

F-INV-07

INFORME FINAL DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Nombre del proyecto

Evaluación de la composición fisicoquímica de sedimentos de fondo en el Río Tempisque, Guanacaste

Fecha de finalización	2017-Pendiente
-----------------------	----------------

2. Descriptores:

3. Adscrito: Si No

Dónde: Proyecto LARED

4. Responsable general del proyecto:

5. Participantes

Nombre completo	Cédula	Grado académico	Correo electrónico	Jornada	Sede
María Fernanda Arias Araya	503570763	Licenciatura	mfarias@utn.ac.cr	¼ en jornada	Guanacaste

6. **Resumen ejecutivo:** Tome en cuenta la matriz de marco lógico en todo momento. Procure detallar en resultados obtenidos, elementos metodológicos y aspectos que considere importantes de la investigación. Considere también los alcances y limitaciones que se presentaron vs lo esperado.

La corriente de agua es capaz de transformar los paisajes y transportar en ella grandes cantidades de suelo y materiales de grano fino en forma de sedimentos. El sedimento, es el resultado de la erosión del paisaje que transportado por los sistemas fluviales se va depositando en el lecho, humedales, lagos, reservorios u océanos.

Entre el sedimento y el agua se producen procesos de sorción/desorción de contaminantes, fundamentales para entender su movilidad en los ecosistemas acuáticos. Los sedimentos en suspensión y los del fondo están conectados mediante procesos de resuspensión-deposición de partículas. El flujo de contaminantes entre el agua de la columna y la intersticial se produce gracias a los flujos bentónicos, los sedimentos y el agua son fuente de contaminantes para los seres vivos, que además pueden bioacumularse a lo largo de la cadena trófica.

Los altos niveles de sedimentación en el río dan lugar a la perturbación física de las características hidráulicas del cauce. Ello puede tener graves efectos en la navegación, por la reducción de la profundidad, pérdida de hábitats, desplazamiento de la vegetación, afecciones en la producción de peces, entre otros.

Los sedimentos de un ambiente acuático reflejan la calidad ambiental del agua del sistema, como también las variaciones temporales de ciertos parámetros hidrológicos y químicos. Los sedimentos juegan un papel importante en la identificación, monitoreo y distribución de metales contaminantes

La evaluación fisicoquímica de sedimentos a lo largo del cauce del río permitirá evidenciar las interacciones que existe entre estos y la columna de agua. La información obtenida podrá ser utilizada como insumo en los procesos hidrológicos que afectan las descargas del río y sus posibles impactos a estuarios.

Se ubicaron 5 puntos de muestreo en el cauce principal del RT. Los puntos de muestreo fueron localizados, aguas abajo de vertidos, turbulencias, meandros, etc., y aguas arriba de confluencias e influencias de mareas y buscando siempre zonas en las cuales la composición de los sedimentos se prevea uniforme.

Para la toma de la muestra, se sumergió una draga hasta el fondo de la corriente y se accionó para tomar la porción del material en cada punto seleccionado. La muestra se colocó en bolsas de polietileno; después se almacenaron y transportaron al laboratorio. El tamaño de muestra fue aproximadamente 500 gramos.

Las muestras de sedimentos fueron colocadas en bandejas de polietileno a temperaturas inferiores a 40 °C (seco al aire), en proporciones necesarias para realizar los análisis en el laboratorio, las cuales serán caracterizadas en sus aspectos físicos y químicos. Para ello se analizará la granulometría, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y textura.

7. **Justificación.** Describir la importancia o necesidad que solventó el proyecto, según el ámbito de acción y el tipo de generación de conocimiento (Técnico, científico y tecnológico)

En Costa Rica, la situación del recurso hídrico no es diferente de otros países. Las necesidades humanas de agua han venido aumentando en forma constante a lo largo de los años y las tendencias indican que continuarán haciéndolo en el futuro sin que medie una planificación integrada (Reynolds, et. al. 1997, Segura, et. al. 2004). A pesar de que se

dispone de una serie de instrumentos jurídicos y legales que regulan y fiscalizan el uso y la gestión de este recurso, se carece de una visión de gestión integrada de los recursos hídricos a nivel de país y menos aún de cuenca (Segura, et. al. 2004). Pese a los esfuerzos para contar con un marco legal que permita el adecuado manejo del recurso hídrico (Reyes et. al. 2003 citado por Segura, et. al. 2004), el panorama muestra una seria crisis de gobernabilidad de los recursos hídricos, que además están en un franco proceso de deterioro.

En los ríos que desembocan en el mar se origina cerca del 80% de los contaminantes que afectan las franjas costeras. Los ríos tienen la particularidad de concentrar los contaminantes que captan en las cuencas algunos puntos clave en la costa marina, donde precisamente existen ecosistemas altamente sensibles para la reproducción de especies tanto de agua dulce como salada, como son los estuarios (Kramer, Chouhury y Kampa, 2000).

La retención de agua y sedimentos afecta la calidad del agua y disminuye la capacidad de autopurificación de los ríos. Las aguas pobres en oxígeno reducen la capacidad de los ríos para procesar los desechos hasta distancias a 100 kilómetros de las cuencas bajas. El transporte de cargas crónicas y elevadas de sedimentos al mar reduce el volumen de los estuarios y lagunas costeras, afectando no sólo la navegación sino que incrementan la vulnerabilidad de las costas frente a las tormentas y las mareas (Kramer, Chouhury y Kampa, 2000). Su reducción por otro lado afecta la estabilidad de las playas. También afecta el tamaño y distribución del hábitat de especies acuáticas importantes para el consumo humano, como son las lagunas salobres, manglares y corales, humedales costeros, entre otros. Afecta también la productividad primaria reduciendo los estuarios.

La Cuenca del Río Tempisque ubicada en la provincia de Guanacaste, está conformada por las subcuencas: Tempisque y Bebedero, con un área de 5404 km². Es la cuenca más grande de Costa Rica, abarca el 53% de Guanacaste y drena el 10.6% del territorio nacional. (Flores, 1982; Maldonado et al., 1995 citado por Jiménez y González, 2003).

La dinámica particular de la circulación en el Golfo de Nicoya puede favorecer, en los momentos de una fuerte descarga del río Tempisque, un importante flujo de agua salina en el fondo que se dirige hacia el interior del golfo (este tipo de circulación estuarina promueve una lenta concentración de contaminantes (García et al, 2004). Los sedimentos de los ecosistemas costeros están influenciados por las fuentes naturales o antrópicas, que los suministran y los movilizan. Los metales pesados y pesticidas y otros contaminantes que forman uniones químicas con las partículas de sedimento, pasan de la columna de agua a los sedimentos de fondo para ser acumulados y posteriormente liberados, generalmente en formas más tóxicas o viables de ser tomados y con mayor rapidez por los organismos marinos (Pinzón, 2002). La descomposición de la materia orgánica contenida en los sedimentos representa una demanda de oxígeno la cual, cuando es combinada con la estratificación física, lleva a crear fondos anóxicos y a producir mortandad de peces.

El recurso hídrico es motivo de preocupación a todo nivel de la sociedad, tanto en el ámbito nacional como internacional. Su escasez relativa amenaza con el desarrollo potencial al que podría aspirar una región y, por tanto, esta escasez se convierte en una limitante importante para que la población mantenga o mejore su bienestar. Esta preocupación se acrecienta por la multiplicidad de factores y sus relaciones que explican el deterioro del recurso hídrico tanto en calidad como en cantidad.

En vista de lo anterior, es evidente la importancia del monitoreo de los recursos hídricos y los sedimentos en los ríos y su área de influencia para contribuir con la mejora de la calidad de vida de las personas, garantizar la existencia de ecosistemas saludables y el desarrollo sostenible mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus

componentes. El presente estudio está encaminado a obtener datos reales y confiables mediante una red de monitoreo que permita conocer las características físicas y químicas de los sedimentos y su interacción con la columna de agua.

Para ello, el laboratorio de Calidad de Aguas LARED cuenta con la capacidad técnica y de equipamiento básico para el abordaje de este estudio. Los resultados que se pueden obtener de esta investigación son de interés y beneficio de toda la comunidad académica, ya que estos datos serán un aporte precedente a estudios subsiguientes.

8. Planteamiento del problema. Descripción de la situación problemática.

Los altos niveles de sedimentación en un río dan lugar a la perturbación física de las características hidráulicas del cauce (Kramer, Chouhury y Kampa, 2000). Ello puede tener graves efectos en la navegación, por la reducción de la profundidad, pérdida de hábitats, desplazamiento de la vegetación, afecciones en la producción de peces, entre otros. Si no se controla y no se conoce la caracterización de los sedimentos se tendría un contribuyente silencioso en el deterioro de la calidad de las aguas y la degradación del cuerpo de aguas superficiales, lo que pone en alto riesgo tanto el bienestar de la población en general como la inversión económica instalada.

En el decimotercer informe del Estado de la Nación se indica que el río Tempisque transporta una excesiva carga de sedimento que ocasiona un aumento en la cantidad de partículas depositadas en las partes bajas de la cuenca, principalmente en los ecosistemas de mangle y los humedales de la región, y además en el Golfo de Nicoya (Bermúdez et al., 2002 mencionado en Bach, 2007). En los sedimentos del Tempisque–Bebedero, hay de 30 a 35% de materia orgánica (Delgado, 2001 mencionado en Bach, 2007).

El principal impacto sobre la red fluvial en el área del Tempisque es el cambio del caudal de los ríos principales debido a extracciones para irrigación y uso agroindustriales (Cordero, 2004), además de la modificación sobre la morfología del sistema fluvial, causada por la canalización, represamientos, el drenaje, el relleno y la modificación de las riveras y cauces. Un ejemplo de ello el proyecto de Riego Arenal-Tempisque, el cual redirige aguas de la vertiente caribe y depende de la descarga proveniente de plantas hidroeléctricas lo que impide establecer patrones naturales de drenaje. De esta forma se alteran los volúmenes de caudal así como la periodicidad a la que están expuestos los ecosistemas del río (Jiménez et al, s.f).

En la Cuenca del Río Tempisque se han identificado serios problemas de deterioro del recurso hídrico, con evidencias importantes de contaminación de aguas y agotamiento de acuíferos, al punto de que ya se empiezan a limitar los permisos para la explotación de aguas (Murcia *et al*, 2012). Esto último, y bajo el modelo de crecimiento económico actual, parece indicar que las posibilidades de desarrollo de la cuenca se han alcanzado o rebasado, lo que genera una alarmante preocupación dado los niveles crecientes de población y de desarrollo de actividades productivas y, por lo tanto, de mayores necesidades de agua. Las actividades agrícolas a la orilla del río han favorecido la fragmentación de los hábitats ribereños, incidiendo negativamente en la conservación de la diversidad biológica y el dinamismo ecológico. Otro impacto es la degradación de la calidad del agua, tanto por contaminación física por sedimentos como por contaminación por fuentes puntuales (Jiménez y González, 2001). De esta forma se hace necesario destacar que la problemática derivada de la acumulación de sedimentos no es debida únicamente a la cantidad de los mismos, sino a la calidad de los mismos y ahí se enmarca el aporte de esta investigación, en satisfacer la

necesidad de información sobre la composición fisicoquímica de sedimentos y su impacto en la ecología.

9. **Marco teórico o referencial:** Analiza, expone y/o argumenta sobre teorías, enfoques o estudios que encuadran el proyecto.

El agua es sin duda un factor estratégico para la generación de las riquezas necesarias para el desarrollo y su importancia para la vida la convierte en factor decisivo de la calidad de vida de los pueblos. Está involucrada en todas las actividades productivas y, por otra parte, las fuentes de captación de agua son también receptoras de efluentes que en muchos casos no reciben tratamiento, de esta manera, se deteriora la calidad del agua.

La composición química del agua natural es dependiente de la cantidad de lluvia, el área de drenaje, la erosión solubilización, evaporación y sedimentación, en este último proceso el sedimento actúa como fuente/sumidero de las sustancias que se han ido vertiendo en él, como puede ser metales pesados, pesticidas, fertilizantes, compuestos orgánicos, los cuales pueden convertirse en una fuente secundaria de contaminación de las aguas (Jiménez, 2008) La sedimentación es un proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad. Las impurezas naturales pueden encontrarse en las aguas según tres estados de suspensión en función del diámetro. Éstos son: a) Suspensiones hasta diámetros de 10⁻⁴ cm. b) Coloides entre 10⁻⁴ y 10⁻⁶ cm. c) Soluciones para diámetros aún menores de 10⁻⁶ cm.

Los sedimentos de un río son parte del ecosistema acuático; por lo tanto las interacciones entre el sedimento y la columna de agua tienen un alto significado. Los sedimentos actúan como depósito y fuente de nutrientes, por lo tanto sus características físicas y químicas deben ser consideradas dentro de la evaluación del sistema. Estas características, determinadas a lo largo de un perfil vertical, sirven para definir la historia del desarrollo de un cuerpo de agua. De este modo, la dinámica de los cambios ocurridos puede ser registrada y cuantificada.

La producción de sedimentos sintetiza la compleja interrelación entre los aspectos geológico-geomorfológicos, climáticos, bióticos y de uso del territorio de una cuenca y a su vez es una de las variables principales que definen la morfodinámica de los cursos colectores. Su conocimiento adquiere alto valor, en tanto permite efectuar diagnósticos y pronósticos del funcionamiento de los sistemas fluviales, tanto en condiciones naturales como intervenidas. Esta producción en cuencas está íntimamente ligada al proceso de erosión de la misma. En efecto, ésta se incrementa con la deforestación; consecuentemente la concentración de sedimentos suspendidos también crece (Stott y Mount, 2004), los cuales se depositan en el fondo de los cauces, elevando su nivel, aumentando significativamente el riesgo de inundaciones (Kramer et al., 1997). Si bien no todo el sedimento se asienta sobre los ríos, una buena parte de material es transportado aguas abajo hasta llegar a los almacenamientos o al mar, donde el resto de las partículas se azolvan. Esto ocasiona que las presas se llenen de sedimentos, disminuyendo su vida productiva (Manson, 2004).

Los sedimentos son variables en textura y composición química porque se acumulan en ambientes donde las condiciones físicas en sí mismas son variables. La información del Análisis de Clúster puede ser usada como un indicador de procedencia. Rubio *et al* (2001) muestran que esta aproximación se ajusta mejor para identificar grupos de muestras que

difieren en características sedimentológicas como el tamaño de grano, más que en el grado de contaminación.

Clasificación de los sedimentos

Los sedimentos se pueden dividir en sedimentos de fondo y sedimentos de orilla; los primeros son aquellos que permanecen siempre cubiertos por las aguas, mientras que los de orilla son los que han estado o pueden haber estado parte del tiempo sin cubrir por ésta.

Los sedimentos generalmente son clasificados de la siguiente manera (Gómez, 2005):

a) Sedimentos de origen clástico (Litogénico) Estos sedimentos son producto de la desintegración de rocas preexistentes y como resultado de las erupciones volcánicas. Son transportados por ríos, glaciares y viento. La nomenclatura está basada en el tamaño del grano (grava, arena, limo, arcilla). Se utilizan otros clasificadores adicionales en función del origen de los componentes clásticos, como también de su estructura y el color de los depósitos.

b) Sedimentos de origen biológico (Biogénico) Son producto de los restos de organismos, compuestos carbonatados, ópalo, y fosfato de calcio. Estos sedimentos llegan al sitio de deposición mediante precipitaciones in situ o a través de columnas de agua. Son movilizados a otros lugares mediante olas y corriente de agua. La nomenclatura está basada en el tipo de organismo y también en la composición química. Los clasificadores adicionales son la estructura, el color, el tamaño, o la materia adicionada.

c) Sedimentos de origen químico (Hidrogénico) Son precipitados generados a partir del agua de mar o lago, o del agua intersticial. También son alteraciones producidas mediante reacciones químicas dentro de los depósitos de sedimentos. Su nomenclatura está basada en el origen y en la composición química. El clasificador adicional es generalmente la estructura y el color.

Granulometría

La granulometría de los sedimentos es un factor importante en la determinación de la calidad ambiental, dado que en sedimentos finos las concentraciones de metales que contaminan es más alta.

Los sedimentos están formados por partículas sólidas de distintos tamaños. La granulometría o distribución del tamaño de las partículas es una de las variables más importantes para caracterizarlos. Se distinguen cuatro tipos principales de partículas según su tamaño: grava ($>2.000 \mu\text{m}$), arena ($63-2.000 \mu\text{m}$), limo ($4-63 \mu\text{m}$) y arcilla ($63 \mu\text{m}$) (Wentworth, 1992)

Composición fisicoquímica

Los sedimentos de un ambiente acuático reflejan la calidad ambiental del agua del sistema, como también las variaciones temporales de ciertos parámetros hidrológicos y químicos. Los sedimentos juegan un papel importante en la identificación, monitoreo y distribución de metales contaminantes (Pineda, 2012).

Las partículas de sedimento pueden estar compuestas de minerales o de materia orgánica. De forma general se puede decir que las primeras son más densas y las segundas son más heterogéneas y con diferentes propiedades hidrodinámicas, físicas y químicas. Las partículas compuestas de minerales tienen una composición muy dependiente de los materiales circundantes, puesto que en su mayoría proceden de la erosión. Los compuestos

químicos más comunes son: minerales de la arcilla (como caolinita o illita), aluminosilicatos (como zeolitas, feldespatos y micas), cuarzo, carbonato cálcico y minerales del hierro (Allan y Stegemann, 2007).

El contenido orgánico está estrechamente relacionado con la textura de los sedimentos, siendo los sedimentos tamaño arcilla y limo los que retienen mayor cantidad de residuos orgánicos. La materia orgánica se acumula en el fondo oceánico no solamente como material particulado, sino también en combinación con minerales inorgánicos, especialmente arcilla (Pineda, 2012).

Interacción sedimentos-agua-seres vivos

Los contaminantes está en equilibrio con los tres compartimentos principales de los ecosistemas acuáticos: sedimentos (del fondo y suspendido), agua (de la columna e intersticial) y los seres vivos. Estas relaciones son complejas y no del todo conocidas, si bien confieren un papel central a los sedimentos y a los seres vivos como indicadores de la calidad ambiental de los estuarios (Wetzel 1983).

Entre el sedimento y el agua se producen procesos de sorción/desorción de contaminantes, fundamentales para entender su movilidad en los ecosistemas acuáticos. Los sedimentos en suspensión y los del fondo están conectados mediante procesos de resuspensión-deposición de partículas. El flujo de contaminantes entre el agua de la columna y la intersticial se produce gracias a los flujos bentónicos y, por último, los sedimentos y el agua son fuente de contaminantes para los seres vivos, que además pueden bioacumularse a lo largo de la cadena trófica.

El intercambio de nutrientes entre los sedimentos y el agua sobreyacente depende de las características químicas del agua y de las del sedimento (Wetzel 1983). Este compartimiento ecosistémico actúa como una reserva tampón de nutrientes para la columna de agua, pues por un lado amortigua los aumentos de nutrientes en el medio provenientes de los aportes directos y/o de la descomposición de materia orgánica, reteniendo una parte de los mismos.

Efectos perjudiciales de los sedimentos en el agua

Se pueden establecer algunos efectos ocasionados por la abundante presencia de sedimentos en el agua (Hakson y Jansson, 1983):

- a) Se llenan los depósitos de cauces del arroyo y puertos. Esto causa que los cauces se inunden más fácilmente, alterando las proporciones de flujo y profundidades del cauce, y reduciendo así la vida útil de los depósitos.
- b) Extinción de los animales acuáticos. El sedimento que se encuentra en el fondo reduce la población de peces y otros microorganismos, esto se da debido a la reducción de alimentos.
- c) Reduce la penetración de luz en el agua: La reducción del ingreso de luz solar en el agua produce una alteración en la fotosíntesis de las plantas, y con esto una pérdida de oxígeno en el agua.
- d) Produce turbidez en el agua: Esto alteraría a la pesca si se necesitara visibilidad, para su realización. Como también se encuentra directamente relacionada con la actividad de animales y plantas acuáticas.

Importancia de la vegetación ribereña

Aunque la superficie de las áreas protegidas dentro del Río Tempisque es de 611 Km², la protección de las áreas ribereñas es relativamente pobre. Las riberas de los ríos ofrecen además de protección y estabilidad para el área de influencia variable, que es más húmeda y de alta escorrentía superficial, donde con mayor facilidad puede ocurrir la erosión. Esta área de influencia variable contribuye a la filtración de sedimentos que pueden venir de bosques y la eliminación de contaminantes biodegradables.

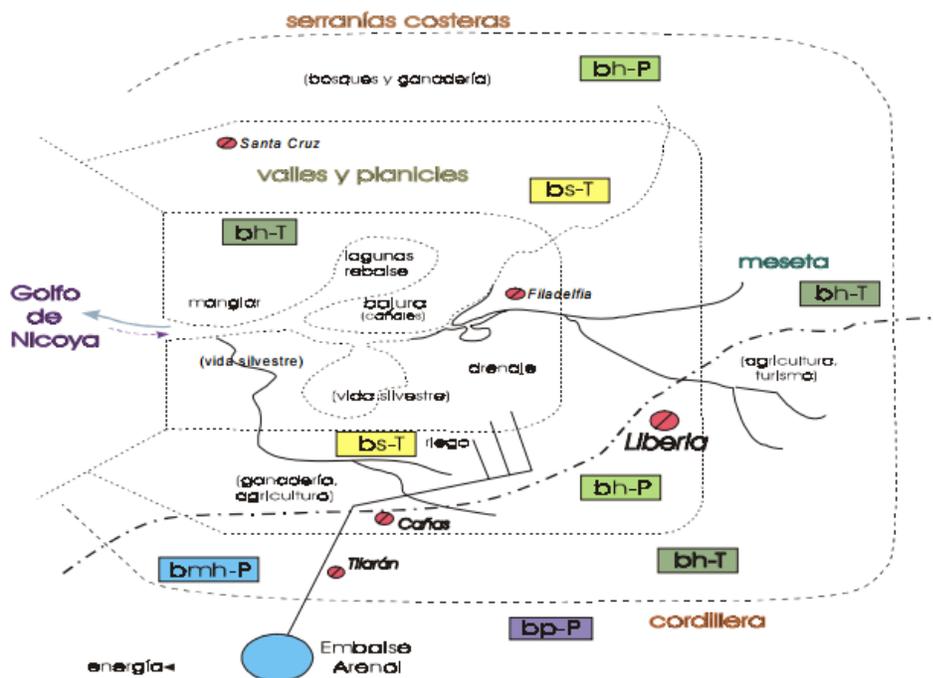


Figura 1. Representación esquemática de las interacciones que se dan en la Cuenca del Río Tempisque. (Fuente: Mata A.OET)

Desde el punto de vista biológico, existen fuertes interacciones entre el Río Tempisque y los humedales adyacentes. Estos humedales son sitios altamente productivos y representan una fuente importante de especies.

10. Metodología. Caracteriza la orientación o guía de cómo se va a realizar la investigación.

Sitio de estudio. El río Tempisque es aprovechado por distintas actividades que se desarrollan en sus orillas, la parte media es la zona agropecuaria donde se obtiene el riego de una variedad de cultivos en especial de melón, de arroz y de caña de azúcar, esto hace que sus aguas sean de gran importancia para la economía productiva. La parte baja se caracteriza por tener zonas protegidas en ambos márgenes del río.

Recolección de muestras. Se ubican 5 puntos de muestreo en el cauce principal del río Tempisque. El punto de muestreo se localizó aguas abajo de vertidos, turbulencias, meandros, etc., y aguas arriba de confluencias e influencias de mareas y buscando siempre zonas en las cuales la composición de los sedimentos se prevea uniforme.

Para la toma de la muestra, se sumergió una draga hasta el fondo de la corriente y se accionó para que toma de la porción del material en cada punto seleccionado. La muestra se colocó en bolsas de polietileno; después se almacenaron y transportaron al laboratorio en refrigeración. El tamaño de muestra fue aproximadamente 500 gramos.

Secado de muestras. Las muestras de sedimentos fueron colocadas en bandejas de polietileno a temperaturas inferiores a 40 °C (seco al aire), en proporciones necesarias para realizar los análisis en el laboratorio. Luego se molió la muestra utilizando un mortero y pistilo, con el fin de lograr partículas lo más finas posible. La muestra ya molida se hizo pasar por un tamiz de 1 mm de espesor, se dispuso en una bandeja rectangular para realizar un “cuarteo”. La muestra se hizo pasar por un tamiz de 63 µm y se almacenó en bolsas plásticas para su conservación.

Análisis granulométrico de sedimentos. Se utilizó un juego de tamices con las siguientes luces de malla (mm): 2,0 - 1,0 - 0,85 - 0,5 - 0,355 - 0,212 - 0,106 - 0,063. Se tomaron 100 gramos de muestra inicial seca que se colocarán en el tamiz de malla superior (2 mm) y se tamizó a una velocidad de 10 rpm hasta constancia de peso, generalmente entre 45 - 60 minutos. Tras esta operación se pesó las distintas fracciones retenidas en cada tamiz y, a partir de estos valores se calculó los porcentajes que pasan por cada uno de ellos.

Determinación de pH y conductividad eléctrica (CE). Se realizó en una proporción 1:2,5 sedimento/agua. 20 g de cada una de las muestras de sedimentos se agitaron durante 2 horas, luego se midió el pH y la conductividad eléctrica.

Análisis de carbonatos. 10 mL del sobrenadante del extracto de saturación será titulado con ácido clorhídrico 0,1 N utilizando amarillo de metilo con indicador, el volumen correspondiente al cambio de color corresponde a los meq de bicarbonato en el extracto de saturación.

Análisis de silicatos. Se pesará 1g de sedimento en balanza analítica y se colocará en una cápsula de porcelana.

Se regulará un baño de arena hasta los 110 °C. Se adicionará a la cápsula con el sedimento 20 mL de la solución de ácido clorhídrico. Se iniciará la digestión en el baño de arena por espacio de 24 horas. Habiéndose completado el punto anterior, se agregarán otros 20 mL de ácido por 10 min. Se retira la cápsula del baño de arena y se filtrará el sedimento en el filtro libre de cenizas con sucesivos lavados de agua desionizada para retirar todo exceso de ácido. Lavado el sedimento, se almacenará junto a su filtro en capsulas de porcelana para su posterior calcinación. Para la calcinación se ingresarán los crisoles a la mufla programada a 1050 °C por espacio de 3 horas como mínimo. Se esperará a que la mufla llegue a temperatura ambiente, se masan los crisoles y se repite el hasta obtener masa constante.

Determinación de materia orgánica. A 0,5 g de cada muestra se agregará 10 mL de solución de dicromato de potasio 0,167 M y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, se dejará esperar 30 min., luego se agregará 180 mL de agua desionizada y 10 mL de ácido fosfórico concentrado. Se titulará con sulfato de hierro (II) 0,5 N.

$$\%C = \frac{V_1 - V_2}{S} \times M \times 0,39 \times fh$$

- V₁ mL de solución de sulfato ferroso gastados en el blanco
- V₂ mL de solución de sulfato ferroso gastados en la muestra
- M molaridad de la solución de sulfato ferroso
- 0,39 3 x 100 x 1,3/1000 (3 = peso equivalente del carbono)

- S peso en g de la muestra seca al aire
- fh factor de humedad

$$\text{Materia orgánica (\%)} = 1,724 \times \text{carbono (\%)}$$

Recolección de información áreas ribereñas. Se utilizaron fichas de campo para el levantamiento de información conforme a la guía de valoración desarrollada por Gonzáles del Tánago, *et al* (2006). Una vez obtenidos los datos se asignará puntaje a cada atributo a fin de obtener la clasificación.

Análisis de la información. Se determinará la calidad fisicoquímica de sedimentos en el Río Tempisque haciendo uso de estadística descriptiva para: granulometría, pH, conductividad, carbonatos, silicatos y materia orgánica. Se realizará un análisis de varianza, para los parámetros fisicoquímicos de la calidad del sedimento provenientes de los diferentes sitios de monitoreo.

Se realizará un análisis clúster (CA) para identificar grupos de muestras por su similitud y comparar posteriormente los valores medios de los diferentes grupos o clúster (Rubio *et al*, 2001).

Se aplicará el Índice de Calidad del bosque de ribera (QBR).

11. Grupo meta. Refiere al sector productivo o grupo social beneficiario.

La dinámica que presenta el río Tempisque hace que el monitoreo de los sedimentos y la valoración de la condición natural del río sea elemental para la generación de información para la sustentabilidad de las actividades productivas. Beneficia a las poblaciones de ribera, así como la biodiversidad y el desarrollo de la vida acuática.

12. Cuadro de cumplimiento

Elemento		Indicadores objetivamente verificables	Fuentes de verificación	Grado de avance en porcentaje
Objetivo general	Determinar la variación fisicoquímica de los sedimentos como reflejo de la influencia de actividades antrópicas en el Río Tempisque	Calidad de sedimentos a lo largo del Río Tempisque	Informe	75%
Objetivos específicos	1. Describir los aspectos biofísicos básicos del Río Tempisque. 2. Determinar la calidad de los sedimentos en base a parámetros fisicoquímicos. 3. Caracterizar las zonas ribereñas y el efecto de usos de la tierra adyacentes al Río Bebedero.	Mapas Análisis físicoquímicos		
Resultados (Productos esperados)	Información sobre la composición fisicoquímica			

	de los sedimentos presentes en el Río Tempisque			
Actividades	Búsqueda de información biofísica del Río Tempisque. Acercamiento al Refugio de Vida Silvestre Cipanci. Realización de gira de reconocimiento de sitio. Localización de los puntos de monitoreo Coordinación de la frecuencia de monitoreo mareas-Refugio Preparación de reactivos y equipos Realización de campañas de monitoreo Análisis de muestras en el laboratorio Cuantificación de datos Análisis estadístico de las variables en estudio			

13. **Listado de productos obtenidos:** Refiere a aquellos resultados concretos tangibles e intangibles que se lograron con el proyecto. Ej. Reducidas las plagas en un 80% anual, mejoradas las técnicas productivas de tres organizaciones arroceras, recuperada la capacidad productiva de la tierra.

Aspectos biofísicos del Río Tempisque

Valle del Tempisque. La depresión del tempisque se caracteriza por grandes planicies de tierras fértiles. Posee una anchura de 20-30km y una longitud de 50km aproximadamente, con orientación NO-SE del país. Tiene una altitud promedio de 30 msnm. Son llanuras formadas por depósitos aluvionales acarreados por los ríos y por los depósitos marinos. El río Tempisque es el principal desagüe de esta planicie.

Bosques. Abundan los bosques de mangle que se extienden como largas y densas bandas, y penetran rodeando ambas riberas del Río Tempisque. La fauna asociada a este ecosistema son aves, mamíferos y reptiles.

Asentamientos. Se encuentran centros poblacionales a lo largo del río Tempisque: Puerto Moreno, Pozo de Agua, Puerto Humo, Puerto Jesús y Rosario, los cuales están en la zona de influencia principal del estuario Golfo de Nicoya.

Clima. En general se caracteriza por ser tropical, cálido, húmedo y con dos períodos bien definidos: uno de lluvia y otro seco con fuertes vientos en los primeros meses del año. La estación seca prevalece desde finales de noviembre a mediados de mayo y la estación lluviosa de mayo a noviembre con un veranillo entre julio y agosto.

La precipitación anual es de mínima 1300 mm y con un máximo de 1600mm. La temperatura media anual tiene una mínima de 22°C y una máxima de 34°C.

Sistema fluvial. El río Tempisque recoge más de la mitad de las aguas, con un total de 7113 km² y hay un insumo desde la vertiente del Caribe que aporta 98 m³/s correspondiente al desagüe del sistema hidroeléctrico Arenal-Tempisque.

En el cuadro 1 se presentan los puntajes y categorías asignadas en cada sitio de monitoreo en relación a las áreas ribereñas, mediante el cual se observa una disminución en la calidad de la ribera en los sitios donde hay mayor actividad humana.

CUADRO 1
Puntaje y calidad asignados por el Índice de Calidad del bosque de ribera (QBR) en los sitios de monitoreo

Sitio de muestreo	Puntaje Calidad del bosque de ribera (QBR)	Índice de Categoría	
CB1	80	Calidad buena	
CB2	60	Calidad intermedia	
CB3	45	Calidad mala	
CB4	75	Calidad buena	
CB5	75	Calidad buena	
CB6	80	Calidad buena	
CB7	80	Calidad buena	

14. **Análisis de la información:** En este apartado es importante tomar en cuenta algunas tablas o figuras que permitan identificar mejor los procesos investigativos.

Índice QBR

El alto puntaje obtenido en los puntos CB1, 4-7 se debió principalmente a zonas no urbanizadas. En esta zona predominan árboles nativos que proporcionan una cobertura vegetal más heterogénea, además no hay viviendas ni actividades de ninguna índole al tratarse de un área protegida.

En el sitio CB2 la calidad baja a intermedia debido a que se observó la presencia de vegetación levemente modificada por actividades humanas, presencia de caminos, senderos o actividades recreativas.

En el sitio CB3 hay cercanía de casas a la orilla de la ribera por lo que es notable la falta de cobertura arbórea y espacios compactados.

Actualmente los datos se están recabando y la información se está generando. El retraso de este proyecto se debió a que se había establecido un monto de 1.000.000,00 de colones en la cuenta 50106- Equipo Sanitario, Laboratorio e Investigación que no fue reflejado en el contenido presupuestario. Este provocó que la draga que se requería para la recolección de sedimentos fuese comprada mucho tiempo después de iniciado el proyecto, por lo que no se pudo realizar los muestreos planificados. Para el primer trimestre 2018 se concluirá el proyecto, ya que se requiere la toma de muestras durante el mes de enero y febrero.

15. **Principales hallazgos:** Identificar algunas líneas que se desprendan de su investigación, que permitan generar nuevas investigaciones.

Entre el sedimento y el agua se producen procesos de sorción/desorción de contaminantes, que según su movilidad pueden estar disponibles en los ecosistemas acuáticos. Los sedimentos en suspensión y los del fondo están conectados mediante procesos de resuspensión-deposición de partículas. El flujo de contaminantes entre el agua de la columna y la intersticial se produce gracias a los flujos bentónicos, los sedimentos y el agua, los cuales se convierten en fuentes de contaminación para los seres vivos, además pueden bioacumularse a lo largo de la cadena trófica. A partir de este se pretenden realizar pruebas eco toxicológicas para conocer la interacción que estas matrices poseen con organismos vivos.

16. Ejecución presupuestaria

Rubro	Recursos Institucionales		Recursos contraparte		Porcentaje de ejecución
	Presupuestado	Ejecutado	Presupuestado	Ejecutado	
20199			420.400,00	420.400,00	100
20401			301.000,00	301.000,00	100
20402			100.000,00	100.000,00	100
50106			0	1.000.250,00	

17. Avalado por:

Firma, Director de Investigación

Firma, Decano de sede

Firma, Vicerrector de Investigación