

**Fase: 1**

**Código:** 0433-18      **Estado:** Avalado

**Título:** Erosión costera, geodinámica regional y gobernanza para la gestión del riesgo socioambiental en el Caribe Sur de Costa Rica

**Vigencia del** 01-Enero-2020      **al** 31-Diciembre-2022

**Tipo de Disciplina:** Multidisciplinario

**Subprograma:** Integrado **Tipo integrado:** Extensión/Investigación

**Mayor componente:** Investigación

**Advertencia – Según la Ley 9234, toda investigación en seres humanos cuya salud es estudiada o que incluye muestras obtenidas de seres humanos vivos, debe contar con la aprobación de un Comité Ético Científico acreditado. Contacte al CECUNA 2277 3515, [cecuna@una.cr](mailto:cecuna@una.cr)**

**Resumen:**

Se define el proceso de erosión costera como el retroceso de las playas, dunas y acantilados, incluyendo los hábitats de arena, tierra y rocas que se han formado a lo largo de los bordes de estas. En las playas, este desplazamiento es un movimiento no deseado de sedimentos, lo que comúnmente repercute en la modificación de la línea de costa, proceso que tiene incidencia sobre ecosistemas e infraestructura.

En el caso de Costa Rica, en los últimos quince años se ha advertido e investigado sobre procesos muy marcados de erosión en el Pacífico costarricense, particularmente en zonas como Parrita. Un elemento común es que estos procesos y sus consecuencias comúnmente se asocian al cambio climático.

En el caso de Caribe, especialmente en el Caribe Sur, en zonas como Cieneguita, la desembocadura del Estero Negro y del río Bananito y en el parque nacional Cahuita, se ha observado un proceso de erosión acelerada. Debido a lo anterior, se ha desarrollado un proyecto denominado Erosión Costera en el Caribe Sur: impacto ecosistémico y vulnerabilidad social (código SIA 0096-15), por medio del cual fue posible identificar los sitios que presentan mayor retroceso en la línea de costa, entre los que destacan, aparte de los anteriormente indicados, Westfalia, Puerto Vargas, Manzanillo y Gandoca.

Desde un punto de vista socioeconómico, las condiciones de la región (Caribe Sur) la ponen en clara desventaja ante eventualidades de riesgo, como lo son las inundaciones costeras, la erosión de playas, el retroceso de la plataforma litoral y de los acantilados, y el aumento de los oleajes y vientos extremos, entre otros, aspectos que repercuten en su dinámica local y en su condición socioeconómica.

Este contexto de vulnerabilidad es lo que ha motivado a las Escuelas de Topografía, Catastro y Geodesia; de Ciencias Geográficas y de Planificación y Promoción Social a plantear esta investigación, con el fin de evaluar la relación entre la geodinámica local y los procesos de erosión costera, así como diagnosticar las condiciones de gobernanza de cara a los retos que estos procesos plantean a la adaptación de las poblaciones expuestas.

De esta manera, el proyecto realizará actividades orientadas a la articulación de la información de base científica (relación erosión costera y geodinámica) con el saber popular (percepción de reconocimiento por parte de la población) y la agenda institucional para la gestión del riesgo (articulación para la gobernanza). La información científica recopilada y la identificación del estado actual de las condiciones de gobernanza serán insumo para promover actividades de sensibilización y generar propuestas de acciones estratégicas en la organización regional y toma de decisiones, en torno a la adaptación por eventos de riesgo generados por la erosión costera.

### **Justificación:**

En el caso de Costa Rica, en los últimos 15 años algunos investigadores han advertido sobre los efectos de los cambios en la línea de la costa Pacífica (Lizano, et al 2002; Denyer, et al, 2004 y Ortiz, 2012), así como de procesos de erosión en playas que se encuentran en áreas protegidas y sitios turísticos de la Costa Caribe costarricense (Lizano, 2013). Estos hechos son rápidamente asociados con el cambio climático (Quesada & Molina, 2016).

Cabe resaltar que se ha reportado un proceso de erosión acelerada en varios sectores del Caribe Sur en playas como Cieneguita (Bosque, 2016; Mora, 2015), el Parque Nacional Cahuita (Soto, 2014) y el Refugio de Vida Silvestre Gandoca - Manzanillo (Quesada & Molina, 2016). Debido a lo anterior, se ha desarrollado un proyecto denominado "Erosión Costera en el Caribe Sur: impacto ecosistémico y vulnerabilidad social" (código SIA 0096-15), por medio del cual fue posible identificar los sitios que presentan mayor retroceso en la línea de costa, entre los que destacan Cieneguita, Wesfalia, Boca Bananito, Cahuita, Puerto Vargas, Manzanillo y Gandoca.

Entre los resultados del proyecto mencionado está el caso de Cieneguita, donde para 1952 la línea de costa se encontraba entre 140 m y 30 m por detrás de la línea de costa de 2005. Específicamente entre 1952 y 1960 se registra un proceso de progradación. Para 1976 el avance de la línea de costa hacia el mar se mantiene en la sección norte, no obstante al sur de la comunidad se evidencia un retroceso que coincide con el sitio donde se construyó un espigón presumiblemente para mitigar este efecto. Para 1985 se mantiene el avance al norte, se recupera el sector central como consecuencia de la presencia del espigón y se presenta un leve retroceso en varios sectores próximos al aeropuerto. Para 1992 se presentó un notorio avance en la línea de costa que parece estar asociado con el levantamiento tectónico ocurrido durante el sísmico de 1991 conocido como el "Terremoto de Limón". De acuerdo con Denyer et al (1994) el levantamiento alcanzó su máximo en la Ciudad de Limón y decrece progresivamente hacia el sur del país. Según De Obaldia et al, (1991) se produjo un levantamiento de 0,55 m en el puente de Cieneguita, de 0,23 m en parte norte del aeropuerto y de 0.25 al sur de este. Siguiendo el mismo patrón la parte norte del área de estudio registró un avance de alrededor de 90 m respecto a la línea de costa de 1985 que decrece marcadamente hacia el sur, donde incluso se registra retroceso en la línea de costa. Estos resultados evidencian la relación entre la dinámica litoral del Caribe Sur y la geodinámica local.

Entre los impactos que dicho proceso ha causado en la costa está la destrucción parcial del bulevar de Cieneguita, de la pista de aterrizaje de Limón, la desestabilización de la carretera a la altura de la desembocadura del río Bananito, cambios en la vegetación costera del Parque Nacional Cahuita, reubicación de senderos en este parque, destrucción de caminos e infraestructura de atención a turistas en Puerto Vargas, retroceso de cocoles en Manzanillo, entre otros.

A partir de mapa de puntos calientes de erosión costera se puede observar que la erosión costera acelerada se presenta en áreas protegidas e incluso en el Parque Nacional Cahuita, lo que parece indicar que la acción antrópica, a diferencia de los que suele afirmarse en la literatura, no parece ser la principal causa de aceleración de la erosión en las playas del Caribe Sur en los últimos 10 años.

Como parte de las observaciones realizadas durante la investigación se notó un rápido retroceso de la plataforma litoral frente a Limón, así como del bosque en Punta Cahuita. Como consecuencia de esto se revisó el cambio del nivel del mar como una posible causa, en este sentido BIOMARCC-SINAC -GIZ (2013) reporta que el mar Caribe tiene una clara tendencia al aumento del nivel del mar de entre 1-2 mm/año, según los datos satelitales. No obstante, esta tasa de cambio es regional y no varía mucho a lo largo de la costa, por lo que se presume que la tectónica local puede estar provocando un reforzamiento positivo al proceso de erosión al contribuir por medio del hundimiento de la costa específicamente en el caribe sur, debido a sus características geodinámicas.

Por otro lado, en el marco del proyecto de investigación "Estudio de deformaciones co - sísmicas y post - sísmicas en Costa Rica como una contribución al mantenimiento del marco geodésico del país" (código SIA 0008-15), se

procesaron 6 años de datos GPS para 17 estaciones de medición continua ubicadas en Costa Rica, entre las cuales se calculó la información de la estación LIMN, ubicada cerca del parque Vargas, en Limón. Como resultado, se obtuvo una velocidad negativa de 5 mm por año para la citada estación, lo que se asocia a un proceso de subsidencia del bloque. En seguimiento a este proyecto, en la actualidad se está ejecutando la actividad de investigación "Uso de la técnica Persistent Scatters InSAR (PSI) para la determinación y análisis de los movimientos de la superficie terrestre en zonas urbanas y volcánicas de interés en Costa Rica, para el período 2015-2017" (código SIA 0317-17), en la cual se están usando imágenes de radar con el fin de determinar desplazamientos verticales de objetos artificiales con altos valores de coherencia, mismos que luego pueden ser asociados a los movimientos de la corteza.

Con esta información y conocedores de la particular geodinámica del Caribe Sur, en el que se presenta un régimen compresivo con ocurrencia de terremotos importantes (Alvarado & Cárdenas, 2016), como el Terremoto de Limón de 1991 en el cual la costa se levantó en algunas secciones, como en la ciudad de Limón, más de un metro en un instante, resulta de relevancia científica y práctica conocer el comportamiento actual de esta zona, a fin de identificar la relación que podría existir entre la geodinámica y los procesos de erosión costera y el uso actual del suelo.

Por otra parte, las condiciones socioeconómicas de la región la ponen en clara desventaja ante eventualidades de riesgo y las consecuencias que ellas puedan tener sobre el territorio y la población. De acuerdo con el Ministerio de Planificación y Política Económica (Mideplan) el Índice de Desarrollo Social (IDS) 2017, para la Región Huetar Caribe, agrupa el 86% de sus 29 distritos en las posiciones de mayor desventaja social. (Mideplan, 2018).

La Escuela de Planificación y Promoción Social (EPPS) desarrolla procesos de articulación que permitan precisamente impactar en los sectores más vulnerables, entendiendo la importancia del fortalecimiento organizacional como un eje clave en el desarrollo local sostenible. En este mismo sentido, promueve acciones que facilitan una adecuada gobernanza en los territorios, buscando la articulación y la comunicación efectiva entre diferentes actores. Dos programas que han trabajado en ello son: el Programa "CAMBIOS: Hacia un desarrollo integral y sostenible" (código SIA 0337-12), que ha concentrado su actuar tanto en el desarrollo organizacional como en la gestión del riesgo de desastre; por su parte, el "Programa PIPEDE" (código SIA 0266-16) ha dado énfasis en acciones dirigidas a la planificación del desarrollo local.

Desde la planificación participativa se busca abrir espacios para el encuentro colectivo y diálogo, propiciando no solamente la identificación de problemáticas sino más bien la generación de consensos que promuevan la negociación y alianzas estratégicas entre el trabajo comunitario y el papel institucional, alineando acciones conjuntas en pro del desarrollo sostenible. Para esto es fundamental conocer los actores clave presentes en el territorio.

Exponer a las comunidades potenciales amenazas identificadas en los procesos investigativos asociados a la erosión costera genera conciencia, fortalece la toma de decisiones y la atención institucional, además de crear redes de alianzas para mejorar la gobernanza que permita gestionar el riesgo. Los resultados de años de trabajo en la Región Caribe evidencian amenazas importantes ante la erosión costera, pero han sido poco expuestas a la población a pesar de que afectan su bienestar y se requiere una mayor articulación de diferentes esfuerzos que podrían estarse realizando en la gestión de riesgos.

Un acercamiento del conocimiento científico y popular, por medio de diferentes técnicas participativas (como la reconstrucción histórica y mapeo de actores), facilita comprender mejor la realidad, interpretarla y actuar sobre la misma integrando diferentes conocimientos y experiencias. Mayor utilidad tendrá el saber científico si es compartido y validado con la sociedad, ya que son las comunidades y las instituciones quienes pueden aprovecharlo para la toma de decisiones. A su vez, el conocimiento popular orienta la investigación puesto que permite identificar nuevas necesidades o vacíos de información.

Los hallazgos de los estudios realizados hasta el momento y la vulnerabilidad en que se encuentra la población del Caribe Sur al cambio climático (aumento de las inundaciones costeras, de la erosión de playas, al retroceso de la plataforma litoral y de los acantilados y el aumento de los oleajes y vientos extremos, entre otros), con sus repercusiones socioeconómicas, lleva a plantear una nueva investigación, que permita, por un lado encontrar relaciones entre la geodinámica local y los procesos de erosión costera, así como de diagnosticar las condiciones de gobernanza, pues se plantean retos para la población en términos de su adaptación a los riesgos de desastre asociados a erosión costera. Se hace necesario caracterizar la realidad, visibilizar necesidades y proponer alternativas para mejorar dicha gobernanza.

El proyecto no solo beneficia a una población en clara desventaja, sino que está apoyada en las áreas sistemáticas del conocimiento establecidas en el Plan de Mediano Plazo 2017-2021 de la Universidad Nacional, particularmente en: Ambiente, territorio y sustentabilidad y Sociedad y desarrollo humano.

#### **Marco Teórico:**

Entendemos la erosión costera como el retroceso de las playas, dunas y acantilados, incluyendo los hábitats de arena, tierra y rocas que se han formado a lo largo de los bordes de estas. En el caso de la erosión de playas, este desplazamiento constituye un movimiento no deseado de sedimentos, resultando en la modificación de la línea de costa preexistente, con la consiguiente pérdida de sedimentos (Ojeda 2000). Este proceso es tridimensional al involucrar un componente sumergido y otro emergido, lo que hace complejo su evaluación. Sumado a esto, su dinámica está asociada con diversos procesos, que dejan escasa evidencia de su participación, por lo que resulta difícil establecer su origen.

La configuración de la línea de costa actual es el resultado de procesos que han actuado desde los últimos 6 000 años, donde la erosión y la sedimentación puede iniciar y reconstruir formas tales como barras de arena, deltas, dunas, acantilados, plataformas rocosas, entre otras (Thom & Cowell, 2005). Por otro lado, los cambios rápidos en la línea de costa pueden deberse a una serie de eventos tales como tormentas, levantamientos tectónicos, tsunamis, disminución del transporte de sedimentos por los cursos fluviales, así como al calentamiento global. En relación con este último proceso, Scott (2005) afirma que dada la magnitud del cambio (del orden de los centímetros por año) su efecto podría o no ser significativo en el corto plazo. En este sentido McNeill et al (2002) encuentran tasas de elevación de la costa de limón de 50 m/m.a. durante el pleistoceno. Contrariamente Scott (2005) afirma que los más espectaculares cambios son causados por la intervención humana tales como la interferencia en los procesos de sedimentación fluvial y por el emplazamiento de estructuras costeras.

De igual forma y basados en los resultados de los escenarios de Cambio Climático presentado en el cuarto informe del Panel intergubernamental (IPCC,2007), se ha generalizado la idea de que este fenómeno es el principal responsable de la erosión costera, lo que ha atraído la atención de los medios, usualmente desde un enfoque alarmista. Por ejemplo, el informe presentado por BIOMARCC-SINAC-GIZ (2013) advierte de cambios en el nivel del mar de hasta 16 metros, a pesar de que en el mismo informe se presentan tasas de cambio anual del orden de 1-2 mm para la costa Caribe de acuerdo con datos satelitales y de 0,27 mm y 0,30 mm por año de acuerdo con los mareógrafos en el periodo 1969-1991.

Situaciones como las señaladas anteriormente, contribuyen a asociar la erosión costera con el calentamiento global, a pesar de la importancia que tienen otros procesos como la tectónica de placas. Así, por ejemplo, los levantamientos cosísmicos de los terremotos de Limón de 1991 y de Nicoya de 2012 cambiaron en un instante la configuración de la

costa, en el primer caso con una clara exposición de la plataforma litoral.

Aun cuando resulta lógico atribuir los procesos acelerados de erosión costera al aumento del nivel medio del mar, (como consecuencia del calentamiento global), estos cambios podrían estar respondiendo a otras afectaciones más locales. Así, por ejemplo, en respuesta a levantamientos o subsidencias tectónicas (como fue el caso del Terremoto de Limón de 1991) o en respuesta a tormentas severas y oleajes extremos. En otras palabras, la dinámica actual que presenta el litoral (sedimentación/acreción) puede ser producto de procesos que actúan en el corto plazo, como las intervenciones antrópicas, pero no necesariamente reflejar cambios que responde al aumento en el nivel del mar (Ashton, Donnelly, & Evans, 2008).

Estos mismos autores señalan que existen modelos para predecir el comportamiento de la línea de costa en respuesta a un aumento en el nivel del mar. Tal es el caso de l modelo de Bruun (Ashton, Donnelly, & Evans, 2008) o variantes que se basan en balance de masa y que parten de condiciones de equilibrio en la línea de costa. No obstante, la complejidad de las interacciones en el sistema costero hace que estos modelos no estimen apropiadamente los cambios en la línea de costa. Es por este motivo que se requieren de estudios que permitan explorar relaciones entre proceso que actúan en el mediano plazo, como la geodinámica local y las tendencias en el nivel del mar (Ashton et al., 2008), para explorar relaciones causales del proceso que se observa en la actualidad.

Una vez identificadas las tendencias y caracterizado el problema en zonas críticas es posible sugerir medidas de reducción de la erosión costera, que podrías ser de tipo ingenieriles o de manejo ambientales, dependiendo de las particularidades de lo que se desea proteger o preservar, o en el mejor de los casos, una combinación de las dos bajo un sistema de gestión de la zona costera que involucre aspectos científicos, tecnológicos, financieros, ambientales, de política y sociales (Luo et al., 2015).

Si bien, el establecimiento de un sistema integrado de gestión costera requiere de un monitoreo de la erosión y sedimentación en la zona costera (Quater, Grimaccia, & Masini, 2014), que sirva de base para sugerir medidas estructurales y no estructurales, esta es una actividad que resulta costosa y que requiere del uso de tecnología o de una fuerte densidad de muestreos de campo, y podría estar mostrando el resultado de eventos puntuales que no necesariamente tengan implicaciones significativas en el mediano plazo (Scott, 2005).

Por su parte, Gracia et al., (2005) indican que la erosión costera estudiada en el largo plazo constituye un marco de análisis en el que es posible registrar cómo la línea de costa progresivamente se adapta a las nuevas condiciones. De esta forma, es posible asociar la erosión costera con eventos que tienen un mayor impacto sobre la configuración de la línea de costa, como lo son la actividad humana (ocupación de la zona costera, puertos, drenajes, etc.) y algunos procesos naturales (como las variaciones en la frecuencia de las tormentas, la geodinámica local y los cambios en el nivel del mar).

Según estos autores para medir la erosión costera en esta escala espacio - temporal (largo plazo) un buen método es por medio de orto fotografías, a partir de las cuales se digitaliza la línea de costa, de un juego de años, en un SIG que luego permite calcular las tasas de erosión, mismas que pueden ser corroborados con evidencia de campo e indicadores. Con este método es posible, también evaluar la vulnerabilidad y respuesta de ambientes costeros naturales al avance/retroceso de la línea de costa.

De acuerdo con Taveira-Pinto et al. (2011) la erosión costera en el noroeste de los litorales portugueses se debe a:

1. Un incremento generalizado del nivel del mar y otros efectos del cambio climático.
2. La falta de planificación del uso del suelo de las zonas litorales.
3. Las perturbaciones en los sistemas litorales como resultado de las obras exteriores en puertos.
4. La reducción del aporte de sedimentos de fuentes naturales.



En el caso de las costas de Cádiz, España, Gracia et al. (2005) concluyen que, en el largo periodo, el cambio climático, las fluctuaciones en el nivel del mar y las intervenciones humanas en las cuencas fluviales son las más importantes causas de la erosión costera histórica.

Por otra parte, la erosión costera representa una seria amenaza para las comunidades ubicadas en la zona costera, cuyo grado de afectación estará determinado por su vulnerabilidad. De acuerdo con la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2004) la vulnerabilidad hace referencia a las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad a sufrir el impacto de amenazas. En Costa Rica, la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo (número 8488) agrega a esa definición que la vulnerabilidad se determina por el grado de exposición y fragilidad de la población, sus actividades y el ambiente, así como la limitación de su capacidad para recuperarse (artículo 4).

La vulnerabilidad política, por su parte, se relaciona con la concentración de la toma de decisiones, centralismo en la organización gubernamental y la debilidad en la autonomía de los ámbitos locales, aspectos directamente relacionados con la gobernanza de los territorios afectados. Comprende aspectos relacionados con el nivel educativo y el grado de cohesión social.

Según François Ascher, 1995, citado por Godet (2007) la gobernanza ¿articula y asocia las instituciones políticas, los actores sociales y las organizaciones privadas, en procesos de elaboración y de puesta en escena de las elecciones colectivas, capaces de provocar una adhesión activa de los ciudadanos? (p.38). En este sentido, la articulación y la participación basada en una relación dialógica se vuelve vital en procesos de desarrollo y permiten la legitimación de los y las actoras involucradas. Según Freire, en esta relación la ciudadanía es propietaria de la realidad y no una simple fuente de información en la que se genera un supuesto consenso dirigido por parte de quien ejerce el poder o el gobierno, constituyéndose así en una participación simbólica (Freire, 2015).

En la búsqueda de condiciones para la gestión actual de problema de la erosión costera es central entender las relaciones que pueden estar potenciando este proceso. También, es importante considerar las condiciones actuales de gobernanza que podrían influir sensiblemente en la capacidad de adaptación de las comunidades expuestas o en los sistemas de gestión ante posibles riesgos.

La Geodesia es la ciencia que se encarga de estudiar la forma y dimensiones de la Tierra, así como su campo de gravedad (Torge, 2001). Los problemas que debe resolver, de acuerdo con Seeber (2003) son:

- 1) La determinación de posiciones tridimensionales precisas a una escala global, regional y local (establecimiento de control geodésico para aplicaciones científicas y de ingeniería)
- 2) Determinación del campo de gravedad de la Tierra y las funciones lineales de este campo (un geoide preciso y modelos de geopotencial)
- 3) Medición y modelado de fenómenos geodinámicos (variaciones del movimiento del polo y rotación de la Tierra, deformaciones de la corteza, estudios atmosféricos, variaciones del nivel medio del mar, entre otros).

Los marcos de referencia son la realización de un sistema de referencia, es decir, es el conjunto de estaciones con coordenadas y velocidades lineales derivados de la combinación de soluciones individuales de métodos de observación de la geodesia espacial. La importancia de estos es que, en primera instancia, permite describir, ubicar y replantear objetos territoriales.

Para cumplir sus tareas, en la actualidad, tanto la geodesia como la topografía utilizan varias técnicas de observación de la geodesia espacial, destacando por su acceso y costo los sistemas de navegación GNSS, siendo el más conocido el sistema GPS (Hofmann- Wellenhof & Moritz, 2006). El uso del sistema GPS es actualmente fundamental, ya que

contribuye a la definición y mantenimiento de un marco geodésico global, al estudio de la cinemática del marco global, así como establecer los marcos continentales y nacionales y en aplicaciones como estudios de la atmosfera y el mapeo para fines varios.

Los Sistemas de Navegación Global por Satélite (GNSS, por sus siglas en inglés) son una fuente de información importante para lograr una mejor comprensión de los fenómenos geofísicos y climáticos. Sin embargo, las discontinuidades en las series de tiempo pueden ser un factor limitante para la estimación de las tendencias a largo plazo (Bruni, 2014).

Las técnicas GNSS ofrecen hoy en día una contribución al monitoreo de la forma de la Tierra, su cinemática y las variaciones en diferentes escalas temporales y espaciales. Si las discontinuidades no son debidamente contabilizadas y removidas, estas podrían corromper el modelado confiable de las tendencias de largo período y de las variaciones no lineales, originadas por fenómenos relacionados con cambios geofísicos y climáticos. Hay una serie de diferentes causas para las discontinuidades; por ejemplo, terremotos, cambios en el equipo, problemas de montaje de la antena, vandalismo, multipath, procedimientos en el análisis de los datos (por ejemplo, cambio en el sistema de referencia) (Bruni, 2014)

A efectos de complementar la información adquirida a partir de los sistemas GNSS, se puede recurrir a métodos de la teledetección, donde se destaca la técnica InSAR. Radar Interferométrico de Apertura Sintética (InSAR, por sus siglas en inglés) es una técnica de la teledetección, que utiliza dos o más imágenes con información de la fase de una onda electromagnética, las cuales fueron adquiridas en diferentes tiempos y que luego de un proceso de correlación, brindan información que permite determinar y mapear cambios en la superficie terrestre. Cuando se cuenta con al menos dos imágenes de radar de la misma porción de la superficie terrestre, se obtienen los denominados interferogramas, los cuales contienen información sobre el cambio de la fase de la señal (Crosetto et. al, 2016)

Sin embargo, uno de los problemas que presenta InSAR es la decorrelación entre las imágenes. Con el fin de disminuir el efecto asociado con la decorrelación de la señal se puede aplicar la técnica Persistent Scatters InSAR (PSI) que permite, entre otras cosas, obtener exactitudes en la determinación de desplazamientos a niveles milimétricos, series temporales de los scatters de interés y una velocidad indicando la tasa de cambio.

#### Objetivo General:

Evaluar la contribución de la geodinámica a los procesos de erosión costera en el Caribe Sur de Costa Rica, así como la realidad organizativa actual, para la formulación de líneas estratégicas que apoyen la mejora de la gobernanza frente al riesgo de desastres asociado con dichos procesos erosivos.

Objetivo Específico	Indicadores de Logro	Actividades
---------------------	----------------------	-------------

## Sistema de Información Académica

### Formulación de Proyecto Académico

<p>Monitorear los cambios en las playas con erosión costera acelerada por medio de perfiles de playa y el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV), para el registro de su evolución.</p>	<p>8 perfiles de playa</p> <p>8 análisis granulométricos de sedimentos de playa</p> <p>Dos levantamientos de 5 ortofotomosaicos</p> <p>Cambios en la longitud de la plataforma litoral en dos puntos de interés</p> <p>Informe de cambio ocurridos en las playas monitoreadas</p> <p>Una ponencia en un congreso nacional</p>	<p>Giras de campo para levantamiento de los perfiles, recolección de las muestras y realización de vuelos (UAV) Desde 03-FEB-20, Hasta 30-JUN-22, Responsable Gustavo Barrantes Castillo, Jose Valverde Calderón, Diana Paniagua, Estudiante por definir</p> <p>Procesamiento de fotografía aéreas para la generación de los ortofotomosaicos. Desde 03-AUG-20, Hasta 30-SEP-22, Responsable Gustavo Barrantes, Jose Valverde, Diana Paniagua, Estudiante por definir</p> <p>Fotointerpretación de los mosaicos para la identificación de las formas relacionadas con la erosión costera. Desde 01-FEB-22, Hasta 31-OCT-22, Responsable Gustavo Barrantes, Estudiante por definir</p> <p>Elaboración de perfiles de playa Desde 01-FEB-20, Hasta 31-OCT-22, Responsable Gustavo Barrantes, Jose Valverde, Diana Paniagua, Estudiante por definir</p> <p>Análisis de laboratorio de las muestras de sedimentos. Desde 12-JUL-20, Hasta 31-OCT-22, Responsable Gustavo Barrantes Castillo</p> <p>Colocación de hitos de referencia en campo en los sitios seleccionados en las plataformas Desde 01-FEB-20, Hasta 31-OCT-22, Responsable Gustavo Barrantes Castillo, Jose Valverde Calderón, Diana Paniagua Jiménez, Estudiante por definir</p> <p>Levantamiento de la longitud de la plataforma litoral en tres campañas de medición Desde 01-FEB-20, Hasta 30-SEP-22, Responsable Gustavo Barrantes Castillo, Jose Valverde Calderón, Diana Paniagua Jiménez, Estudiante por definir</p>
--	---	--



## Sistema de Información Académica

### Formulación de Proyecto Académico

<p>Determinar las deformaciones del terreno en el Caribe Sur a partir de la información obtenida usando la técnica PSI y métodos GNSS, para relacionarla con la geodinámica regional como factor acelerador de la erosión costera.</p>	<p>Análisis de las tendencias en los movimientos verticales por medio de imágenes de radar</p> <p>Análisis de las tendencias en los movimientos verticales y horizontales en estaciones de medición permanente, por medio de procesamiento de datos GNSS</p> <p>Informe sobre las tendencias en la geodinámica regional</p>	<p>Descarga de las imágenes de radar Desde 01-JAN-20, Hasta 01-JAN-22, Responsable Jose Francisco Valverde Calderon, Diana Paniagua Jimenez, Estudiante por definir</p> <p>Preprocesamiento de las imágenes de radar. Desde 31-JUL-20, Hasta 31-DEC-21, Responsable Jose Francisco Valverde Calderon, Diana Paniagua Jimenez, Estudiante por definir</p> <p>Generación de los interferogramas. Desde 01-JAN-21, Hasta 31-MAY-22, Responsable Jose Francisco Valverde Calderon, Diana Paniagua Jimenez, Estudiante por definir</p> <p>Procesamiento de los interferogramas y elaboración de las series temporales utilizando el método StaMPS. Desde 01-JAN-22, Hasta 30-NOV-22, Responsable Jose Francisco Valverde Calderon, Diana Paniagua Jimenez, Estudiante por definir</p> <p>Descarga y procesamiento de las observaciones de las estaciones de medición permanente. Desde 01-JAN-20, Hasta 31-JUL-22, Responsable Jose Francisco Valverde Calderon, Diana Paniagua Jimenez, Estudiante por definir</p> <p>Filtrado estadístico de las series temporales para eliminar errores y obtener los componentes de las tendencias de los movimientos. Desde 01-JUN-22, Hasta 30-NOV-22, Responsable Jose Francisco Valverde Calderon, Diana Paniagua Jimenez</p>
<p>Elaborar línea base de datos económicos, sociales, políticos y ecológicos que afectan y se ven afectados por la dinámica costera en la región para la descripción del contexto en el que se desenvuelven las comunidades e instituciones.</p>	<p>Documento con la Reconstrucción histórica de dos comunidades de la región Caribe Sur</p> <p>Informe de las condiciones económicas, sociales, políticas y ecológicas de la región Caribe Sur</p> <p>Estudio de línea base y potencialidades para al menos dos comunidades de la región Caribe Sur y la relación de afectación posible por la dinámica costera</p> <p>4 prácticas de planificación y promoción social (2 por año)</p> <p>12 Talleres de inducción y validación en 2 comunidades y a nivel región</p>	<p>Definición de indicadores Desde 15-JAN-20, Hasta 22-JAN-20, Responsable Gustavo Barrantes, José Valverde, Alejandra Ávila, Michael Arroyo, Laura Vargas, Priscilla Mena</p> <p>Consulta de información secundaria en bases de datos nacionales y académicas Desde 22-JAN-20, Hasta 20-FEB-20, Responsable Alejandra Ávila, Michael Arroyo, Laura Vargas. Estudiantes</p> <p>Talleres de inducción y trabajo de campo (Año 1: línea base, año 2: propuestas de mejora). Desde 22-FEB-20, Hasta 15-OCT-21, Responsable Alejandra Ávila, Priscilla Mena, Estudiantes, Gustavo Barrantes, José Francisco Valverde</p> <p>Ejecución de talleres para la reconstrucción histórica. Desde 28-MAR-20, Hasta 30-JUN-20, Responsable Alejandra Ávila, Michael Arroyo, Priscilla Mena, Estudiantes</p> <p>Sistematización de datos. Desde 01-JUN-20, Hasta 20-SEP-22, Responsable Alejandra Ávila, Priscilla Mena, Laura Vargas, Michael Arroyo, estudiantes.</p> <p>Validación en comunidades (en dos momentos año 2 y año 3) Desde 01-OCT-21, Hasta 31-OCT-22, Responsable Alejandra Ávila, Priscilla Mena, Michael Arroyo, Laura Vargas, estudiantes</p> <p>Elaboración de informes y productos: línea base y prácticas Desde 01-OCT-21, Hasta 01-NOV-22, Responsable Alejandra Ávila, Priscilla Mena, Michael Arroyo, Laura Vargas, estudiantes</p>

## Sistema de Información Académica

### Formulación de Proyecto Académico

<p>Valorar las condiciones de gobernanza que se presentan en el Caribe Sur en la atención de riesgos asociados a erosión costera para la generación de propuestas estratégicas de fortalecimiento.</p>	<p>Al menos 6 mapas de actores (4 locales y 2 regionales)</p> <p>Análisis de las condiciones de gobernanza para atender riesgos asociados a procesos geodinámicos y de erosión costera.</p> <p>1 artículo publicable, sistematización de experiencia o ponencia</p> <p>4 talleres de capacitación o sensibilización en temas asociados al fortalecimiento de gobernanza y gestión de riesgo para la institucionalidad regional y al menos dos comunidades.</p> <p>18 talleres para la elaboración del mapeo de actores a realizar con la institucionalidad regional y al menos dos comunidades (3 son de validación)</p>	<p>Identificar la institucionalidad y otras organizaciones vinculadas con la gestión del riesgo de desastres en la zona costera del Caribe Sur (incluye selección de comunidades). Desde 10-JAN-20, Hasta 31-JAN-20, Responsable Alejandra Ávila, Michael Arroyo, Priscilla Mena, Gustavo Barrantes, José F. Valverde. Estudiantes</p> <p>Examinar la inclusión de riesgos asociados a procesos de erosión costera y geodinámicos en la agenda de trabajo institucional y organizacional Desde 08-FEB-20, Hasta 29-FEB-20, Responsable Alejandra Ávila, Michael Arroyo y Laura Vargas.</p> <p>Identificar la articulación existente entre las instituciones vinculadas con la gestión del riesgo y las comunidades. Desde 28-MAR-20, Hasta 30-NOV-20, Responsable Alejandra Ávila, Michael Arroyo, Laura Vargas, Priscilla Mena, Gustavo Barrantes, José Valverde</p> <p>Ejecutar capacitaciones o acciones de sensibilización que se identifiquen como pertinentes para el fortalecimiento de la gobernanza en la región. Desde 25-FEB-21, Hasta 30-MAR-22, Responsable Alejandra Ávila, Michael Arroyo, Laura Vargas, Priscilla Mena, Gustavo Barrantes, José Valverde, Est</p> <p>Validación con la comunidad. (en dos momentos años 2 y 3) Desde 15-MAR-21, Hasta 31-OCT-22, Responsable Alejandra Ávila, Priscilla Mena, Michael Arroyo, Laura Vargas, Gustavo Barrantes, José Valverde</p> <p>Sistematización, elaboración de informes y productos académicos. Desde 25-MAR-21, Hasta 01-NOV-22, Responsable Alejandra Ávila, Priscilla Mena, Michael Arroyo, Laura Vargas.</p>
--	--	---

#### Metodología:

La metodología a seguir consta de tres partes. En la primera, denominada "monitoreo" permitirá realizar un registro detallado de la dinámica de la playa, para determinar la velocidad y dirección de los procesos. Durante el levantamiento de cada perfil de playa se tomarán muestras de sedimento, una vez evaluados en el laboratorio, se espera relacionar los cambios en la granulometría del sedimento con los cambios en la forma y longitud, registrados en los perfiles, de esta manera se podrá comprender los estados de playa y su relación con la erosión. En el caso de las plataformas litorales (anteriormente conocidas como plataformas de abrasión) se utilizará otra técnica basada en la medición de su longitud desde un punto fijo en la costa. Los dos procedimientos descritos harán posible un registro detallado del proceso de manera puntual, es por esto que estas técnicas son complementadas con la generación de mosaicos ortorectificados obtenidos de vuelos con drone (UAV), lo que hará posible evaluar el proceso a nivel areal, en toda la playa de interés, tomando como proxi de la línea de costa, de modo que se puedan registrar su avance, retroceso o estabilidad, durante la investigación.

La segunda parte consiste en el análisis de la geodinámica regional. Considerando el área de interés, se usaran imágenes de radar de la misión Sentinel 1, y a partir de su procesamiento (técnica PSI) se obtendrá como resultado la serie de tiempo del componente vertical para el conjunto de píxeles que muestran ser estables en el tiempo así como velocidades relativas (referidas a un píxel de referencia). La ventaja de esta técnica es que resulta en una alta densidad de información que permitirá conocer la deformación del terreno que se puede relacionar con la tectónica regional. Con el fin de validar los resultados de la técnica PSI y poder estimar velocidades absolutas (velocidades que están referidas a un punto conocido), se procesaran los datos de las estaciones GNSS denominadas LIMN y VRAI, para conocer las

velocidades del desplazamiento de estas estaciones.

En una tercera parte de la metodología se utilizarán los resultados de las investigaciones generadas de proyecto realizados en años anteriores, así como los hallazgos al 2020 para compartir con la población tanto a nivel institucional regional como local. Ello tiene la finalidad de que la población se sensibilice con su realidad y se promuevan acciones para la organización, articulación y fortalecimiento organizacional. Lo anterior está referido, particularmente, a ejercer una correcta gobernanza para generar acciones dirigidas a la adaptación ante posibles riesgos de desastres asociados a la erosión costera. En este sentido, será necesario elaborar una línea base a nivel socioeconómico, ecológico y distinguir las condiciones de gobernanza.

La línea base permitirá poner en contexto la situación actual que podría verse afectada en caso de no tomar acciones o gestionar el riesgo ante eventos relacionados con erosión costera. La descripción de las condiciones de gobernanza está dirigida a poner en contexto la necesidad de articular o mejorar la gestión de una agenda regional, en gestión de riesgo de desastre (asociada a la vulnerabilidad por erosión costera), con la comunal.

En todo este proceso, la participación estudiantil será de gran importancia, en especial para el levantamiento de información y la creación y el desarrollo de talleres, entre otros; bajo la supervisión de los académicos y académicas de las distintas escuelas.

A continuación se detalla la metodología y técnicas:

#### Levantamiento de los perfiles de playa

- 1) Identificación y selección de los sitios donde se levantarán perfiles topográficos.
- 2) Establecimiento de un punto de referencia de forma que los perfiles queden referidos al mismo punto inicial y a la misma altura
- 3) Levantamiento de los perfiles usando un nivel topográfico y mira para las lecturas verticales, así como mediciones con cinta desde el punto inicial para obtener los cadenamientos
- 4) Cálculo de las alturas de cada punto del perfil
- 5) Dibujo de los perfiles levantados en un CAD

#### Análisis granulométrico de sedimentos de playa

- 1) Recolección de muestras de sedimentos en los sitios donde se levantan los perfiles de playa
- 2) Desalinización de las muestras para su procesamiento
- 3) Determinación de tamaños y proporciones por medio del equipo Camsizer
- 4) Elaboración de cuadros con las proporciones por nombre y textura.

#### Levantamiento de la longitud de la plataforma litoral

- 1) Identificación y selección de los sitios de interés
- 2) Levantamiento de un punto de referencia y construcción de un hito en el punto de inicio de la medición
- 3) Medición de la longitud de la plataforma litoral usando una cinta métrica

#### Levantamiento de la línea de costa con vehículos aéreos no tripulados (UAV)

- 1) Tramitar los permisos ante Aviación Civil en aquellas áreas que se consideran como restringidas
- 2) Planificar los vuelos, a efectos de generar los planes
- 3) Cargar los planes de vuelo al UAV
- 4) Ejecutar los vuelos
- 5) Generar las ortofotos

Para aquellas áreas cuya línea de costa está cubierta por vegetación como árboles y palmeras y que sea de interés, se realizara el levantamiento de esta usando métodos topográficos convencionales

Aplicación de la técnica PSI para la generación de series temporales

- 1) Descarga de las imágenes de los satélites Sentinel 1A para el área de Limón
- 2) Preprocesamiento de las imágenes en el programa SNAP de la ESA: selección del área del trabajo, aplicación de orbitas, generación de interferogramas
- 3) Exportar los resultados al programa StaMPS
- 4) Correr los procesos del programa StaMPS
- 5) Generación de las series temporales de los scatters de interés

Generación de la serie temporal de la estación GNSS LIMN y VRAI

- 1) Descarga de los datos de los servidores donde se encuentran alojados. En el caso de la estación LIMN, los datos se descargan del sitio <http://rim-data-gnss.rnp.go.cr/spiderweb/frmlIndex.aspx> mientras que los datos de UNAVCO se descargan del sitio <http://www.unavco.org/data/gps-gnss/data-access-methods/dai2/app/dai2.html>
- 2) Procesamiento de los datos en modo PPP usando el programa GINS del CNES de Francia. La ETCG cuenta con la licencia de este programa.
- 3) Extracción de las coordenadas diarias de la estación
- 4) Filtrado de los datos para eliminar outliers u otro tipo de información que genere ruido en la serie a partir de la aplicación de un método estadístico
- 5) Conversión de las coordenadas geocéntricas al sistema topocéntrico y generación de la serie de tiempo usando la rutina la rutina XYZ2neu\_nue.m, preparada en el marco del proyecto código SIA 0008-15
- 6) Estimación de las velocidades de las estaciones a partir de un ajuste por mínimos cuadrado

Creación de línea base y descripción de las condiciones de gobernanza

- 1) Definición de indicadores socioeconómicos, ecológicos y de gobernanza

Por medio del trabajo colaborativo de las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto se definirán indicadores que permitan valorar las condiciones socioeconómicas, ecológicas y de gobernanza para la gestión de riesgos en la región. Lo anterior requerirá no solo de reuniones, sino de consulta de fuentes secundarias (por ejemplo de autores como Sepúlveda, S. 2008; Requena, F. 2005; Tommasino, H. y De Hegedüs, P. 2006)

- 2) Acercamiento a comunidades

Existirá un acercamiento a comunidades de los cantones Talamanca y Limón que presenten tanto afectación por erosión costera como anuencia para sumarse al proyecto. Para ello se llevará a cabo talleres de sensibilización con institucionalidad regional y con organizaciones comunales acerca de los hallazgos del trabajo realizado por Topografía y Geografía en años anteriores. En este taller participará el equipo completo de la UNA.

Adicionalmente, se aplicarán entrevistas dirigidas a sensibilizar e informar a los diferentes actores sobre las principales acciones del proyecto, objetivos y beneficios, con el fin de alinear intereses y expectativas y promover un ambiente adecuado para el trabajo futuro. La participación estudiantil de los cursos de Práctica Organizativa I y II de la EPPS es clave en estas actividades, pues estarán ingresando a las comunidades cada 15 días.

- 3) Recopilación de información

La línea base se construirá en el año 1 a partir de indicadores socioeconómicos, ecológicos y de gobernanza; con participación académica, de actores institucionales, comunitarios y estudiantes. Se recopilarán datos de fuentes primarias por medio de talleres y entrevistas, así como de fuentes secundarias. Se requiere al menos 2 talleres a nivel

comunitario, uno de ellos de validación.

Lo anterior será apoyado por estudiantes de la práctica organizativa y la dinámica permitirá no solo identificar condiciones actuales y necesidades, sino también proyecciones y potencialidades que se visualizan en la región para la gestión de riesgo.

#### 4) Reconstrucción histórica

Esta reconstrucción se realizará de manera paralela con el proceso de recopilación de información para la línea base. Se ejecutará con actores regionales y comunitarios con el fin de identificar los momentos históricos más importantes que se han presentado en la región, visualizar percepciones sobre su realidad, evidenciar las capacidades de la población en el tiempo, así como las oportunidades para mejorar su entorno. Será posible conocer si las comunidades identifican o no la erosión costera como una amenaza en su territorio, asociándolo con hallazgos de la investigación realizada por Geografía y Topografía.

La reconstrucción se realizará por medio de 8 talleres con los diferentes actores y estarán dirigidos por académicos involucrados en el proyecto, con apoyo estudiantil. El resultado de estos talleres permitirá alimentar la línea base, así como dejar en la comunidad su historia escrita en forma de cuento, según su propia visión.

El componente teórico del proceso se fundamenta en Alfonso Torres Carrillo, Cecilia Díaz del Centro de Estudios y Publicaciones ALFORJA (presidido por Oscar Jara).

#### 5) Mapeo de actores

En la descripción de las condiciones de gobernanza se utilizará la perspectiva de análisis de redes sociales para visualizar la relación entre actores, donde lo esencial es la relación y no los actores en sí mismos (Requena, F. 2005). De esta manera será posible describir el sistema en el que figuran estos actores y las relaciones que se ejercen dentro de este a escala regional y su acercamiento a las comunidades. La técnica mapeo de actores, planteado por Tommasino, H. y De Hegedüs, P. (2006), en "Extensión: reflexiones para la intervención en el medio urbano y rural" permitirá comprender la articulación, las alianzas y los conflictos presentes en la compleja realidad social.

Mediante el mapeo de actores se busca generar espacios de encuentro y diálogo en el cual se identifiquen estrategias para mejorar la gobernanza en torno a la gestión de riesgo ante eventos asociados a la erosión costera. Para ello, en el año 1 se llevarán a cabo talleres a nivel regional y local con participación de la institucionalidad, líderes comunales, informantes clave y expertos. En total serán 15 talleres a ejecutarse (10 a nivel comunal).

#### 6. Acciones de fortalecimiento organizacional

En el segundo año, el proyecto en conjunto con los estudiantes de la práctica organizativa de EPPS generará acciones de capacitación y propuestas orientadas a mejorar la gobernanza en la prevención de riesgos. Se habrá identificado previamente la inclusión del tema en la agenda regional.

#### **Estrategia de Comunicación:**

Se plantean las siguientes actividades que permiten difundir los resultados y sensibilizar, no solo a la población académica, sino a los actores que se encuentran en el área de influencia del proyecto.

- Talleres de inducción y sensibilización
- Presentación de resultados en talleres y conferencias (como medio para la divulgación y realimentación de diferentes actores)
- Publicación de resultados en medios de comunicación de la Universidad Nacional (Campus, Web, revistas, etc.)
- Publicación y presentación de resultados en revistas u otros medios académicos
- Presentación de Informes de avance a la Universidad Nacional.

### **Mecanismo de Autoevaluación:**

Con el fin de coordinar y dar seguimiento a las actividades comprometidas en el proyecto y mantener la coordinación fluida entre los participantes, se establecerá un Comité de Seguimiento y Autoevaluación del Proyecto. El comité estará conformado por al menos un representante de cada unidad académica participante (Geografía; Topografía, Catastro y Geodesia; y Planificación y Promoción Social).

El Comité se reunirá una vez cada tres meses y realizará una autoevaluación mediante:

- Revisión de resultados para las actividades planteadas en cada uno de los objetivos del proyecto.
- Valoración de las contribuciones realizadas por estudiantes participantes.
- Valoración de otros resultados colaterales o no previstos.
- Valoración del cumplimiento general del proyecto con el fin de plantear mejoras, ajustes o potenciar buenas prácticas.
- Revisión del plan operativo anual.
- Verificación del cumplimiento de la estrategia de comunicación

Además, se establecerá una comunicación fluida entre los participantes que permita establecer reuniones extraordinarias en caso de ser necesario y coordinar adecuadamente las giras, talleres u otros de desarrollo conjunto. Cada unidad administrará el presupuesto y dará seguimiento para que este facilite el alcance de las metas previstas.

Por otro lado, se llevará un registro continuo de las actividades del proyecto utilizando: bitácoras, minutas, informes de actividades y fotografía.

### **Productos Esperados:**

Trabajo final de graduación  
Práctica estudiantil y pasantías  
Otra producción de gestión académica  
Alianzas estratégicas con organizaciones, instituciones, sociedad civil y empresas  
Ponencia  
Sistematización (experiencia, datos, conocimiento)  
Diagnósticos  
Artículo en revista (con sello editorial)  
Informe técnico

### **Bibliografía:**

Alvarado, G., & Cárdenas, G. (216). Chapter 3 Geology, Tectonics, and Geomorphology of Costa Rica: A Natural History Approach. En M. Kappelle, Costa Rican Ecosystems (pág. 744). London: University of Chicago Press.

Ashton, A. D., Donnelly, J. P., & Evans, R. L. (2008). A discussion of the potential impacts of climate change on the shorelines of the Northeastern USA. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13(7), 719-743.

BIOMARCC-SINAC-GIZ. (2013). Análisis de vulnerabilidad de las zonas oceánicas y marino-costeras de Costa Rica frente al cambio climático. San José.

Bruni, S., Zerbini, S., Raicich, F., Errico, M., Santi, E. (2014). Detecting discontinuities in GNSS coordinate time series with STARS: case study, the Bologna and Medicina GPS sites. *J Geod* (2014) 88: 1203-1214. doi: 10.1007/s00190-014-0754-4

Crosetto, M., Monserrat, O., Cuevas-González, M., Devanthery, N., & Crippa, B. (2016). Persistent scatterer



interferometry: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 115, 78-89.

De Obaldia, F., Marino, T., Van Der Laat, R., Malavassi, E., & Hernández, F. (1991). Levantamiento cosísmico asociado al terremoto del 22 de abril de 1991, Ms=7.5 Valle la Estrella, León, Costa Rica. Heredia.

Denyer, P., Cárdenes, G., & Kruse, S. (2004). Registro histórico y evolución de la barra arenosa de Puntarenas, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Revista Geológica de América Central, (31). Retrieved from <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/7245>

Denyer, P., Arias, O., & Personius, S. (1994). Efecto tectónico del Terremoto de Limón. Revista Geológica de América Central (Número especial Terremoto de Limón), 39-52.

Diaz, C., (1997). Recuperando la historia e identidad local: criterios conceptuales y metodológicos. 1ª Ed. San José, C.R. Centro de Estudios y Publicaciones Alforja.

Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. (2004). Vivir con el Riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres. Parte, 5, 383-369.

Freire, P., & Mellado, Jorge. (2015). Pedagogía del oprimido (4ª edición corregida y revisada. ed., Biblioteca clásica de Siglo Veintiuno). Argentina: Siglo Veintiuno editores.

Gracia, F. J., Anfuso, G., Benavente, J., Río, L. D., Domínguez, L., & Martínez, J. A. (2005). Monitoring coastal erosion at different temporal scales on sandy beaches: application to the Spanish Gulf of Cadiz coast. Journal of Coastal Research, 22-27.

Godet, M. (2007). Perspectiva estratégica: problemas y métodos. Instituto Europeo de Prospectiva Estratégica. París. Cuaderno N° 20, Cuadernos de LIPSOR.

Hofmann-Wellenhof, B., & Moritz, H. (2005). Physical Geodesy. New York: Springer

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 104.

La Gaceta No 8. 11/01/2006. Ley N° 8488 del 22/01/2005. Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo. Costa Rica. Recuperado del Sistema Costarricense de Información Jurídica - SCIJ <http://www.pgrweb.go.cr/scij/>

Lizano, O. G., & Salas, D. M. (2002). Variaciones geomorfológicas en los últimos 50 años de la Isla de Damas, Quepos, Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 49, 171-178.

Lizano, O. G. (2013). Erosión en las costas de Costa Rica, incluyendo la Isla del Coco. INTERSEDES, 14(27), 6-27.

Luo, S., Cai, F., Liu, H., Lei, G., Qi, H., & Su, X. (2015). Adaptive measures adopted for risk reduction of coastal erosion in the People's Republic of China. Ocean & Coastal Management, 103, 134-145.

McNeill, D. F., Coates, A. G., Budd, A. F., & Borne, P. F. (2000). Integrated paleontologic and paleomagnetic stratigraphy of the upper Neogene deposits around Limon, Costa Rica: a coastal emergence record of the Central American Isthmus. Geological Society of America Bulletin, 112(7), 963-981.

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. Área de Análisis del Desarrollo. Índice de desarrollo social 2017 / Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. -- San José, CR : MIDEPLAN, 2018.

Ojeda, J. (2000). Métodos para el cálculo de la erosión costera: revisión, tendencias y propuesta. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.(30), 103-118.

Ortiz, E. (2012). Cambios geomorfológicos en el litoral Caribe y Pacífico de Costa Rica. Caso del Complejo Deltaico de Sierpe. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 5(15), 45-54.

Quater, P. B., Grimaccia, F., & Masini, A. (2014). Airborne Unmanned Monitoring System for Coastal Erosion Assessment. In Engineering Geology for Society and Territory-Volume 4 (pp. 115-120). Springer.

Quesada, S., & Molina, L. (20 de Enero de 2016). Calentamiento global dispara erosión en playas de Limón. Semanario Universidad.

Requena, F. (2005). Análisis de redes sociales: orígenes, teorías y aplicaciones. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas, 2003, 497 p. Papers 75, 2005. 169-185.

Scott, D. B. (2005). Coastal changes, rapid. In Encyclopedia of Coastal Science (Schwartz, M. L., pp. 253-255). Netherlands: Springer

Seeber, G. (2003). Satellite Geodesy. Berlin, Alemania: Walter de Gruyter.

Soto, M. (5 de junio de 2014). Mar arrebató 20 metros al Parque Nacional Cahuita en últimos 15 años. La Nación.

Taveira-Pinto, F., Silva, R., & Pais-Barbosa, J. (2011). Coastal erosion along the portuguese northwest coast due to changing sediment discharges from rivers and climate change. In Global change and baltic coastal zones (pp. 135-151). Springer

Thom, B. G., & Cowell, P. J. (2005). Coastal changes, gradual. In Encyclopedia of Coastal Science (Schwartz, Maurice L., pp. 251-253). Netherlands: Springer

Torge, W. (2001). Geodesy. Berlin, Alemania: Walter de Gruyter.

Torres, A. (2014). Hacer historia desde Abajo y desde el Sur. Ediciones desde Abajo. Bogotá, Colombia.

### **Observaciones:**

Sobre las jornadas, la Escuela de Planificación y Promoción Social aportará 13 horas, distribuidas como sigue:

A) 8 horas que se toman de las que han sido asignadas al Programa CAMBIOS, código SIA 0055-17 (como participantes Michael Arroyo: 2 horas, Alejandra Ávila: 4 horas y Laura Vargas: 2 horas). Por tal razón, los participantes aparecen en 0 horas para efectos de esta formulación, con el fin de no generar duplicidades en el sistema, entendiéndose que el programa CAMBIOS administrará dichos tiempos para este proyecto.

B) El tiempo de 4 estudiantes en la modalidad de práctica de planificación y promoción social (cada 15 días los estudiantes visitarán las comunidades). La práctica es anual (febrero-noviembre). La misma se realiza con el acompañamiento de un-a docente. La docente participante es Priscilla Mena García y su aporte será de 3 horas desde

las prácticas organizativas y 2 horas desde el programa PIPEDE. Su jornada aparece en 0 para esta formulación con el fin de no duplicar sus horas en el sistema, entendiéndose que se tomarán de su jornada docente y del Programa en Planificación y Gestión del Desarrollo Local y Regional (PIPEDE), código SIA 0266-16.

C) Además, 4 horas de 1 estudiante asistente (por definir). Su jornada podría ser asignada de las que se establezcan para la Unidad Académica desde Bienestar Estudiantil.

Las comunidades en las cuales se trabajará se definirían como una actividad inicial de priorización estratégica que llevará a cabo el equipo de trabajo.

**\*Observaciones referentes a los productos esperados:**

Los productos esperados son los siguientes:

- Dos artículos académicos
- Dos informes técnicos
- Publicación en redes sociales
- Dos anteproyectos de trabajo final de graduación a nivel de grado
- Cuatro Prácticas de Planificación y Promoción Social

**\*Descriptores:**

- Gobernanza
- Ambiente, territorio y sustentabilidad
- Desarrollo regional
- Desarrollo local
- Riesgo y Vulnerabilidad

**\*De parte de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia, las actividades que se desarrollen en el proyecto se ejecutarán en el marco de acción del Laboratorio de Geomática, código SIA 0292-18**

**\*De parte de la Escuela de Ciencias Geográficas, las actividades que se desarrollen en el proyecto se desarrollarán en el marco del Programa de Geomorfología Ambiental Código SIA 0029-16**

#### **Lista de Grupos Meta:**

Población en zonas con riesgo ambiental

#### **Lista de Destinatarios:**

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias

Municipalidad de Limón

Municipalidad de Talamanca

#### **Descriptores:**

Desarrollo comunitario

Desarrollo sostenible

Erosión costera

Geodesia

Prevención de desastres

**Adscrito a:**

0055-17: CAMBIOS: Hacia un desarrollo Integral y Sostenible. Fase II

**Unidad Ejecutora Titular:**

ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS.

**Áreas temáticas asociadas:**

Gestión del territorio

**Unidad Ejecutora Participante no. 1**

ESCUELA PLANIFIC. Y PROMO SOC..

**Unidad Ejecutora Participante no. 2**

ESCUELA TOPOGRA. CASTR. Y GEOD..

**Áreas temáticas asociadas:**

Topografía

**Áreas y Sectores asociados al proyecto:**

**Área Estratégica de Conocimiento**

Ambiente, conservación y manejo de los recursos naturales

**Sub-Área Estratégica de Conocimiento**

Gestión del riesgo

**Área de la Ciencia**

Ciencias naturales

**Sub-Área de la Ciencia**

Ciencias de la tierra y ciencias ambientales relacionadas

**Sector de Aplicación**

Investigación no orientada

**Característica**

Proyecto

**Cantones:**

LIMON

TALAMANCA

**Participantes**

**Identificación:** 900820450.

**Nombre:** GUSTAVO BARRANTES CASTILLO. Interno. **Responsable**

**Grado Académico:** .

**Condición:** .

**Unidad Ejecutora:** ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS.

**Desde:** 01-Enero-2020. **Hasta:** 31-Diciembre-2022.

**H.P presupuesto UNA:** 5. **H.P presupuesto del proyecto:** 0.

**Horas Ad Honoren:** 0.

**Identificación:** 108690272.

**Nombre:** LAURA CRISTINA VARGAS LEON. **Participante:** Interno.

**Grado Académico:** LICENCIATURA.

**Condición:** ADMINISTRATIVO.

**Unidad Ejecutora:** ESCUELA PLANIFIC. Y PROMO SOC..

**Desde:** 01-Enero-2020. **Hasta:** 31-Diciembre-2022.

**H.P presupuesto UNA:** 0. **H.P presupuesto del proyecto:** 0.

**Horas Ad Honoren:** 0.

**Identificación:** 109050553.

**Nombre:** Ivonne Gabriela Arroyo Hidalgo. **Participante:** Externo.

**Grado Académico:** DOCTORADO.

**Condición:** ACADEMICO.

Institución donde trabaja: Universidad de Costa Rica (UCR).

**Desde:** 01-Enero-2020. **Hasta:** 30-Noviembre-2022.

**H.P presupuesto UNA:** 0. **H.P presupuesto del proyecto:** 0.

**Horas Ad Honoren:** 5.

**Identificación:** 111790045.

**Nombre:** JOSE FRANCISCO VALVERDE CALDERON. **Participante:** Interno.

**Grado Académico:** LICENCIATURA.

**Condición:** ACADEMICO.

**Unidad Ejecutora:** ESCUELA TOPOGRA. CASTR. Y GEOD..

**Desde:** 01-Enero-2020. **Hasta:** 31-Diciembre-2022.

**H.P presupuesto UNA:** 10. **H.P presupuesto del proyecto:** 0.

**Horas Ad Honoren:** 0.

**Identificación:** 115030537.

**Nombre:** DIANA NINETTE PANIAGUA JIMENEZ. **Participante:** Interno.

**Grado Académico:** LICENCIATURA.

**Condición:** ACADEMICO.

**Unidad Ejecutora:** ESCUELA TOPOGRA. CASTR. Y GEOD..

**Desde:** 01-Enero-2020. **Hasta:** 31-Diciembre-2022.

**H.P presupuesto UNA:** 0. **H.P presupuesto del proyecto:** 0.

**Horas Ad Honoren:** 5.

**Identificación:** 205970716.

**Nombre:** MICHAEL STEVEN ARROYO ZELEDON. **Participante:** Interno.

**Grado Académico:** LICENCIATURA.

**Condición:** ACADEMICO.

**Unidad Ejecutora:** ESCUELA PLANIFIC. Y PROMO SOC..

**Desde:** 01-Enero-2020. **Hasta:** 31-Diciembre-2022.

**H.P presupuesto UNA:** 0. **H.P presupuesto del proyecto:** 0.

**Horas Ad Honoren:** 0.

**Identificación:** 303240305.

**Nombre:** ALEJANDRA AVILA ARTAVIA. **Participante:** Interno.

**Grado Académico:** MAESTRIA.

**Condición:** ACADEMICO.

**Unidad Ejecutora:** ESCUELA PLANIFIC. Y PROMO SOC..

**Desde:** 01-Enero-2020. **Hasta:** 31-Diciembre-2022.

**H.P presupuesto UNA:** 0. **H.P presupuesto del proyecto:** 0.

**Horas Ad Honoren:** 0.

**Identificación:** 603410602.

**Nombre:** PRISCILA MENA GARCIA. **Participante:** Interno.

**Grado Académico:** MAESTRIA.

**Condición:** ACADEMICO.

**Unidad Ejecutora:** ESCUELA PLANIFIC. Y PROMO SOC..

**Desde:** 01-Enero-2020. **Hasta:** 31-Diciembre-2022.

**H.P presupuesto UNA:** 0. **H.P presupuesto del proyecto:** 0.

**Horas Ad Honoren:** 0.

**Estudiante:** Por Def.

**Puesto:** Estudiante Asistente.

**Desde:** 01-Marzo-2020. **Hasta:** 30-Noviembre-2022.

**H.P presupuesto UNA:** 4. **H.P presupuesto del proyecto:** 0.

**Horas Ad Honoren:** 0.

**Estudiante:** Por Def.

**Puesto:** Estudiante Asistente.

**Desde:** 01-Marzo-2020. **Hasta:** 30-Noviembre-2022.

**H.P presupuesto UNA:** 4. **H.P presupuesto del proyecto:** 0.

**Horas Ad Honoren:** 0.

#### **Justificación del presupuesto:**

Presupuesto PLANIFICACION Y PROMOCION SOCIAL.

H0502 -Viáticos dentro del país: para el trabajo en la ejecución de talleres para reconstrucción histórica y mapeos, procesos de sensibilización, talleres de capacitación, reuniones de validación y trabajo de campo en general. Se considera un equipo promedio de 4 personas, 2 días de giras, visitando no solo la institucionalidad regional sino a las comunidades que se seleccionen. El primer año el presupuesto es mayor en esta cuenta, pues requiere más giras en términos de recopilación de información base y sensibilización. Los siguientes años se concentran en talleres con organizaciones, reuniones y monitoreo del proyecto.

H0701- Actividades de capacitación: Para el 2020 los recursos se utilizarán en reuniones o talleres de sensibilización a nivel regional y comunal, talleres para la elaboración de mapas de actores, talleres para la reconstrucción histórica y para el montaje de línea base. En el 2021 y 2022 los talleres están orientados a construir opciones de mejora, para capacitar y hacer validaciones. Los talleres involucran instituciones regionales, organizaciones comunales de base, líderes y otras que se identifiquen como estratégicas.

En total, se realizarán 34 talleres durante los tres años. Es importante aclarar que en este rubro se considerará la alimentación y transporte de estudiantes de la práctica organizativa para las giras de apoyo del trabajo de campo. En cuanto al hospedaje, este será brindado por las comunidades



H1099- Otros servicios no especificados: Para cubrir imprevistos y gastos menores en el curso normal del proyecto.

H0303- Impresión y encuadernación: Destinado a productos finales como informes técnicos, propuestas de fortalecimiento de la gobernanza, historias comunales y publicaciones académicas.

Presupuesto Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia

Trabaja con fondos de contrapartida en UNA001

Presupuesto de la Escuela de Ciencias Geográficas

H0502 - Viáticos dentro del país: incluye el presupuesto para el trabajo de campo. Para el levantamiento de los perfiles topográficos, los vuelos con UAV, la toma de muestras para caracterizar la erosión/sedimentación y el análisis de los cambios en las plataformas es necesario realizar giras en las cuales se estima participaran al menos tres personas por gira. El monto solicitado se basa en la estimación de realizar 5 giras por año de vigencia del proyecto, con una participación de 4 personas por gira.

H1802 - Herramientas Repuestos y Accesorios: se ha presupuestado el rubro indicado con el fin de comprar baterías adicionales para las unidades UAV. En estos momentos la ETCG cuenta con dos drones Phantom 4 Pro, sin embargo, solo se cuenta con una batería para cada unidad; cada una de estas baterías tiene una capacidad de carga para vuelos de aproximadamente 20 minutos, de los cuales hay que restar al menos cinco minutos por seguridad al momento del despegue y el aterrizaje. Así, con el objetivo de hacer más eficiente la toma de datos en campo, se requiere de al menos dos baterías adicionales.

H2001 - Materiales y útiles de oficina y cómputo: Se ha presupuestado este monto para la compra de materiales de construcción para monumentar los sitios de referencia para el levantamiento de los perfiles topográficos, el estudio de las plataformas así como para construir blancos que serán utilizados durante los vuelos con UAV y posteriormente medidos con GPS de forma que se tengan puntos de control para el proceso de orientación externa cuando se generan los ortomosaicos.

H3705 - Equipo y programas de cómputo: se comprará una estación de trabajo para generación de los ortomosaicos a partir de las fotografías obtenidas con el UAV así como para el procesamiento de las imágenes de RADAR para aplicar el método PSI. A pesar de que en las tres unidades académicas se cuenta con equipo de cómputo básico para la ejecución de este proyecto, se requiere de equipo de alto desempeño de procesamiento, capacidad superior de memoria, así como una arquitectura pensada para trabajos de alta demanda en rendimiento esto para realizar las labores de ortorectificación y procesamiento de las imágenes de RADAR, entre otros procesos posteriores. Se requiere de igual forma la compra de dos tabletas, esto con el fin de apoyar el levantamiento de información en el campo con las unidades UAV, por cuanto los programas para el vuelo automatizados tienen mejor rendimiento en tabletas.

H3706 - Equipo sanitario, de laboratorio e invest.: se solicita este monto para la compra de un nivel topográfico para realizar el levantamiento de los perfiles de playa. Si bien es cierto la ETCG cuenta con este equipo, solo se cuenta con 7 equipos, los cuales durante los periodos lectivos son utilizados por la docencia, por lo que se considera adecuado disponer de un equipo propio para el proyecto y no depender de la disponibilidad del mismo en la ETCG.

