Imágenes de sensores remotos para la detección y caracterización de erosión costera

Dirección General de Geografía y Medio Ambiente
Dirección General Adjunta de Recursos Naturales y de Medio Ambiente
Departamento de Geología

INEGI
INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

Introducción

- En la actualidad, en muchas regiones alrededor del mundo, efectos naturales y antrópicos, como el calentamiento global y el descontrolado desarrollo en la franja costera, han generado alteraciones importantes en la dinámica litoral, cambiando el equilibrio natural de los depósitos sedimentarios que conforman playas y dunas, así como en el incremento de erosión en los acantilados.

- La erosión en las costas de México es el resultado de una combinación de causas tanto naturales como inducidas por el hombre.

- El control de avenidas y retención de sedimentos por las presas de los ríos, la obstrucción del drenaje fluvial y la destrucción de dunas por parte de los desarrollos turísticos y urbanos, causan desequilibrio de los sistemas costeros, provocando procesos erosivos acelerados con pocas posibilidades de recuperación.

¿QUÉ ES EROSIÓN COSTERA?

La erosión costera es un fenómeno natural que se origina por la interacción de los procesos climáticos, meteorológicos, hidrodinámicos y sedimentarios con la morfología costera y con la batimetría del fondo en la zona cercana a la costa, así como la intervención del hombre que desequilibra y magnifica el fenómeno produciendo un retroceso en la línea de costa (Rivera et al., 2004).

INEGI
INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

- **17 estados tienen apertura al mar**
- **Ocupan una superficie continental total de 1 095 084 km^2**
- **Representa aproximadamente 56 % del territorio nacional (430 000 km^2 de extensión costera).**

Para 2015 la población total de los 151 municipios costeros era de 18 683 124 habitantes, lo que representa el 14.7% de la población total del país.

Los 151 municipios que tienen apertura directa al mar constituyen aproximadamente 21 % de la superficie del país.

Inventario Nacional de Fenómenos Geológicos

En 2011, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) inicia la conformación del Inventario Nacional de Fenómenos Geológicos, incluyendo la capa Erosión Costera, ubicando sitios donde se ha reportado pérdida de playa.

El inventario se inicio con **71 registros** de Erosión Costera en el litoral mexicano, actualmente se tiene un **total de 574 sitios** con alguna condición de pérdida de playa.

Antecedentes

- De 1807 a 1927, todas las representaciones de la línea costera fueron generadas a través de mediciones en campo.
- De 1927 a 1980 las fotografías aéreas fueron conocidas como la única fuente para el mapeo de la costa mediante técnicas de restitución.

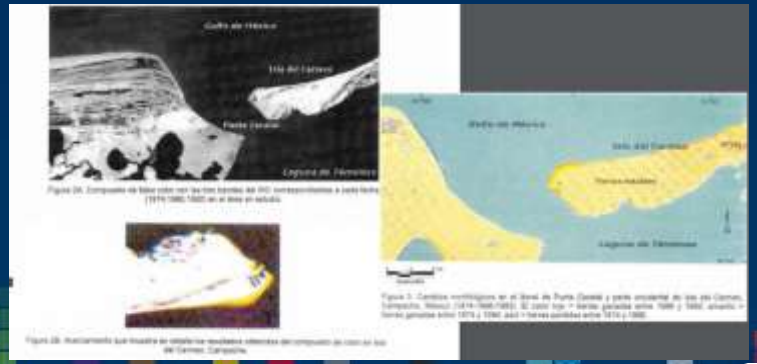
• Desde la década de los 1970s, la comunidad científica tiene acceso a las imágenes de satélite, proporcionando una visión global y periódica de la superficie terrestre.

INEGI
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

- En los últimos años se han tenido grandes avances en la tecnología de las imágenes de satélite, donde la resolución (espacial y radiométrica) ha ido en aumento, tal es el caso de las plataformas: Geoeye, Aster, Ikonos y Quickbird.

Algunos de los trabajos basados en imágenes satelitales en México, delimitan la línea de costa mediante una composición en color utilizando bandas del infrarrojo cercano.

- Como en *A. G. Palacios, "Detección de cambios en la morfología litoral de Punta Zacatal y parte occidental de Isla del Carmen, Campeche, mediante el análisis multitemporal de imágenes de satélite".*



- O como en *V. Torres, A. Z. Márquez, A. Bolongaro, J. Chavarría-Hernández, G. Exposito, E. Márquez-G, "Tasa de erosión y vulnerabilidad costera en el estado de Campeche debido a efectos del cambio climático,"* obtuvieron el trazo por vectorización directa en pantalla de imágenes satelitales Landsat, Quickbird, e Ikonos.

Tabla 1. Descripción de la información recopilada.

Material	Tamaño del píxel	Formato	Año	Fuente	Tipo de datos
Cartografía del área	NA	Digital	1995 y 2001	INEGI	Vectorial
Imágenes de Satélite Landsat MSS, TM y ETM; Ikonos	MSS: 57 m TM: 28.5 m, ETM: 14.25 m Ikonos: 1 m	Digital	1974, 1986, 1996, 2008	Diversas	Imagen raster
Ortofotografías	1.5 m	Digital	1994, 1995 y 2001	INEGI	Imagen Raster

INEGI
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

A partir del 2012, el Departamento de Geología de la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente del INEGI, consideró dentro de su programa de trabajo, elaborar el mapa Nacional de Susceptibilidad a la Erosión Costera, que pretende dar cubrimiento nacional del fenómeno.

Con base en lo anterior, se considera que éste mapa represente un punto de partida en la investigación a detalle del fenómeno y genere modelos de: peligro, vulnerabilidad y riesgo que auxilien en la mitigación de los efectos del evento.

→ Insumo

→ Trazo

INEGI
INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

Tratamiento digital de imágenes

La detección de cambio en la línea costera se obtiene mediante la comparación temporal de dos imágenes raster (imágenes con las bandas del espectro azul, verde e infrarrojo medio).

- **Imágenes utilizadas:**

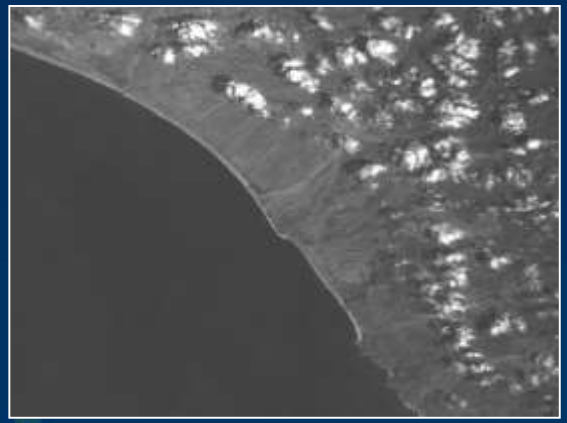
Landsat 4,5, 7 y 8; con resolución de 30 metros por pixel, con 7 a 11 bandas espectrales y disponibilidad desde 1983 al presente.

Las imágenes se adquieren radiométrica y geométricamente corregidas y registradas a una proyección cartográfica referida a WGS84. También cuenta con corrección topográfica por desplazamiento debido al relieve.

INEGI
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

- **Pre-proceso:**

1. Seleccionar una misma escena que contenga el área de trabajo.
2. Imágenes de dos diferentes fechas (diferencia entre imágenes de alrededor de 10 años o más).
3. Que no tenga nubosidad que obstruya la costa.
4. Reducir el área a un buffer de algunos cientos de metros a cada lado de la línea costera.



- **Extracción de polígonos de Erosión-Acreción**

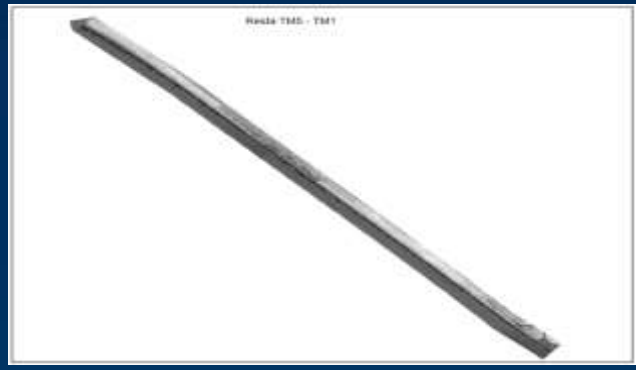
Separar los pixeles que corresponden a tierra de los que representan el agua.

✓ Agua: Alta reflectividad en las bandas del azul-verde y nula o muy baja en el infrarrojo medio.

✓ Tierra: Menos reflectivo en bandas azul-verde y alta en el infrarrojo medio.

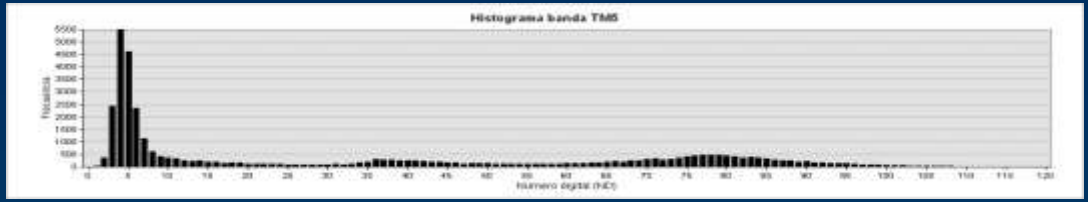
Para potenciar la diferencia entre los dos materiales se realiza una operación de sustracción entre las bandas del infrarrojo medio y la banda del azul.

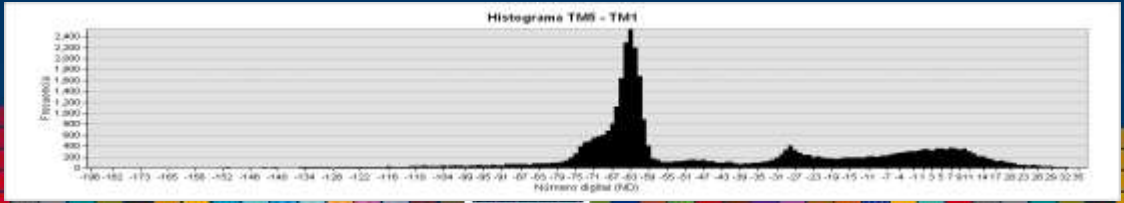
WI = TM5-TM1



Histograma de frecuencias

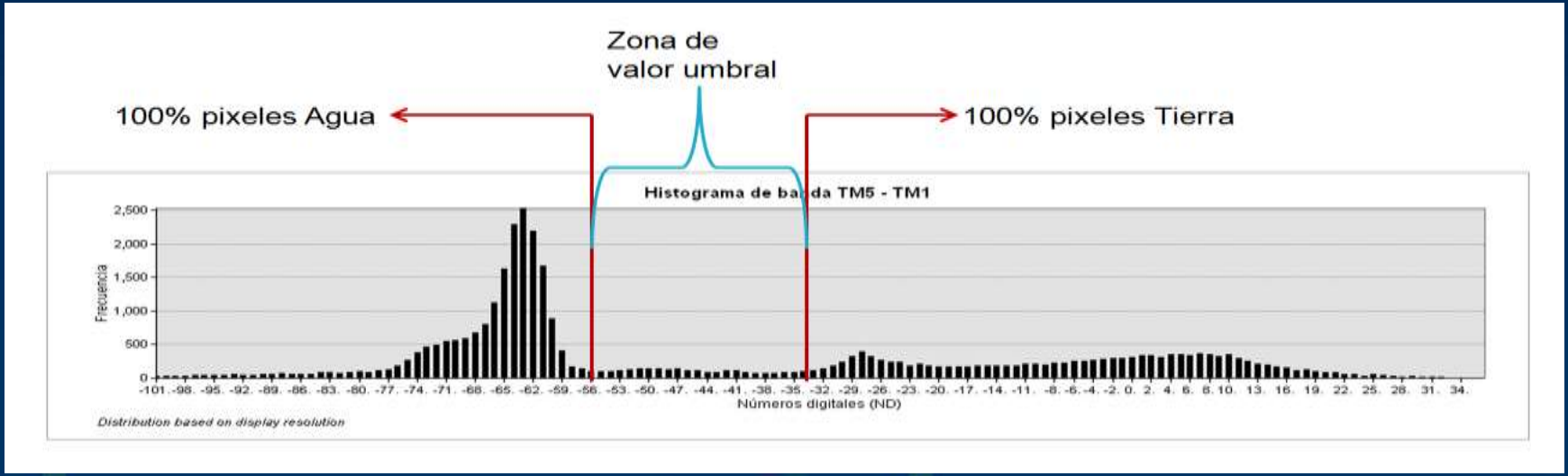
La sustracción de bandas, permite obtener un histograma de frecuencias mejor definido al que se obtiene en cada banda individual; con un comportamiento bimodal o muy cercano a ello, donde cada máximo pertenece a un material (agua o tierra).





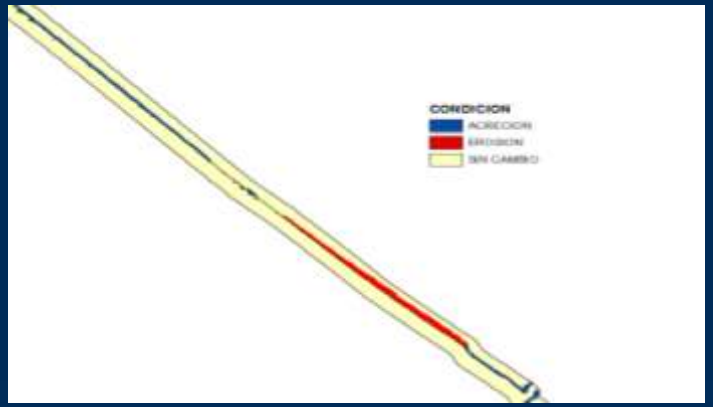
Valor del umbral

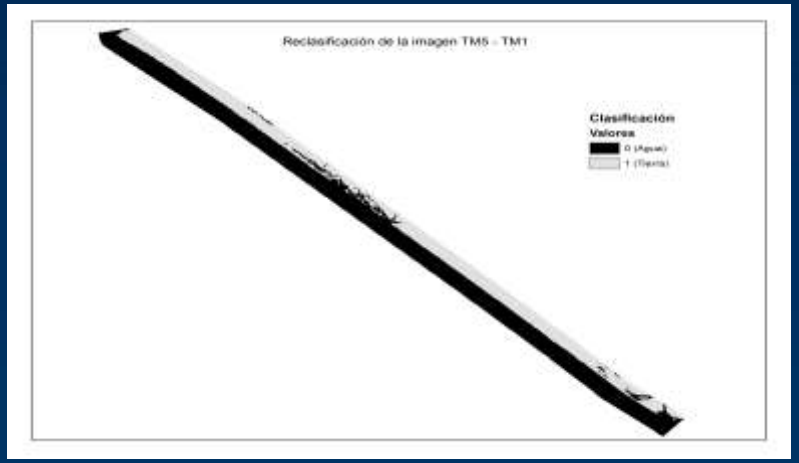
- ✓ Separa los materiales Agua y Tierra
- ✓ Con el valor umbral se reclasifica el raster producto de la sustracción.



Imágenes binarias

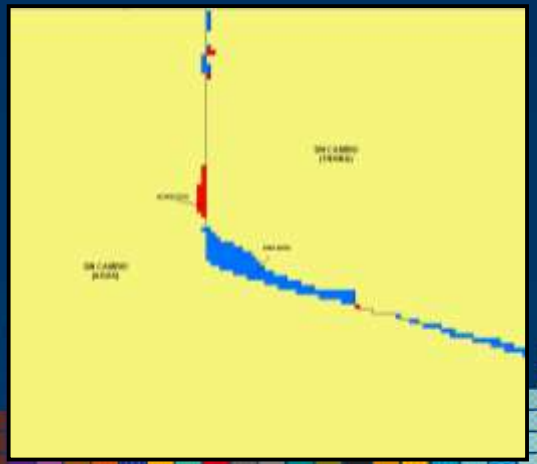
Se obtienen dos imágenes binarias con valores 0 y 1, que posteriormente se convierten a archivos vectoriales.





Los valores 0 pertenecen al agua y 1 a tierra.

Los archivos vectoriales binarios se intersectan para obtener los polígonos de erosión y acreción.



INEGI
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

- Los polígonos de erosión se agrupan de acuerdo a la morfología, celdas y sub celdas costeras, para calcular su área y posteriormente obtener la tasa de erosión para cada zona mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa} = \text{área} / (\text{año } 2 - \text{año } 1)$$

Cada zona se reclasifica en base a la condición de la playa y en rangos de tasa de erosión de acuerdo a los siguientes criterios:

Acreción: aumento en la depositación de sedimento.

Estable: valor < 250 m^2/año.

Perceptible: 250 m^2/año ≤ valor ≤500 m^2/año.

Apreciable: 500 m^2/año < valor ≤ 2500 m^2/año.

Aguda: 2500 m^2/año < valor ≤ 5000 m^2/año.

Intensa: valor > 5000 m^2/año.

Acreción	Aumento en la depositación de sedimentos
Estable	Tasa de erosión menor a 250m^2 por año
Perceptible	Tasa de erosión entre 250 y 500m^2 por año
Apreciable	Tasa de erosión > a 500 y hasta 2500m^2 por año
Aguda	Tasa de erosión > a 2500 y hasta 5000m^2 por año
Intensa	Tasa de erosión > a 5000m^2 por año

INEGI
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

• Actividad de campo

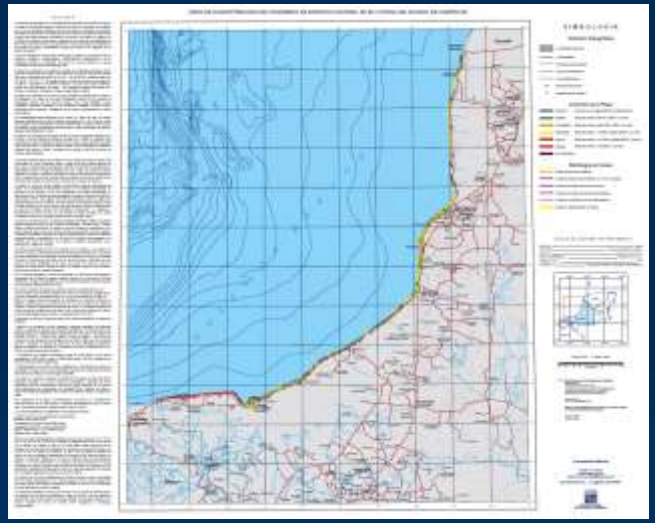
Levantamiento de información de campo en sitios con mayor erosión.

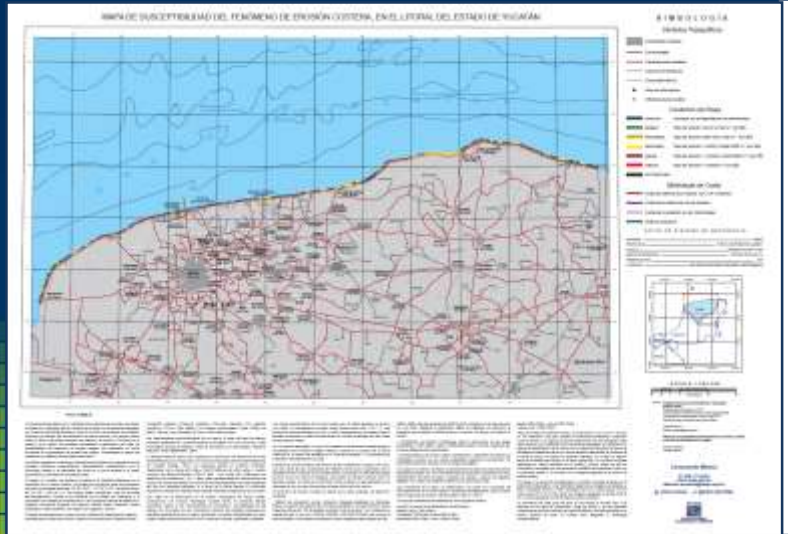
Resultados

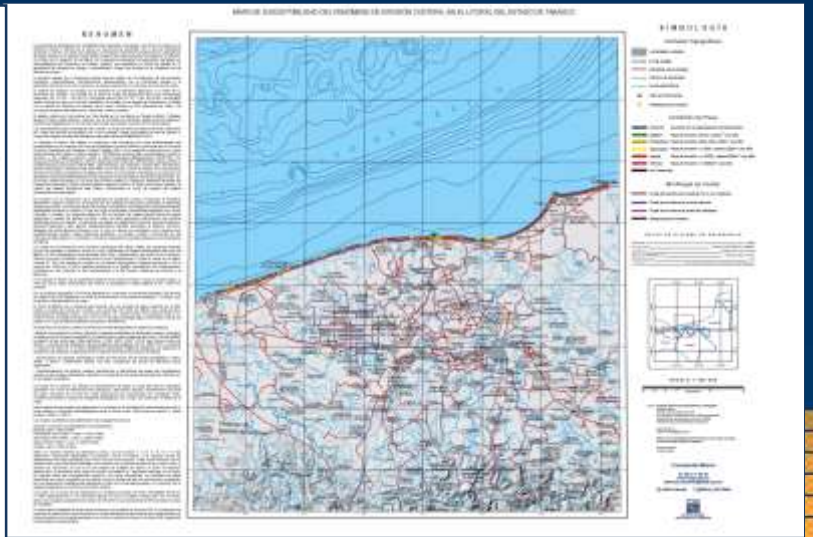
A la fecha se han publicado los Mapas de susceptibilidad a la erosión costera en la página web de INEGI* los estados de:

- Campeche
- Tabasco
- Yucatán

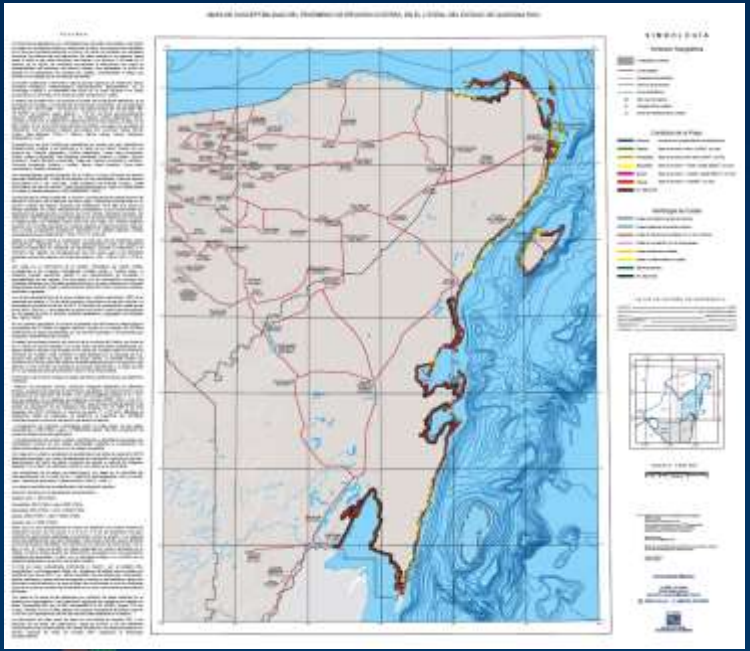
*(http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/geologia/default.aspx)





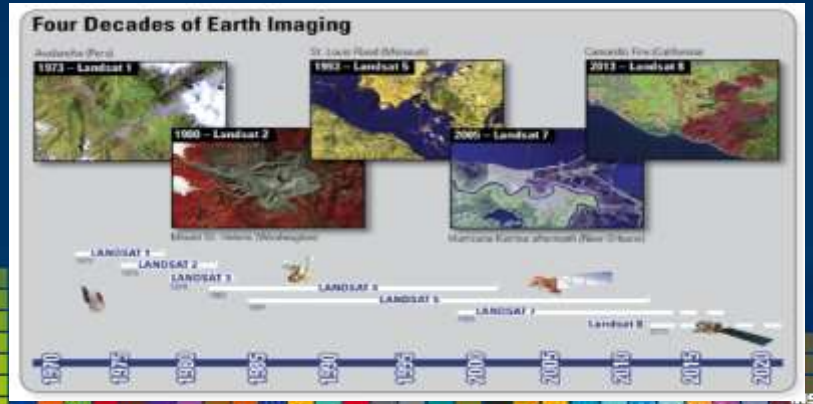


→Los mapas de los estados de Quintana Roo, Veracruz y Chiapas se encuentran en proceso de publicación.



Conclusiones

- El amplio registro (1982-) y periodicidad de las imágenes satelitales de resolución media como Landsat y Spot, permite detectar de manera indirecta cambios en la línea de costa ocurridos en áreas extensas, durante periodos de tiempo mayores a10 años, dependiendo de la tasa de erosión.



- Con imágenes alta resolución,se puede extraer la línea costera con una buena precisión, pero tienen un registro temporal muy reducido y en ocasiones no tienen un cubrimiento total de las áreas de trabajo.

INEGI
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

- El tratamiento digital de imágenes es muy útil para determinar áreas con cambios significativos en la línea de costa, sin embargo el levantamiento de información en campo siempre será indispensable para la vinculación entre la interpretación a distancia y el terreno.

- Para que se determine el peligro de erosión costera se deben tomar en cuenta los factores condicionantes (clima, mareas, vegetación) y detonantes (fenómenos naturales y antropogénicos) ya que estos se conjugan para minimizar o agravar el fenómeno.

INEGI
INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

- Comprender a fondo los procesos costeros que originan la erosión de playas es trascendental para poder llevar a cabo esquemas eficientes de manejo costero, los cuales provoquen el mínimo daño colateral a la infraestructura costera y promuevan una estabilidad ecológica.

INEGI
INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

Conociendo México

01 800 111 46 34

www.inegi.org.mx

atencion.usuarios@inegi.org.mx

@inegi_informa **INEGI Informa**

zoraya.vazquez@inegi.org.mx

INEGI

INSTITUTO NACIONAL
DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA