

Mareas y nivel medio del mar

Curso Oceanografía Física y
Química
(2020)



Definición y Observación de la misma

✿ La marea solo se debe a las acciones propias de la luna y el sol, en combinación con los movimientos propios de la tierra; ninguna otra causa interviene en su formación y tanto el viento como la presión son causas de degeneración que la hacen mas o menos irregular dificultando su predicción.



❁ Mont Saint-Michel, Francia (amplitud 15 metros)

❁ Mientras dura el crecimiento se dice que hay flujo o marea creciente; mientras dura el descenso, hay reflujo, marea bajante o saliente.



❄ Cuando el agua llega a su máximo o a su mínimo se llama pleamar o bajamar;
y cuando el agua está quieta se dice estoa.





Elkhorn Slough
National
Estuarine
Research
Reserve in
California













Causas o fuerzas que las generan

- Son generadas por una combinación de la gravedad y el movimiento de la Tierra, la Luna y el Sol.
- **Ley de la Gravitación de Newton (1686)** cada partícula de masa en el Universo atrae a todas las demás partículas de masa.
- La fuerza gravitatoria entre dos partículas es directamente proporcional al producto de las dos masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que existe entre ellas.



$$F = G \left(\frac{m_1 m_2}{R^2} \right),$$

G = constante de la gravitación universal,
 $6.67 \times 10^8 \text{ cm}^3/\text{g/s}^2$;

m_1 = masa del cuerpo 1 en gramos;

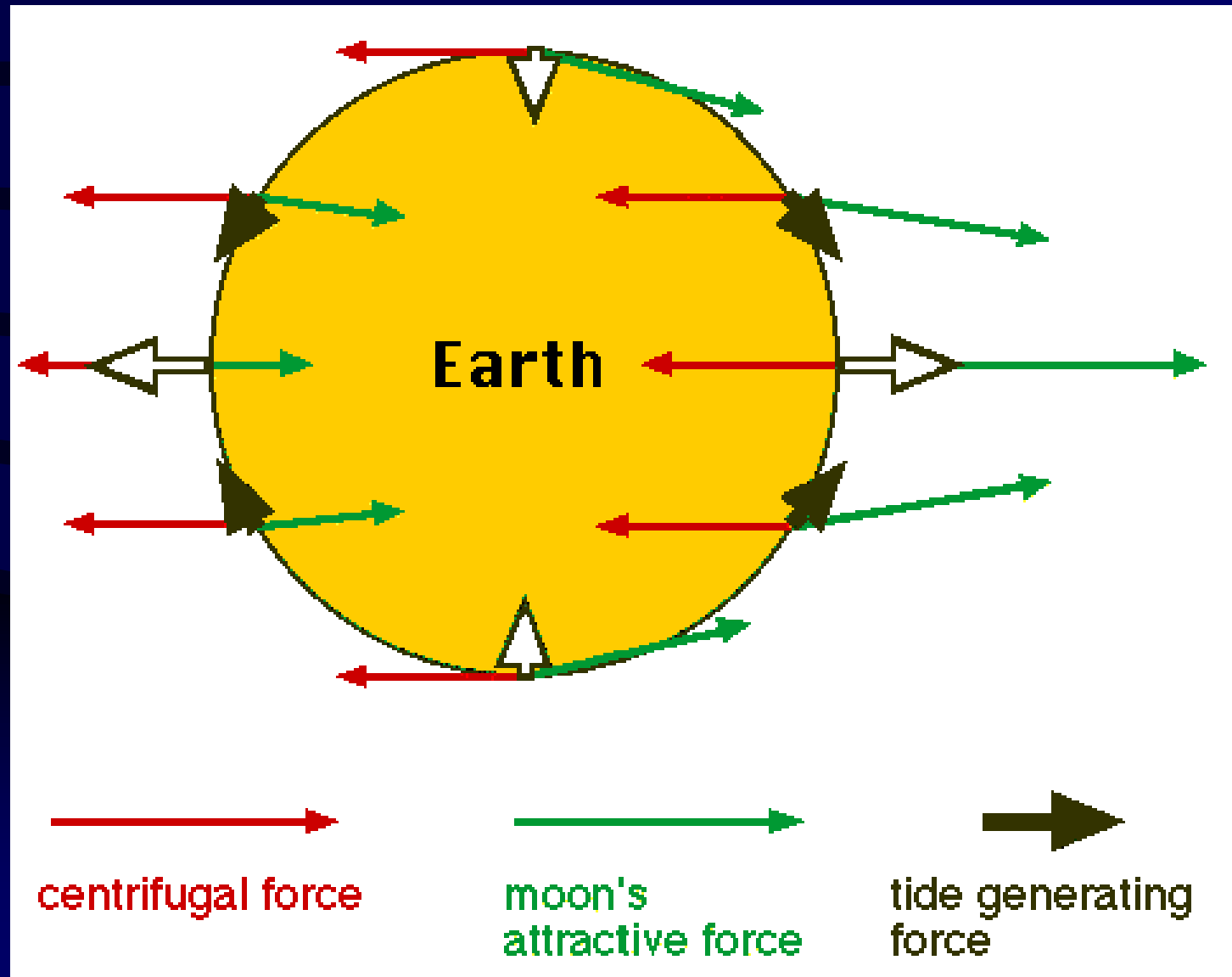
m_2 = masa del cuerpo 2 en gramos;

R = distancia entre los centros de masas en centímetros.

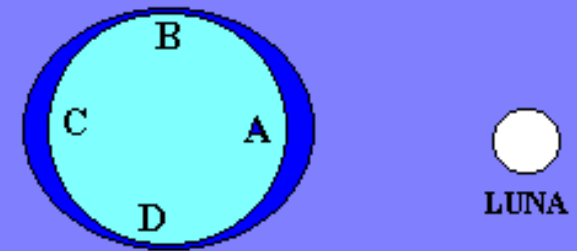
- El Sol tiene 27 millones de veces más masa que la Luna.
- Pero se ubica 390 veces más lejos.
- Por lo que la Marea solar es sólo el 46% de la Marea lunar.



En el lado de la tierra cerca de la luna, la fuerza que produce la marea es gravitacional, mientras que en el lado opuesto las fuerzas que dominan son centrífugas.



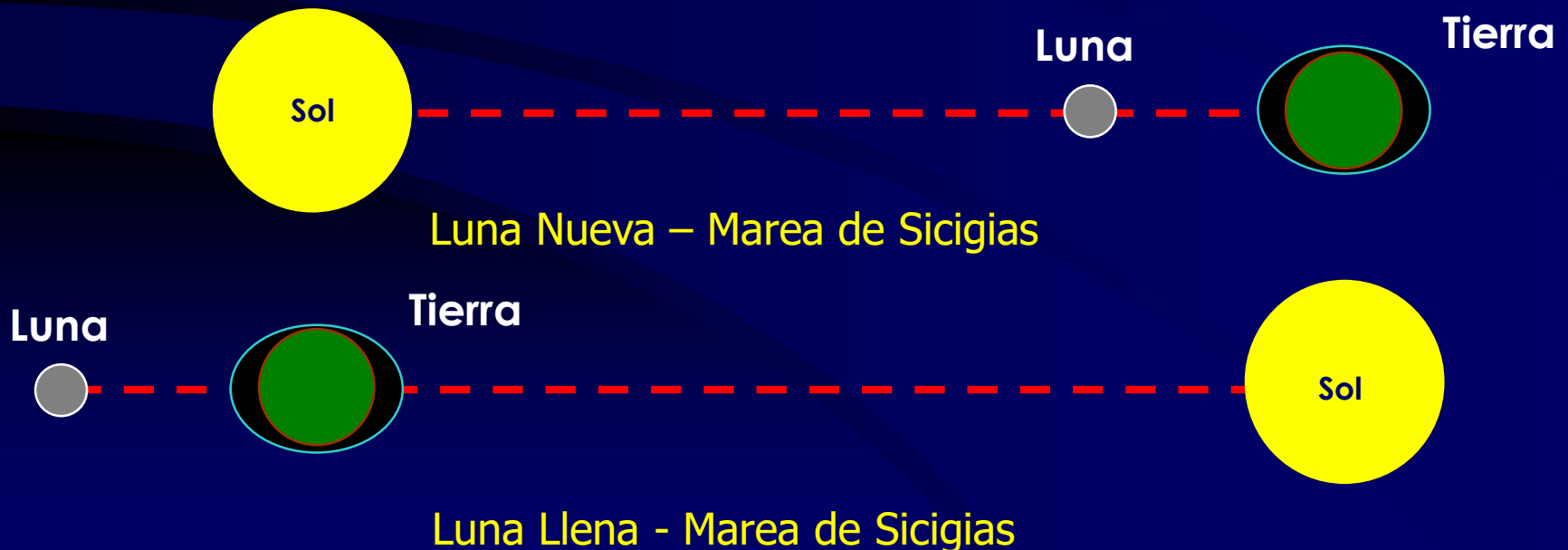
Diferentes tipos de mareas que podemos encontrar



- Mientras en los puntos A y C se produce una pleamar, simultáneamente en B y D hay bajamar.
- El Sol también produce efectos de mareas cuyos efectos se suman o restan de las lunares, según sea la elongación de la Luna

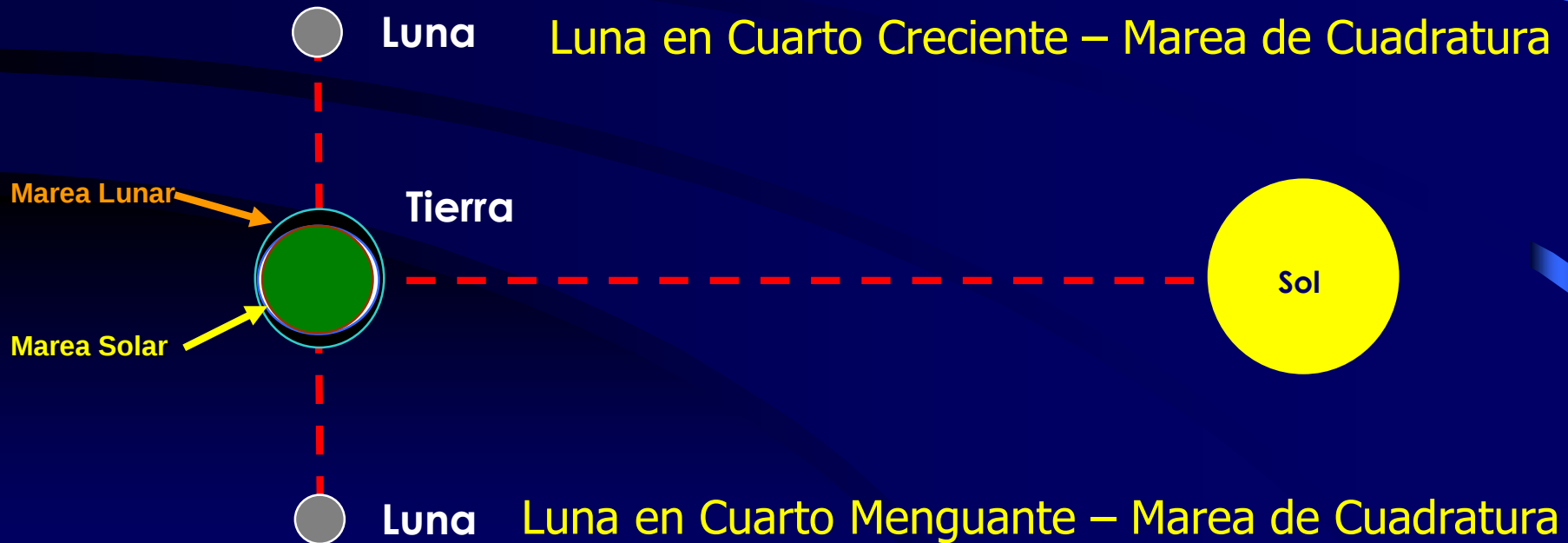
SICIGIAS

- El Sol suma su efecto al de la Luna, provocando las mayores pleamares y las menores bajamares. Se producen en las fases Nueva y Llena, cada 15 días.
- Efectos del Sol y la Luna actuando combinadas dos veces al mes, una Luna Nueva, cuando la Luna y el Sol están en el mismo lado de la Tierra, y la Luna Llena, cuando la Luna se encuentra en el lado opuesto de la Tierra desde el Sol.



CUADRATURAS

- Los efectos del Sol y la Luna se contrarrestan entre sí cuando la Luna está en cuadratura - el primer y tercer cuarto – en esos momentos la Luna se encuentra en ángulo recto con respecto a la línea Tierra–Sol.
- Las pleamares y bajamares no son extremas.

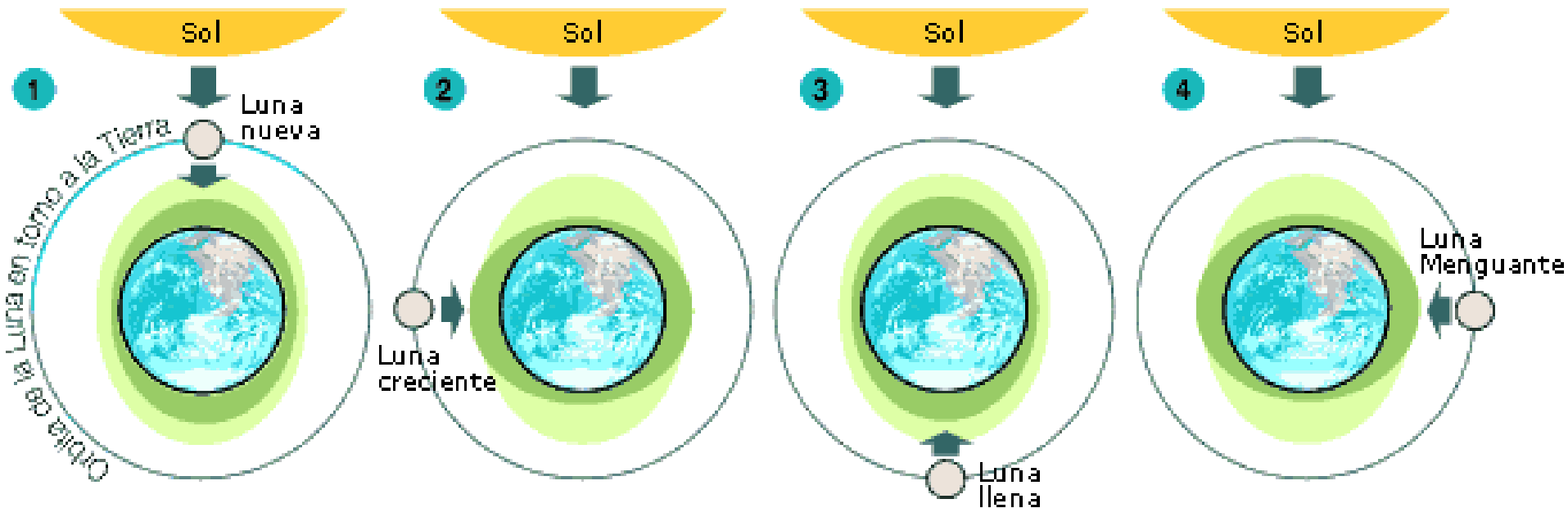


Objeto del estudio de la marea

➤ Desde un punto de vista puramente teórico

Indagar determinar y fijar las leyes que lo rigen

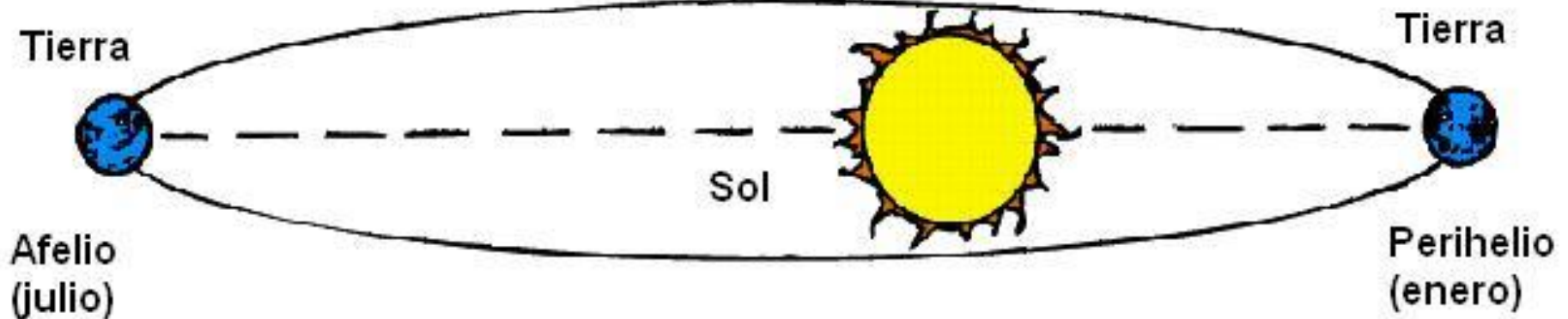
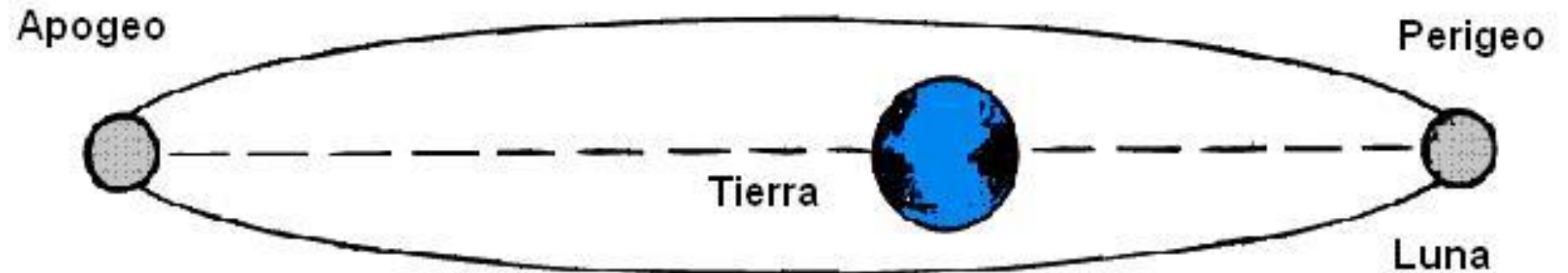
Esquema de las mareas



1 y 3: Cuando la Luna y el Sol están alineados (luna llena y luna nueva), se producen las mayores diferencias de mareas.

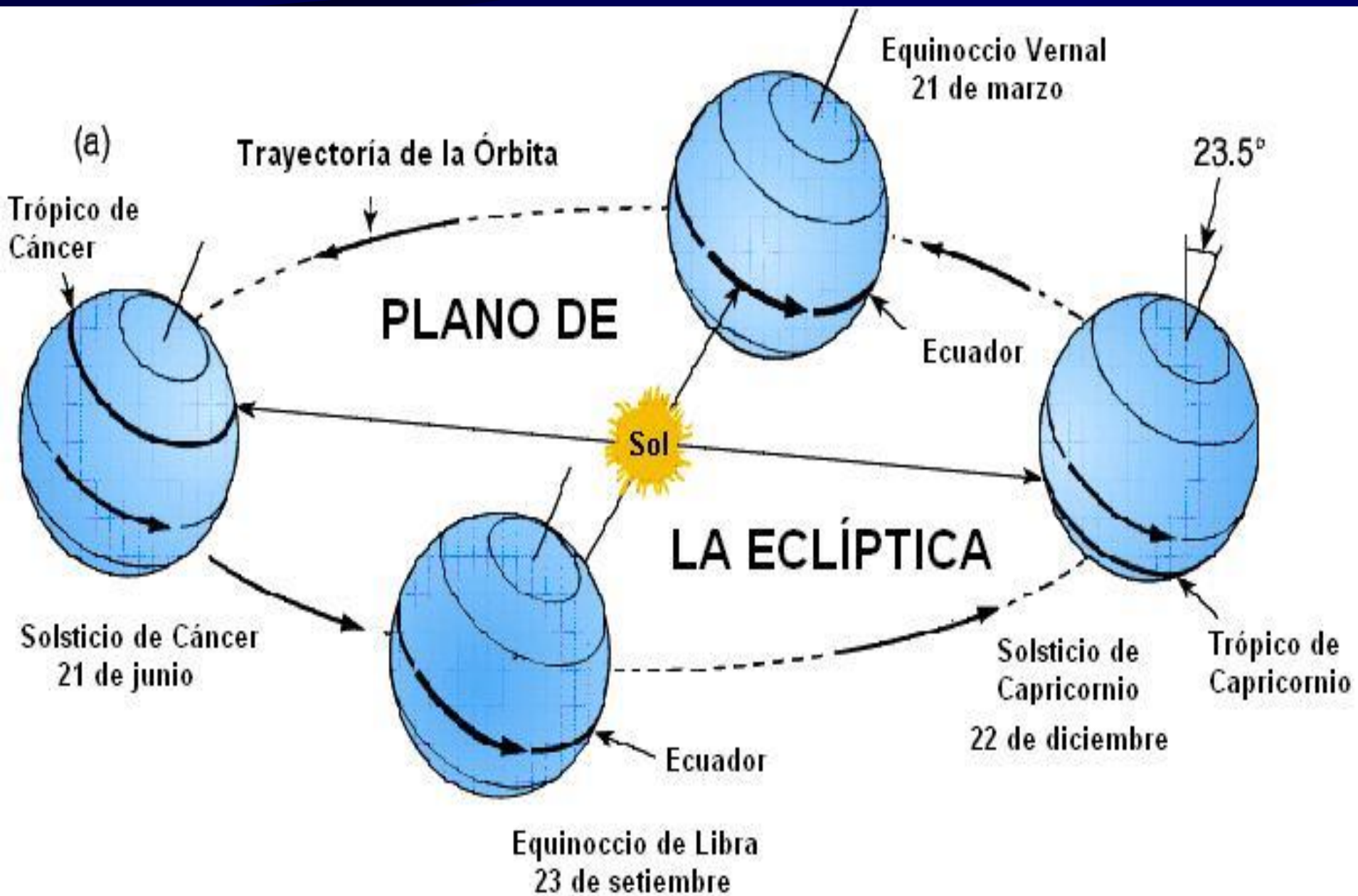
2 y 4: Cuando la Luna y el Sol están en ángulo recto (lunas crecientes y menguante), se producen las menores diferencias de mareas.

- **Las órbitas terrestre y lunar son elípticas, no circulares.**
- Las mareas son mayores cuando la Tierra está más cerca del Sol y cuando la Luna está más cerca de la Tierra y menores cuando más alejados están



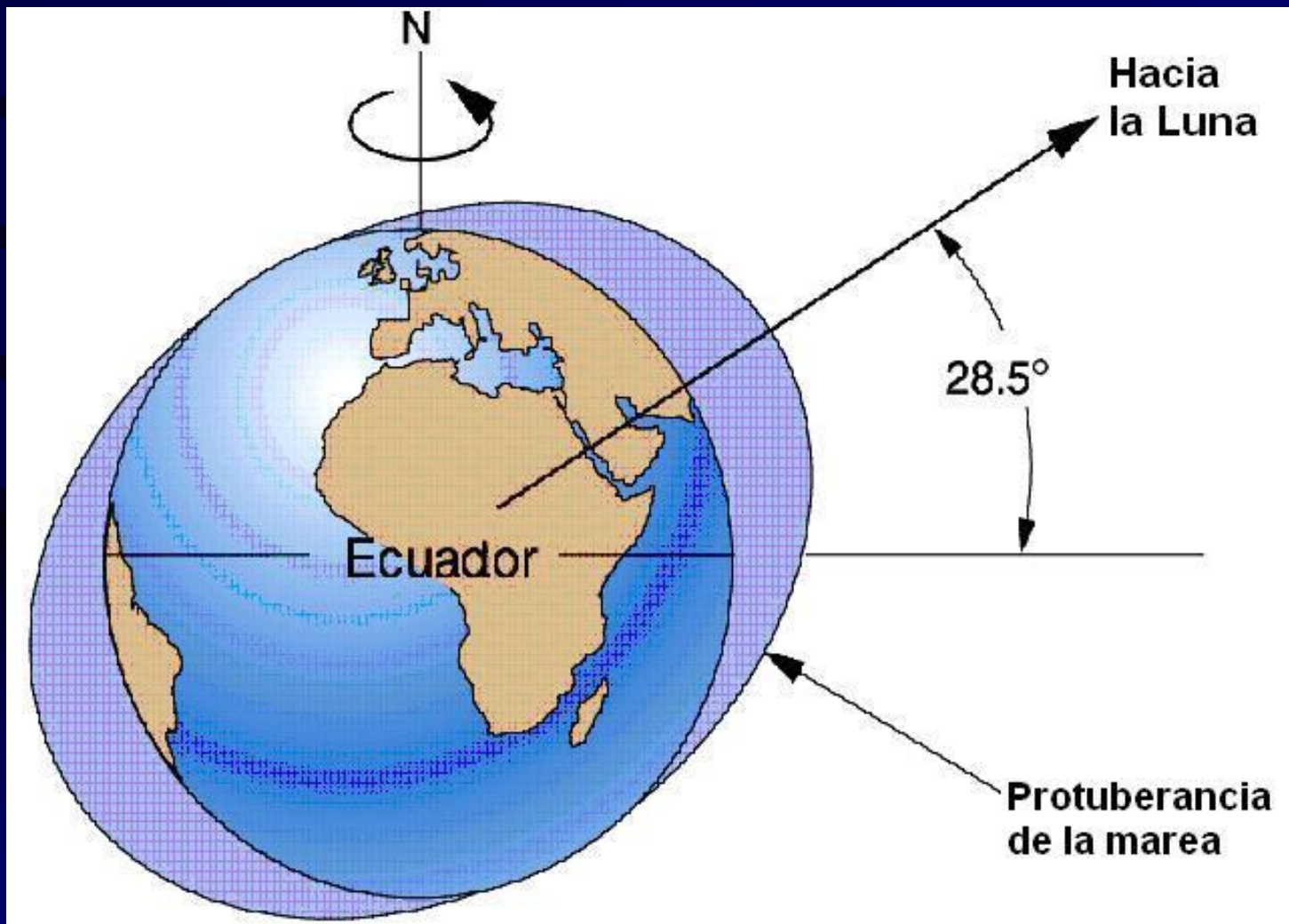
INFLUENCIA DE LA DECLINACIÓN

- Hasta el momento se ha considerado que la Luna y el Sol están siempre sobre el Ecuador Celeste y que sus distancias a la Tierra permanecen constantes.
- La **declinación** de ambos astros varía entre:
 - **Declinación de la Luna** (de 28° N a 28° S)
 - **Declinación de la Tierra respecto al plano de la órbita** (de $23,5^{\circ}$ N a $23,5^{\circ}$ S)



INFLUENCIA DE LA DECLINACIÓN

- Este factor significa que la protuberancia de la marea lunar se moverá al N y S del Ecuador.

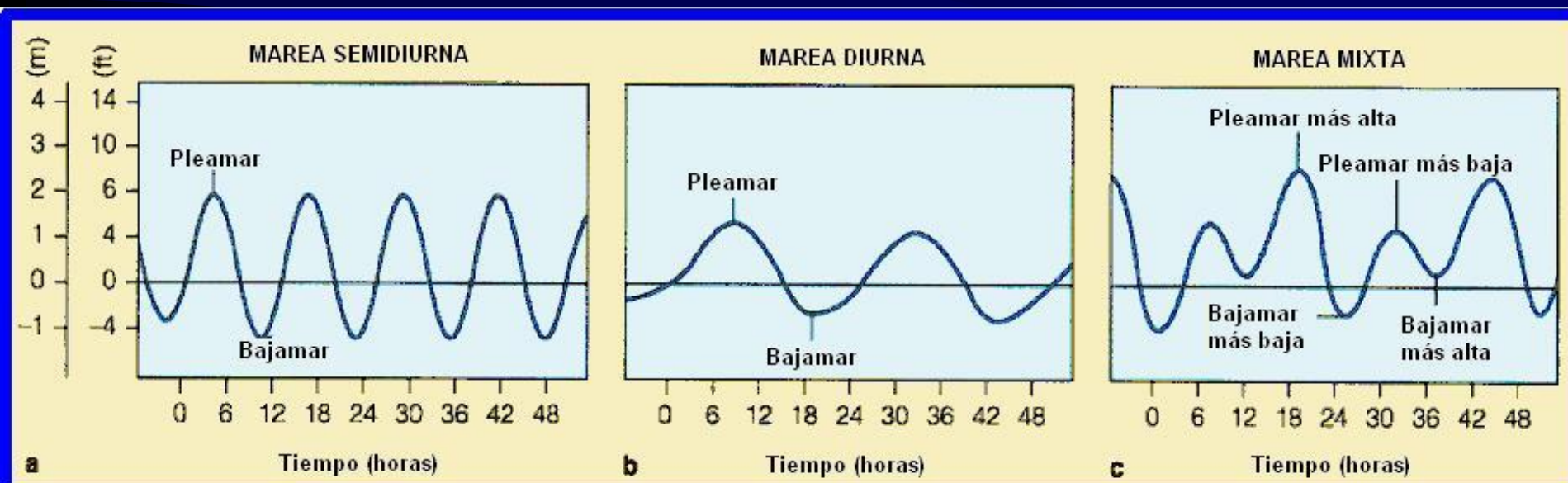


- **Encontramos tres diferentes tipos de mareas:**

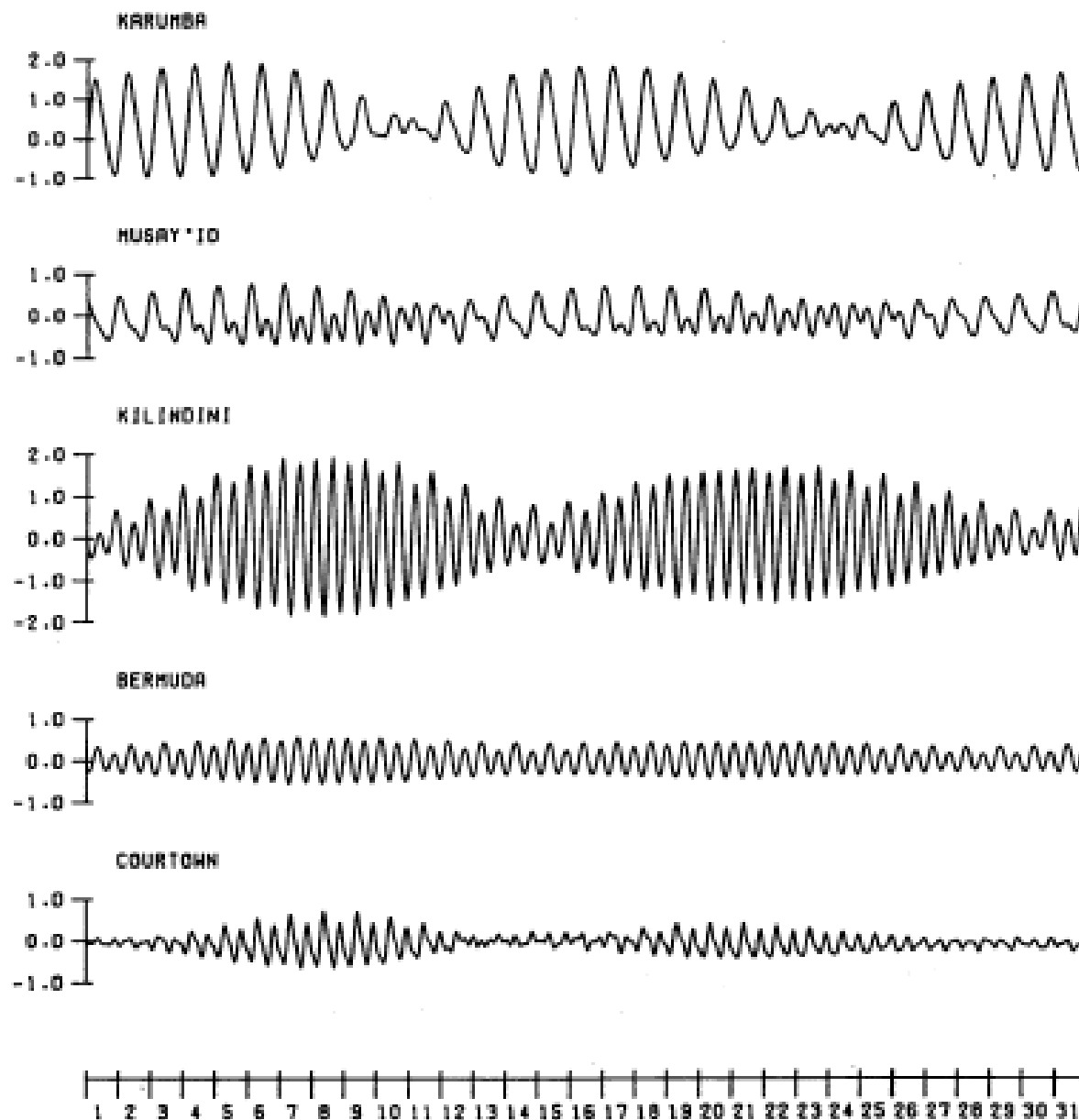
Semi-diurna = dos pleamares + dos bajamares por día con casi amplitudes similares.

Diurna = una pleamar + una bajamar por día con casi amplitudes similares.

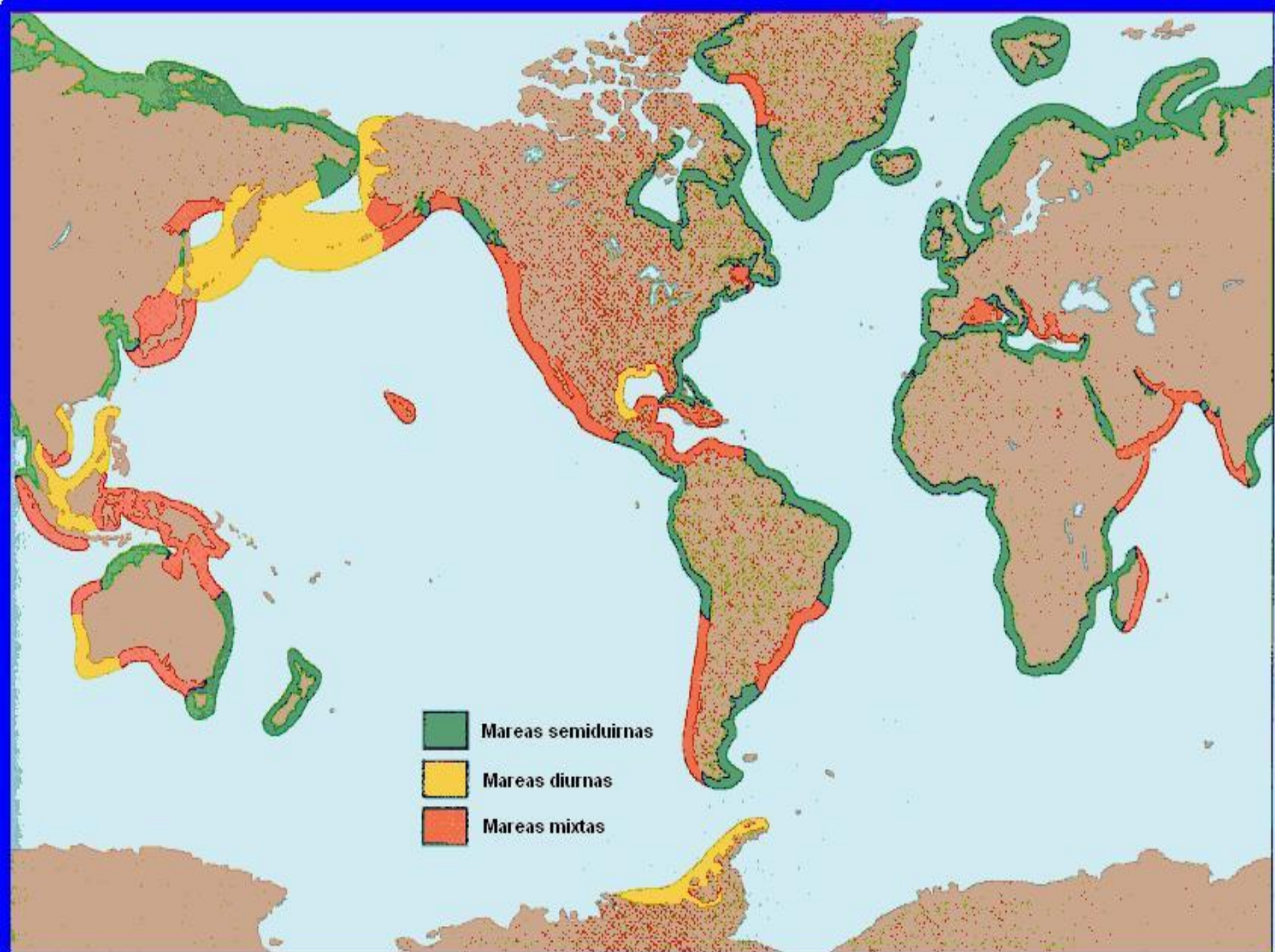
Mixta = Combinación de pleamares + bajamares de diferentes alturas (común).



METERS ABOVE MSL



MARCH 1981



- Existen **factores** que modifican la marea astronómica, dificultando así su predicción.
- Los **principales** son las condiciones meteorológicas, la topografía del fondo, los accidentes geográficos, las descargas de ríos, la fusión de los hielos y las variaciones de temperatura y salinidad.
- Debido a esto, la marea observada se puede considerar compuesta fundamentalmente por la suma de tres términos: **nivel medio**, **marea astronómica** y **onda de tormenta** (efecto de la acción meteorológica sobre la marea).

Nivel del mar

Astronómico

Sicigias

{
Conjunción o Novilunio
Oposición o Plenilunio

Cuadraturas

{
Primer cuarto
Tercer cuarto

Atmosférico

Anemográficas
o eólicas

{
Vientos mareros
Vientos terreros

Barométricas o
de Presión

{
Mayor presión que la normal
Menor presión que la normal

Meteórico

Hidrometeóricas
o acuosas

{
Debidas a la contribución por
deshielo o lluvias

Sísmicas

{
Ocasionadas por terremotos de
origen marítimo u oceánico

Accidental

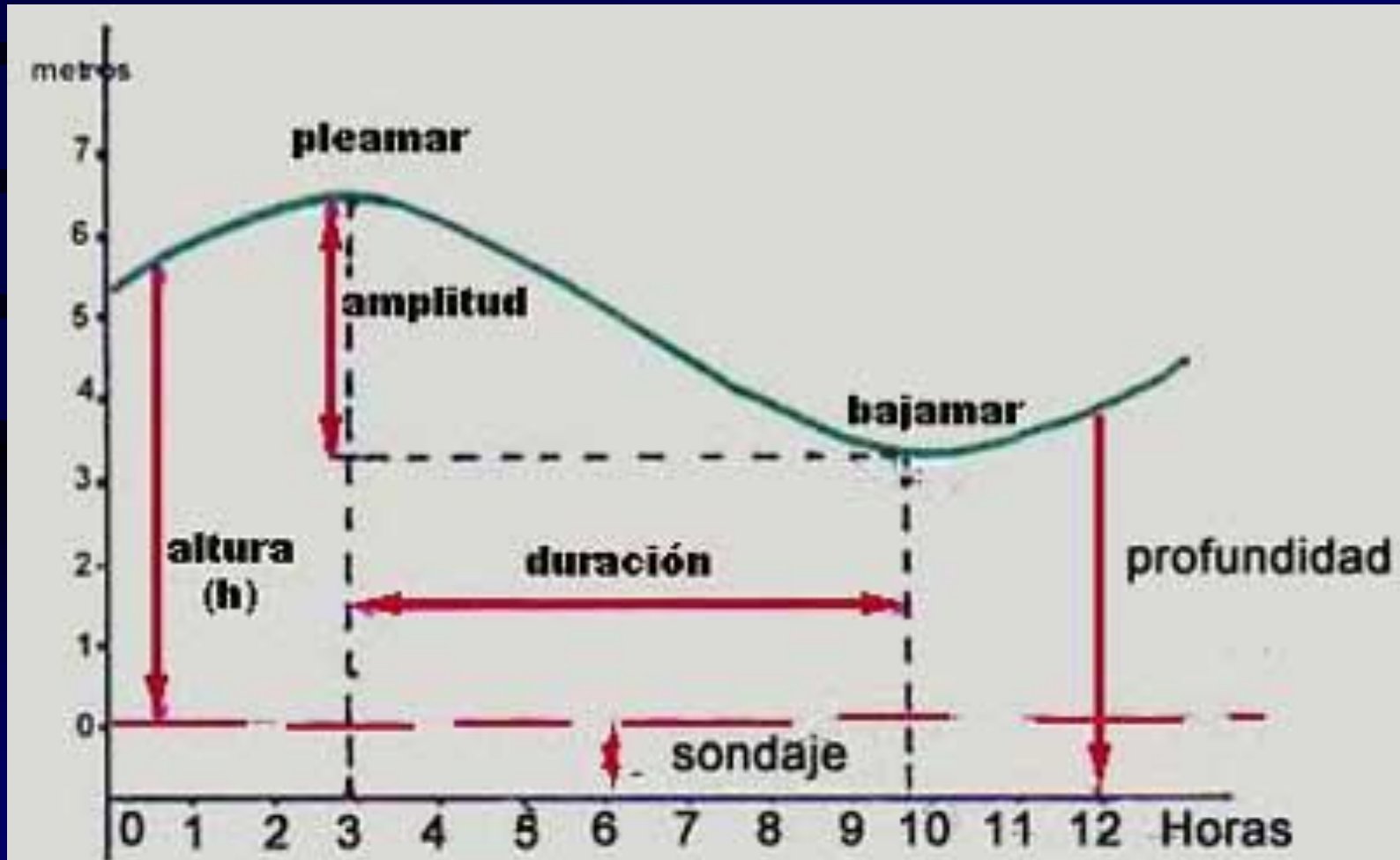
De obstrucción o
de profundidad

{
Ocasionadas por los accidentes
geográficos (islas, bancos)

➤ Desde un punto de vista práctico cuyo objetivo es:

Deducción de los elementos necesarios para la construcción de cartas.

Predicción de sus manifestaciones que son utilizadas para la navegación en los puertos de marea.



Observación de la marea

Se estudia por la observación que de ella se hace en la localidad, refiriéndola a la hora media de la misma. Empleándose para ello:

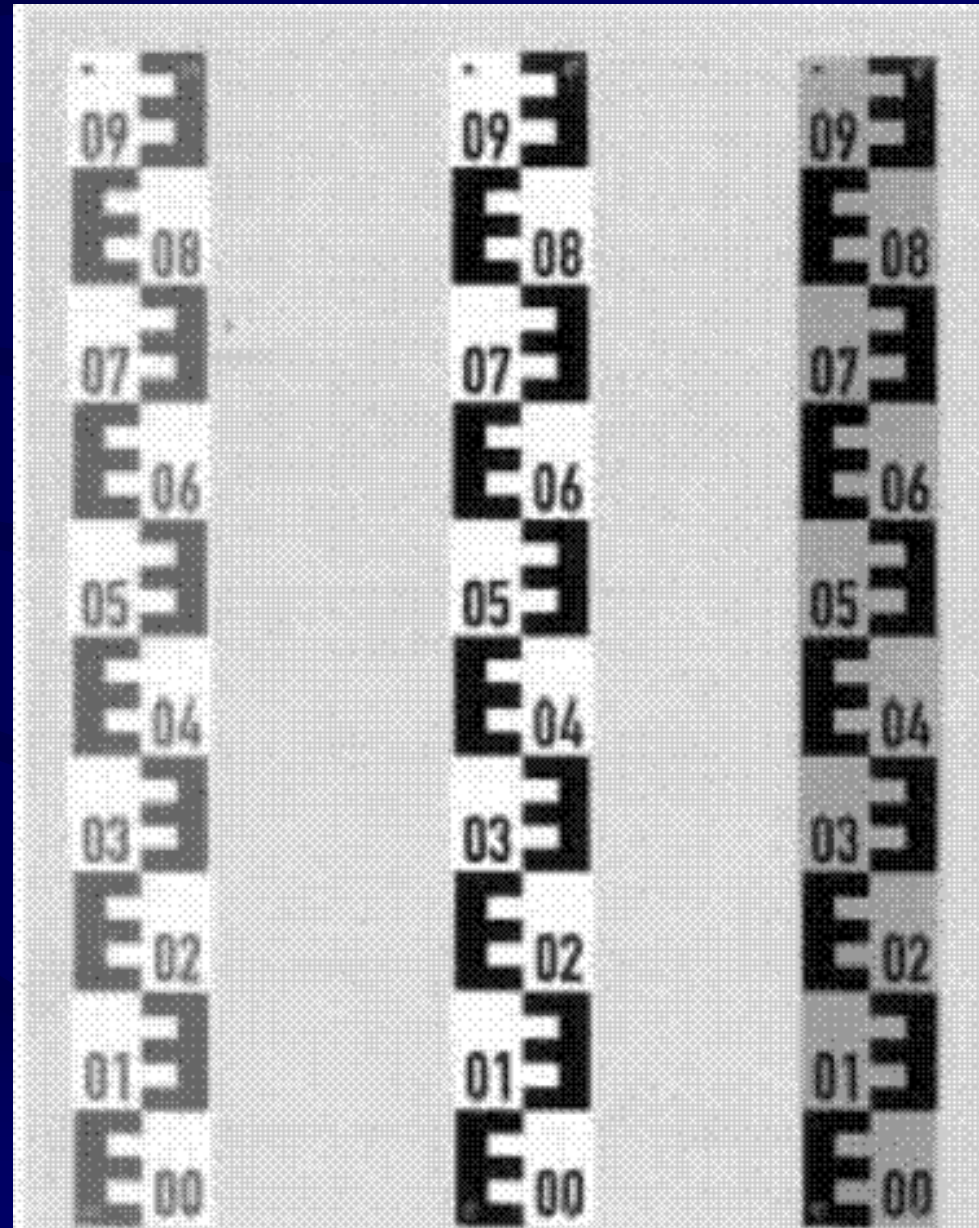
➤ Reglas (estación mareométrica)

Están divididas en metros y fracciones de metros, la unidad menor de división depende de la localidad que se estudie, puede ser al decímetro o al doble centímetro.



➤ Reglas (estación mareométrica)

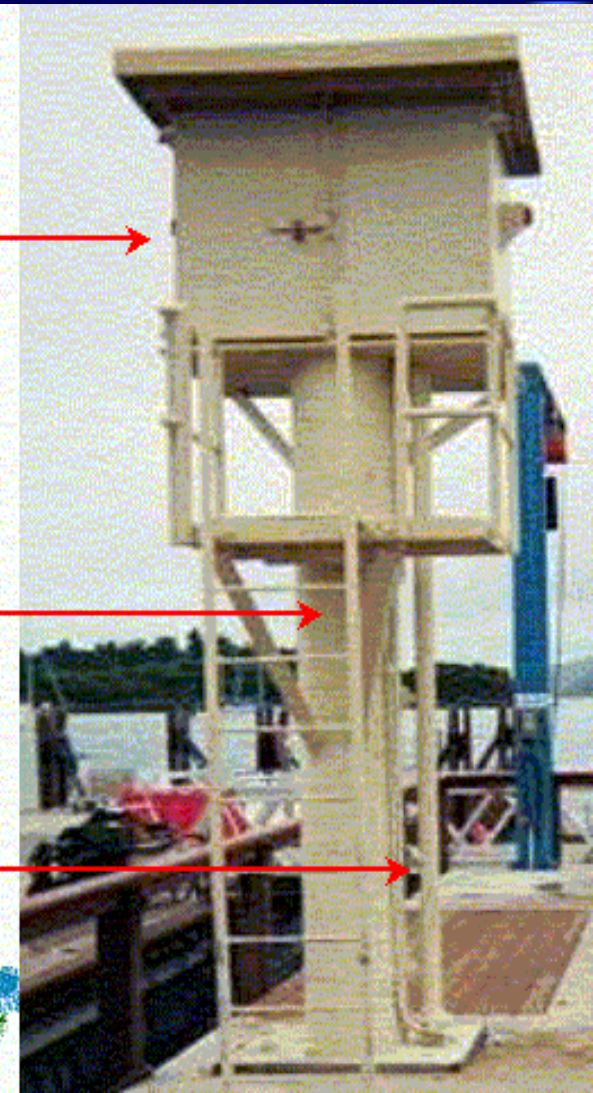
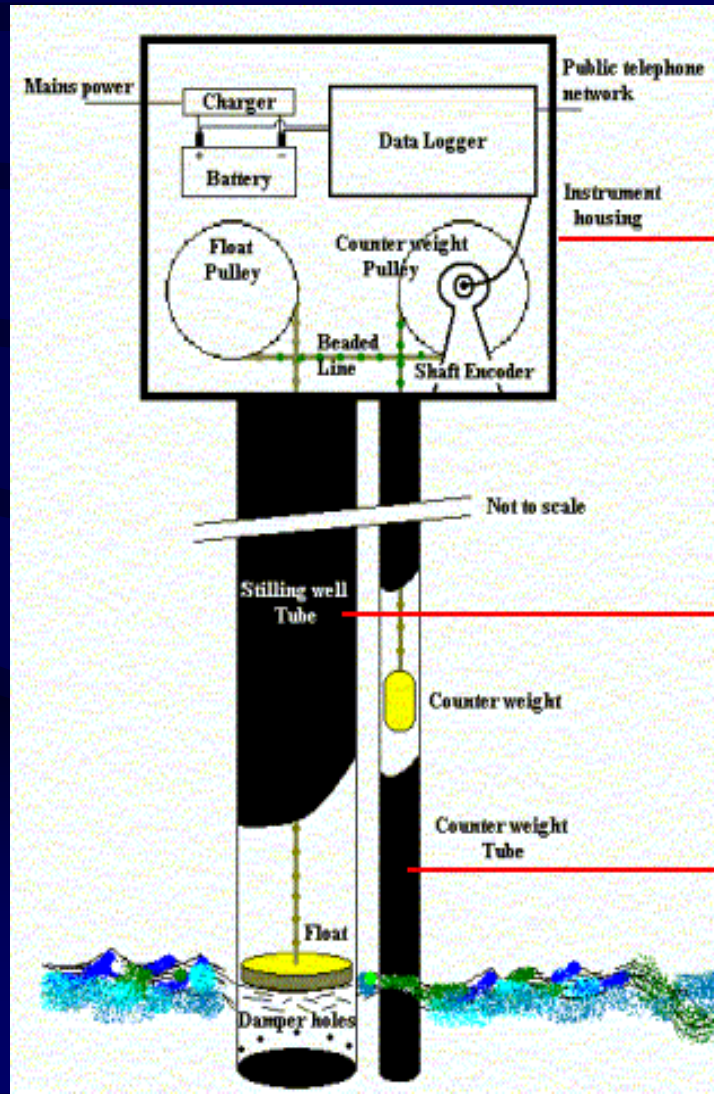
Están divididas en metros y fracciones de metros, la unidad menor de división depende de la localidad que se estudie, puede ser al decímetro o al doble centímetro.



Observación de la marea

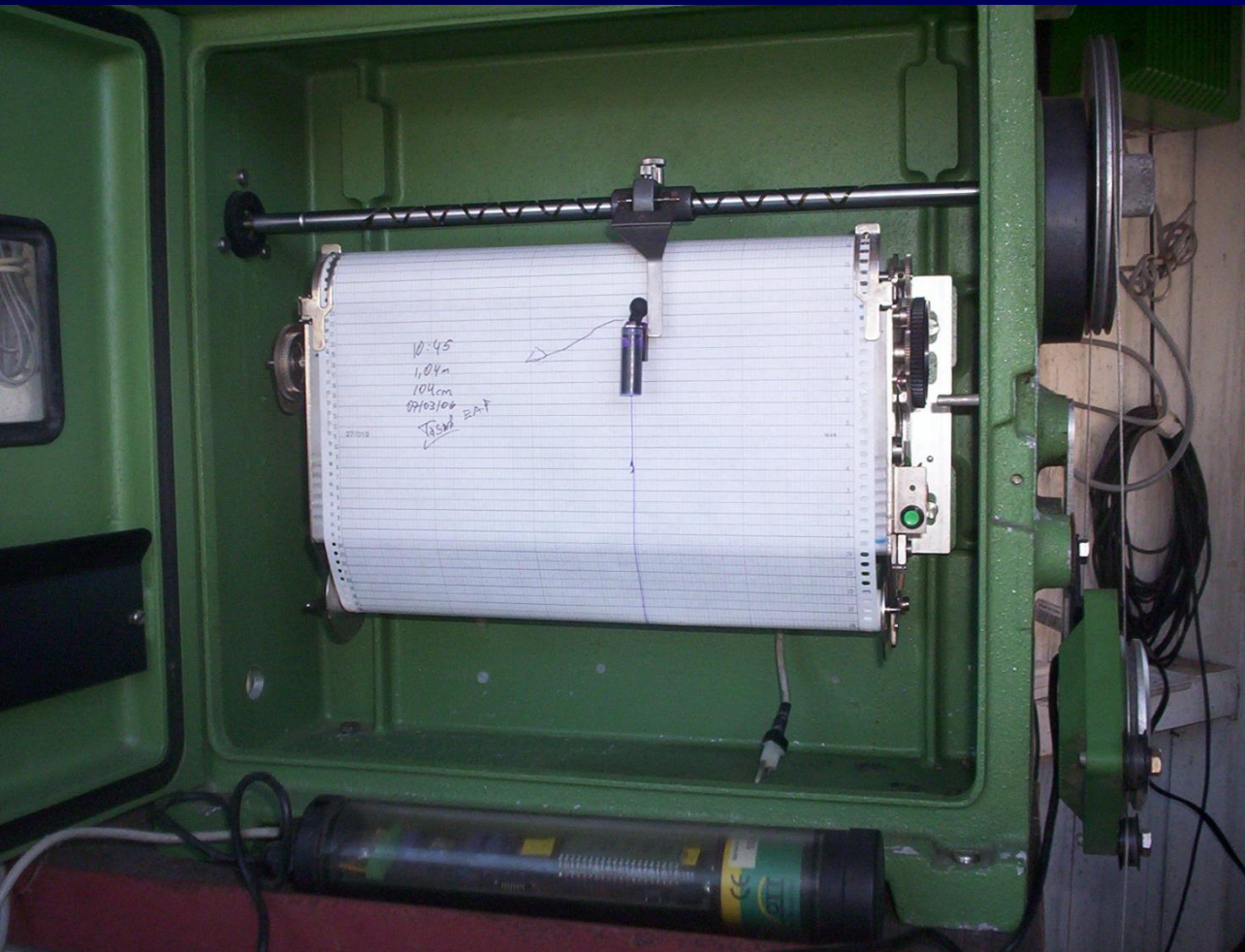
➤ Aparatos autográficos o de presión (estación mareográfica)

Son equipos que pueden trabajar con un sistema de poleas (bolla y contrapeso), midiendo la presión del agua, o la distancia que hay desde el equipo hasta el agua en posición vertical.



Mareógrafos

Los equipos son varios, en cuanto al principio que utilizan para medir las variaciones del nivel de las aguas.





➤ Lugar de Observación

Se requiere que el punto elegido esté en comunicación directa con el mar, protegido de los malos tiempos y con bastante profundidad en bajamar.

➤ Amplitud de la marea en el lugar de Observación

Tiene su importancia para evitar que el cero no vele ni en las mayores bajamares.

➤ Referencia del cero

La altura del cero de los mareógrafos conviene dejarla registrada en un objeto próximo y fijo para poder establecer con exactitud en caso de que la regla o el equipo sufran daño. Puede ser un mojón de material.

Planos de Referencia de Marea

- **Pleamar Media (MHW):** El promedio del nivel de todas las pleamares, medida a través de un período de 19 años. Es el plano de referencia de pleamares utilizado en la mayoría de las cartas producidas por los Estados Unidos.
- **Bajamar Media (MLW):** La altura promedio de todos los niveles de marea de las bajamares observadas durante un período de 19 años.
- **Pleamar extraordinaria**
- **Bajamar extraordinaria**

MARCA DE NIVELACIÓN EN
CABILDO DE MONTEVIDEO



SUPERFICIE DEL AGUA
EN UN MOMENTO CUALQUIERA

22.97 m

23.88 m

NIVEL MEDIO DEL MAR (MSL)

0.91 m

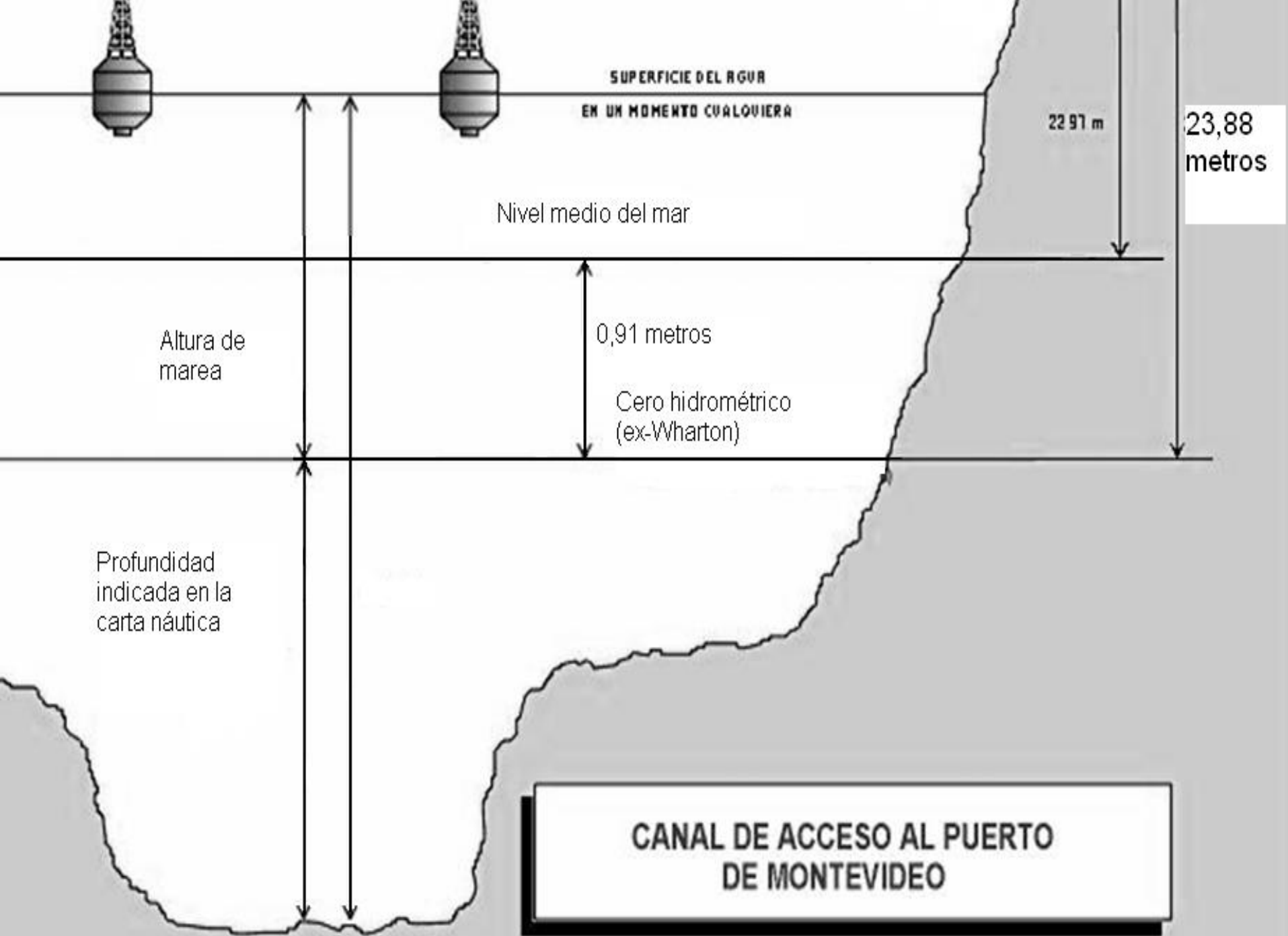
ALTURA DE MAREA

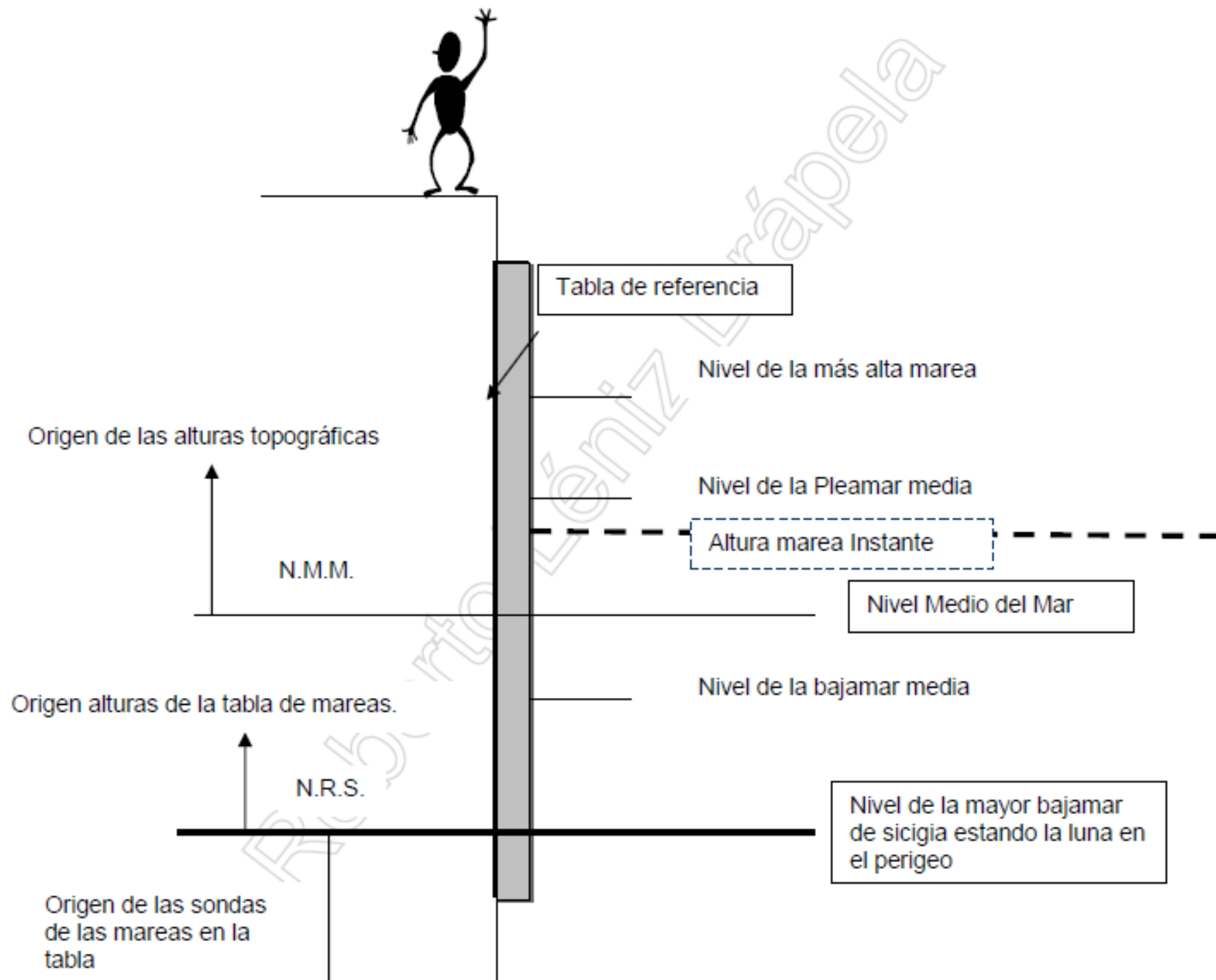
NIVEL DE REDUCCIÓN DE SONDA (CD)
CERO HIDROMÉTRICO (EX-WHARTON)

SONDAJE

PROFUNDIDAD
INDICADA EN
LA CARTA

CANAL DE ACCESO AL PUERTO
DE MONTEVIDEO

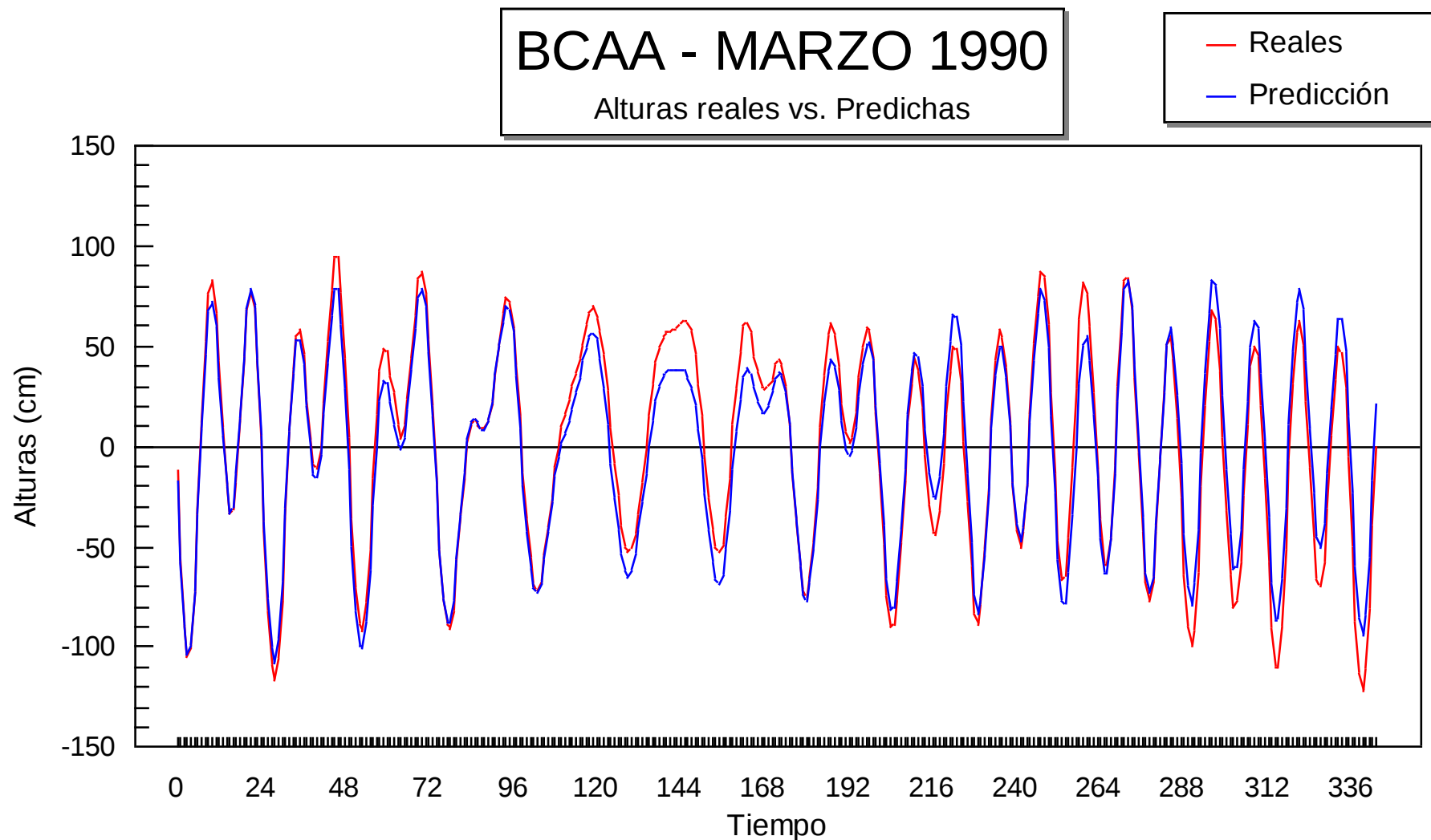




Tablas de Marea

- Cálculo: Análisis Armónico de alturas horarias de mareas de un año de duración (mínimo).
- Menor período se analiza conjuntamente con un “*Puerto Patrón*”.
- Resultado: Constantes Armónicas (amplitud y fase)

Tablas de Marea - *BCAA*



PUERTO DE MONTEVIDEO

Latitud	34° 54.2' S
Longitud	56° 15.4' W
Huso Horario	+ 3
Régimen de marea	Semidiurno con desigualdades diurnas
Establecimiento de Puerto Medio	0 h 09 m
Nivel Medio	91 cm
Carta de Referencia	N° 40 edición Setiembre 1997 N° 41 edición Setiembre 1997

Alturas en centímetros referidas al cero de la escala del Puerto de Montevideo. El cero de la escala del Puerto de Montevideo coincide con el Plano Hidrométrico Provisorio (Ex-Wharton).

PUERTO DE MONTEVIDEO

NOVIEMBRE 2003

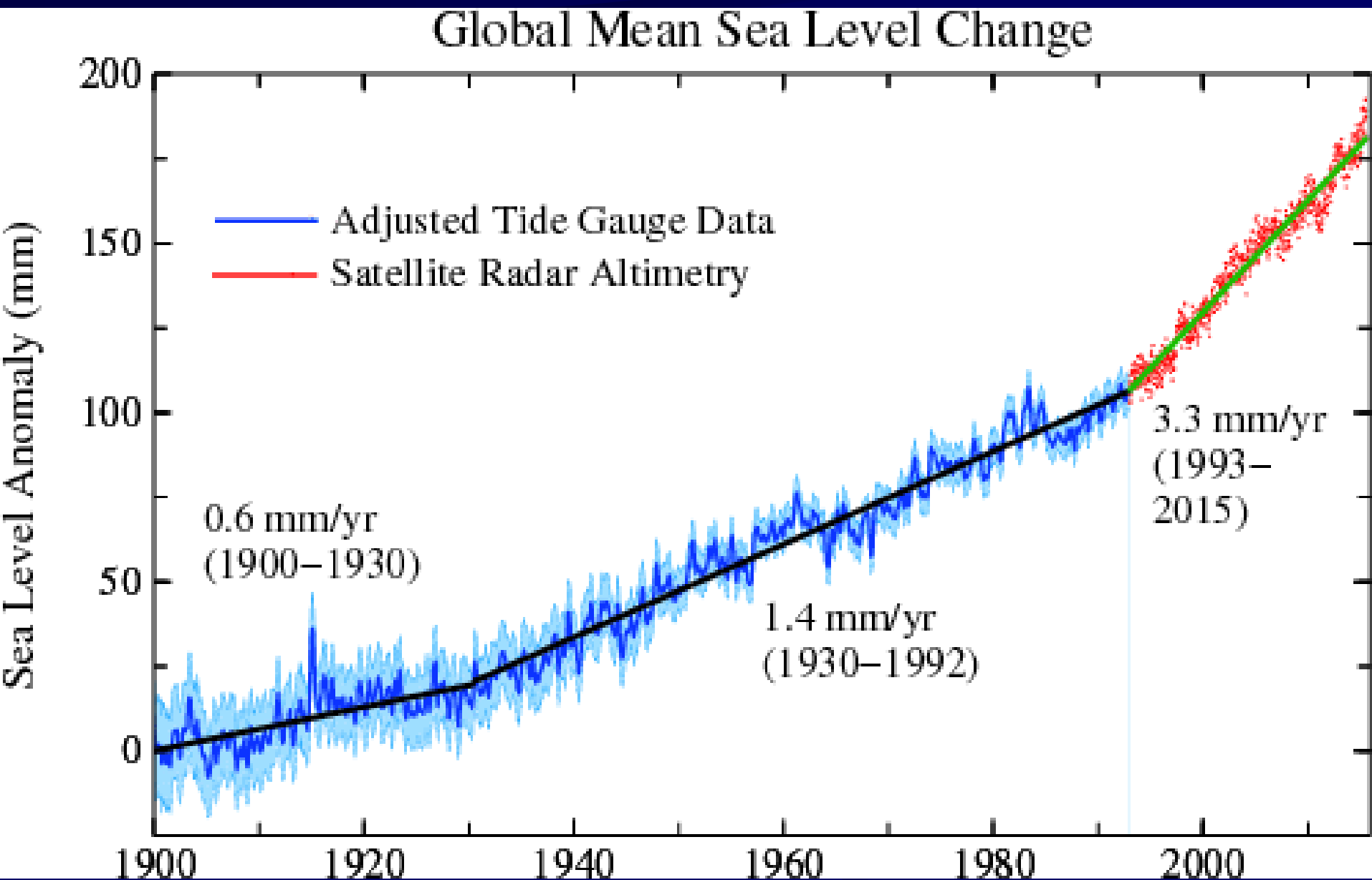
Latitud 34°54.2' S
Longitud 56°15.4' W

Los valores están dados en centímetros

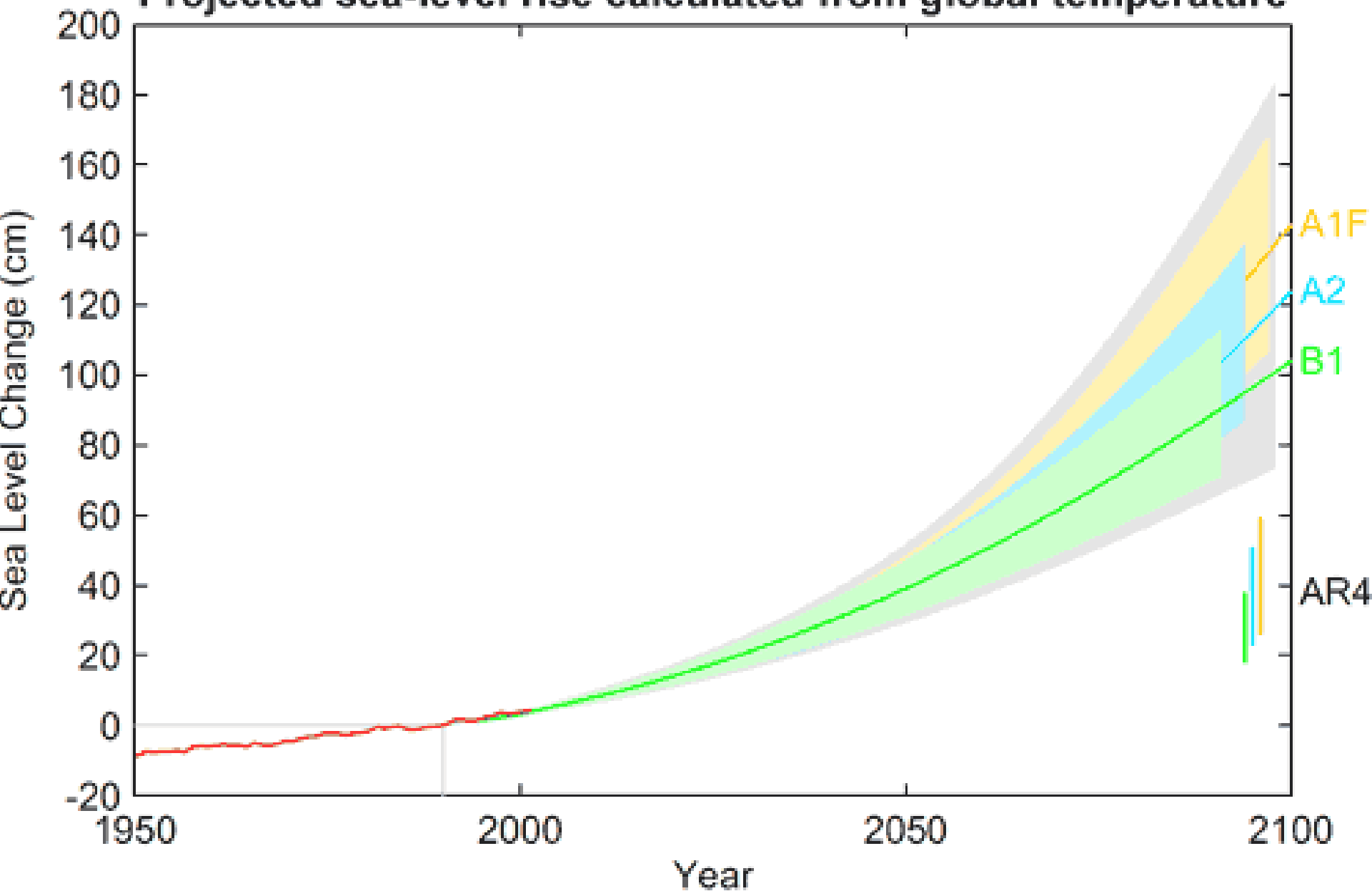
Huso + 3

	H O R A S																							
DD	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	65	71	77	80	84	89	95	98	99	96	85	74	73	80	90	97	103	110	116	119	118	113	101	85
2	74	71	74	78	80	82	86	90	93	94	91	83	75	74	78	88	92	98	104	110	114	114	111	102
3	90	80	75	76	79	79	80	83	86	88	90	89	82	75	72	74	81	87	92	98	104	108	110	110
4	104	93	83	77	77	79	78	78	80	83	85	88	88	82	74	68	70	76	81	85	91	98	103	107
5	109	104	93	83	77	78	79	78	77	79	81	84	88	87	80	71	64	66	71	76	80	86	94	100
6	105	107	102	91	81	76	77	78	78	78	80	83	86	89	88	78	68	61	63	68	73	78	84	92
7	98	104	105	98	88	78	75	77	79	79	80	82	86	88	90	85	76	66	60	62	68	73	78	85
8	92	98	102	101	94	84	75	74	78	81	82	84	87	90	91	90	84	75	65	60	64	71	76	81
9	88	94	98	100	97	90	81	73	74	81	84	86	89	92	94	93	91	84	74	65	63	70	76	81
10	86	92	97	98	98	94	86	78	73	78	85	89	91	95	97	97	96	92	83	74	67	69	77	83
11	87	91	96	99	99	98	92	84	77	77	84	91	94	97	100	102	101	98	93	83	75	72	77	85
12	89	92	96	100	101	100	98	90	82	79	83	91	96	99	102	105	106	104	101	93	83	77	78	85
13	91	93	97	100	102	102	101	97	88	83	84	90	97	100	104	107	109	109	107	102	92	83	81	86

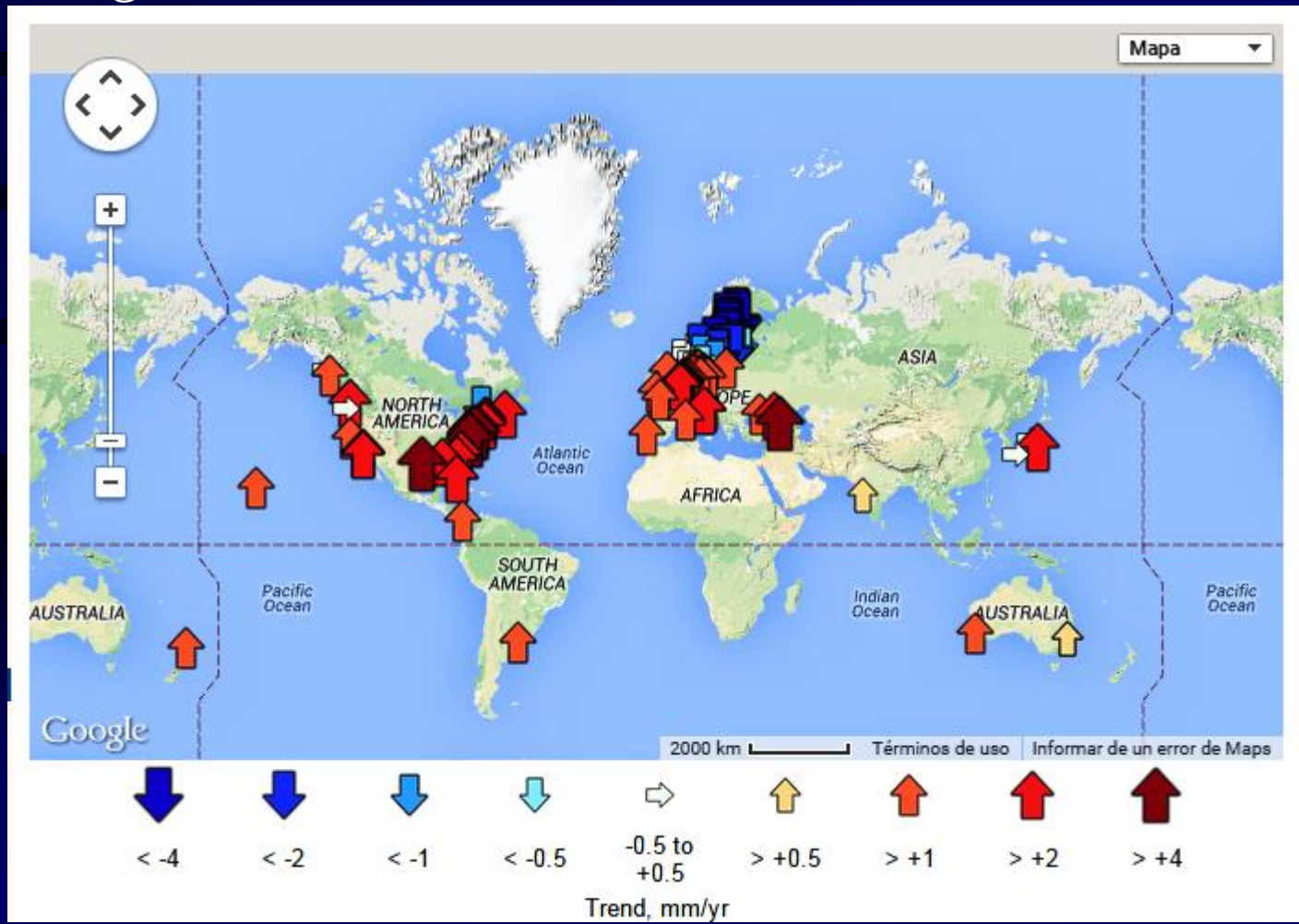
El aumento del nivel del mar y sus consecuencias son difíciles de cuantificar



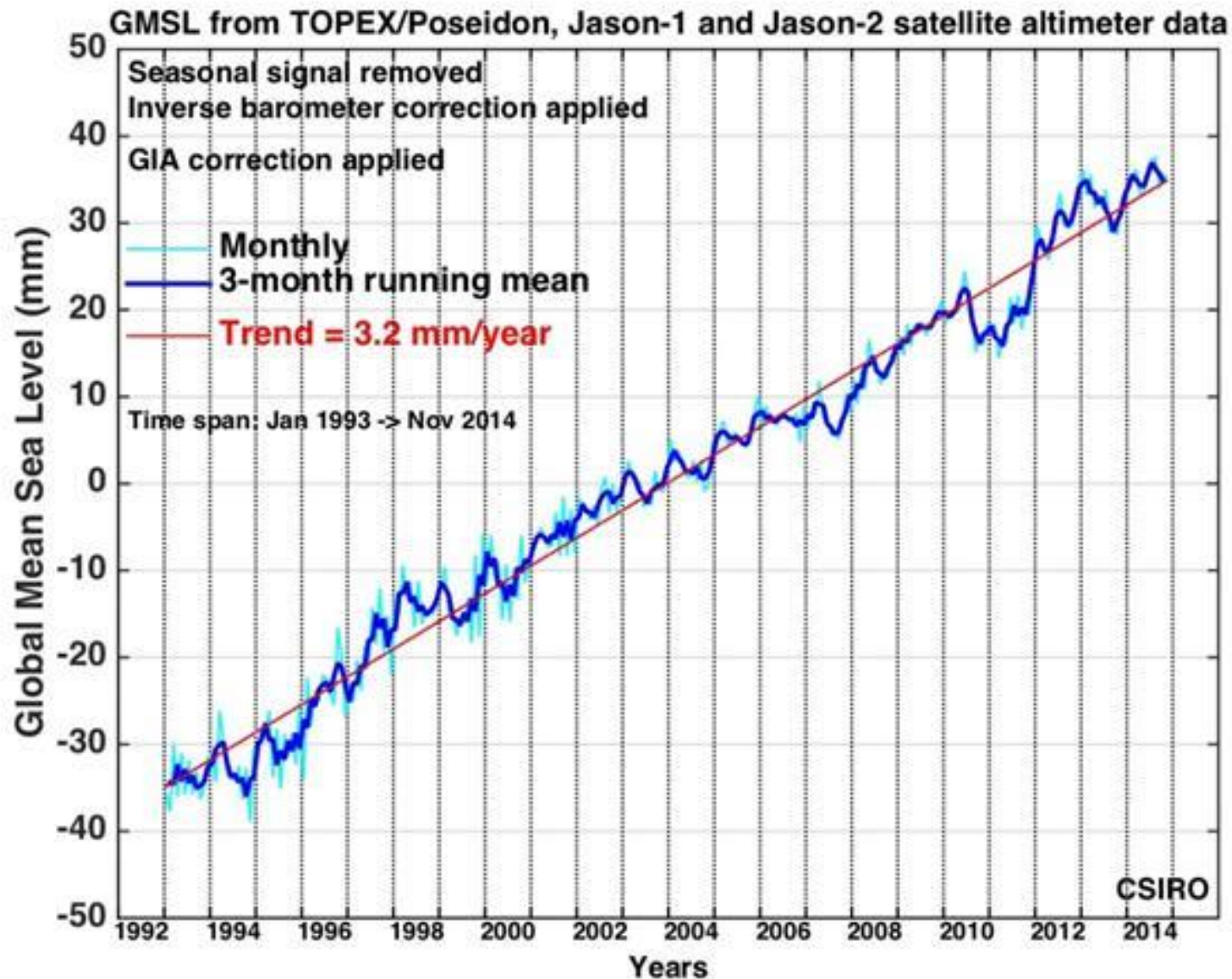
Projected sea-level rise calculated from global temperature



❄️ A nivel mundial, los registros de los mareógrafos (principalmente los de boya y contrapeso) son los que se utilizan para determinar las tendencias de largo período del nivel del mar (100-200) años. Proveen muy buenas medidas de los cambios de nivel en localidades específicas. Se han realizado numerosas publicaciones que ponen en evidencia al aumento del nivel del mar a escala global.



➤ Nivel medio del mar en la costa uruguaya



Aunque la actual tasa de aumento del NM parezca baja (salvo en Punta del este y La Paloma), un pequeño aumento de los niveles puede afectar severamente regiones que poseen una costa con pendiente suave.



Muchas playas turísticas se caracterizan por poseer pendientes suaves:
Foto playa mansa de ATLANTIDA

Este aumento incluye: aceleración de erosión costera, inundaciones de tierras bajas, pérdida de humedales costeros

HUMEDALES DE URUGUAY

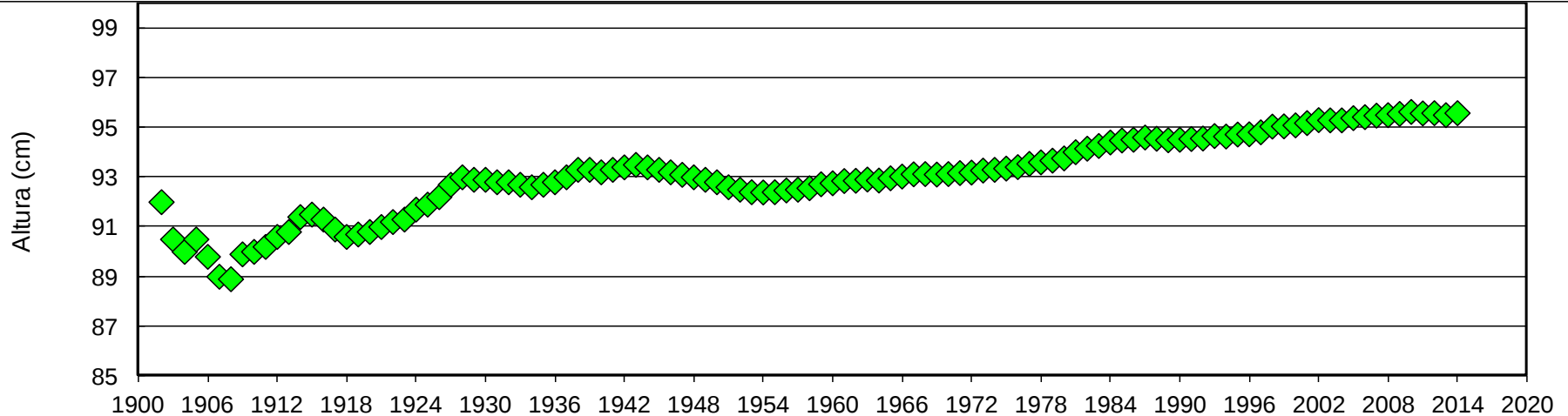
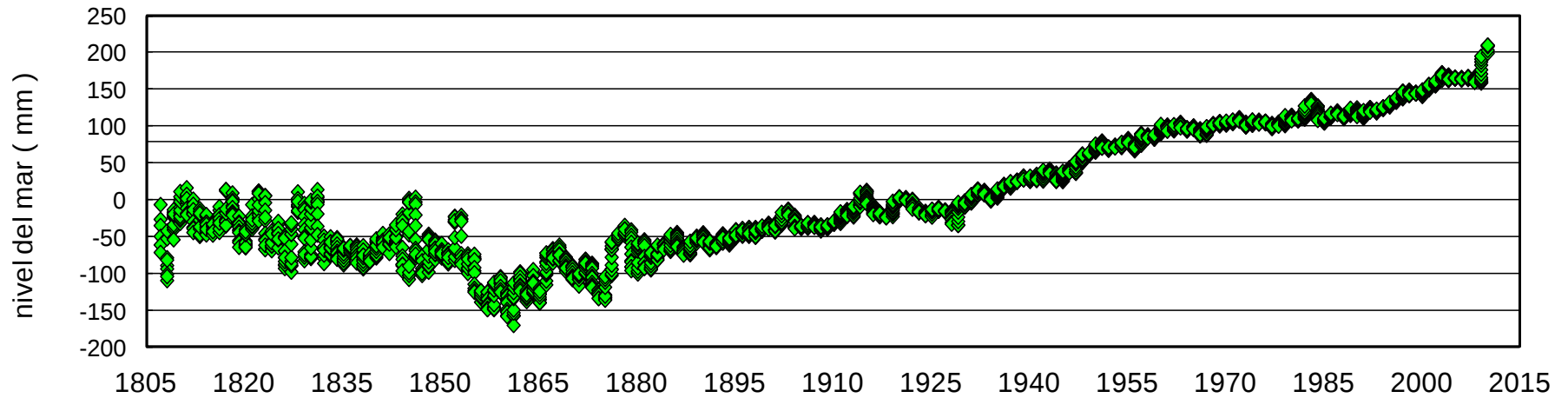


Sumado a eso se produciría un incremento del daño producido por eventos extremos que impacten las costas uruguayas.



Rambla de Montevideo 19/09/2012

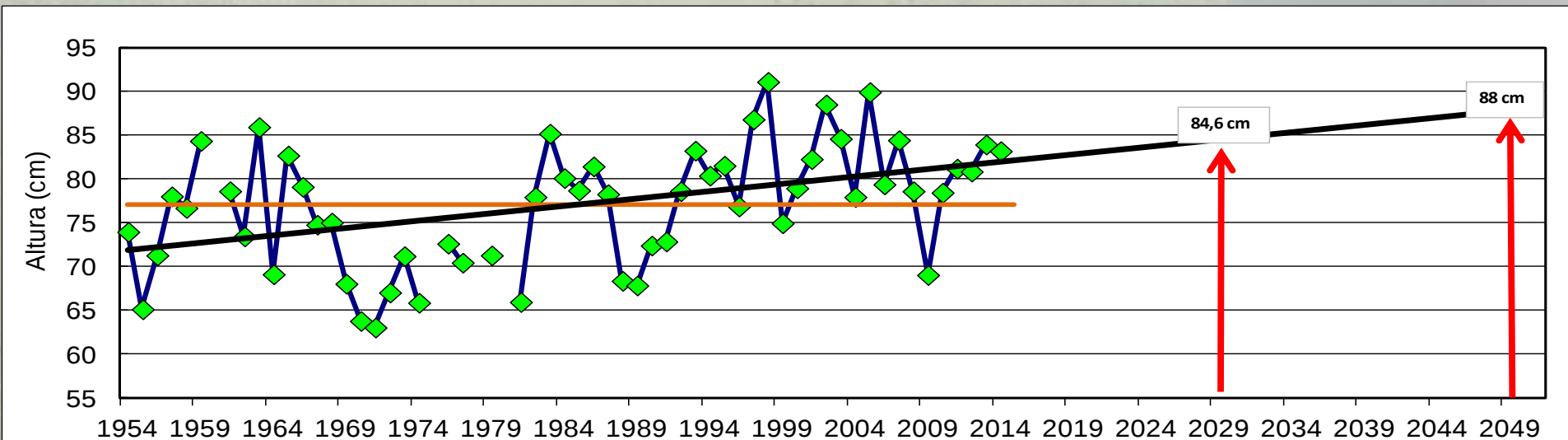
La estimación de las tendencias a largo plazo y el establecimiento de las curvas incrementales mostrando los cambios del NMM en mm/año son de suma importancia



La costa uruguaya cuenta con cuatro estaciones que registran el nivel del agua o del mar Colonia, Montevideo, Punta del Este y La Paloma.

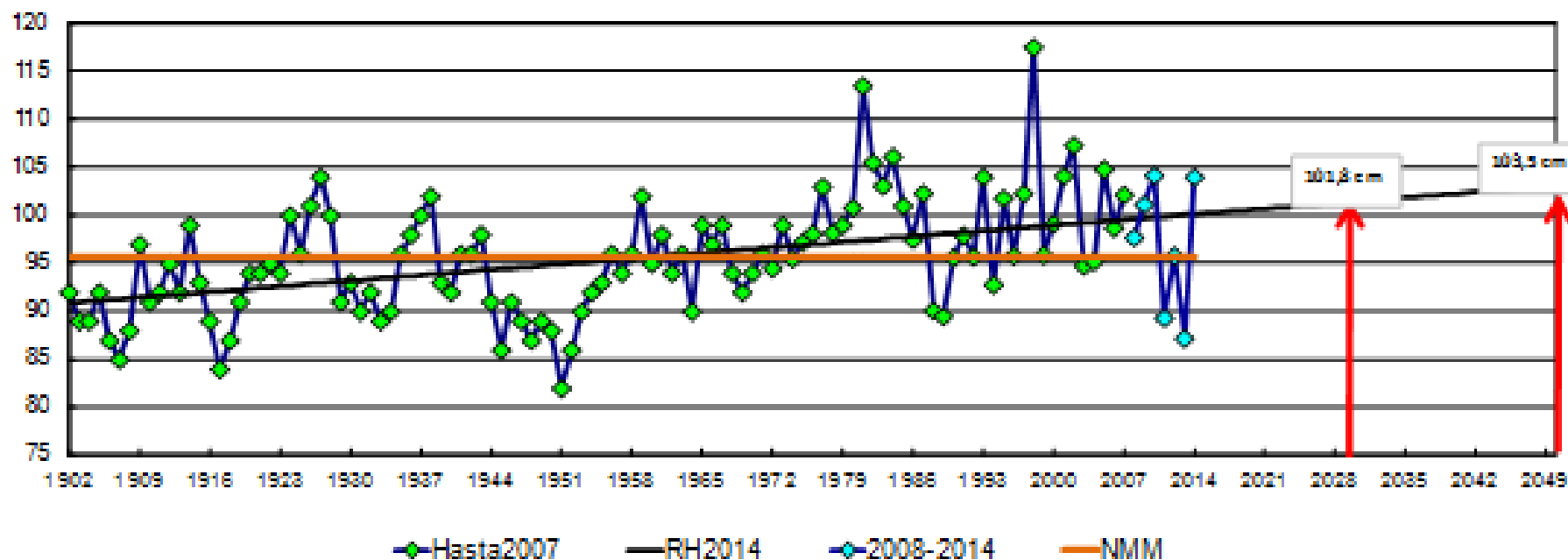
Colonia

La tendencia calculada del incremento del NMM fue de 1,68 mm por año. Basados en la proyección regresiva lineal, para el año 2030 el NMM aumentaría hasta 84 cm. Para el año 2050 el aumento del NMM llegaría a 88 cm.



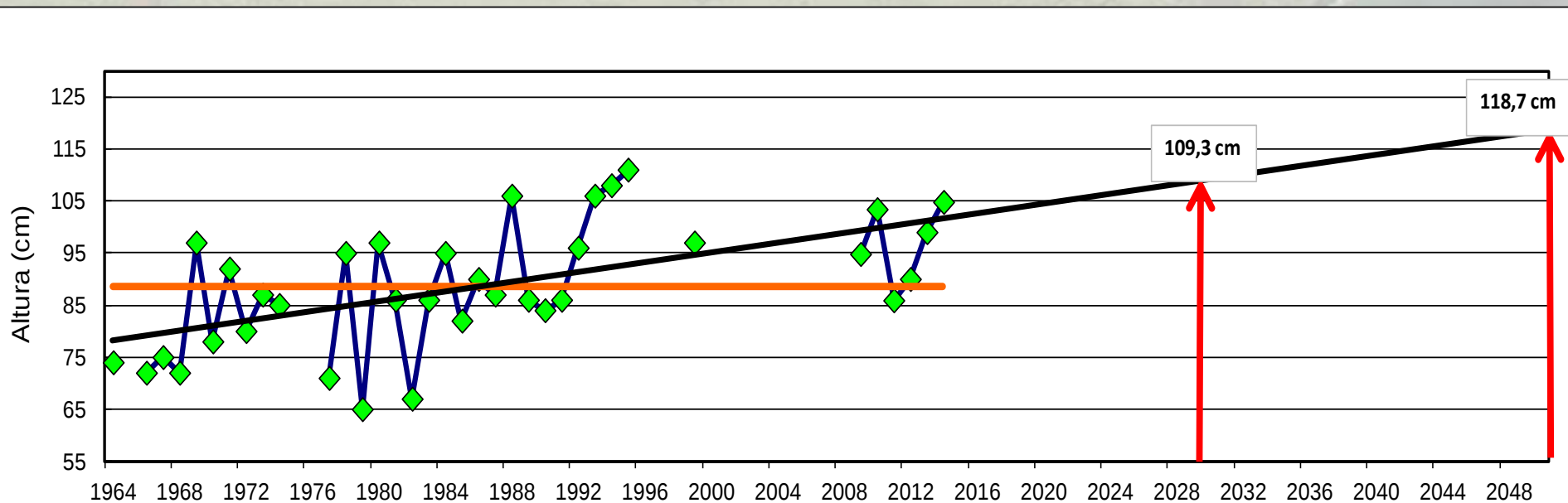
Montevideo

Las fluctuaciones anuales mostraron moderada correlación con las de la presión atmosférica y de los caudales del Río de la Plata. Se observaron variabilidades de la descarga fluvial, mayormente asociados a: El Niño (desvíos positivos por encima del NM)(1959, 1965, 1982, 1987, 1993, 1998, 2002, 2005, 2007, 2009-2010 y 2014), la Niña (desvíos negativos por debajo del NM)(1951, 1964, 1970, 1988-1989 y 2011).



Punta del Este

La proyección así estimada del nivel del mar en Punta del Este en el año 2030 llegaría a 109 centímetros y para el 2050 se situaría en 118 cm sobre el cero hidrométrico, lo que equivale a un aumento de 20 centímetros para 2030 y 30 centímetros para 2050.



La Paloma

Las proyecciones para el año 2030 indican que el NMM llegaría a 104 centímetros y para el 2050 se situaría en 110 cm sobre el cero hidrométrico, lo que equivale a un aumento de 14,7 centímetros para 2030 y 20,8 centímetros para 2050

