensión o colisión de la litosfera, que se corresponden con las zonas sísmicas del globo.

En cuanto concierne a nosotros, España está en la zona de colisión de las dos grandes placas africanas y euroasiática, que se extiende desde las Azores al Himalaya, pasando por Gibraltar, Norte de África, Sur de Italia, Grecia y Turquía. Actualmente la apertura del Mar del Norte lleva a una situación de compresión de nuestra Península contra el Norte de África y de ahí que la principal sismicidad de nuestra región se encuentre en el Sur de España y el Norte de Marruecos y Argelia.

SISMICIDAD DE LA PENINSULA

El conocimiento detallado de la historia sísmica de una región es fundamental, no sólo para conocer su evolución geológica y tectónica, sino para calcular el riesgo sísmico y poder preveer las catástrofes que producen los terremotos, haciendo construcciones sismo-resistentes de acuerdo con las máximas aceleraciones esperadas en cada región. También el difícil problema de la predicción de los sismos está íntimamente relacionado con el comportamiento sísmico de las zonas activas.

La Península Ibérica (fig. 6), presenta su principal actividad sísmica en el Sur y Sureste, es decir, por bajo de la conocida falla del río Guadalquivir. En la figura hemos dibujado los epicentros localizados desde 1910 a 1961, con círculos cuyo diámetro se corresponde con la magnitud. Aunque la localización de los epicentros para esta época no es muy precisa, se distinguen bien las zonas de máxima actividad. Un arco de elevada sismicidad sigue la línea Málaga-Granada-Vera. Después, siguiendo hacia el N-E, hay una zona sin apenas terremotos entre Vera y Cartagena. La segunda línea importante de gran actividad recorre el arco Murcia-Alicante-Valencia, disminuyendo notablemente la sismicidad a partir de Gandía hacia el Norte. Dos regiones de sismicidad secundaria, pero importante, son el Mar de Alborán y los Pirineos.

Parece, en principio, que toda la sismicidad Ibérica es una sismicidad superficial, es decir, los focos se encuentran en los primeros 50 kms., en la corteza o parte superior de la litosfera. Salvo dos terremotos notables (en 1954 y 1973) con hipocentro a 650 kms. de profundidad, debajo de la zona granadina, cuya explicación daremos más adelante, no se han podido constatar hasta ahora la existencia de sismos de profundidad intermedia.

Las líneas gruesas del mapa encierran la parte que llamaríamos estable de la Península Ibérica, formada sustancialmente por un basamento paleozoico, aunque a veces aparezca recubierto por una cobertura sedimentaria, terciaria o cuaternaria. Como se ve, en esta zona que comprende esencialmente la meseta de las dos Castillas, Portugal y el Norte de España, la sismicidad es muy escasa, en comparación con las zonas sísmicas mencionadas.

El siguiente mapa (fig. 7) recoge los sismos más recientes (de 1962 a 1975), localizados con mayor exactitud debido a que en este período

las estaciones sismológicas de la red española han funcionado con mejores y más modernos aparatos. Como se ve, las grandes líneas de la sismicidad antes descrita, se mantienen aquí también, desapareciendo casi totalmente la sismicidad en la Meseta al Norte de la falla del Guadalquivir.

Es de señalar que la sismicidad del Mar de Alborán en este período aparece casi tan densa como la de la zona andaluza, lo que tiene bastante importancia a la hora de enjuiciar la tectónica de esta región.

La explicación de esta sismicidad regional es muy compleja. A grandes rasgos, lo que recientemente pensamos sobre la evolución geológica de la región ibérica, es lo siguiente:

Durante el Paleoceno y el Eoceno existía entre Iberia y el Norte de Africa, una franja oceánica producto de una de las fases del Tetis, que se consumió a finales del Eoceno, al aproximarse ambos continentes por efectos del ensanchamiento del Atlántico Norte. Esta aproximación tuvo lugar con una gran componente Oeste-Este, pues el movimiento venía marcado por la falla Azores-Gibraltar. Esta parte oceánica probablemente se consumió bajo Iberia, cesando la subducción al colisionar la zona continental de la región de Gibraltar con el Norte de Africa.

A partir de esta colisión, la parte de la placa oceánica consumida se secciona y se hunde (la escasa actividad de este bloque sumergido pueden ser los dos sismos profundos mencionados), y el resto queda atrapado entre las quijadas del Sureste español y el Norte de Africa, entonces bastante abiertos aún, formándose así el primitivo Mar de Alborán.

Desde el Eoceno en adelante comienza el empuje Norte-Sur entre las placas Ibérica y Africana, que produce un mayor cierre del mar de Alborán y una mayor presión sobre los sedimentos, lo que origina consecuentemente el plegamiento bético-rifeño que adosa nuevos materiales a los escudos ibérico y africano.

Esta última situación dinámica descrita, es semejante a la que nos encontramos actualmente, si bien este empuje Norte-Sur que tiene como causa principal la apertura del mar del Norte, ha podido pasar por épocas de descompresión, como parecen atestiguar algunas observaciones geológicas.

Se ha visto que la sismicidad de nuestra área ramifica lateralmente (fig. 8), apartándose de la línea de colisión de las dos grandes

placas (Azores-Gibraltar-Mar de Alborán-Norte de Africa) y forman líneas de actividad importantes que se adentran en la Península y en Marruecos; por ello pensamos que este efecto de compresión entre Europa y Africa ha producido y está produciendo la reactivación de antiguas líneas de debilidad ya existentes en los bloques estables, causando así los mismos que aparecen en estas zonas secundarias.

SISMICIDAD DE LA ZONA ESTABLE DE LA PENINSULA

El motivo central de este trabajo es el estudio de la sismicidad, desde luego escasa, de lo que hemos llamado la parte estable de la Península Ibérica. Es decir, quedan excluidas las regiones activas del Sur y Sureste de la Península y la región Pirenaica. Tampoco incluimos la sismicidad de la región catalana, más vinculada a la zona activa pirenaica que a la del cratón estable. La plataforma hercínica comprende pues las dos Castillas, Extremadura, Portugal y todo el Norte y Este de España. En el mapa (fig. 9) aparece enmarcada entre las dos líneas gruesas esta región estable. Sustancialmente, está formada por la plataforma continental hercínica, comportada como un cratón rígido, no invadida por mares epicontinentales y poco o nada deformada. Únicamente los empujes han podido reactivar fracturas antiguas o producir alguna pequeña basculación de los bloques. No toda la parte estable aflora en forma visible. Como se ve en la figura, distinguimos estas zonas visibles (A) de las zonas en que el basamento hercínico aparece recubierto por sedimentos molásicos terciarios, apenas deformados (A'). Asimismo, distinguimos la zona semimóvil de la Cordillera Ibérica, instalada sobre la corteza hercínica donde los materiales, depósitos marinos mesozoicos, aparecen ligeramente deformados.

En la figura 10, se muestran todos los epicentros que hemos podido encontrar localizados dentro del área estable.

Ha sido necesario, para el estudio de la sismicidad, ampliar la búsqueda de sismos ubicados en ella a los tiempos anteriores a la época instrumental, que consideramos comenzó en 1910. Para esta búsqueda de sismos históricos en el área estable (de las zonas activas hay una información mucho más extensa), hemos recurrido fundamentalmente al catálogo de Galbis. D. José Galbis Rodríguez fue un Ingeniero Geógrafo que, en la década de los 30, realizó una ingente labor, que dicho sea de paso no he visto alabada como corresponde.

Revisó una enorme cantidad de documentos originales. En su Bibliografía se citan 165 textos históricos, más un sin número de trabajos sismológicos. De ellos extrajo una gran cantidad de datos sobre los terremotos ocurridos en la Península Ibérica desde los tiempos más remotos. El terremoto más antiguo citado por él, corresponde al año 1030 antes de Cristo, según una crónica de Florián de Ocampo, que constata los hechos con estas palabras: "Abrióse también la Tierra en España por muchas partes con grandes hendiduras y grietas que se hicieron en ellas, donde pereció multitud increíble de gente. Por causa de esto ni se caminaba ni los hombres podían librarse, ni salvar sus personas". Sin embargo, el primer gran sismo bien descrito con caída de edificios ,etc., le sitúan Florián de Ocampo y Moreira de Mendoza, en Andalucía, "Quinientos años cabales antes del advenimiento de nuestro Señor". También hemos manejado los catálogos de Navarro Newman, jesuita y eminente sismólogo de principios de siglo, y Sir Alexis Perrey, que dedicó un interesante trabajo a los sismos ibéricos ocurridos hasta 1850, aproximadamente.

Los datos correspondientes a nuestro siglo, obviamente forman parte de la biblioteca del Observatorio de Toledo, como material de trabajo habitual. En cuanto a las localizaciones de los sismos de este siglo, hemos usado las calculadas por Rey Pastor, D. José María Munuera, el Servicio Central de Sismología de Madrid y algunas hechas por nosotros en el Observatorio. Para la ubicación de los epicentros históricos, sin embargo, nos hemos basado en la descripción literal del terremoto, situado el epicentro en aquel punto donde mayores daños se describen. Aunque algunos epicentros históricos, debido a la minuciosa descripción de daños, pueden considerarse bien situados, es lógico que la localización de los terremotos históricos tengan a veces una gran imprecisión.

En el mapa de la sismicidad (de la fig. 10), los epicentros históricos aparecen con círculos blancos de dos tamaños, de acuerdo con su magnitud. Las flechas indican aquellos sismos que han afectado a la región estudiada, pero que estimamos que su epicentro se encuentra fuera de ella. El tamaño y la dirección de las flechas se refieren a su magnitud y procedencia aproximada. Los círculos rojos indican los sismos de la primera época instrumental (1910-61), y los negros de la última y más precisa localización, correspondiente a los últimos 15 años. La reproducción en negro dificulta la distinción de los distintos tipos de epicentros.

En estos 20 siglos se tiene constancia, pues, de un total de 318 terremotos en toda la región. Correspondiendo unos 161 sismos a Portugal, 33 a Castilla la Nueva, 20 a Castilla la Vieja, 39 a Galicia y 16 a Asturias y Vascongadas. La zona al E. de Castilla, en el Sistema Ibérico, presenta una sismicidad algo elevada, con un total de 28 epicentros conocidos.

Sin duda alguna, toda esta sismicidad, en una región geológicamente antigua y estable, ha de atribuirse a la reactivación de viejas fallas por el empuje reciente, y por reciente se entiende en sismología los últimos cinco millones de años, que actualmente condiciona la dinámica de compresión de los grandes bloques Africanos y Euroasiático.

Los geólogos que han estudiado la plataforma hercínica de la Península han apreciado un sistema de fallas geológicas con dirección SW-NE que parecen haber funcionado en diferentes épocas geológicas. También se aprecia otro sistema secundario de fallas, perpendicular al anterior. En el mapa de la figura se han dibujado las más notables de ambos sistemas. En nuestra opinión, la dirección de estas fallas formando ángulo de 45° con la dirección N-S, corresponde perfectamente con la dirección predominante de rotura que produce un empuje de compresión N-S, tal como predice la tectónica en la Península Ibérica y que hemos marcado con dos grandes flechas.

El que estas fallas geológicas, visibles unas y otras semiocultas por los sedimentos, estén o no relacionadas con la situación de los sismos en este siglo, es otro problema. Observando en el mapa las principales fallas y los epicentros de la época instrumental, más precisos que los históricos, no vemos una clara correlación entre estas fallas geológicas y las alineaciones de los epicentros. Sólo en algunas fallas de la zona portuguesa creemos adivinar una cierta correlación. Por ejemplo, en el sistema de pequeñas fallas entre Oporto y Pontevedra. O bien la falla que se extiende desde Coimbra a Verín, que parece alinear algunos epicentros. Lo mismo ocurre con la falla de Leiria a Guarda, siguiendo el valle norte de la Sierra de la Estrella y la de Lisboa-Santarem, que se adentra por el valle del Tajo.

Sin embargo, hay fallas enormes en el cratón hercínico, como la que va desde el Cabo de San Vicente a Avila, pasando por Badajoz y Plasencia que, aunque en la zona de Algarbe aparece atravesando una zona sísmica, no puede decirse que los sismos se alineen a lo

largo de ella, ni aún siquiera suponiendo un error grande, improbable, en la ubicación de los epicentros. Lo mismo ocurre con las fallas de Guarda a Braganza o la de Avilés-Bribiesca. Y al contrario, existen regiones con una sismicidad clara, aunque moderada, como la región Valencia o la zona de la fosa de Calatayud, que no muestran ninguna falla geológica notable.

Un estudio más detallado de las fallas geológicas y de la sismicidad se realizará en el futuro para determinar si los sismos tienen una clara relación con estas fracturas visibles del basamento hercínico, que a primera vista parece cuestionable.

En cualquier caso estimamos, como se ha dicho, que la causa de esta sismicidad no puede ser otra que la reactivación de zonas débiles de la corteza hercínica por efecto de la situación de compresión N-S en que se encuentra actualmente la Península Ibérica. Siendo la más afectada la zona portuguesa, especialmente del Algarbe por la proximidad a la zona fuertemente activa de la fractura Azores-Gibraltar. Por otra parte, la ligera actividad del área manchega debe estar sin duda influenciada por la inestabilidad del área prebética. La actividad galaica y del borde cantábrico, aunque obedeciendo al mismo esquema general, presenta una mayor dificultad de explicación, ya que la dinámica consecuente a la apertura del Golfo de Vizcaya, ocurrida a mediados del Cretácico, es actualmente una dinámica extinguida; por ello pensamos que estos sismos están vinculados estrechamente con la actividad del borde atlántico de la Península Ibérica.

SISMOS SENTIDOS EN TOLEDO

Aunque de hecho en el mapa anterior aparecen algunos sismos históricos con epicentros en lugares próximos a Toledo, poca fe tenemos en que esto haya ocurrido. Prueba de ello es que en la época instrumental, es decir, en el siglo XX, no se ha registrado ningún sismo cercano a Toledo. Los terremotos más próximos a Toledo realmente comprobados, son el de Pastrana (1944) en Guadalupe, el de Villaconejos (1954) en Madrid, el de 1957 en Pedro Muñoz (Cuenca) y uno cercano a Lillo (de Toledo) en el año 1969. Todos ellos muy débiles y sólo registrados instrumentalmente.

Sin embargo, históricamente hay constancia de que los habitantes de Toledo y su provincia han sentido terremotos y a veces fuerte-

mente, aunque los epicentros de estos sismos pudieran estar muy alejados de Toledo. Todos recordamos el sismo del 28 de Febrero de 1969, que se sintió notablemente en Toledo y sin embargo, el foco sísmico estuvo en el Atlántico, al SW. del Cabo San Vicente: nada menos que a 720 kms. de Toledo capital.

Las reseñas más antiguas de sismos sentidos en Toledo son del siglo XII. Perrey transcribe, de la Historia de España, de Jean Ferreras, un terremoto diciendo: "Ocurrió en Toledo un temblor de Tierra". Esta cita la hemos visto también en los Anales Toledanos de la España Sagrada, de Enrique Florez, donde se dice: "Fue terremotus martes dos días andados de Abril hora completa. Era 1151". Es decir, año 1113. También Perrey y los mismos Anales citan otro terremoto en 1169, con estas palabras: "Estremeciósse Toledo en XVIII días de Febrero. Era 120". Más tarde, en 1221, Navarro Newman, citando a Pereira de Sousa (Historia Universal dos Terremotos), describe que hubo "en Toledo y otras ciudades y villas de España un terremoto que causó muchos estragos". También en los Anales Toledanos aparece citado este terremoto diciendo: "Fue terremotus en Toledo en los días de Decembre, e otro día a la noche fizo gran diluvio toda la noche, e cayeron muchas casas, e en el mapa de la fig. 11, los hemos dibujados junto a Toledo capital. Era 1259".

En ninguno de los tres casos creemos que estos sismos fueran próximos a Toledo; pero como no aparece constancia de haber sido sentidos simultáneamente en otros lugares de las zonas activas, en el mapa de la fig. 11, los hemos dibujado junto a Toledo capital.

No he encontrado muchos documentos en los que se cite Toledo ciudad o los pueblos de su provincia como perjudicados por los efectos de los terremotos. Apenas unos 9 ó 10 en toda la historia de la sismología. Sin embargo, es posible que haya cartas o documentos privados toledanos o quizá alguna crónica histórica en que pudiera encontrarse algo, pero se comprende la dificultad de su localización. Y es lógico que no haya amplias reseñas, pues los terremotos en Toledo nunca han producido grandes daños, dada su lejanía de las zonas epicentrales, y los sismos que pueden haberse sentido en Toledo han afectado en general a casi toda España, haciendo grandes daños en las ciudades próximas al epicentro, que es donde suelen encontrarse las mejores crónicas descriptivas. Algunas de estas crónicas son muy pintorescas y ofrecen un anecdo-

tario curioso que sería interesante recopilar y algún día tal vez lo haremos. Para algunos sismos, el hecho de ser citados depende de la categoría de las personas que lo percibieron, como un pequeño terremoto del año 1431, en la región asísmica de Ciudad Real. Alvar García de Santa María relata en su crónica que "Estaba el Rey Juan II en su Alcázar de Ciudad Real en martes 24 del mes de Abril, cuando a la hora de vísperas, hubo un terremoto en que cayeron algunas almenas y muchas tejas y abrióse una pared del Monasterio de San Francisco de esa ciudad y cayeron dos piedras de la bóveda de la capilla de la Iglesia de San Pedro. El rey estaba durmiendo y como sintió el terremoto, salió a muy gran prisa al patio del Alcázar y de allí al campo".

Otro que atribuyen también a la Mancha en 1580 los libros parroquiales de Cornella, le describen graciosamente diciendo que "Hubo un muy grande terremoto a tantos de Abril, pero no duró más que un paternoster y aun no tanto".

También hay constancia escrita de Moreira de Mendoza de haber sentido en Mora y Orgaz, en Agosto y Octubre de 1755, unos temblores de tierra acompañados de ruido subterráneo. Nosotros creemos que no fueron de allí. Probablemente fueron premonitorios del sismo gigante de Lisboa de Noviembre del mismo año, que fue uno de los más grandes de la historia de la Humanidad. O tal vez un error de fechas.

También hay abundantes datos de cuatro o cinco sismos, ya en los días de nuestra generación, que probablemente sintieron en Toledo algunos de los aquí presentes. Fueron en los años 1909, 1917, 1951, 1964 y 1969. De todos ellos hay extensas reseñas en los diarios de Toledo de esas fechas. Con relación al más antiguo de ellos, el *Heraldo Toledano* del 27 de Abril de 1909 decía pintorescamente, entre otras cosas, por boca de su corresponsal en Turleque: "Un temblor de Tierra se sintió en la villa alarmando al vecindario que notó que por breves momentos se mitigaba débilmente la luz del Sol y que cuantos objetos estaban al alcance de la vista se movían y trataban de caerse". Y más adelante, concreta literalmente: "que el médico de la localidad D. Julián Díaz, que se hallaba escribiendo, dióse inmediatamente cuenta de lo que aquello significaba y precipitadamente salió a la calle, dejando que la mesa continuase su baile macabro. Y lo mismo ocurrió al Secretario del Ayuntamiento, don Alfonso Villegas".

Dejando a un lado este sustancioso anecdotario diremos que, aparte de estos pocos sismos directamente relacionados con Toledo a través de las crónicas, hay otros muchos que con seguridad han sido sentidos en Toledo, aunque no tengamos constancia escrita de ello. Tales son, por ejemplo, los sismos sentidos en toda España o los sentidos en Madrid, pues Toledo está más cerca que Madrid de las zonas sísmicas de la parte Sur de la Península. Así pues, del estudio detallado de cada uno de los sismos manejados, hemos seleccionado aquellos cuyos efectos han debido sentirse sin duda en Toledo.

En el mapa de la figura hemos dibujado unos círculos epicentrales, acompañados de unas flechas negras, que representan terremotos de epicentro conocido, que han sido sentidos en Toledo con seguridad, aunque en algunos no haya constancia escrita del hecho; es decir, sismos del Sur sentidos en Madrid o sismos sentidos en todo el Centro de España. Las flechas que aparecen sin círculo es porque la ubicación del epicentro no se ha podido fijar con exactitud. Tal ocurre con los terremotos históricos, que casi siempre fueron muy fuertes, de la Falla Azores-Gibraltar. Las flechas blancas indican que posiblemente se han sentido en Toledo, dada la magnitud del sismo; pero no es seguro, puesto que no hay constancia de haberse sentido en Madrid o en otros lugares próximos a nuestra ciudad. Junto con cada flecha aparece el año del terremoto. En total hemos reunido 29 sismos seguramente sentidos en Toledo y 24 muy probablemente sentidos.

Antes de comenzar con la valoración del grado con que estos sismos se han percibido en Toledo, considero interesante el mencionar siquiera brevemente los grandes terremotos históricos de nuestra Península, todos ellos sentidos en Toledo. No han sido muchos, cuatro o cinco, aquellos sismos que han producido grandes estragos y que éstos se conozcan con suficientes datos históricos. No olvidemos por otra parte que no debe confundirse la intensidad de un sismo, que se valora por los daños producidos, con su magnitud que está relacionada con la energía que libera en la sacudida. Así pues, un sismo de enorme magnitud puede tener poca intensidad, como ocurre, por ejemplo, si el sismo ha sido en un área despoblada o en el océano y viceversa.

Por orden cronológico, los principales sismos en la Península han sido: El de Carmona del 5 de Abril de 1504. El Bachiller Andrés

Bernaldez, en su "Historia de los Reyes Católicos", describe el terremoto diciendo que "en la villa de Carmona se sintió más que en toda España, y fue tan terrible y espantoso que parecía que todos los edificios andaban en goznes y la tierra no tenía asiento: y cayeron tantos edificios de las fortalezas, de las iglesias e de las casas que de aquí a cien años no se restaurarán ni harán, y cosas quedarán en testimonio de ello, mientras la villa durare..." y, más adelante, "...e en algunos lugares de cerca de Guadalquivir, desde Alcalá del Río arriba, fue de la manera de Carmona, ansi como en Cantillana, Tozina y Palma, fue en toda Castilla y en Medina del Campo por donde estaban el Rey y la Reina, también fue gran espanto..."

El otro terremoto gigante fue el megasismo de Lisboa del uno de Noviembre de 1756, que se calcula produjo unas 60.000 víctimas y destruyó Lisboa, a pesar de tener su epicentro probablemente en la Fallas Azores-Gibraltar. Fue percibido hasta en Centro-Europa.

También el llamado terremoto de Andalucía se considera un terremoto español fuera de serie. Ocurrió el siglo pasado, el día de Navidad del año 1884, y produjo el hundimiento total o parcial de 17.000 edificios en las provincias de Granada y Málaga.

Muy fuerte fueron también el terremoto de Portugal del año 1531 que destruyó 1.500 casas en Lisboa y algunos le consideran mayor que el de 1755; el terremoto de Torrevieja de 1829, que produjo un millar de muertos y 10.000 casas y pueblos próximos arruinados en diferentes villas; y el de Setúbal, en Portugal, en 1858, en el que la ciudad y los pueblos próximos quedaron prácticamente arrasados. Todos estos sismos se sintieron en Toledo con mayor o menor intensidad.

INTENSIDAD DE LOS SISMOS SENTIDOS EN TOLEDO

Para valorar el grado de intensidad, con que se han sentido en Toledo los 53 sismos del mapa anterior, hemos querido ver primero si la separación de las isosistas, o líneas que separan las zonas de igual intensidad, es función de la Geología de la región que rodea el epicentro o más bien depende del tamaño del terremoto. Para ello hemos reunido 74 sismos en general de este siglo, de los que se conoce la situación de su epicentro y el trazado de las líneas isosistas. La recta que une en el mapa Toledo con el epicentro va cortando las líneas isosistas en orden decreciente de intensidad, a diferentes

distancias de Toledo (fig. 12). Para cada sismo se ha hecho la gráfica Distancia-Intensidad correspondiente a estos puntos de corte. En general, esta gráfica suele ser una recta, como el ejemplo de la izquierda de la figura, aunque en algunos casos aparece más bien parabólica (parte derecha de la figura). Como puede también verse en la parte inferior de la figura, el desajuste respecto de una recta, aumenta con la intensidad epicentral o máxima del terremoto. Es decir, los sismos pequeños dan una recta casi perfecta, pero los grandes no.

Si ajustamos en principio una recta a estos puntos, lo que se ha hecho por el procedimiento matemático de mínimos cuadrados, la pendiente de esta recta representará el valor medio de la separación de cada dos curvas isosistas, expresado en kilómetros. Por tanto, si la energía se amortigua en seguida al aumentar la distancia al foco, la pendiente p será pequeña, y si el efecto del sismo llega muy lejos, la pendiente será mayor.

Si la amortiguación de la energía fuera igual en todas las regiones el valor de p sería constante. Como Toledo está en el centro de España, cada región sísmica se encuentra en un acimut distinto respecto de Toledo. En la gráfica de p con el acimut del epicentro (fig. 13), vemos que el valor medio de p varía de región a región, aunque no de una forma excesivamente significativa. No obstante podemos decir que en la región Murciana se amortiguan antes los efectos de los sismos que en ninguna otra región; seguida de la Andalucía.

Sin embargo, la intensidad máxima del sismo puede tener mayor influencia sobre el valor de p , que este efecto regional. Efectivamente, la gráfica de p con la intensidad máxima (fig. 14), en la que los triángulos representan valores medios de cada grado, muestra claramente que el valor de p es función de la intensidad en el epicentro. Se ve que p es sensiblemente el mismo para intensidades máximas entre 4 y 7. Lo mismo ocurre para los valores de I max. de 8 a 11. Siendo muy notable la diferencia entre ambos grupos. Es decir, los sismos de intensidad en el epicentro inferior a 7, presentan un espacio medio de las líneas isosistas de unos 10 kms., mientras que en los sismos de intensidad superior a 8 las isosistas se encuentran unas de otras a unos 50 kms. Este resultado puede influenciar el anterior sobre los valores regionales de p , ya que por ejemplo existen valores

altos en la región portuguesa que pueden ser debidos a que en esta región los sismos suelen ser mayores que en la marcialiana.

Naturalmente, los terremotos que pueden haberse sentido en Toledo son aquellos que tienen intensidades epicentrales superiores a 8, dada la lejanía de Toledo de las zonas sísmicas. Por eso habría que adoptar en principio la p de estos sismos, es decir, $p = 50$, para calcular el grado de intensidad con que se percibieron en Toledo. Sin embargo, como se ha visto, los sismos de mayor intensidad tienen una relación Distancia-Intensidad que no se adapta bien a una recta. Para mejorar este ajuste, hemos adaptado una parábola a varios de estos sismos, suponiendo que la forma de la parábola es la misma para todos (fig. 15). En el ajuste por mínimos cuadrados, se han hecho mínimos los incrementos de intensidad respecto de la curva media. Hemos comprobado que la forma de esta parábola es esencialmente la misma que la exponencial de las fórmulas usualmente utilizadas para obtener el radio de las isosistas en función de la intensidad en el epicentro y la profundidad del foco.

Conocida de este modo la curva media que define la radiación de las isosistas de los sismos grandes, puede utilizarse esta curva para determinar la intensidad en Toledo de cualquier sismo del que se conozca la intensidad que se ha producido en un punto; dato éste fácil de obtener de los sismos históricos, que siempre describen los daños ocurridos en alguna villa o ciudad. Haciendo pasar la parábola media obtenida por este punto, dado por su intensidad y distancia a Toledo, el corte de dicha parábola con la abscisa de intensidades, dará la intensidad a la distancia cero, es decir, la intensidad en Toledo.

De este modo se han calculado las intensidades en Toledo de aquellos sismos para los que no se tenían isosistas específicas, sino una descripción de daños en algún punto de la Península. En total hemos reunido 36 sismos para los que hemos podido calcular la intensidad con que se sintieron en Toledo. La fig. 16 muestra estos valores en relación con la fecha en que ocurrieron estos sismos. Como se ve, los mayores valores de intensidad corresponden entre 6 y 7 de la escala de Mercalli-modificada. Los tres valores más altos corresponden a los sismos antes citados de Carmona, Portugal y Lisboa. La intensidad 6-7 que corresponde a estos sismos grandes sentidos en Toledo viene descrita en la escala de Mercalli, por el

hecho de que "lo sienten la mayoría de las personas dentro y fuera de las casas y salen muchos atemorizados a las calles. Los libros caen de los estantes, puede romperse gran parte de la vajilla, objetos inestables se vuelcan, algunos muebles pesados se mueven, suenan las campanas de las torres... Se producen daños moderados en las construcciones ordinarias, caídas de revoco, grietas, etc. Algunas construcciones rurales pueden caerse y algunos edificios sólidos agrietarse... etc.". Una intensidad de este orden supone que bastantes estructuras calificadas de tipo B en las Normas Sismorresistentes vigentes, es decir, estructuras hechas de fábrica o con sillares de piedra como la Catedral de Toledo, pueden sufrir daños moderados como fisuras en los muros, desprendimiento de los revestimientos, caída de las tejas, etc... Y muchas otras estructuras más débiles (tipo A) hechas de tapiales y mampostería en seco, pueden sufrir daños grandes, grietas profundas e incluso destrucción parcial en algún caso desfavorable.

La solidez de los grandes edificios históricos de Toledo, en su gran mayoría de tipo B, hechos de sillería de piedra o con muros de buena fábrica de ladrillos, necesitarían para ser dañados notoriamente, al menos una intensidad de grado entre VIII y IX, que como se ve en la figura, al menos en la época histórica estudiada, no ha ocurrido nunca.

Sin embargo, hemos de hacer notar que el grado V de intensidad máxima con que se califica la ciudad de Toledo en las actuales normas para construcciones sismorresistentes, está por debajo del valor obtenido en este estudio de la sismicidad "sentida" en Toledo. Lo que nos hace insistir en que la sismicidad de una región no sólo es función de los sismos ubicados en dicha región, sino de los efectos que sobre dicha zona puedan tener los terremotos de otras regiones. Esto se advierte claramente en nuestro caso, ya que la sismicidad de Toledo es prácticamente inexistente, y sin embargo, se han dejado sentir fuertemente los sismos de otras regiones, alejadas incluso más de 500 kms.

También en Toledo el hecho de estar cimentados casi todos los edificios en roca viva, protege a los mismos de los efectos de las aceleraciones del suelo que producen los terremotos. Al contrario, el asentamiento de los edificios en terrenos de aluvión amplifica muy notablemente los efectos de las oscilaciones sísmicas, ya que entonces

la capa sedimentaria actúa como elemento resonante de las ondas, dependiente del período de las mismas. Por otra parte se ha demostrado científicamente que el período de los acelerogramas aumenta casi linealmente con la distancia al epicentro. Es decir, que al estar Toledo lejos del epicentro de estos sismos, los períodos dominantes de las ondas aquí serían superiores a un segundo. Por tanto, los edificios que pudieran resultar más dañados son aquellos cuyo período propio pudiera entrar en resonancia con el de las ondas. Como el período de un edificio es función principalmente de su altura, un edificio como la Casa del Greco tendría un período propio aproximadamente de 0.2 segundos, mientras que a la Catedral le hemos calculado un período propio de oscilación de 1.10 segundos. Es decir, estos sismos lejanos podrían dañar más a la Catedral que a los edificios de una o dos plantas. Sin embargo, no creemos que la Catedral, dada su enorme solidez, pueda haber sido afectada por estos sismos lejanos en forma considerable, pues en los mayores de ellos la aceleración no pasó de unos 60 cm/seg^2 que corresponde a un desplazamiento aproximado del suelo de unos 4 ó 5 mm.

Finalmente, y para terminar este apretado repaso a la sismicidad de la meseta castellana y en particular a la de nuestra área toledana, hemos querido ver cómo se ha liberado la energía sísmica en la región Ibérica, durante este período histórico de 1800 años, lo que puede darnos una idea sobre la predicción de estos sismos fuertes en nuestra región, es decir, de sismos del tipo de los sentidos en Toledo. Para ello hemos calculado la magnitud de los sismos históricos grandes, sentidos o no en Toledo, a partir de la intensidad máxima en el epicentro. En total unos 50 (Tabla I). Esta intensidad máxima se ha calculado en algunos casos a partir de las isosistas, es decir, de la descripción de los daños, y en otros casos, en función de la distancia epicentral y la curva de variación del radio de las isosistas antes obtenida. Para los más recientes, la magnitud se ha obtenido de los sismogramas.

Con estos valores de magnitud se ha calculado la energía de cada sismo a partir de la fórmula $\text{Lg. } E = 12.24 + 1.44 M$, poniéndose en una gráfica como es habitual, la energía acumulada con el tiempo. Para ello, se ha promediado el logaritmo de la energía liberada cada cinco años, desde el año 1300 hasta el presente. En esta gráfica de energía acumulada sólo cuentan en general los grandes sismos, ya que un sismo de magnitud 8, por ejemplo, tiene casi 20 veces más

energía que un sismo de magnitud 7 y unas 700 veces la de un sismo de magnitud 6.

Si consideramos la energía liberada históricamente, no sólo en la Península y su contorno próximo, sino en la falla Gibraltar-Azores hasta los 25° de longitud W, la energía acumulada (fig. 17 a) se ha liberado principalmente en el sismo de Carmona, el gran sismo de Lisboa de magnitud 8.8 y en el del año 1941 en la falla de Azores-Gibraltar de magnitud 8.3. Pero no hay ninguna ley clara, que relacione la energía liberada antes del sismo de Lisboa con la liberada después.

Sin embargo, si prescindimos de los sismos ocurridos en la falla Azores-Gibraltar al Oeste del meridiano 15° W, (fig. 17 b) la energía liberada antes y después del sismo de Lisboa aparece relacionada casi linealmente, siempre que supongamos que el sismo de Lisboa sólo tuvo una magnitud igual a 8.2. Esta gráfica indica que si actualmente hubiese un terremoto que liberase toda la energía acumulada en la Península Ibérica o en su contorno, tendría una magnitud del orden de 7.8 (línea de trazos de la figura). De este orden de magnitud ha sido un sismo que tuvo lugar el año pasado, pero ocurrió en la falla Azores-Gibraltar y bastante alejado de nuestras costas. Por ello nos cabe la duda de si la energía que se libera en la falla Azores-Gibraltar descarga la tensión tectónica del área ibérica o ambas son regiones sísmicamente independientes.

De todos modos, en ambas gráficas se manifiesta un hecho importante y es que los sismos digamos gigantes surgen siempre después de un período largo de relativa calma sísmica. Así, el sismo de Carmona de 1504 y el de Lisboa de 1531, liberan conjuntamente la energía acumulada en los 150 años pasivos en los que apenas hubo sismos fuertes. El megasismo de Lisboa de 1755 liberó en un sólo sismo la energía acumulada en más de 200 años de calma. Sin embargo, con posterioridad a este sismo de Lisboa, la energía se ha ido liberando en nuestra región con sismos algo menores, magnitud próxima a 7.7, y espaciados en períodos de unos 30 a 40 años. Lo que hasta cierto punto representa una protectora válvula de seguridad para evitar sismos muy mayores.

Y termino aquí no sin antes pedir perdón por este largo recorrido sísmológico, que me temo haya sido demasiado árido para muchos

de mis amigos presentes, que pacientemente han soportado la exposición realizada acerca de las características "sísmicas" de una región tan poco sísmica como la toledana.

He dicho.
GONZALO PAYO SUBIZA
Numerario

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a D. Julio Porres y a D. Rafael Sancho, su interés por seguir la marcha del trabajo y en especial al catedrático D. Máximo Martín Aguado, que realizó el discurso de contestación.

También agradezco a mi hija Marta, su minucioso trabajo de pasar a fichas y revisar todos los sismos históricos, e igualmente estoy en deuda con mis habituales colaboradores del Observatorio que, cuando les he necesitado, han respondido con su interés y eficacia acostumbrados.

TABLA I
SISMOS IMPORTANTES DE LA REGION IBERICA

FECHA	LUGAR	I. Máx.	M.
21 julio 365	Alborán	X	7,5
585	Pirineos	IX	7,1
881	SW. de Portugal	X	7,5
949	Rio Valderaduey (León)	X	7,3
23 agosto 1356	SW. de Portugal	X	7,6
2 febrero 1374	Ribagorza (Cataluña)	X	7,3
18 septiembre (?) 1395	Valencia (Levante)	IX	7,0
15 diciembre 1396	Valencia	VIII	6,3
15 mayo 1427	Olot (Cataluña)	X	7,4
2 febrero 1428	Olot (Cataluña)	X	7,4
24 abril (?) 1431	Ciudad Real (?)	VIII	6,0
1466	Carmona (Sevilla)	VIII	6,3
5 abril 1504	Carmona (Sevilla)	XI	8,1
3 enero 1531	Lisboa	X	7,7
19 abril 1550	Almeria	IX	7,0
28 enero 1551	Lisboa	IX	6,7
28 octubre 1654	Alayor (Menorca)	IX	7,0
julio 1678	Pirineos	IX	7,0
9 octubre 1680	Málaga	X	7,2
27 diciembre 1722	Tavira (Portugal)	X	7,5
23 marzo y 2 abril 1748	Játiva (Valencia)	IX	6,8
1 noviembre 1755	Lisboa (cabo San Vicente)	XI	8,3
4 noviembre 1755	El Escorial (?) (Madrid)	VIII	6,0
31 marzo 1761	SW. de Portugal	VIII	6,5
12 abril 1773	SW. de Portugal	IX	7,0
13 a 15 enero 1804	Motril	X	7,3
16 febrero 1804	Motril	VIII	6,0
22 a 28 agosto 1804	Almería	IX	7,0
18 marzo 1817	Arnedo (Rioja)	VIII	6,3
29 julio 1822	Granada	VII	5,7
21 marzo 1829	Torrevieja (Alicante)	X	7,5
11 octubre 1858	Setúbal (SW. de Portugal)	X	7,6
25 diciembre 1884	Andalucía	X	7,5
9 agosto 1903	Setúbal (EW. de Portugal)	IX	7,0
13 julio 1904	Pirineos	VIII	6,3
23 abril 1909	Benavente (Portugal)	X	7,5
16 junio 1910	Adra (Almería)	VIII	6,3
10 julio 1923	Canal de Berdún (Huesca)	VIII	6,0
18 febrero 1929	Arnedo (Rioja)	VII	5,6
5 julio 1930	Montilla (Andalucía)	VIII	6,3
20 mayo 1931	SW. de Portugal	IX	7,0
5 marzo 1940	Olvera (Cádiz)	VII	5,7
25 noviembre 1941	SW. de Portugal	VIII	6,7
27 diciembre 1941	SW. de Portugal	VII	6,2
10 marzo 1951	Bailén (Jaén)	VIII	6,5
19 mayo 1951	Martos-Alcaudete (Jaén)	VII	5,8
15 marzo 1964	SW. de Portugal	VIII	6,3
28 febrero 1969	SW. de Portugal	IX	7,3
26 mayo 1975	SW. de Portugal	X	7,8

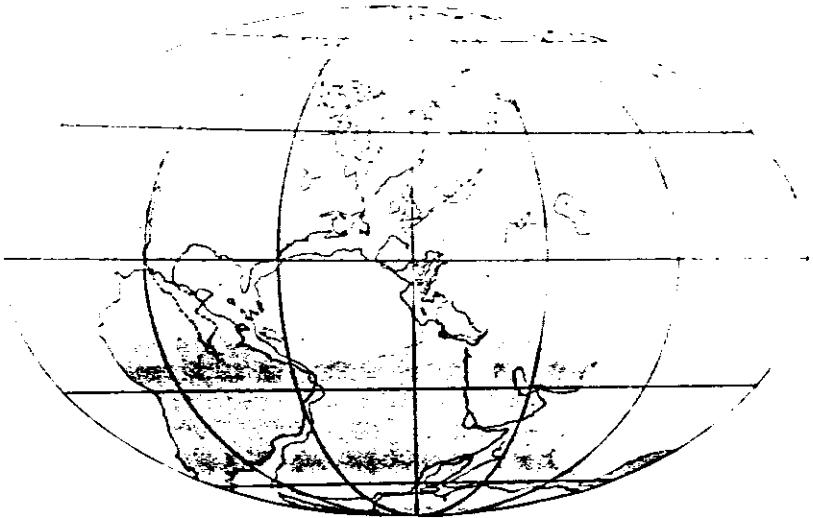


Fig. 1



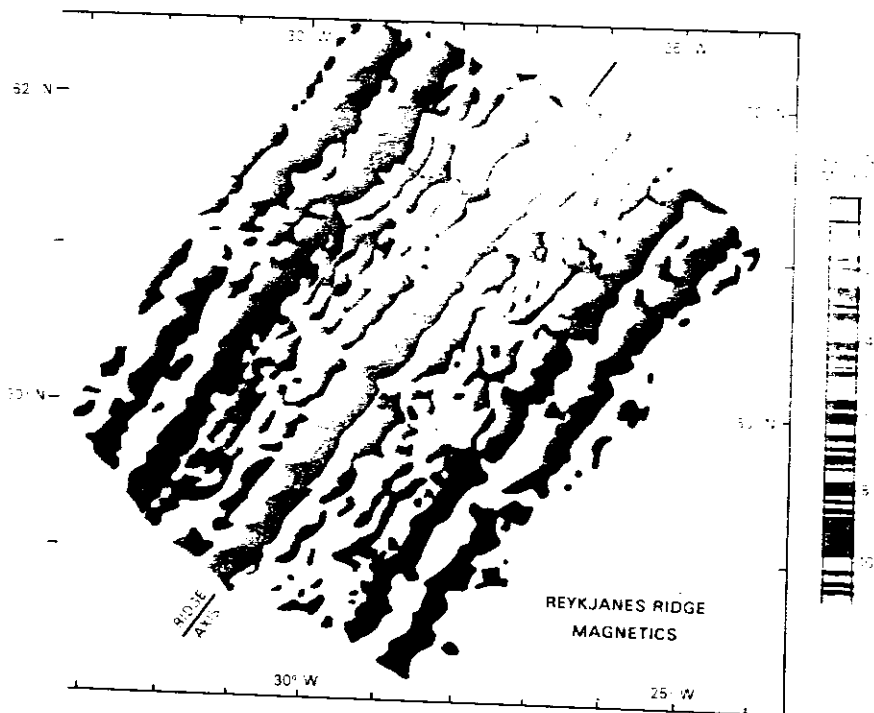


Fig. 2.—Diagrama resumen de las anomalías magnéticas observadas en la cresta de Reykjanes, al sur de Islandia (Heirtzler, Le Pichon and Baron, 1966).



Fig. 3

DISCURSO DE CONTESTACION

Excelentísimos e Ilustrísimos Señores,
Señoras, Señores:

Acabáis de escuchar una disertación singular: la referente al trabajo sobre la sismicidad en Toledo y en el área estable de nuestra Península, con el que Gonzalo Payo Subiza inicia su andadura en esta Academia. Un trabajo en el que, arrancando de cero, se alcanza una altísima cota y se llega a conclusiones que a la vista del simple enunciado no hubieran podido sospecharse. Y esto es así porque, como habréis notado ya, y como vamos a volver a ver en seguida, Gonzalo Payo es bastante más que un ingeniero a secas. Por eso está hoy con nosotros.

Partiendo, como ya es inevitable, de la reciente teoría de la Tectónica de Placas, empieza por señalar las zonas de principal actividad sísmica de la Península y da su opinión sobre el origen de los terremotos en ellas.

Entre dichas zonas no figura, afortunadamente, Toledo. Aquí nos contentamos con ser espectadores, y además espectadores de excepción, gracias a nuestro bien dotado y mejor atendido Observatorio Central, de lo que sucede en esas áreas atormentadas de la Tierra sobre las que vive, aproximadamente, el 10 % de la Humanidad.

Pasa después al objeto principal de su trabajo y, buceando históricamente en el pasado, logra reseñar, por lo menos, 318 terremotos en la Meseta durante los últimos 20 siglos.

A continuación aborda el problema de los seismos que, tengan donde quiera su epicentro deben haberse percibido en Toledo. En total, 29 seguros y 24 probables. Aquí, después del correspondiente rastreo histórico, intenta valorar la intensidad con que deben haberse sentido. Para ello idea el correspondiente aparato matemático que, aplicado a los efectos más o menos conocidos de cualquier terremoto en cualquier lugar y época, le permite deducir la intensi-

dad con que debió percibirse en Toledo y su efecto sobre las construcciones.

La conclusión es que, hasta la fecha, ningún seísmo se ha sentido aquí con la intensidad suficiente para dañar los grandes edificios históricos, por otra parte cimentados, en general, sobre las viejísimas migmatitas precámbricas que constituyen la roca viva del peñón. También, que el grado V de intensidad máxima con que se califica a la ciudad de Toledo en las actuales normas para construcciones sismorresistentes, está por debajo del valor deducido en este estudio sobre la sismicidad "sentida" en nuestra ciudad. El mayor riesgo le corren, como es natural, Santiago del Arrabal, Bisagra, Galiana, La Antequeruela, Las Covachuelas y todo el nuevo Toledo, incluido el Polígono Industrial, por estar asentados en su totalidad sobre terrenos más modernos, terciarios y cuaternarios.

Finalmente deduce cómo se ha ido liberando la energía sísmica en la Península Ibérica durante los últimos 1.800 años, lo que puede darnos una idea sobre la predicción de los seísmos más fuertes que pueden sentirse en Toledo.

El resultado es que si actualmente hubiese un terremoto que liberase toda la energía acumulada en la Península y su entorno, sería de magnitud 7.8, la misma que tenía el último percibido en esta ciudad.

Otra conclusión es que los seísmos gigantes se producen siempre después de un largo período de relativa calma. Con la particularidad de que en los últimos tiempos esos períodos de calma han sido cada vez menores, lo que viene a ser como una protectora válvula de seguridad que evita riesgos mucho mayores.

Tal mi glosa y resumen sobre un trabajo que contiene todo lo que puede saberse hasta la fecha sobre el tema elegido. Para el futuro es posible que el propio Sr. Payo sea capaz de predecir dónde y cuándo se ha de producir el próximo terremoto que ha de sentirse en Toledo y cuáles serán su magnitud y su intensidad.

No quiero acabar, sin embargo, esta referencia, sin tratar de despejar una incógnita que surge para mí del estudio de Gonzalo Payo. Es ésta: ¿desde cuándo el área de Toledo es una zona prácticamente asísmica?

Mi opinión sobre este asunto es que durante toda la Era Terciaria o por lo menos a partir del Mioceno inferior, en que la fase Estírica de la orogénesis Alpina abomba y fractura el zócalo herciniano de

nuestra Península y se forma la fosa del Tajo medio, en cuyo borde meridional vivimos. toda esta zona tuvo que ser vigorosamente sísmica. Con más razón el área de lo que hoy es Toledo, enclavada en la geoclasea que delimita por el Sur dicha fosa, y que es tan patente, por ejemplo, en el precipicio de El Miradero o en los cerros de San Bernardo situados junto al río. Esa falla es la que sigue aproximadamente, el Tajo, en su recorrido por nuestro territorio.

Bien, pero ¿hasta cuándo duró esa supuesta sismicidad? Estudiando, hace ya unos 15 años, el torno del Tajo en Toledo, yo he supuesto que el citado meandro encajado no es epigénico, como se viene aceptando sin mayor reflexión desde los tiempos de Dantín Cereceda, sino tectónico. Sólo así el río pudo quedar enganchado en el peñón toledano, sin haber pasado antes nunca por delante de él.

Esto debió suceder, supongo, como una manifestación póstuma de las fases Rodánica o Valáquica de la orogénesis Alpina, hace, por lo menos, un millón de años. Si tal cosa es cierta, esa puede ser la fecha desde la cual el área de Toledo es casi asísmica.

* * *

Pero dejemos ya estas disquisiciones científicas referentes al trabajo y a sus implicaciones, y vayamos al hombre.

Gonzalo Payo Subiza es el tercero de una breve dinastía intelectual surgida de la entraña misma del campo toledano.

El primero en elevarse sobre el medio rural fue su abuelo paterno. Hijo de labradores, nació en Pulgar (Toledo) y fue abogado, aunque no ejerció como tal, y topógrafo del Instituto Geográfico, profesión de la que vivió. Era un hombre de una vastísima cultura y de una inteligencia excepcional.

Su hijo único, el padre de Gonzalo, fue, como éste, ingeniero geógrafo. Nació en Madrid y dedicó su vida a los trabajos topográficos del mapa de España. Tuvo un *hobby* tan fuerte como su carrera. Fueron los estudios históricos y la literatura. De ahí le viene a Gonzalo Payo su gran afición a las letras, al estar influido por el ambiente humanístico familiar.

En cuanto a su abuelo materno, que fue general de Infantería, el actual Payo no llegó a conocerle, pero se dice que heredó de él algo de su carácter enérgico y decidido.

Gonzalo Payo nace en Pulgar el 10 de enero de 1931.

Gran parte de su niñez la pasa en una finca cercana a "El Cas-

tañar", situada a unos 2 kms. del pueblo: "La Viña", a la que su abuelo paterno se había retirado al jubilarse.

Allí, y a su lado, hizo toda la enseñanza primaria, sin asistir a ningún colegio hasta los 11 años, en que inició el Bachiller.

Realizó estos estudios en los Maristas de Toledo, obteniendo matrícula de honor en todas las asignaturas de los 7 cursos.

En 1949, terminado el Bachillerato, quiso estudiar Medicina, pero surgieron unas oposiciones al Cuerpo de Topógrafos del Estado, al que habían pertenecido tanto su abuelo paterno como su padre, y las hizo. Obtuvo plaza en reñidísima competencia, pues había 12 vacantes para 150 aspirantes.

Ya dentro de una rama de ciencias pensó seriamente continuar este camino. Destinado al Observatorio de Toledo como Ayudante de Geofísica, en el que su padre era Ingeniero, hizo como alumno libre la carrera de Matemáticas, yendo a examinarse a Zaragoza durante el mes de permiso que tenía como funcionario.

Su expediente fue también espléndido, lo que permitió ganar el concurso-oposición al Cuerpo de Ingenieros Geógrafos del Instituto Geográfico, en el que se exigía un alto promedio de calificaciones en las asignaturas de la carrera. Ingresó, pues, en este cuerpo en 1962, siendo destinado como encargado de la sección de sismología al Observatorio de Toledo.

En 1964 obtuvo el título de Doctor Ingeniero con la presentación de una tesis doctoral sobre los "terremotos" producidos por las grandes explosiones nucleares de Nueva Zembla. Y ese mismo año fue designado Director del Observatorio Central de Toledo, cargo en el que continúa en la actualidad.

Sus investigaciones se refieren, esencialmente, a los terrenos, base fundamental para el conocimiento de la física del interior de la Tierra. En España, en general, tales estudios han sido un campo virgen, por lo que su formación es sustancialmente autodidacta, con los inconvenientes (y las ventajas, que de todo hay), que este tipo de formación comporta. No obstante, trabajó temporalmente en el Instituto Sismológico de Upsala (Suecia) con el gran sismólogo Markus Bath, y han sido muy frecuentes sus contactos con colegas de todo el Mundo en simposios y congresos.

La mayoría de sus trabajos se refieren al uso de las ondas superficiales de los sismos para estudiar la constitución de las capas de la corteza terrestre y primeros estratos del manto superior de la Tierra.

Utilizando estas técnicas físico-matemáticas ha estudiado, principalmente, la estructura de nuestra Península y de sus áreas adyacentes, mediterránea y atlántica. En total, una treintena de publicaciones entre 1959 y 1975.

Estos trabajos los ha publicado generalmente en inglés, el idioma científico de nuestro tiempo, y los ha presentado en diversos congresos internacionales. Entre ellos pueden citarse por orden cronológico, Alicante, Berkeley (California), Zurich (Suiza), Madrid, Luxemburgo, Moscú (Rusia), Reading (Inglaterra), Brasov (Rumanía), Lima (Perú), Trieste (Italia), México, Grenoble (Francia), Mamaia (Rumanía), etc.

En cuanto a organizaciones científicas nacionales e internacionales es, en la actualidad, miembro de las siguientes:

- &. Asociación Nacional de Ingeniería Sísmica.
- &. Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica.
- &. Comisión Nacional de Trabajo del Proyecto Geodinámico.
- &. Grupo de Trabajo Internacional de la Región de las Alpidas del Proyecto Geodinámico.
- &. American Geophysical Union (U. S. A.).
- &. Royal Astronomical Society (United Kingdom).
- &. Actual Executive Committee de la Asociación Internacional de Física del Interior de la Tierra.
- &. Seismological American Society.
- &. Y otros varios grupos de trabajos internacionales.

Además, en 1972, le fue concedida la Encomienda de la Orden del Mérito Civil en relación con su labor como sismólogo.

Y en 1975 fue elegido Numerario de esta Academia, en parte por sus trabajos de investigación realizados en Toledo, que extienden el nombre de esta ciudad a través de sus publicaciones científicas, y en parte por sus aficiones literarias y publicaciones poéticas.

Pero la actividad de Gonzalo Payo desborda generosamente la escueta semblanza biográfica científica que de él acabo de trazar.

Durante algunos años ha sido profesor de Matemáticas de varias generaciones de estudiantes en diferentes centros de enseñanza toledanos.

En el campo de la literatura, sus géneros preferidos son la poesía y los ensayos. En 1952 publicó un libro de versos con el título "Ensueños", en su mayoría de temática toledana y romántica. Posteriormente ha seguido escribiendo poesía quizá más trascendente, pero últimamente no ha sido muy prolífico.

Ello se debe, principalmente, a que sólo escribe en aquellos momentos o circunstancias de su vida en que algún hecho íntimo, observado o vivido, le impresiona con fuerza suficiente para conmover sus vivencias poéticas. Lo que obviamente no ocurre con excesiva frecuencia.

Algunos de estos poemas se han publicado en revistas, pero tiene en proyecto reunir en un libro, en cuanto tenga ocasión, todo lo escrito en estos años.

También ha dedicado parte de su tiempo a la pintura al óleo, principalmente al paisaje, habiendo participado en dos o tres exposiciones toledanas, entre ellas la Bienal del Tajo de 1972.

Igualmente en el deporte ha desarrollado una apasionante actividad. No sólo en el campo de la caza menor, que desde niño ha cultivado con mucha afición, sino en el del Deporte Olímpico del Tiro al Plato. Desde 1971 es Presidente de la Federación Provincial de este deporte.

Esta modalidad deportiva exige no solamente una gran velocidad de reflejos. El la considera, además, como una forma de perfeccionamiento de la personalidad. En efecto, para controlar adecuada y repetidamente los rápidos reflejos necesarios, se tiene que llegar a un perfecto dominio del sistema nervioso y del temperamento, lo que indudablemente repercute en el perfeccionamiento espiritual. Algo comparable, en su opinión, a lo que sucede con el tiro al arco usado por los santones budistas del Himalaya, como un método del dominio del espíritu.

Actualmente está encuadrado en la 1.ª categoría nacional, a la que sólo pertenecen 5 tiradores de toda la provincia de Toledo. Posee más de 130 trofeos y en 1974 fue designado el mejor deportista de esta especialidad por la Delegación Provincial de E. F. y D.

Ahora dedica una gran parte de su tiempo libre a promover el deporte del Tiro en la provincia, en la que existen ya entre 600 y 700 tiradores federados anualmente.

En resumen, queda bien claro que Gonzalo Payo Subiza no es sólo un Ingeniero Geógrafo, de prestigio ciertamente internacional; es también un humanista, un escritor, un historiador: un hombre completo abierto a todos los horizontes de la cultura y a todas las inquietudes humanas. O dicho con una frase de su abuelo paterno, una "cabeza universal".

Por eso le recibimos hoy como Numerario en esta Casa, en la que le consideramos, desde ahora, como legítimo sucesor y heredero de aquél también académico y gran prócer de la Ciencia, que fue don Alfonso Rey Pastor.

MÁXIMO MARTÍN AGUADO
Numerario