

## ¿POR QUÉ LA COTA CERO ESTÁ EN ALICANTE?

© Por Enrique Aparicio Arias      Profesor Universidad de Alicante

### Resumen

Porque las fluctuaciones (elevaciones y descensos) de la marea terrestre en Alicante, que se producen a diario en el mar mediterráneo, asciende o desciende sobre un promedio de unos 20cm. Este valor es considerado como el de menor variación de mareas terrestres respecto a otras ciudades ubicadas a lo largo de la costa de la península española. Por eso Alicante, fue asignada en 1874 por el Instituto Geográfico y Estadístico, como ciudad referente creando el datum altimétrico u origen de altitudes para la península, estableciendo la cota cero, en el mareógrafo del puerto de Alicante construido exprofeso en 1853.

### 1. Antecedentes y marcos referenciales

La necesidad por parte del Instituto Geográfico y Estadístico (IGE) de realizar una cartografía nacional a escala 1/50000 (Mapa Topográfico Nacional) que, sirviese de ayuda para el desarrollo de España en la gestión del territorio (urbana y rural) a todos los ministerios, administraciones públicas, profesionales y usuarios en general. El mapa se inició en 1857 y se terminó en 1968, para este mapa topográfico nacional se utilizó los parámetros referenciales geodésicos siguientes:

- Origen para las latitudes: Ecuador terrestre
- Origen para las longitudes: Observatorio astronómico de Madrid (ubicado en el Parque del Retiro)
- ***Origen para las altitudes: Nivel medio del mar mediterráneo en Alicante***
- Elipsoide de referencia: Struve, adoptado en España en 1924 con los parámetros geodésicos siguientes:
  - $a=6378298.3$  metros    $b=6356657.1$  metros      Aplanamiento= $1:294.73$
- Proyección cartográfica utilizada: Poliédrica

A partir de 1970 la cartografía nacional sufre un cambio radical y se adopta la Universal Transversa Mercator (U.T.M.), con origen en Potsdam (Alemania), el elipsoide sería el de Hayford 1950 y el origen de la altimetría se mantendría el nivel medio del mar mediterráneo de Alicante.

## **2. Condiciones básicas para la elección de la ciudad origen de altitudes.-**

Era necesario considerar bastantes variables que garantizaran un punto referencial estable y perdurable en el tiempo y donde las fuerzas de las mareas fuesen mínimas, por lo que las variables de ubicación de una ciudad dependerán de conceptos:

- *Astronómicos.-* Donde interviene el Sol, la Tierra y la Luna con sus movimientos respectivos de traslación (Tierra respecto al Sol y la Luna sobre la Tierra) donde van a producir alineaciones y cuadraturas, que unido a las diversas fechas de los diversos pasos de la Luna por el perigeo y/o apogeo (cada mes) y la Tierra al paso por el perihelio y el afelio (cada año), más otros parámetros astronómicos como la declinación del Sol, ángulo de oblicuidad de la eclíptica pueden hacer incrementar y/o disminuir las mareas terrestres.
- *Condiciones continentales y oceánicas.-* donde Alicante ocupa una posición geográfica (latitud y longitud) determinada respecto al mar mediterráneo y respecto a la península, que hace que Alicante este protegida a las acciones adversas del tiempo y del mar.
- *Condiciones meteorológicas,* hace que Alicante, sea estable y su equilibrio meteorológico sin grandes cambios bruscos diarios referentes a la lluvia, vientos, tempestades, temperaturas, marejadas, presión atmosférica, variabilidad estacional, etc. Ayudan a mantener que la mareas sean muy bajas comparadas con otras ciudades de costa.
- *Condiciones climatológicas.-* hace que Alicante a lo largo de su histórica ofrezca un clima benigno y saludable, propio del clima mediterráneo.

- *Presión Atmosférica.*- donde hace que la superficie del agua sufra un empuje mayor provocando una bajada del nivel del mar y de forma inversa, si la presión disminuye el nivel del mar se eleva. Para una variación de 1 hPa en la presión supone 1 cm de subida en el nivel del agua
- *Variabilidad estacional.*- es la producida conjuntamente por la presión atmosférica y el viento, haciendo que en el mar Mediterráneo ascienda gradualmente hasta 22 cm de febrero a Octubre y vuelve a decrecer hasta volver a llegar nuevamente a Febrero.
- *Coefficientes de mareas.*- según el lugar geográfico en el que te encuentres de la Tierra, las mareas tienen unas determinadas elevaciones (pleamar) y descensos (bajamar) del agua, a esta diferencia entre ambas nos indicaran una amplitud de la marea prevista, siendo máxima cuando tiene un valor de 118 en mares abiertos y, puede ser nula o casi nula en mares cerrado (mar Mediterráneo). Existen unas tablas a diario que nos indica el coeficiente de marea para ese día. Como curiosidad la amplitud máxima se produce en la bahía del monte de Saint Michel con 13,7 m.
- *Corrientes de marea.*- al movimiento que realizan las partículas de líquido en forma de orbitas cerradas contenidas sobre planos verticales, que se aceleran o desaceleran por la acción de la Luna y del Sol, siendo su velocidad mínima en alta mar y máxima en las costas. Apenas significativas en la costa del Alicante

### 3. Mediciones de la cota cero

Una vez elegida la ciudad de Alicante, por las características geofísicas y climatológicas ya mencionadas había que medir in situ las fluctuaciones de la mareas y comprobar que las variaciones de amplitud podían ser mínimas. Para ello se iniciaron los trabajos en el año 1871 donde un técnico del (IGE), fue anotando los valores sobre una *regla metálica de marea* (graduada en dobles milímetros) durante tres años las oscilaciones de las mareas (pleamar y bajamar) a las horas 9, 12, 15, 18. Los resultados de estos tres años de trabajos conllevó a establecer un valor medio de las variaciones del mar en

Alicante *de 0,430 m.* respecto a la señal metálica del escalón donde se apoyaba la mira graduada de marea, siendo dicho escalón *el verdadero valor de la cota cero.*

#### **4. Traslado de altitudes al resto de ciudades de España**

Conocido la cota cero, era necesario trasladar las altitudes a las respectivas ciudades de España, desde Alicante para ello, se empleó la metodología de la nivelación geométrica o de alturas, a través del método del punto medio (que elimina los errores de esfericidad y de refracción), y, así, se fueron obteniendo los diferentes desniveles y altitudes.

El primer punto de altitud fue el primer escalón de la escalera que se encuentra dentro del Ayuntamiento de Alicante, obteniendo la altitud de 3,4095m. Siendo este punto el considerado como el primer punto altimétrico NP-1, y desde aquí se obtuvieron las diferentes altitudes de las ciudades de España, llevando por las distintas vías férreas y carreteras, la colocación de clavos de bronce y placas de referencia, indicando la altitud (por eso en la mayoría de las estaciones de ferrocarril (estén operativas o no) figura una placa incrustada en la pared indicando su altitud media sobre el mar mediterráneo en Alicante. Para Madrid corresponde con la NP-26 (situado en el observatorio astronómico del Retiro)

Tres líneas principales partieron desde el NP1 de Alicante, una partió al Norte dirección Barcelona, otra al centro a Madrid y otra al Sur hacia Murcia y dirección al Observatorio de Cádiz. Desde Madrid se iniciaron nuevas líneas de nivelación a las distintas capitales del interior, creando en total en España 92 líneas altimétricas que configuran la primera red geodésica altimétrica de precisión de primer orden en España, conocido como la (NP).

Posteriormente se volvieron a realizar nuevas mediciones altimétricas en 1925 obteniendo la Red de Nivelación Altimétrica Precisión conocida por las siglas (NAP), donde ahora en cada punto medido se le incorporó la medición gravimétrica de cada punto.

En 1998 se colocó la estación permanente GPS de Alicante, que enlazaría con el resto de estaciones que configuran la red de referencia

geodésica ETRS89, cuyo objetivo es la integración de la cartografía oficial española con la cartografía europea.

Desde el 2001 el Instituto Geográfico Nacional realiza una nueva red de nivelación denominada (REDNAP) trabajada por zonas en España. Siendo esta red la que se apoya para enlazar con la Red Unificada de Nivelación Europea mediante sistemas de constelaciones de satélites artificiales (GPS, Glonass, y en futuro Galileo) sobre el Geoide, pudiendo determinar la cota Ortométrica de cada punto.

El control del geoide mediante sistemas de navegación (GPS, Glonass y en futuro Galileo), permitirán la obtención de parámetros más precisos, que servirán para conocer detalladamente las variaciones sobre el nivel medio del mar en Alicante.

En las próximas décadas, estas mediciones servirán para hacer modelos matemáticos para conocer con precisión la influencia del cambio climático en Alicante y España.

## **GLOSARIO Y ACLARACIONES**

**Movimiento de traslación de la Tierra.-** La Tierra describe anualmente una elipse alrededor del Sol, (2ª ley de Kepler) pasando por el Afelio (punto más lejos, aproximadamente el 4 de Julio (encontrándose a unos 152 millones de km) y el 4 de Enero aproximadamente pasa por el Perihelio (encontrándose a unos 146 millones de km). Cuando la Tierra se encuentra en estos puntos la fuerza de gravedad en las mareas es más notoria. Este hecho puede aumentar o disminuir hasta el 20% sobre el valor medio de la marea.

**Movimiento de traslación de la Luna.-** La Luna le ocurre lo mismo que a la órbita de la Tierra, la Luna pasa cada mes por el punto más cercano a la Tierra llamado Perigeo (encontrándose a 354000 km, supone mayor atracción produciendo una mayor elevación y cuando la Luna se encuentra en el Apogeo (a 406000 km de la Tierra), los descensos son menores.

**Sol, Tierra y Luna en conjunción.-** Se dice que tres cuerpos se encuentran en conjunción cuando se encuentran alineados, es decir que forman un ángulo de 180° respectivamente. Cuando se da esta situación, se producen las *mareas altas o pleamar*, pero cuando la Tierra se encuentra en los equinoccios de primavera o de otoño a la alineación es máxima y entonces se llama marea viva. Siempre se dan en Luna llena y en Luna Nueva. En esta situación es cuando la Luna y el Sol se juntan en la fuerza de atracción gravitacional, produciendo un estiramiento de los océanos produciendo una figura de un balón de Ruby, siendo las estas mareas la de mayor amplitud.

**Sol, Tierra y Luna en cuadratura.-** cuando la Tierra - Luna y el Sol forman un ángulo recto ( $90^\circ$  entonces las *mareas bajas o bajamar* y si la tierra pasa por los equinoccios primavera u otoño se llaman mareas muertas. Siempre se dan con la luna en cuarto decreciente o cuarto creciente. En esta situación las fuerzas de la Luna contrarresta a la del Sol y por eso las mareas son menores.

**Meteorología** es la ciencia que se ocupa de los fenómenos que ocurren a corto plazo en las capas bajas de la atmósfera, o sea, donde se desarrolla la vida de plantas y animales. La meteorología estudia los cambios atmosféricos que se producen a cada momento, utilizando parámetros como la temperatura del aire, su humedad, la presión atmosférica, el viento o las precipitaciones. El objetivo de la meteorología es predecir el tiempo que va a hacer en 24 o 48 horas y, en menor medida, elaborar un pronóstico del tiempo a medio plazo.

**Climatología** es la ciencia que estudia el clima y sus variaciones a lo largo del tiempo. Aunque utiliza los mismos parámetros que la meteorología, su objetivo es distinto, ya que no pretende hacer previsiones inmediatas, sino estudiar las características climáticas a largo plazo.

**El clima.-** es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan las condiciones habituales o más probables de un punto determinado de la superficie terrestre. Es, por tanto, una serie de valores estadísticos. Por ejemplo, aunque en un desierto se pueda producir, eventualmente, una tormenta con precipitación abundante, su clima sigue siendo desértico, ya que la *probabilidad* de que esto ocurra es muy baja.

**Mareas.-** a los cambios periódicos que experimentan los mares diariamente de subida y bajada del nivel del mar, Dependiente si la marea sea diurna, semidiurna o mixta así ascenderá el nivel del mar una o dos veces. Para Alicante la marea es diurna por lo que solo hay una pleamar y una bajamar por día.

Las mareas se producen por la composición de la atracción de las fuerzas gravitacionales del Sol y la Luna, que según sus posiciones respecto a la Tierra se encuentren en conjunción (pleamar) o en cuadratura (bajamar), unido al grado de la oblicuidad de la eclíptica de la Luna y Tierra y su fecha darán el resultado final constituyente de los armónicos de la marea.

**Regla de la marea graduada** es una estadía de doble milímetro, que sirve para medir las variaciones de la marea en dicho punto geográfico. Para ello se coloca sobre una señal de bronce en el peldaño de la escalinata de obra construida en el interior de la caseta del mareógrafo en el puerto de Alicante

**Mareógrafo.-** el primer aparato diseñado por Adie (1873) consta de un flotador específico donde sale un trazador que va registrando sobre un cilindro giratorio con un sistema de relojería donde va anotando gráficamente los movimientos de las subidas y bajadas de las mareas. El primer mareógrafo se colocó en Alicante en 1853

**hPa.-** un hectopascal (hPa) equivalentes a 100 pascales y se corresponde con un milibar (mbar), siendo una columna de mercurio de 760mm = 1013,2 mbar = 1013,2 hPa

La temperatura del lugar desempeña un papel importante en este fenómeno.

La relación entre la altura barométrica y la altitud es fundamental para medir la presión atmosférica con el altímetro.

**Altitud.-** es la distancia vertical de un punto geográfico respecto a un origen determinado, conocido como datum altimétrico o cota cero, se encuentra en la ciudad de Alicante.

**Geoide.-** Es la superficie del mar en calma total y en ausencia de mareas, prolongada imaginariamente. Dicho geoide es una superficie equipotencial, es decir, en la cual el potencial de la gravedad es constante en toda su extensión y aunque no existe físicamente porque los mares nunca están en calma total, sin mareas y tampoco atraviesan los océanos por debajo sí es medible y definible a partir de mediciones empíricas mediante constelaciones de satélites artificiales (GPS, Glonass y Galileo).

**Cota Ortométrica.-** es la distancia vertical de un punto de la superficie de la tierra al geoide.

**Frenado de la Tierra.-** la tierra se va deformando por las acciones de las mareas terrestres y de los océanos, liberando energía, y esta energía hace frenar a la Tierra en su giro de rotación, por lo que el día va aumentando en 17 microsegundos por año, es decir 1 segundo cada 59000 años.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **INTRODUCCIÓN HISTÓRICA A LA GEODESIA**

*Miguel J. Sevilla de Lerma*

<http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesGeodesiaRedmar.do>

<http://www.gabrielortiz.com/index.asp?Info=064>

<http://www.letraherido.com/170202elementoscartografia.htm#1>

<http://www.tablademareas.com/es/alicante/alicante>

[http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/3d-scanning-and-modeling/Contenidos/Lectura\\_obligatoria/proyectos\\_topograficos1.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/3d-scanning-and-modeling/Contenidos/Lectura_obligatoria/proyectos_topograficos1.pdf)

[http://lagc.uca.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13&Itemid=31](http://lagc.uca.es/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=31)

Video emitido el 13 de Febrero 2014 por Antena 3, en el Tiempo de Roberto Brasero

[http://www.antena3.com/el-tiempo/actualidad/por-que-cota-cero-esta-alicante\\_2014021200248.html](http://www.antena3.com/el-tiempo/actualidad/por-que-cota-cero-esta-alicante_2014021200248.html)