

LA VARIABILIDAD TEMPORO ESPACIAL Y LA MULTIESCALARIDAD COMO BASES PARA LA SUSTENTABILIDAD DE TERRITORIOS VULNERABLES*



Vista nocturna de la Avenida del Mar, La Serena, Chile

Prof. María Victoria Soto
Medellín, Colombia
Octubre de 2013

***Proyecto Fondecyt 1120234**



Sostenibilidad.....

(sustentabilidad)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA



Catástrofe
¿natural?



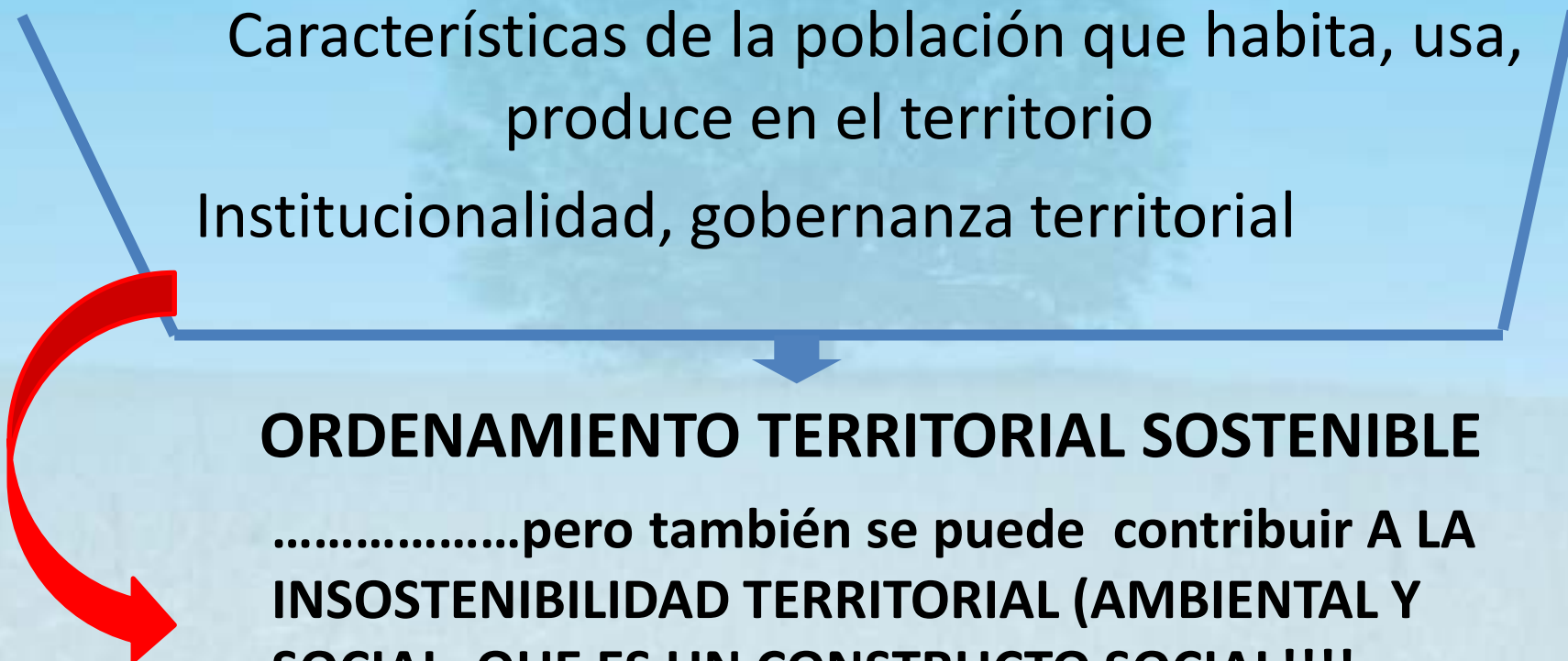
Viral.....

Sostenibilidad de nuestras ciudades en la actualidad: Contextos

Territorio físicos y sus procesos dinámicos

Características de la población que habita, usa,
produce en el territorio

Institucionalidad, gobernanza territorial



ORDENAMIENTO TERRITORIAL SOSTENIBLE

.....pero también se puede contribuir A LA
**INSOSTENIBILIDAD TERRITORIAL (AMBIENTAL Y
SOCIAL, QUE ES UN CONSTRUCTO SOCIAL!!!!**

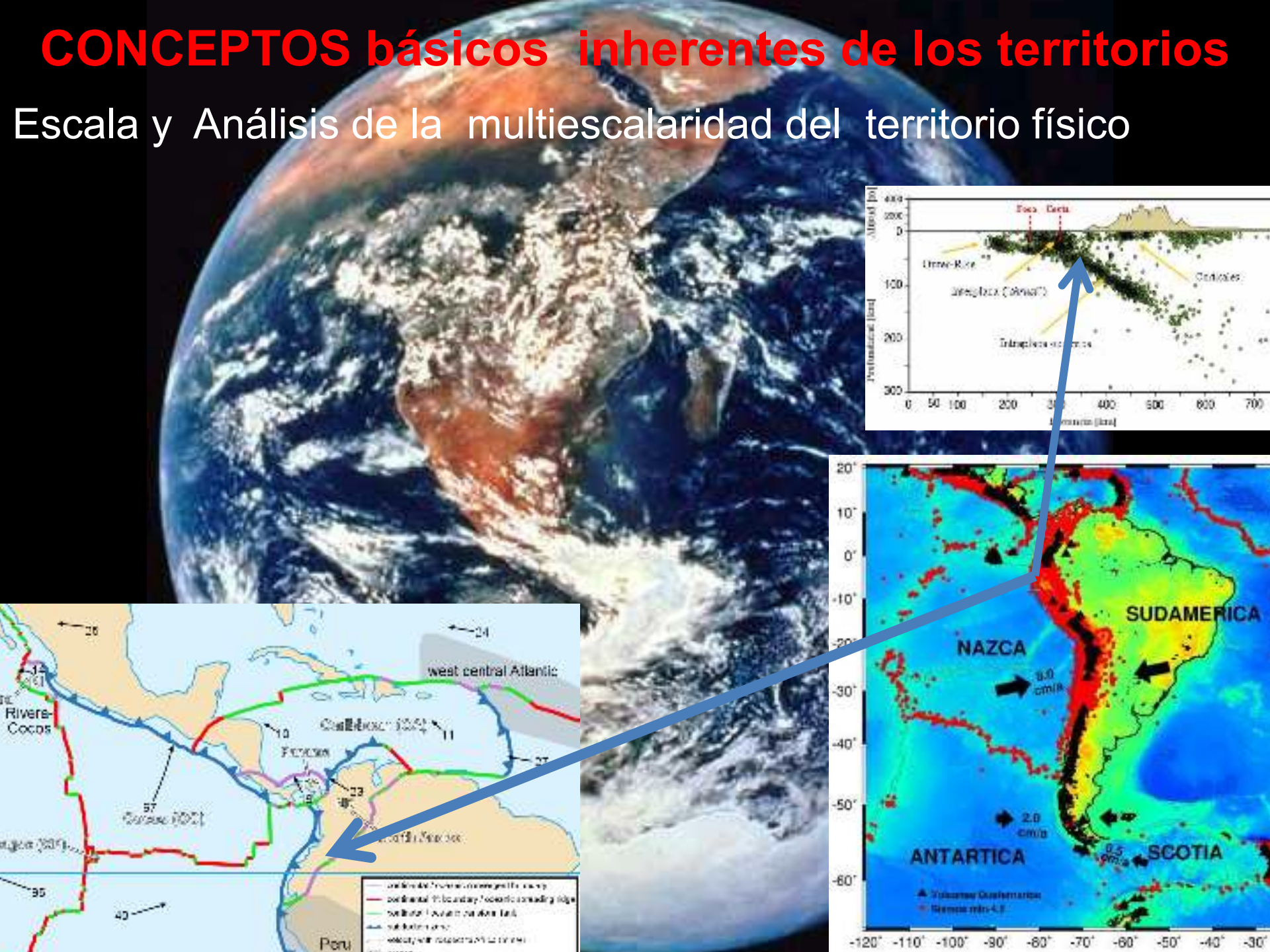
CONCEPTOS ESENCIALES ASOCIADOS AL ANÁLISIS TERRITORIAL

Sistemas complejos.....

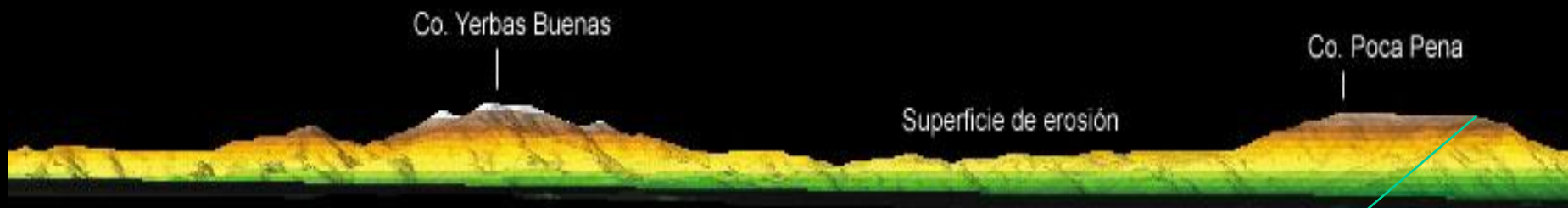
Escala y Análisis de la multiescalaridad del
territorio físico

CONCEPTOS básicos inherentes de los territorios

Escala y Análisis de la multiescalaridad del territorio físico



ESCALA Y MULTIESCALARIDAD



Perfil Norte
área de estudio



E

O

Multiescalaridad del territorio físico

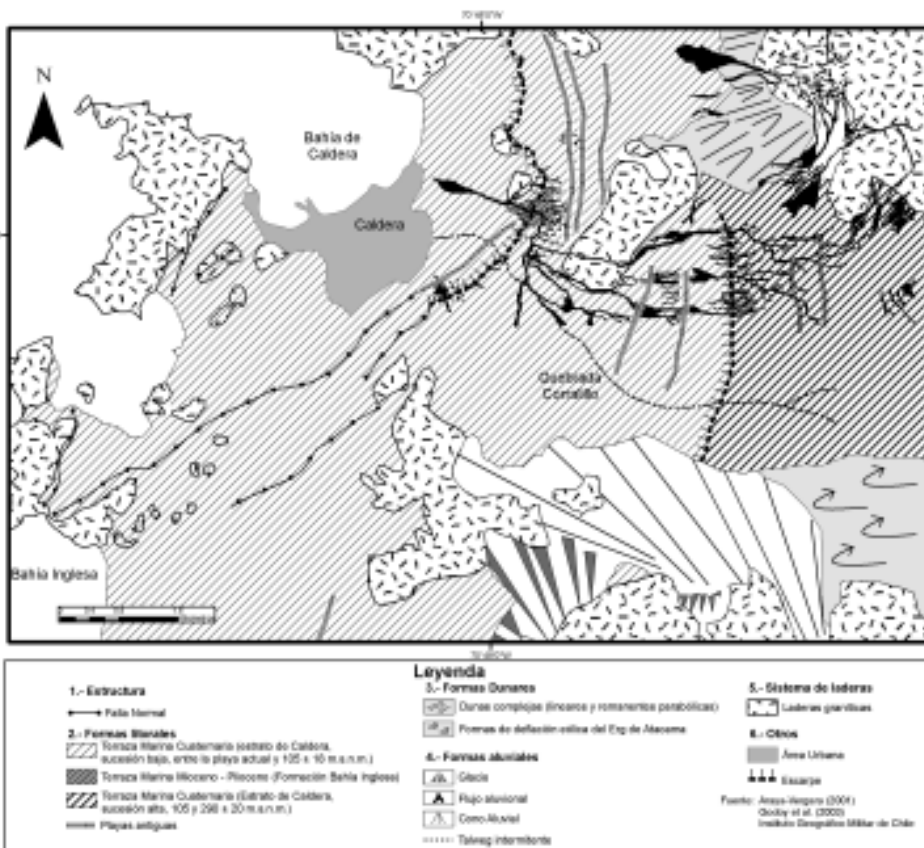


Micro cuenca del desierto marginal costero de Chile

¿Constituye una condición de amenaza?

¿Bajo que circunstancias?

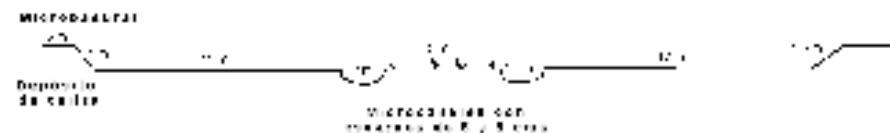
La multiescalaridad espacial y temporal en el análisis de los procesos costeros

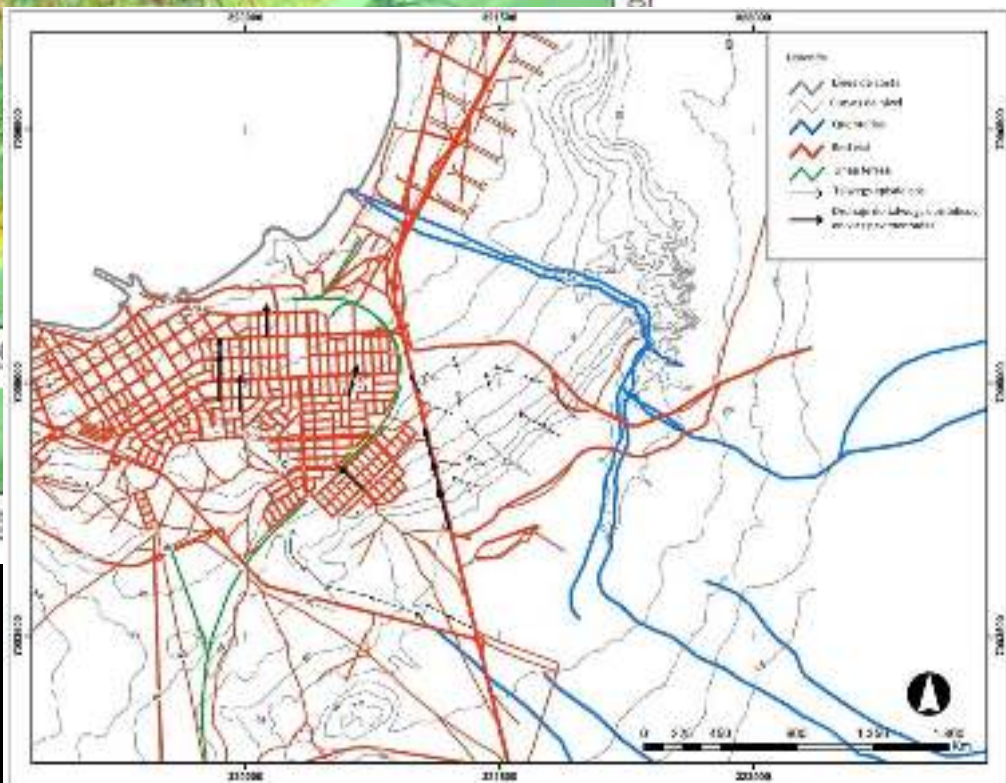


Soto et al., (2012)

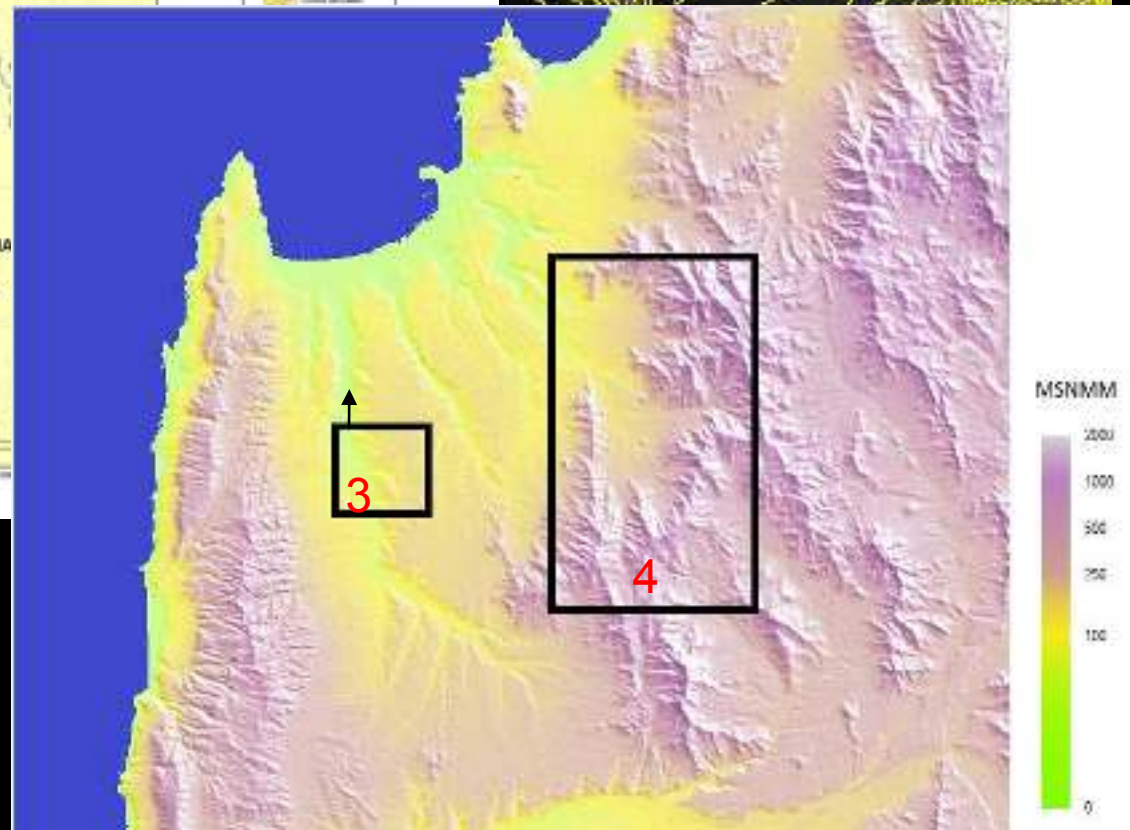
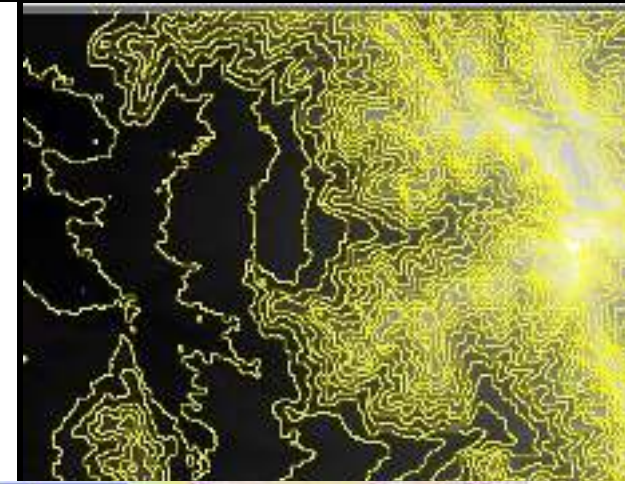
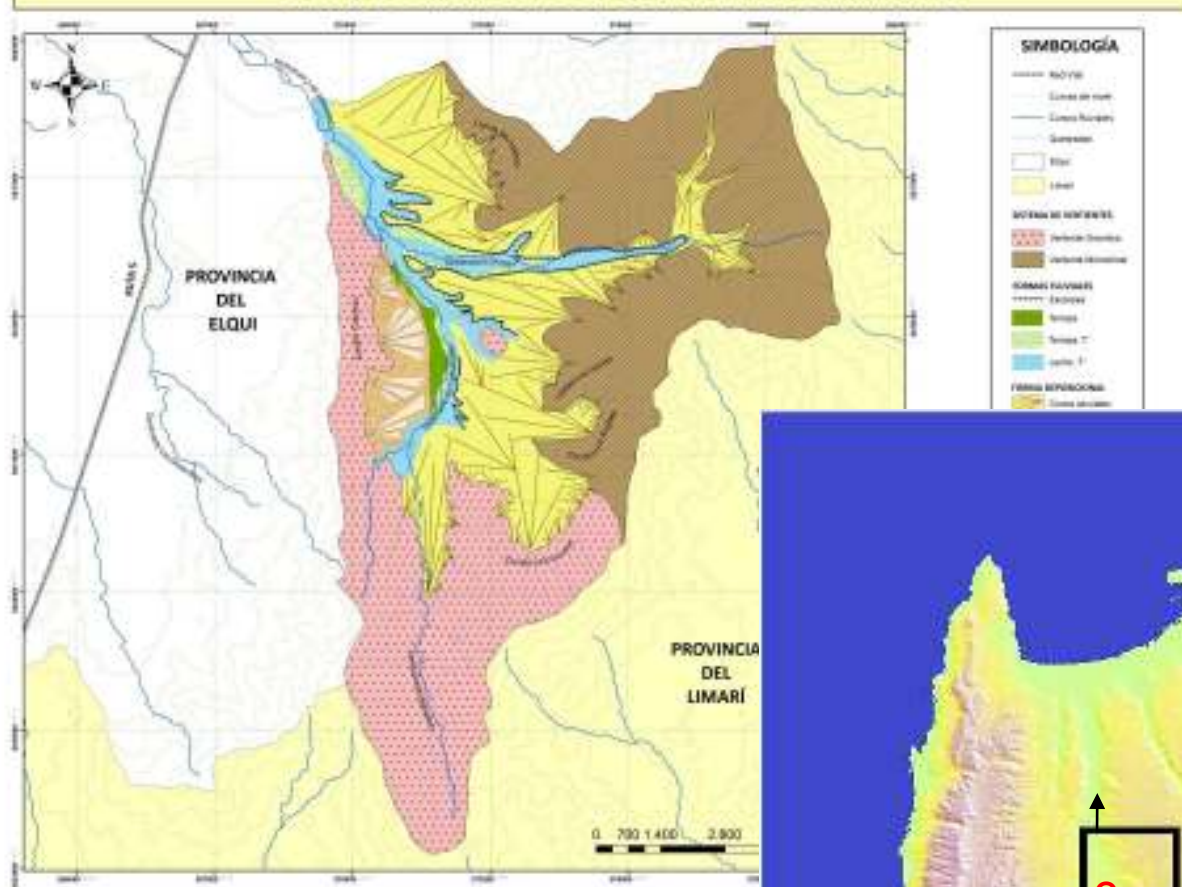


Perfil A



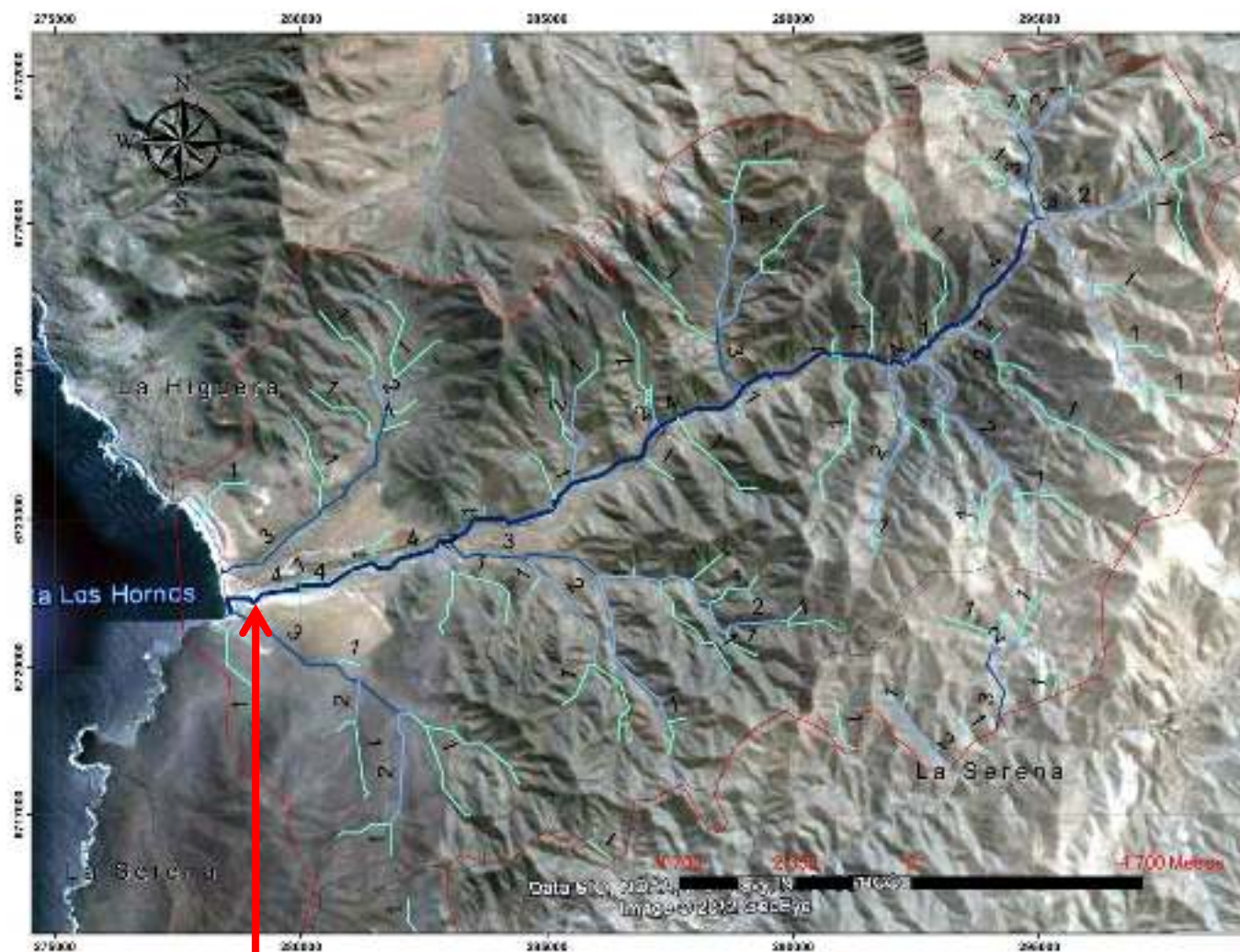


CARTA GEOMORFOLÓGICA QUEBRADA DE CAMARONES



Relación de tamaño de la unidad territorial y la respuesta a imput geodinámicas: jerarquía de cuencas y respuesta a precipitaciones concentradas en el semiárido costero de Chile

Jerarquía red de drenaje: Metodo Sthraler

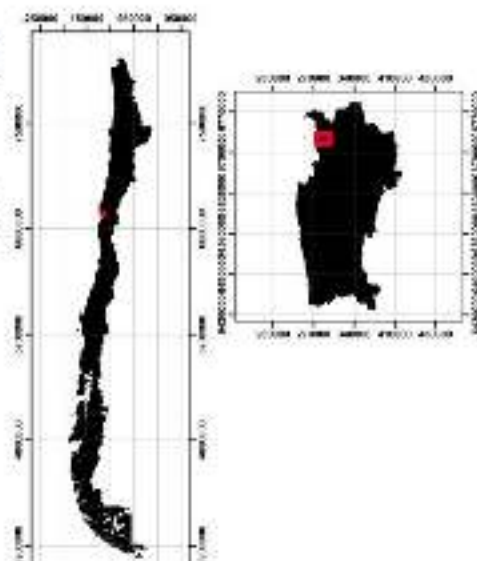



Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y urbanismo
Departamento de Geografía

"Geodinámica actual de una cuenca costera
 de zona convergente: Cabo de Hornos
 Región de Magallanes"

Proyecto FONDECYT
 N° 1120234/2012

Datos Geográficos:
 Proyección: Universal de Mercator (UTM)
 Origen de los Abscisas (E): meridiano 69° Oeste 500.000
 Origen de las Ordenadas (N): 10.000.000 a sur de Ecuador
 Las coordenadas UTM están referenciadas al Datum 1960
 Datum: WGS 1960
 Imagen satelital: Google earth 2011.



Ruta 5

1:65.000



Jerarquía de la cuenca: 4

DOMINIOS MORFOCLIMÁTICOS. SISTEMAS TERRITORIALES COMPLEJOS



**DOMINIO MORFOCLIMÁTICO, PISOS ALTITUDINALES,
DIMENSIÓN CLIMÁTICA, ECOLÓGICA Y AMBIENTAL**

DOMINIOS MORFOCLIMÁTICOS. SISTEMAS TERRITORIALES COMPLEJOS

**DOMINIO MORFOCLIMÁTICO, PISOS ALTITUDINALES,
DIMENSIÓN CLIMÁTICA, ECOLÓGICA Y AMBIENTAL**



Dominio morfoclimático del desierto costero:
amenazas, vulnerabilidades y riesgos asociados?
Naturales: sísmico y tsunami y asociados
Antrópicos: contaminación, actividades peligrosas



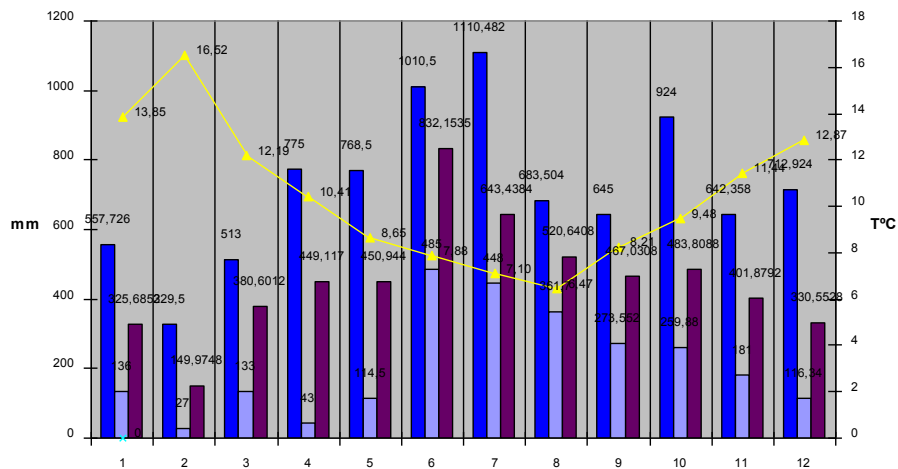


Dominio morfoclimático y paisaje periglacial:

Actividades económicas intensivas

Diagrama de clima Huinay S42 22 44.6 W72 24 50.6, 15m, precipitación acumulada, promedio 5

años: 5435,827mm



Terremoto Aysén 2007

Tsunami Aysen 2007

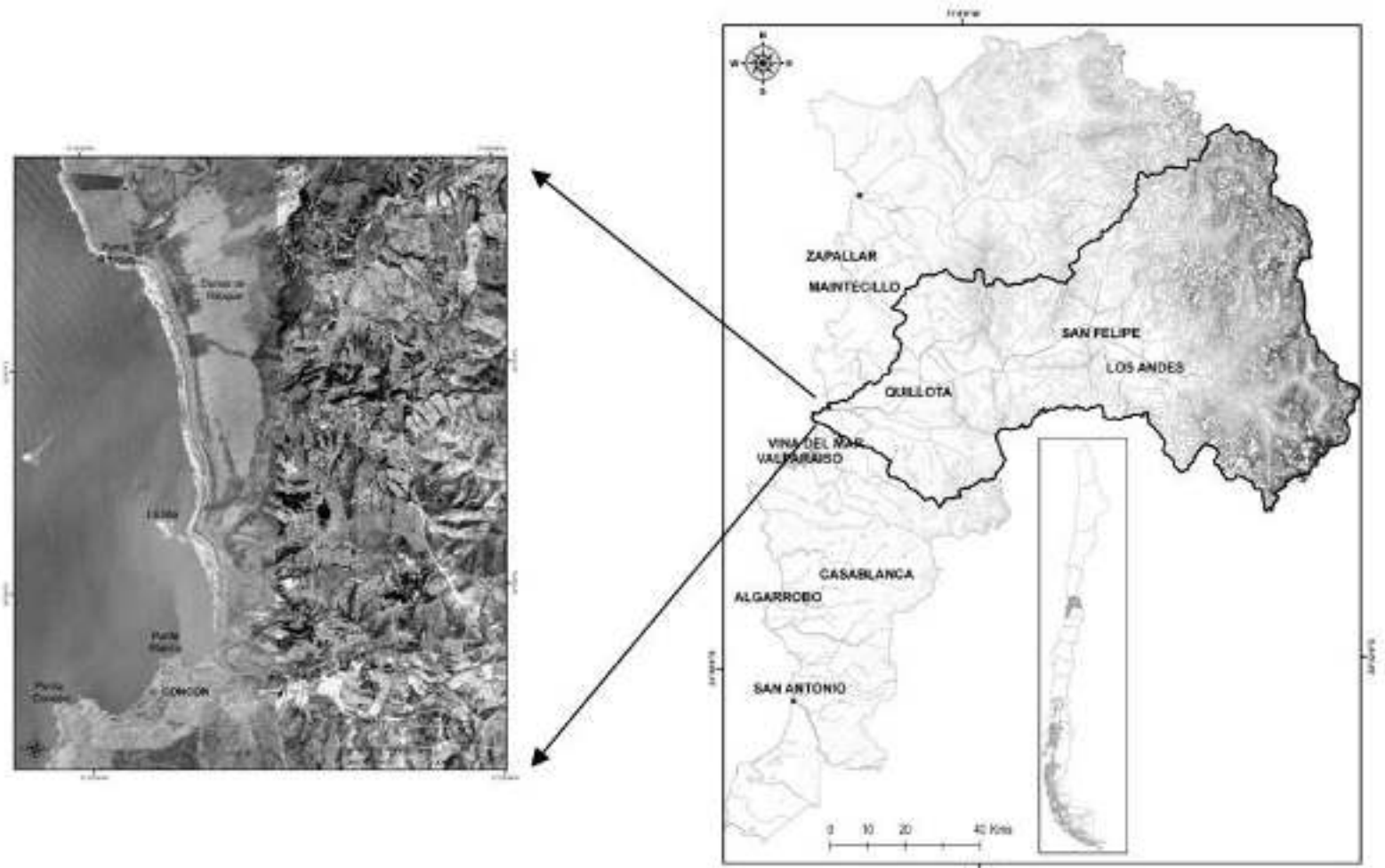
Tipo Superficial, magnitud 6.2





Relaciones dinámicas cuenca-litoral

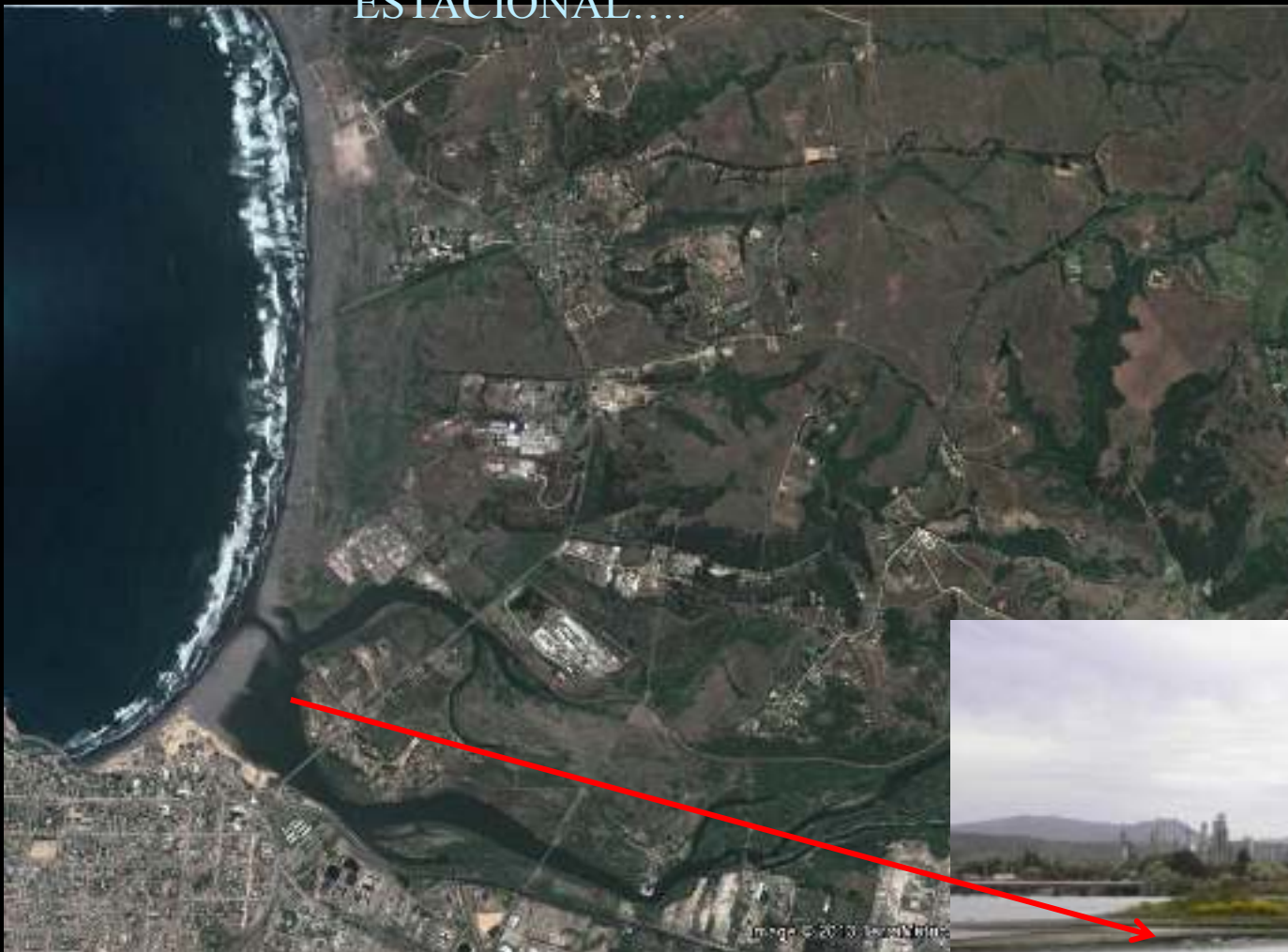
Relaciones dinámicas cuenca-litoral





060
VV HV M 3 AMS 12000 ft 100

Geodinámica estuario del Aconcagua..... ESTACIONAL....



Impactos de la agricultura en la cuenca del río Aconcagua



Avance de dunas anteriores (*fordunes*), sector distal de la ensenada de Aconcagua.

Playa disipativa



Evidencias actuales de transferencia
de masa. Sector proximal-medio de
la ensenada de Aconcagua

Transgresión de arenas
observada últimos 3 años...





CARAS DE DESLIZAMIENTO



APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO ACADÉMICO A PROBLEMÁTICAS CONCRETAS: Casos de estudio

Áreas costeras sujetas a la generación de procesos endógenos y exógenos que pueden generar condiciones de amenaza a una nueva población altamente vulnerable= RIESGO





Inundación por
tsunami de Japón
de 2011

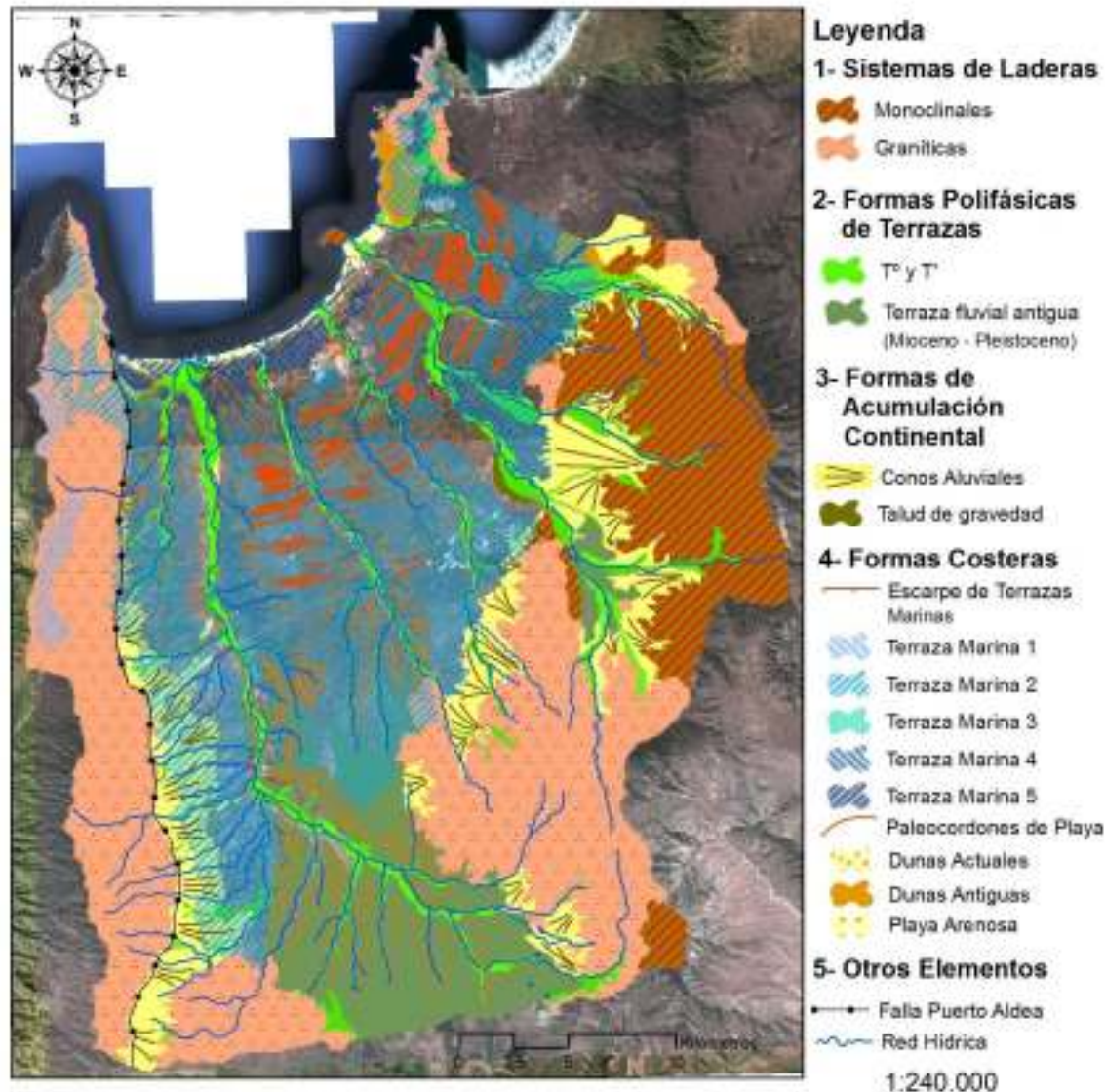
Casos de estudio:

Dominio Semiárido, con un sistema territorial con muy bajo nivel de intervención antrópica



Cómo se abordan metodológicamente estos sistemas:

Geomorfología del Sistema de Sustentación Fluvial y de Costa de la Bahía de Tongoy



Universidad de Chile.
Escuela de Geografía.
Departamento de
Geografía

Proyecto FONDECYT N° 1120234
"Geodinámica y tendencia evolutiva del sistema litoral
de la mega ensenada de Coquimbo: hacia una
prognosis de amenazas naturales para escenarios
de cambios ambientales endógenos y exógenos"

Proyección Universal
Transversal de Mercator.
Datum World Geodetic
System 1984. Huso 19 Sur.

METODOLOGÍA

Sistema de sustentación fluvial y de costa de la bahía de Tongoy

Grupos de formas. Formas heredadas y dinámica actual.

Sistemas de laderas y depósitos correlativos

Geología: Emparán y Pineda(2006); Geomorfología: Araya-Vergara (1985 y 1998); Soto *et al.*, (2006, 2007, 2012); Shumm (1977), Tricart (1960)

Paleo bahía de Tongoy

Terrazas marinas: Paskoff (1970, 1999), Le Roux *et al.* (2006); Saillard *et al.* (2009), Pfieffer *et al.* (2011); Pfieffer (2011).

Sistema costero

Short (1999), Araya-Vergara (1996); Soto *et al.* (2011)

Procedimientos

Cartografía geomorfológica:

Formas y procesos a través de fotos aéreas y trabajo de terreno.

Análisis morfométrico de cuencas

SIG SAGA, ASTER GDEM (30 m)

- Erosión fluvial (lineal) (SPI),
- Erosión /deposición (TCI),
- Escurrimiento superficial (TWI)

Maerker *et al.*, (2007; 2011); Vogel & Maerker (2009)

- Jerarquía de drenaje (Horton, 1945)

Análisis de datos climáticos

PP (estación San Julián), Pérez (2005)

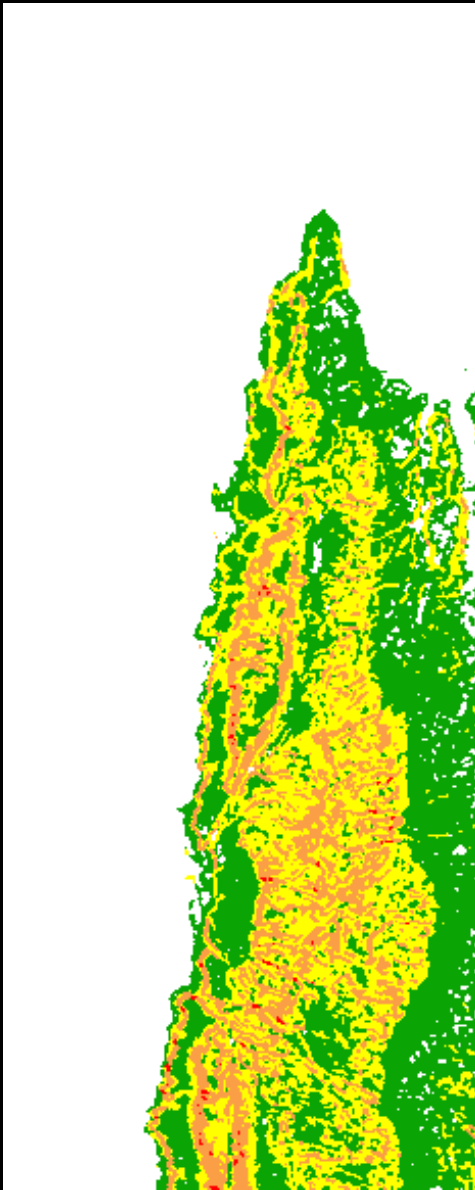
Procesos dinámicos: inundaciones fluviales; remociones en masa, erosión, aporte gravitacional, derivado a través de *Proxies*.

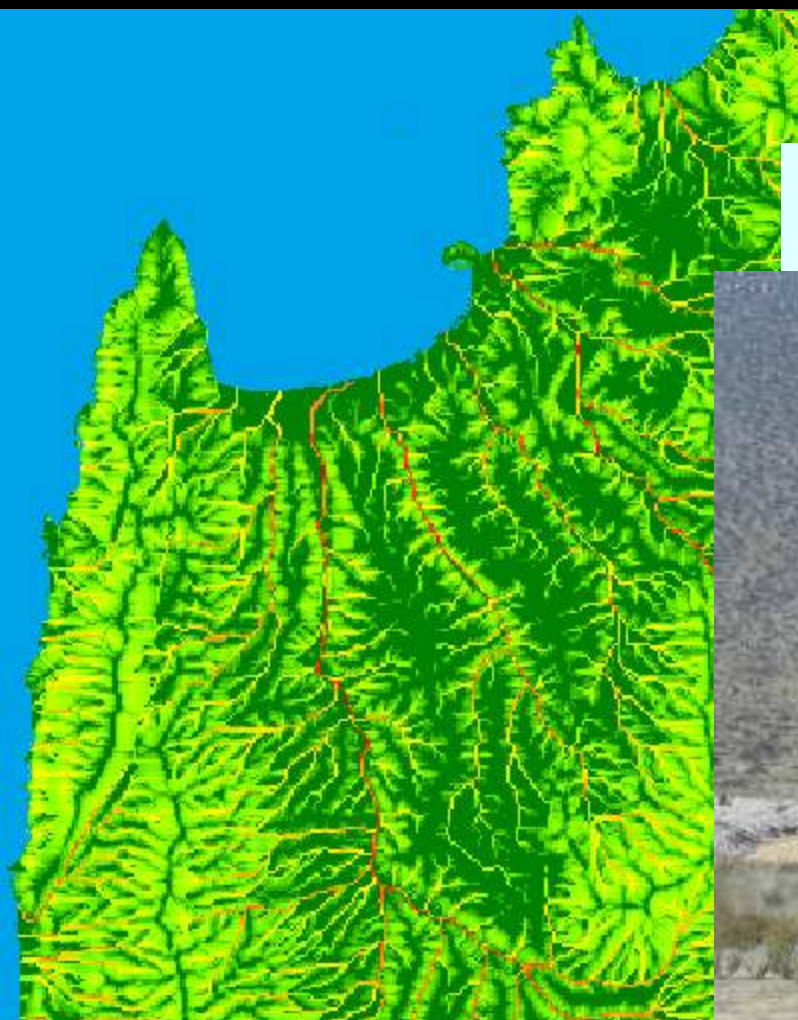
Establecidos a través del análisis de reglas basadas en los valores de los índices topográficos y zonas vulnerables

Condición geodinámica del sistema

Dinámica sistemas de laderas y *talwegs* asociados
Dinámica de los lechos fluviales
Dinámica de las laderas de las terrazas marinas
Dinámica actual de la playa arenosa de la ensenada

AMENAZAS de origen NATURAL



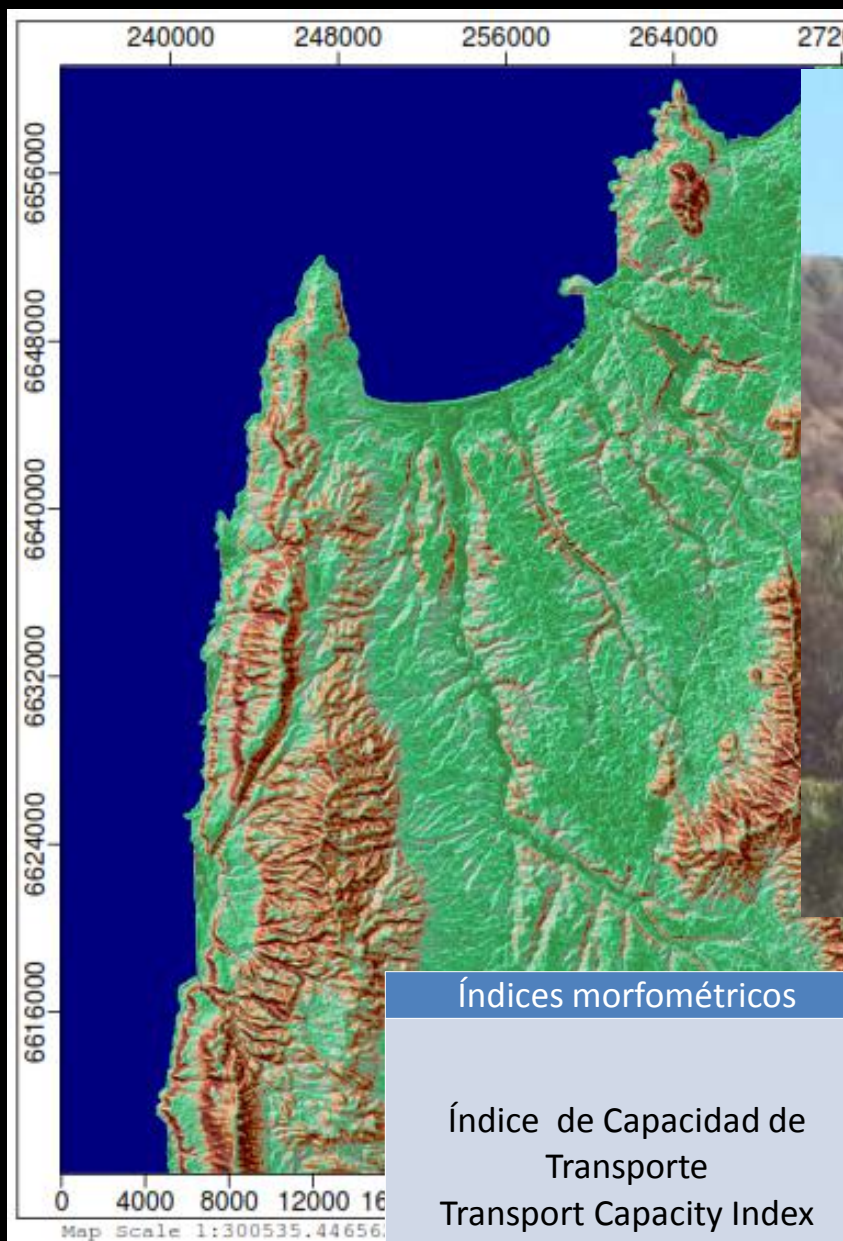


Índices morfométricos

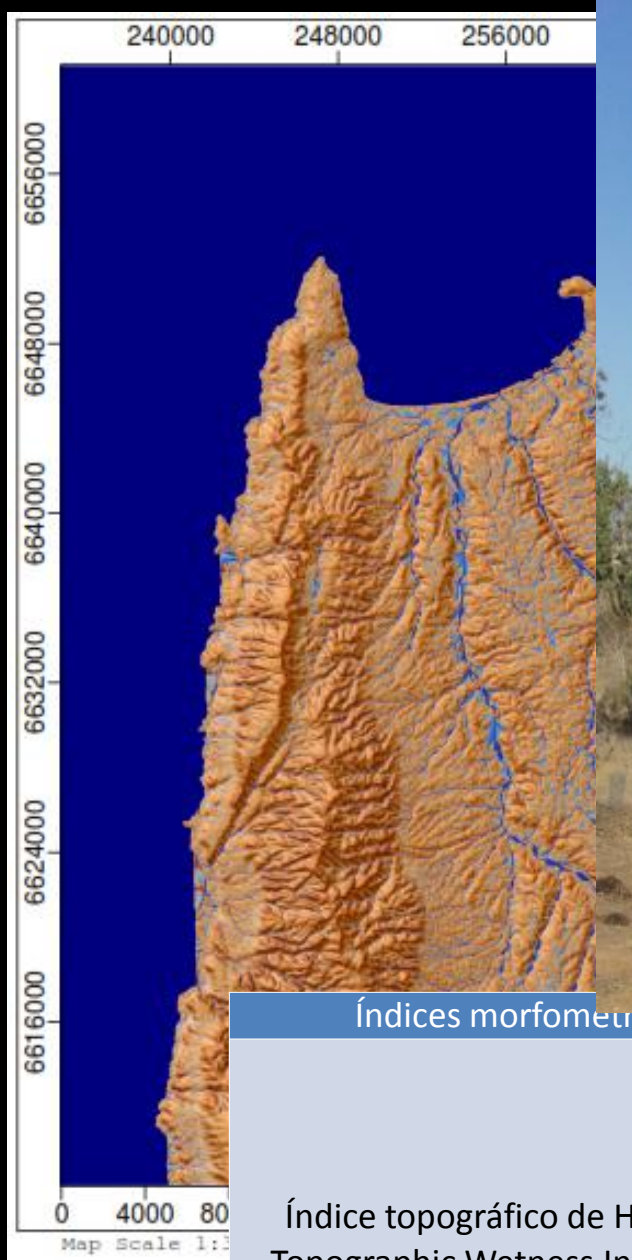
Condición geodinámica / Amenaza

Índice de Energía del Flujo Stream Power Index (SPI)

El índice SPI es el producto del flujo de agua a través de una sección de un dren, multiplicado por la pendiente del mismo. Es una medida de potencia del flujo de agua en una porción unitaria del dren. El flujo se obtiene como producto del área aportante a esa porción de dren, y el agua precipitada. El SPI es un índice de la energía disponible para la erosión y el transporte de sedimentos acumulados, frecuentemente en flujos turbulentos. Aplicado al área de estudio, se traduce en una **amenaza alta** en las zonas de laderas correspondientes a las cabeceras de las cuencas aportantes y los talwegs, asociados, como también a los fondos de valle esculpidos en las terrazas marinas.



Índices morfométricos	Condición geodinámica / Amenaza
Índice de Capacidad de Transporte Transport Capacity Index (TCI)	Es un índice que caracteriza la capacidad de transporte y se usa como indicador de procesos de erosión laminar. Corresponde a una combinación del área específica de la cuenca y el seno de la pendiente. Se utiliza para indicar áreas de erosión y de alto potencial de transporte de sedimentos. Aplicado al área de estudio, destaca la condición dinámica de las áreas de mayor pendiente, de los escarpes de las terrazas marinas y de las laderas de la cuenca de sustentación fluvial. Existe en consecuencia una alta condición de erosión, y de acuerdo a la geomorfología de las subcuencas, se puede establecer una condición de amenaza alta.



Índices morfométricos

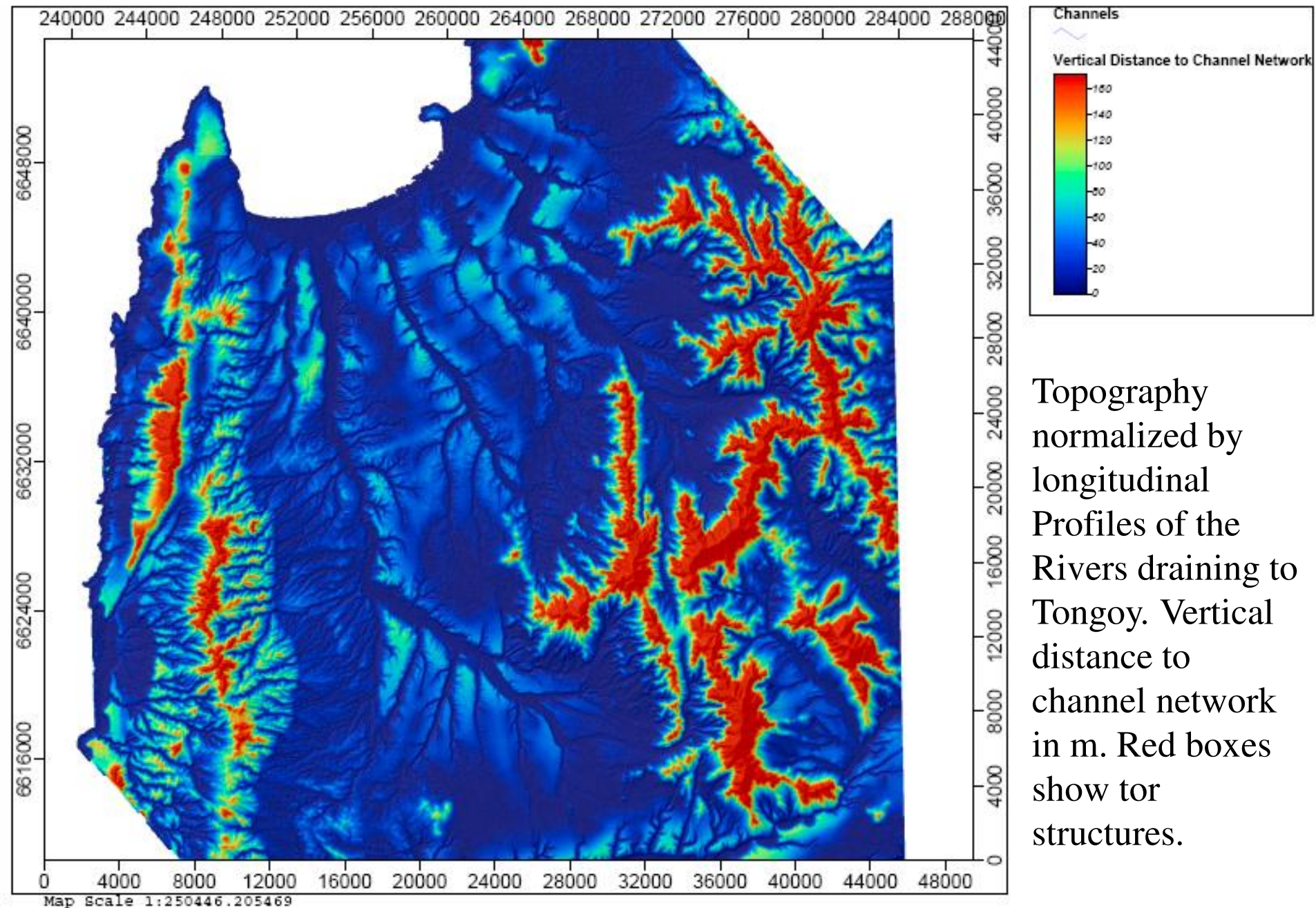
Índice topográfico de Humedad
Topographic Wetness Index (TWI)



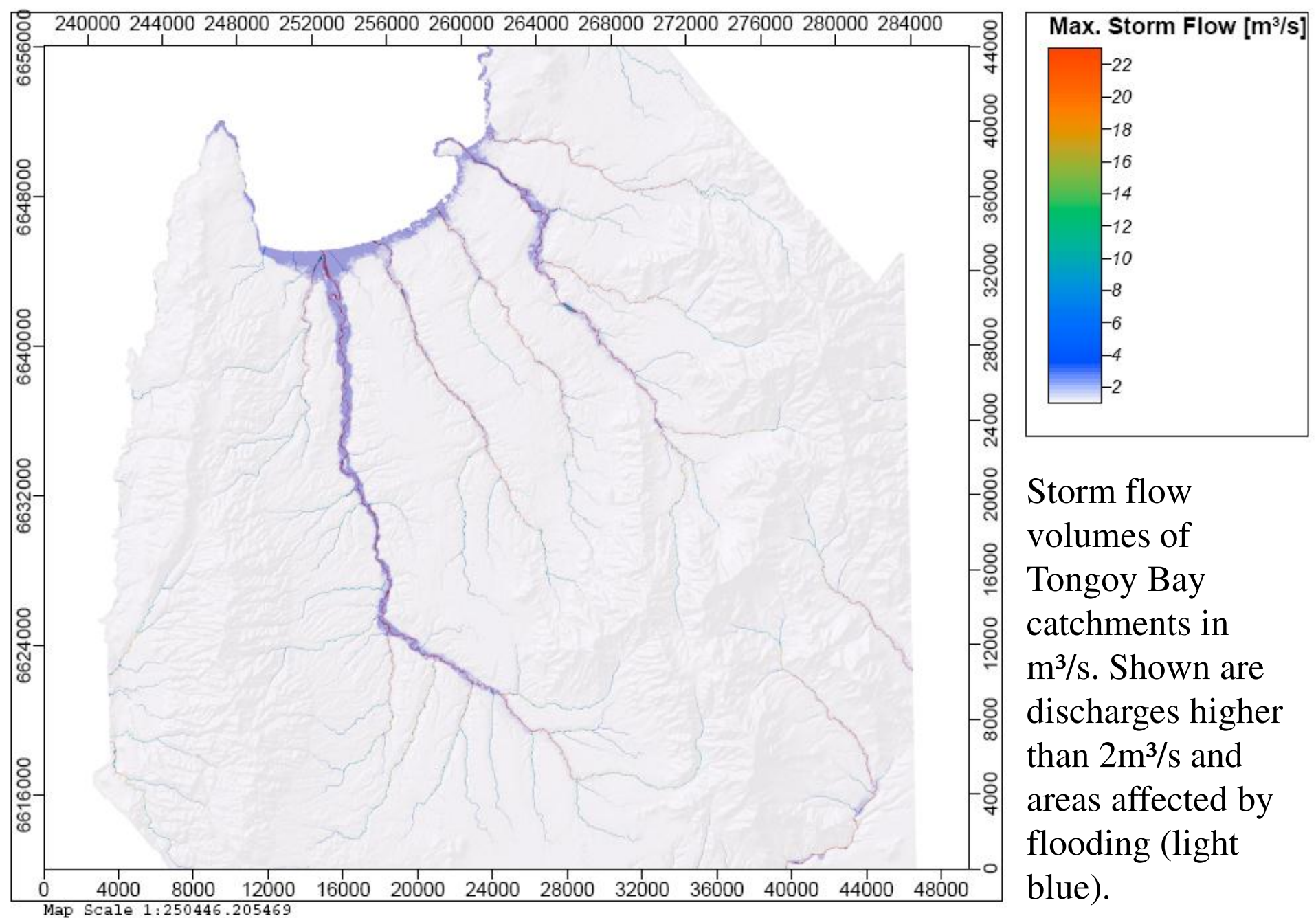
Condición geodinámica / Amenaza

Este índice expresa el potencial de escurrimiento superficial debido a la saturación. Las zonas húmedas producen generalmente escorrentía por saturación más alta que las áreas secas. Sin embargo, altos valores de TWI en laderas indica un potencial de *landslides* debido al mayor peso del substrato.

Para este estudio el indicador fue usado para señalar las áreas con humedad y por lo tanto con condiciones de saturación potencial y escorrentía por exceso de saturación. Consecuentemente se aprecian las condiciones de amenaza localizadas a lo largo de los cursos de agua. El índice indica zonas con probable escurrimiento superficial. La condición de amenaza es alta.



Topography
normalized by
longitudinal
Profiles of the
Rivers draining to
Tongoy. Vertical
distance to
channel network
in m. Red boxes
show tor
structures.



Otros Casos de estudio

Costa de Cachagua y Zapallar

Estrato ABC 1

Estrato 6

¿Residencias sustentables?

Población resiliente!!

Acción del oleaje

Amenaza licuefacción sísmica
de dunas, flujos,
desprendimientos

Acción del oleaje

Construcción en
pendiente, en
terrazza de arenas

Condición de alta energía del
oleaje

Erosión de playas
Erosión de acantilados

Casos de estudio:
Templado mediterráneo, con un alto nivel de intervención
antrópica



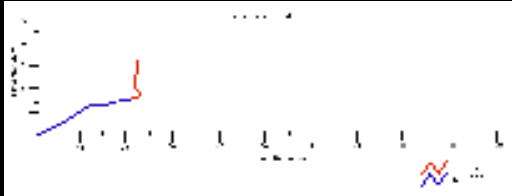
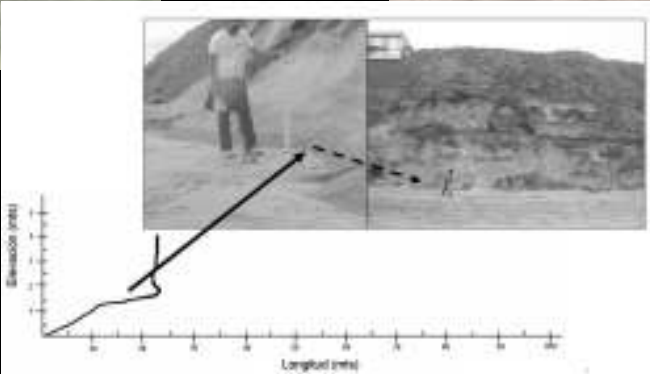
Marzo de 2004



Ejemplo en un litoral de alta valoración económica.: Cachagua

Noviembre 2007

Agosto de 2004 →





Dinámica de los procesos costeros:
erosión y depositación.

Se debe reconocer las
manifestaciones del balance
sedimentario (cuantitativa y
cualitativamente).

Ello permite hacer usos
sustentables de la zona de playa e
implementar las medidas de
mitigación necesarias.





Noviembre de 2007

1.- Identificación de los procesos dinámicos de las playas. Ello implica un trabajo a escala local

1.- Tiempo de observación: variabilidad estacional, mareal, bravezas. Escala local.

Playa de Cachagua, Región de Valparaíso

Condición de ataque del oleaje

Variabilidad espacio temporal de los procesos de erosión y acreción de playas

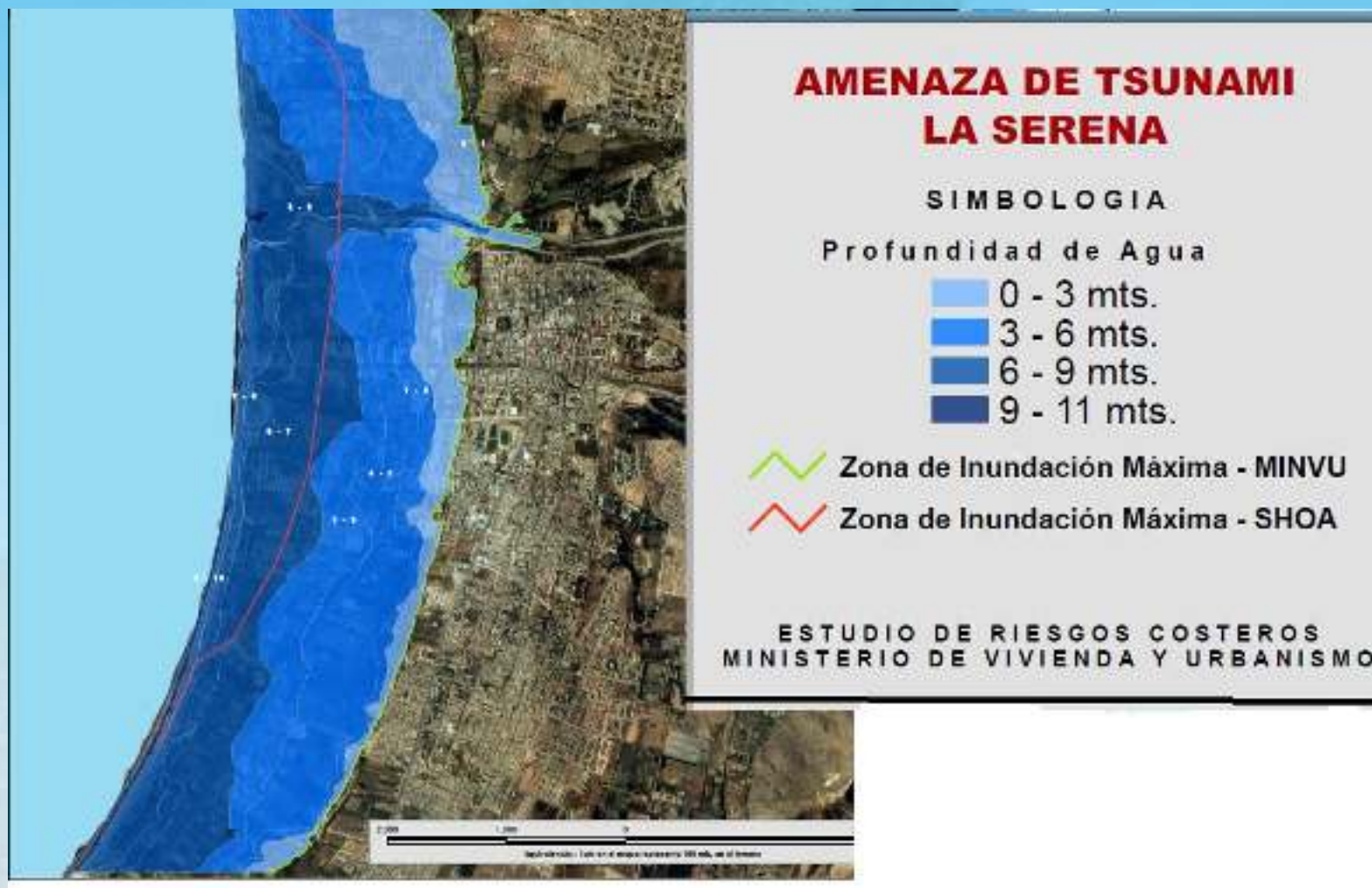


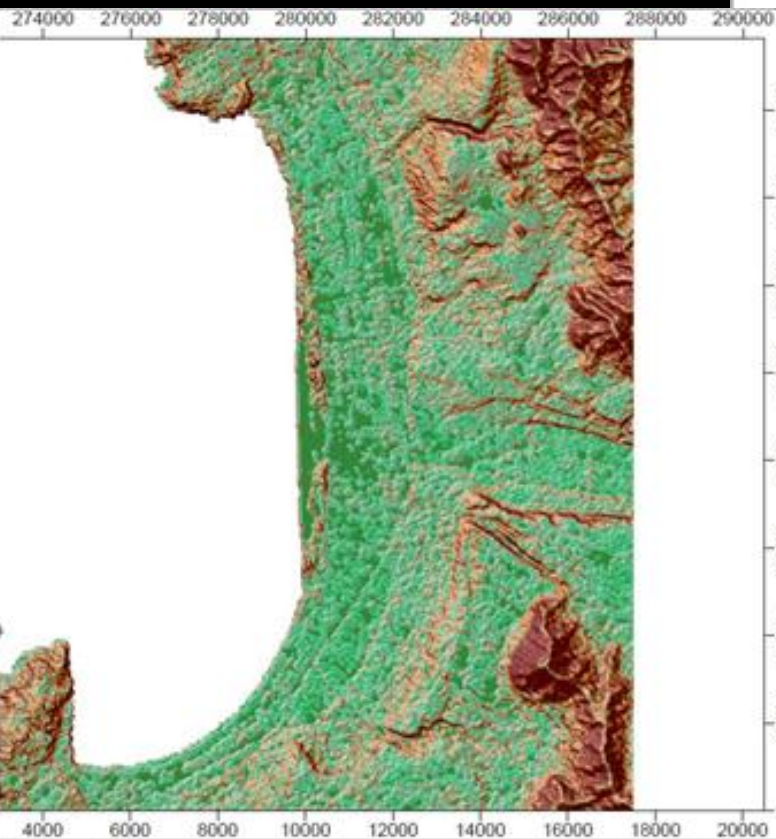
Febrero de 2008

.....finalmente el caso de La Serena

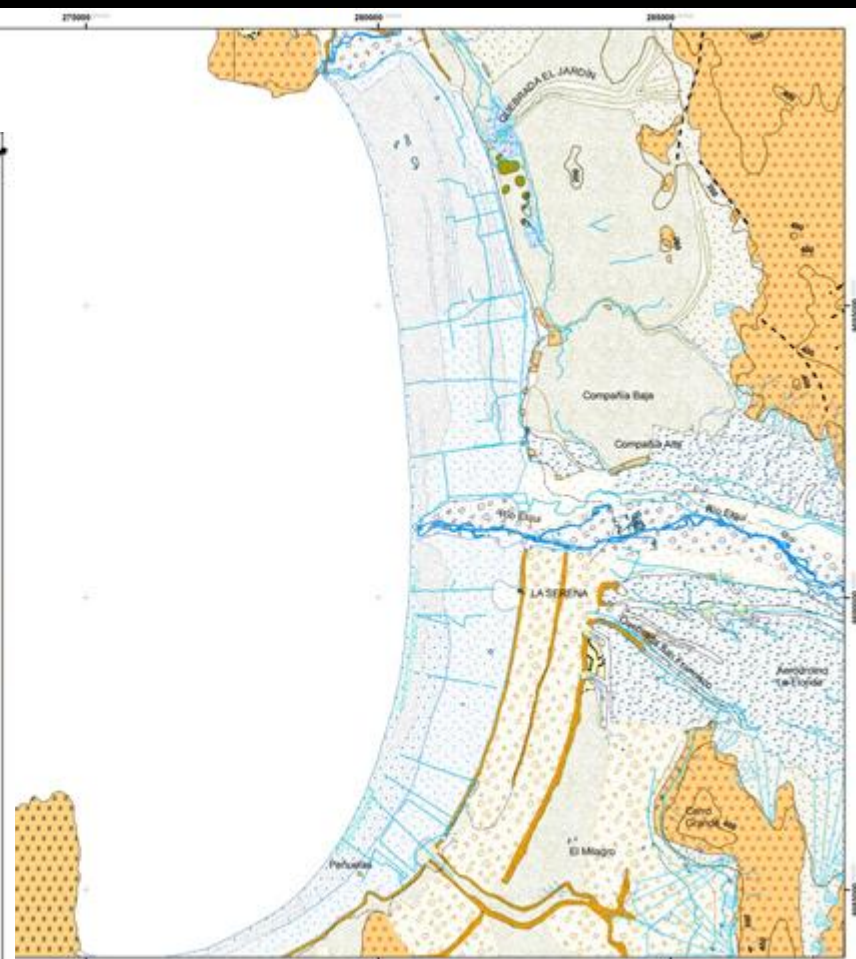
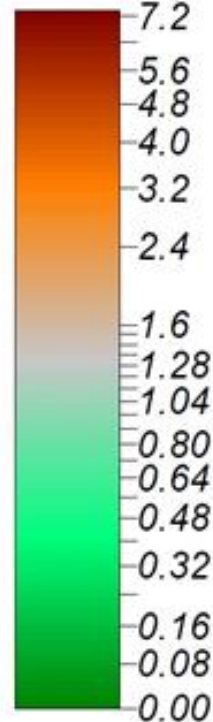


Pequeño detalle: amenazas naturales

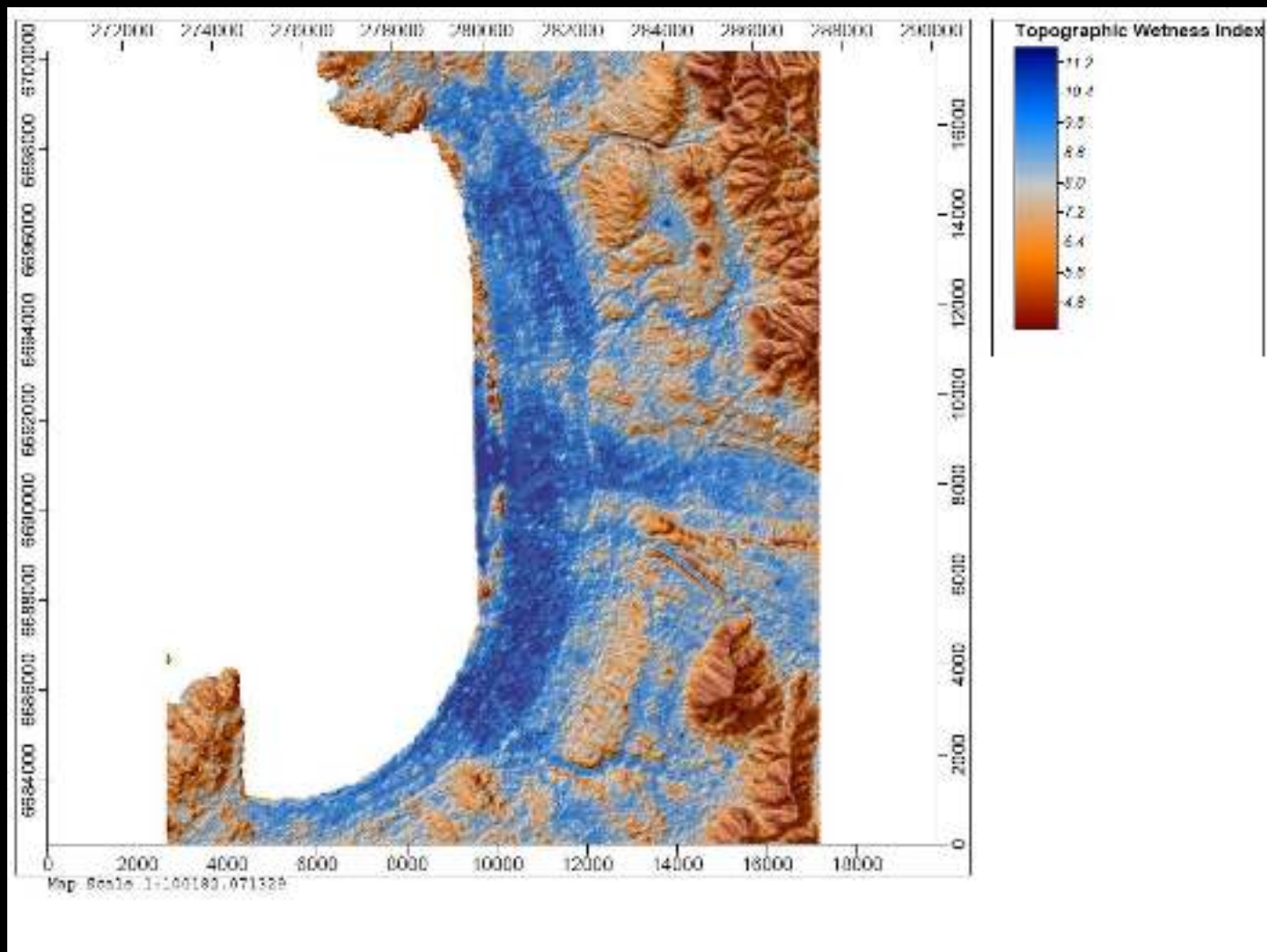




LS-Factor

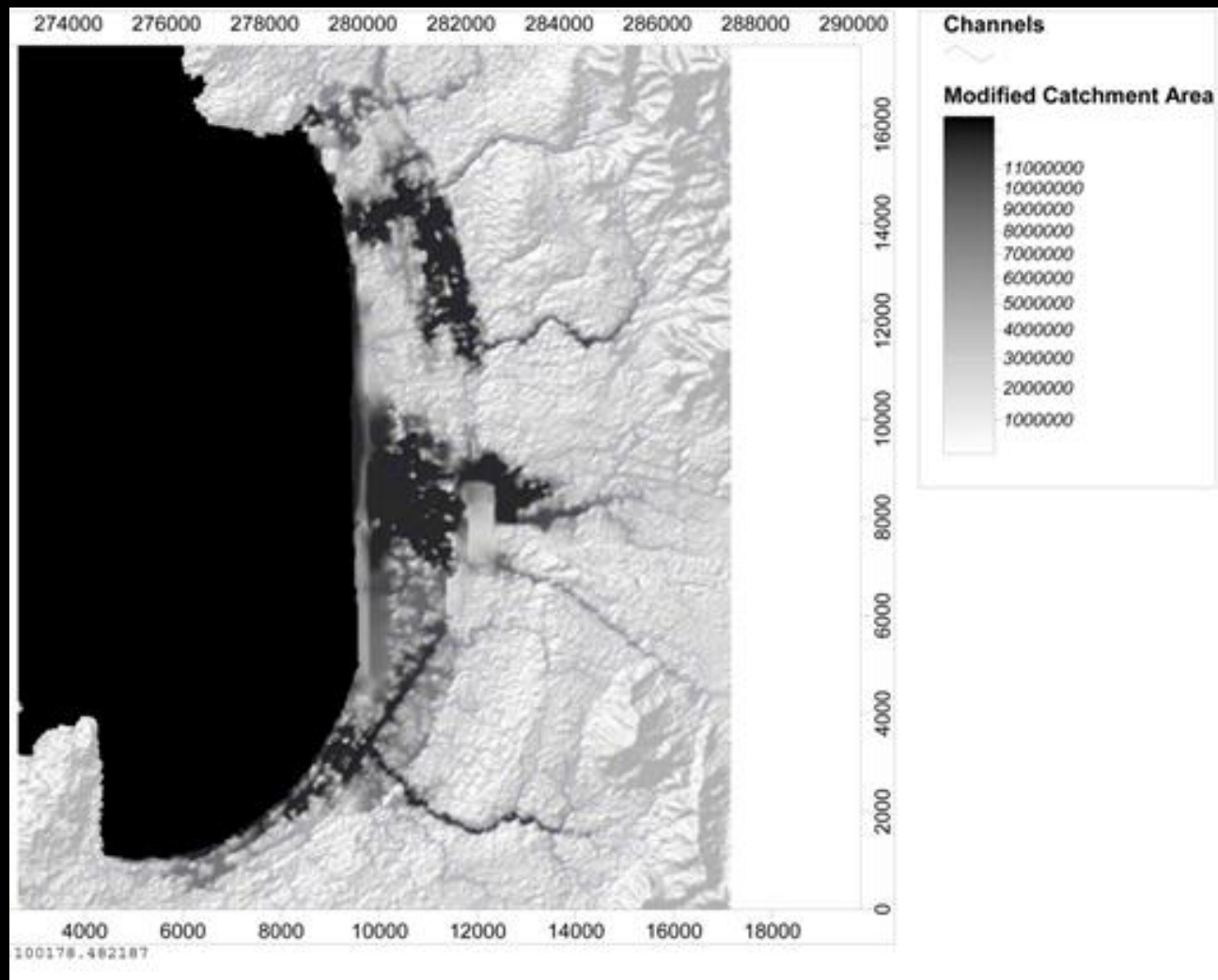


El *Transport Capacity Index* (TCI) da cuenta de las áreas afectadas por erosión laminar, transporte de sedimentos y procesos de depositación asociados. Los resultados que aporta este índice da cuenta de la importancia en la relación de aporte de masa de las vertientes del entorno urbano de la ciudad de La Serena y de los cauces de los *talwegs*, cobrando relevancia en términos de la amenaza, los que drenan el área urbana. Las superficies de las terrazas no están exentas de amenaza, en este caso las terrazas pleistocénicas que Paskoff (1970) denominó HI y SI en la parte norte de la ciudad.



Modelización que se realiza bajo el supuesto de la existencia de un substrato uniforme, en litología y profundidad, en donde la topografía es el factor dominante. El TWI proporciona la información relativa a la acumulación de agua y la saturación del suelo y el substrato, y consecuentemente permiten derivar información de los procesos de escorrentía superficial e inundaciones. En la bahía de Coquimbo, las áreas potencialmente susceptibles de acumular agua, que se distribuyen en la terraza baja holocénica (Veguense), en los *talwegs* y en las terrazas altas, en las superficies de terraplenamiento de las mismas, destacando las irregularidades topográficas existente, de tal manera que las depresiones en estas unidades serían potencialmente área de acumulación de agua, sólo por efecto de la topografía.

La cuenca modificada (MCA) está basada en cálculos que toman en cuenta el patrón del flujo. Como resultado se estima el flujo potencial más alto en comparación con la acumulación del flujo estándar. La MCA proporciona una estimación aproximada de las zonas potencialmente inundables en eventos pluviométricos extremos. La figura da cuenta cómo las áreas asociadas a las quebradas y la terraza baja, de suelos pertenecientes a los grupos hidrológicos C y D, son los más inundables.



Condiciones desencadenantes de la amenaza:

Eventos pluviométricos intensos en el ambiente semiárido

Año	Eventos El Niño	Otros registros
1983	La Serena 160,1mm (muy fuerte) 69,5mm/24hrs/julio	
1984		La Serena 148,8mm 40mm/24 hrs/julio
1997	La Serena 221,8mm (muy fuerte) Julio 100mm 30mm/24hrs 11-7-97 30mm/24hrs 12-7-97 40mm/24hrs 15-8-97	
2009 - 2011		Estación San Julián, Tongoy Precipitaciones acumuladas en 24 Hrs mayores a 40 mm 6-6-2011 48,31 19-6-2011 63,15 Precipitaciones acumuladas en 6 Hrs mayores a 10 mm 28-6-2009 24,34 05-6-2011 11,79 15-8-2009 11,22 06-6-2011 30,15 14-6-2010 21,98 18-6-2011 17,99 18-6-2010 11,79 19-6-2011 21,57 20-6-2011 17,79 15-7-2011 11,19

} La Niña

ORDENAMIENTO TERRITORIAL SOSTENIBLE DEL BORDE COSTERO

COSTA DE LA REGIÓN DE VALPARAISO. EDIFICACIÓN EN ALTURA EN
DUNA PLEISTOCENA NO CONSOLIDADA....





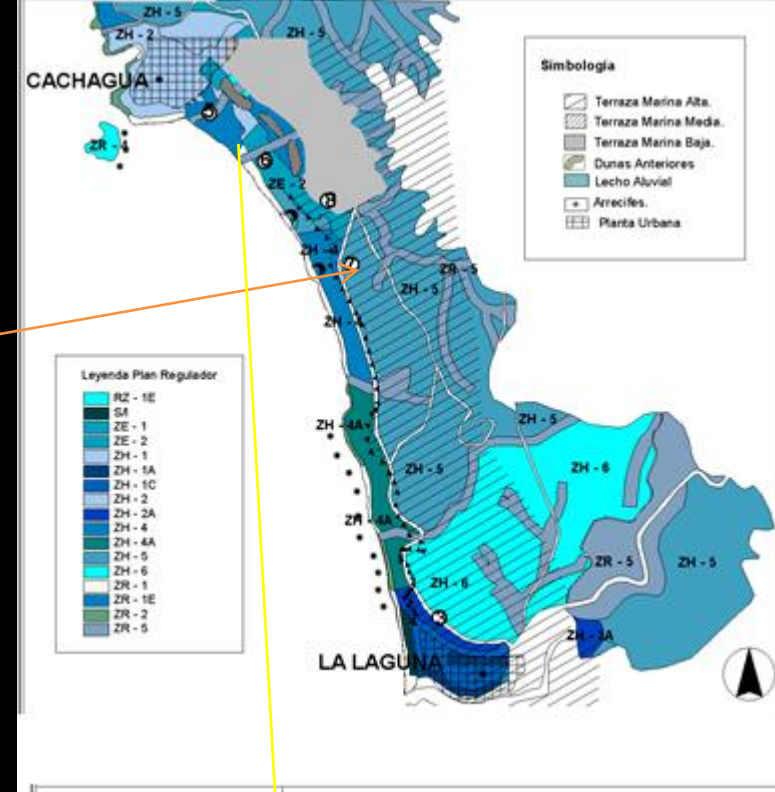
La configuración de los pequeños poblamientos costeros: caletas de pescadores /recolectores; caletas/turismo ; caletas/puerto, campamentos acuicultores y su condición de sustentabilidad y resiliencia.



Algunas relaciones causa / efecto de la problemática del uso del uso del borde costero y el OT...

SE VENDE

- Instrumentos de planificación territorial / mercado inmobiliario
- Sobrevaloración de lo suntuario
- Incorporación de terrenos con amenazas como habitables



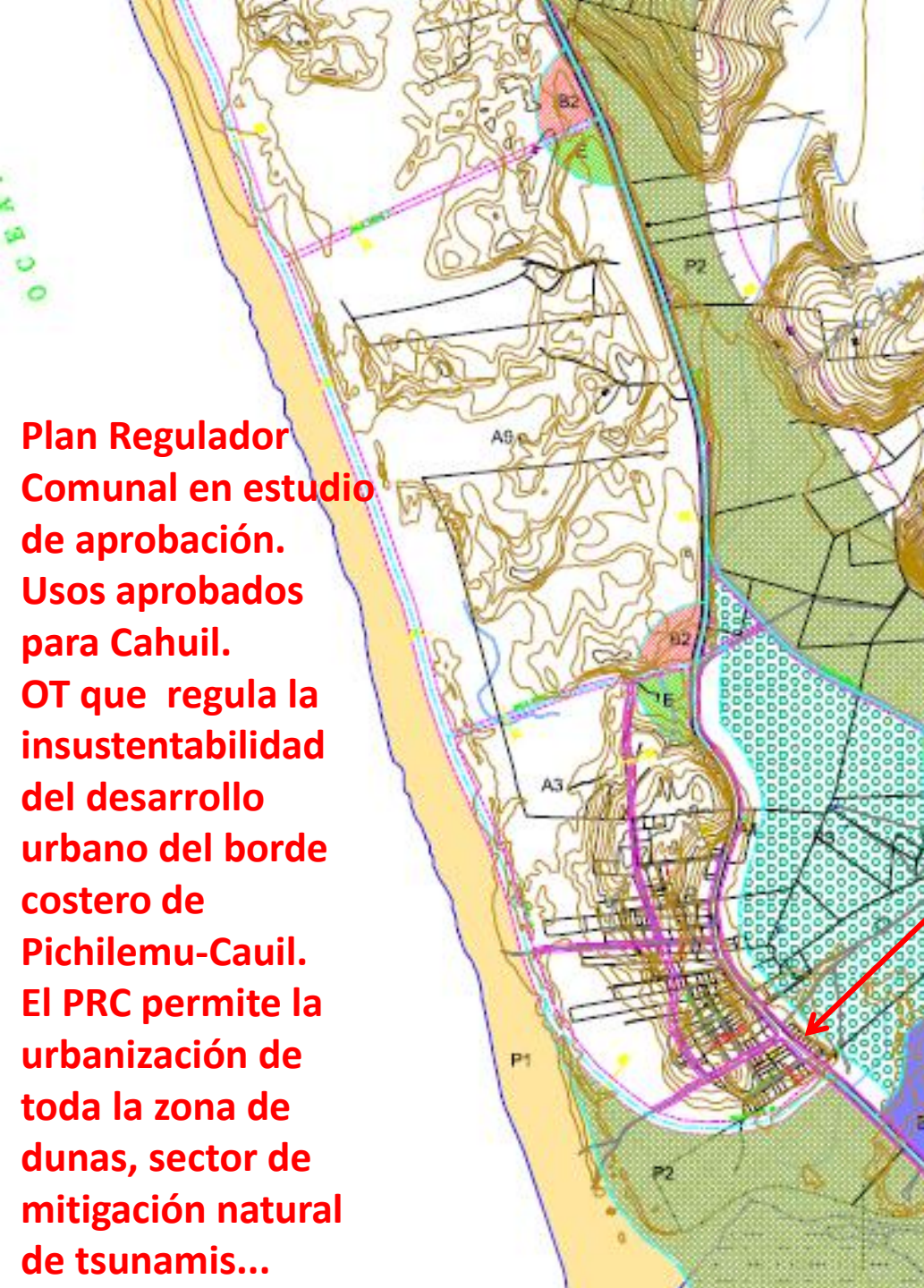
Desmantelamiento de las dunas condición natural de erosión sostenida de la línea de costa: **aumento de la vulnerabilidad** en La Puntilla, Cahuil y Punta de Lobos, áreas de crecimiento



Casa abandonada debido a que el terreno está sujeto a derrumbe gravitacional o por acción del oleaje. Casa situada en el campo de dunas antes del tsunami



Primera línea de casa expuestas a la playa fluvial del Estero Nilahue. Casas localizadas en sector de dunas.



**Plan Regulador
Comunal en estudio
de aprobación.
Usos aprobados
para Cahuil.
OT que regula la
insustentabilidad
del desarrollo
urbano del borde
costero de
Pichilemu-Cauil.
El PRC permite la
urbanización de
toda la zona de
dunas, sector de
mitigación natural
de tsunamis...**

**Desembocadura del río
Aconcagua
Región de Valparaíso.**



Competencia por el uso del suelo:
Sistema natural del estuario y marisma y sus componentes que cumplen funciones ambientales

Actividades industriales + Actividades comerciales + residenciales + recreacionales

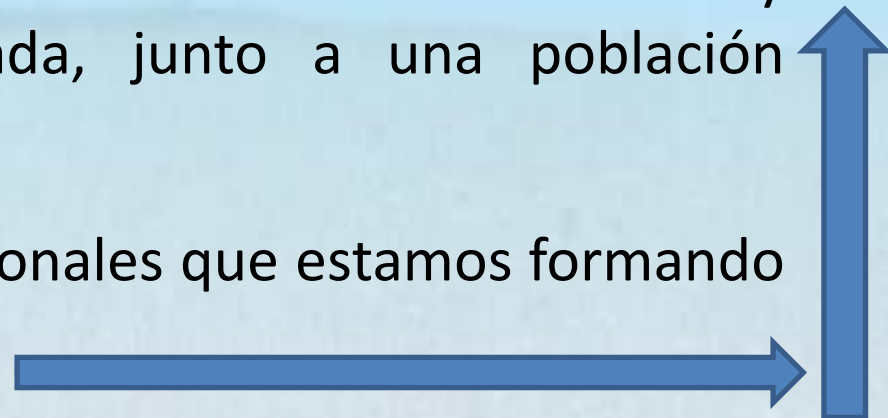
Ciudades en creciente desarrollo, pero no necesariamente respetando el medio físico natural, o las necesidades integrales de los habitantes, ciudades con segregación social y espacial.

Es necesario modelizar los escenarios de desarrollo de los territorios a las escalas territoriales y humanas adecuadas a fin propender a estadios apropiados de sustentabilidad.

El ejercicio es multiescalar y multidisciplinar!!!

Se requiere de estados, territorios con institucionalidad y gobernanza adecuada y respetada, junto a una población capacitada y empoderada.

Rol de la academia y en los profesionales que estamos formando en nuestras universidades?



Gracias!!
mvsoto@uchilefau.cl



Foto: Chiloé, febrero 2012