

**Proyecto Científico del Ecosistema Laguna San Ignacio**  
**Investigación acústica**  
**Reporte de la temporada invernal 2013**

Por: Kerri Seger, Melania Guerra, y Aaron Thode  
3 de septiembre 2013

**EQUIPO DE INVESTIGACIÓN ACÚSTICA**

En la temporada 2013 el equipo de investigación acústica del Proyecto Científico del Ecosistema Laguna San Ignacio (LSIESP por sus siglas en inglés) que realizó el trabajo de campo estuvo conformado por P.I. Aaron Thode, la estudiante de posgrado Kerri Seger (Scripps Institution of Oceanography, SIO), Ludovic Tenorio (Instituto de Tecnología de Grenoble) y la investigadora postdoctoral Melania Guerra (Cornell university).

**FECHAS DE LOS VIAJES Y RESUMEN DEL TRABAJO DE CAMPO**

1) La colocación del equipo y los aparatos acústicos se llevó a cabo a principios de febrero, esta labor fue realizada por Aaron Thode y Kerri Seger, con la asistencia de Sergio Martínez. Aaron y Kerry viajaron en autobús desde San Diego hasta Laguna San Ignacio el 29 de enero del 2013. El 1 de febrero los dos investigadores colocaron **tres conjuntos** de instrumentos en tres sitios diferentes. Dos de estos sitios ya se habían utilizado anteriormente, mientras que un nuevo sitio se puso a prueba en la boca de la laguna. Este año se probaron dos conjuntos nuevos de instrumentos acústicos. Primero, dos grabadoras matrices (pienso que esta palabra es mas apropiado de arrayas or coleccion aqui. que piensas? los hids son an una linea con una computadora al una fin. tal vez "linea" es mejor?) que consistieron de ocho hidrófonos cada uno, con una apertura de 24 m, fueron colocados en dos locaciones dentro de la laguna: cerca de Punta Piedra y en la locación llamada "Punta Piedra Oeste". Después, una grabadora nueva que podría detectar sonidos de hasta 50 kHz (rango de silbidos de delfines) fue colocado en la boca de la laguna. Además de estos dos sistemas, se colocó una grabadora de tipo "tried-and-true" junto con el sistema de hidrófonos múltiples en el sitio oriental de punta piedra.

Después del **despliegue** de los aparatos, el día 4 de febrero Aaron y Kerri volaron junto con el equipo de World Wildlife Fund de La Laguna a La Paz, B.C.S. Continuaron con el equipo visual de la UABCS (Jorge Urbán, Juan Carlos Salinas, Pamela Loustalot Martínez y Diana López) a San José del Cabo y Cabo San Lucas para colocar otros equipos acústicos de otro proyecto.

2) Entre el 22 y 27 de marzo Kerri, Melania y Ludovic llevaron a cabo la recuperación del equipo y los aparatos acústicos. Ellos también viajaron en autobús desde San Diego hasta la laguna. La recuperación en los dos sitios dentro de la laguna fueron exitosas, pero el equipo colocado en la boca de la laguna nunca se colocó exitosamente. Se dejó con la gente que trabaja en la cocina de Kuyimá un cartel que ofrecía una recompensa de \$500 dólares en caso de que alguno de los pescadores locales, ya sea que accidentalmente haya

retirado el equipo en la boca de la laguna o intencionalmente hayan buceado y sacado el equipo exitosamente durante una marea baja. Los pescadores locales en baja Discovery informaron al equipo que el sitio de la colocación estaba sujeta a fuertes corrientes y altas tasas de sedimentación.

Una vez que los datos fueron recolectados y archivados de regreso en SIO, varios internos y estudiantes voluntarios (Patricia Fernan, Gina Hoarth y Alexa Hasselman) contribuyeron en la realización de una **etapa preliminar de post-procesamiento y análisis**. Kerri Seger realizó algunos análisis básicos de ruido ambiental que se presentaran después en este reporte.



Picture 1: El equipo de recuperación (arriba) y el equipo de despliegue de aparatos acústicos (abajo) con el equipo visual de la UABCS y visitantes. Foto por: Sergio Martínez

## RECOLECCIÓN DE DATOS

### A) Datos acústicos

La investigación acústica que se llevó a cabo en Laguna San Ignacio durante la temporada 2013 consistió en la colocación (despliegue) de tres estaciones de grabación subacuáticas, cada una con una configuración ligeramente diferente. Fueron una combinación de instrumentos autónomos, de diseño a la medida o personalizado (llamados Dispositivos Configurables de Grabación Acústica o CARDS por sus siglas en inglés: Configurable Acoustic Recording Devices) y **series horizontales de 8 elementos**. Las ubicaciones exactas de las estaciones y las configuraciones específicas son las siguientes:

#### 1)PUNTA PIEDRA ESTE

1. **ELEMENTOS** incluyeron la serie A1 y un **CARD generación 1**
2. **UBICACIÓN** fue cerca de la costa de Punta Piedra. Se tomaron las coordenadas

con un GPS en la primera ancla (N26°47.685, W113°14.656) y para el caso de la serie (N26°47.637, W113°14.677).

## 2)PUNTA PIEDRA OESTE

1. ELEMENTOS solamente la serie A2
2. UBICACIÓN fue mas lejos de la costa de Punta Piedra. Se colocó a 2 km de distancia de Punta Piedra Este. Se tomaron las coordenadas con un GPS en la primera ancla (N26°42.812, W113°15.371) y para el caso de la serie (N26°46.795, W113°15.385).

Estas dos estaciones se escogieron para dar continuidad a las grabaciones acústicas recolectadas anteriormente (2008-2012) por el mismo esfuerzo de investigación fuera de Punta Piedra. Al colocar **las series** de Punta Piedra Este y Oeste paralela una a la otra, se esperó que las capacidades de seguimiento fueran posibles. Es de señalar que la estación oriental tenía un solo CARD unido a ella, destinada a proveer redundancia al sistema. Durante este despliegue, este CARD independiente demostró ser crítico, debido a que los enchufes que conectan las series a los discos duros se desconectaron durante la colocación de los instrumentos. Debido a esto, durante la temporada de campo 2014 se llevará a cabo una re-evaluación de la estrategia de despliegue (colocación), tomando en cuenta estas consideraciones.

## 3)BOCA DE LA LAGUNA

- a. ELEMENTOS incluyeron un **CARD generación 1** (S1)
- b. UBICACIÓN en el lado oriental de la boca de la laguna (mas hacia el sur que las series) las coordenadas el GPS en el ancla fueron (N26°42.130, W113°16.715) y del CARD (N26°42.164, W113°16.717).

El CARD restante se colocó como una sola unidad en la boca de la laguna. Esto fue diseñado como un despliegue exploratorio para monitorear a las ballenas vocalmente activas que entran y salen de la laguna, así como las condiciones del ruido ambiental producido por la zona de rompiente y los cambios de las mareas. Sin embargo, la recuperación de este instrumento no fue exitosa, posiblemente a causa de las elevadas tasas de acumulación de sedimento sobre el instrumento debido al alto flujo de corriente en la zona. Esta teoría esta respaldada en conversaciones con los pescadores locales en el sitio de Baja Discovery, quienes relataron que las jaulas langosteras (del doble de alto que los CARDS) que se colocan en la boca de la laguna comúnmente quedan enterradas en solo un día. Mientras que el equipo ha consultado con los expertos locales en el sitio de Kuyimá, la experiencia en este año claramente indica que se debe consultar un espectro mas amplio de experiencia de los locales antes de intentar un despliegue en una nueva región.

## B) DATOS AUXILIARES

Las pangas realizaron trayectos circulares después del despliegue y antes de la recuperación para calibrar las grabadoras después durante los análisis. Las grabadoras de estos botes también se utilizaran como fuentes de oportunidad para otros análisis, tales como la perdida de transmisión a través de la batimetría y profundidad del agua en cada locación.



Picture 2: Ludovic Tenorio y Kerri Seger desenredando las líneas de las anclas del cable de las series en Punta Piedra Este. Foto por: Melania Guerra.

## **ANALISIS PRELIMINARES**

La estudiante de posgrado de SIO Ketti Seger realizó un análisis preliminar de los datos del CARD de Punta Piedra Este para hacer una estimación general del ruido a través de cuatro frecuencias de banda diferentes. El análisis se realizó utilizando un código personalizado de Matlab 2012b. Las bandas fueron seleccionadas a propósito para coincidir aproximadamente con varias fuentes conocidas de sonidos. Incluyen 5-25 Hz (relacionada con el ruido de la marea y los peces), 10-140 Hz (ballenas grises principalmente), 200-1000 Hz (motores de botes y algunos llamados de ballenas grises), y 1000-3125 Hz (botes, camarones, viento). Se realizó un análisis comparativo entre la estimación de ruido de este año con la de años pasados (2008-2012) en Punta Piedra y la Estación Norte, cerca del Campamento Kuyimá. Algunos ejemplos de gráficas se presentan en las figuras 1 y 2, mientras que la figura 3 muestra gráficos de ruido representativo (“Curvas Wenz”) para los océanos del mundo.

## **RESULTADOS PRELIMINARES**

Se realizó una inspección preliminar de las grabaciones echas en la estación Punta Piedra Este en 2013, y demostró que, como se esperaba, el CARD documentó llamados de ballenas grises y la ocurrencia de ruido de origen biológico y no biológico (ej. mareas, camarones y peces). Los resultados preliminares del **Nivel de Presión Sonora (NPS)** se representan como gráficos de distribución acumulada (Figuras 1 y 2), que describe la probabilidad o

porcentaje de tiempo (eje y) cuando el nivel de presión sonora acústica (NPS) fuera de Punta Piedra ocurrió en o debajo de un decibel (dB) específico (eje x). La figura 1 ilustra la distribución porcentual acumulada del NPS (relativo a 1 microPascal) calculada a través de cuatro frecuencias de banda ancha en datos acústicos recolectados en LSI en 2013. Se puede notar que la NPS mas alta es alcanzada por la curva que representa el rango de frecuencia más alto (rango 1000-3125 Hz, línea negra). Relativamente, se genera la menor cantidad de energía sonora en el rango 5-25 Hz. Esto sugiere que los niveles de sonido causados por la actividad de las mareas son, en todo momento, menores que aquellos de los ruidos producidos por los camarones, viento, y otras fuentes de sonidos de alta frecuencia de los motores de los botes.

La figura 2 muestra la distribución porcentual acumulada del Nivel de Presión Sonora (NPS) para todas las temporadas en que el equipo de acústica del LSIESP ha recolectado datos (2008-2013), calculadas en el rango de frecuencia entre 10 y 145 Hz (asociado a los llamados de ballenas grises). En general, el año 2012 presenta los niveles “mas ruidosos”, mientras que el 2010 los valores “mas tranquilos”.

Otra forma de interpretar la figura 2 es la siguiente. La línea verde (2010) de la figura 2 indica que la cantidad total de sonido en el ambiente entre 10 y 145 Hz se mantuvo en o por debajo de los 90 dB por mas del 60% del tiempo. Además, toda la energía del sonido (100%) se mantuvo por debajo de los 110 dB. Esto significa que el ambiente nunca fue “mas ruidoso” que los 110 dB durante el tiempo de los despliegues en 2010. En comparación, la cantidad total de sonido en el ambiente entre 10 y 145 Hz en 2012 (línea azul), se mantuvo en o por debajo de los 108 decibeles por mas del 60% del tiempo. El ruido ambiental marino “mas ruidoso” se produjo en Punta Piedra e 2012 y fue de 128 dB rms. Nunca “mas tranquilo” que 88 dB rms.

¿Cómo se pueden poner estos números en perspectiva? La media del NPS durante un “año típico” en la laguna se encuentra entre 10 y 145 Hz 95 dB re 1 microPascal. Esto produce una “densidad espectral de potencia” (potencia media por unidad de frecuencia) de  $95-10 \log (145-10)=95-21=74$  dB re  $1 \mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ . La figura 3 es una “curva de Wenz” clásica que muestra las distribuciones típicas del ruido en el océano a lo largo de las aguas costeras y profundas. Se puede ver 75 dB entre 10 y 145 Hz se encuentra en el rango medio, cayendo en el intervalo “ruido del trafico normal+somero”. Lo que no se ha determinado es si el ruido del trafico de las pangas durante las horas del día contribuye sustancialmente al campo del sonido a través de este rango de frecuencia.

El rango de frecuencia entre 1 y 3 kHz, generalmente dominado por el viento y el ruido que producen los camarones, es mas interesante. En la figura 2 se puede observar que en 2013 la media de la densidad espectral de potencia es esta banda fue de  $105-10 \log (3000-1000)=72$  dB re  $1 \mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ . La figura 3 indica que esto es bastante ruidoso, en términos del océano abierto: corresponde al sexto nivel del estado del mar en el océano abierto. Por lo tanto, a través de este rango de frecuencias, la laguna es bastante ruidosa.

).

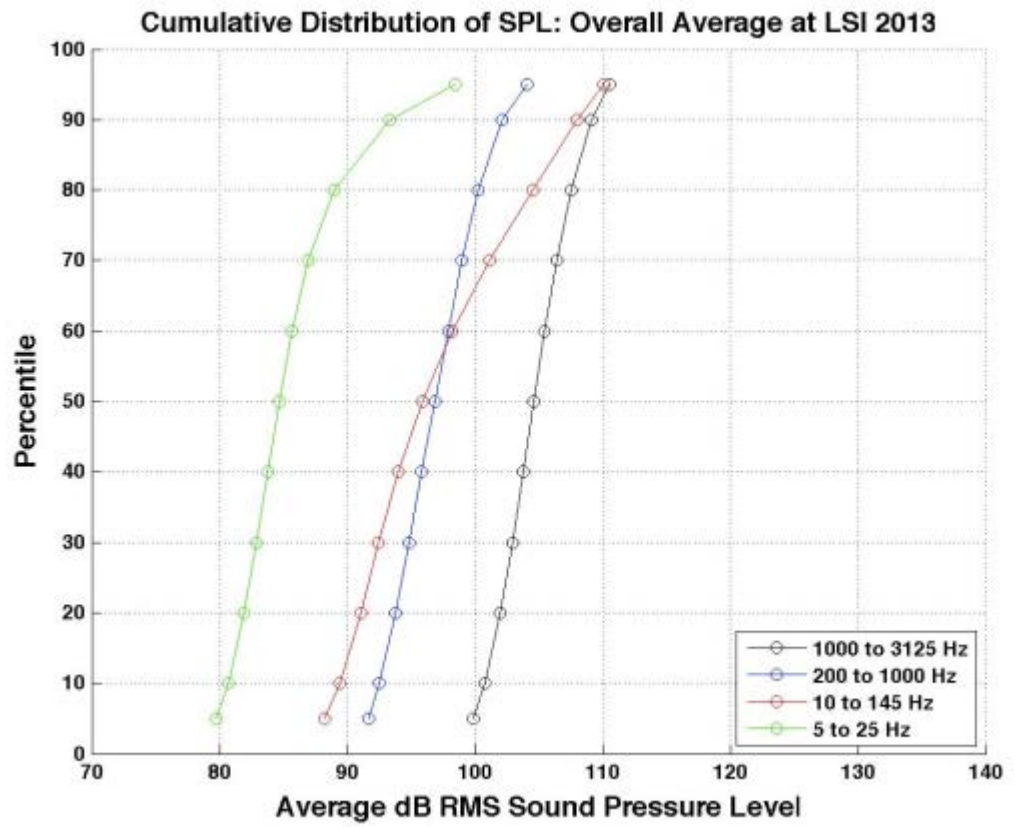


Fig 1: Distribución porcentual acumulada del NPS calculada a través de cuatro bandas de frecuencia sobre los datos acústicos recolectados en Punta Piedra en 2013.



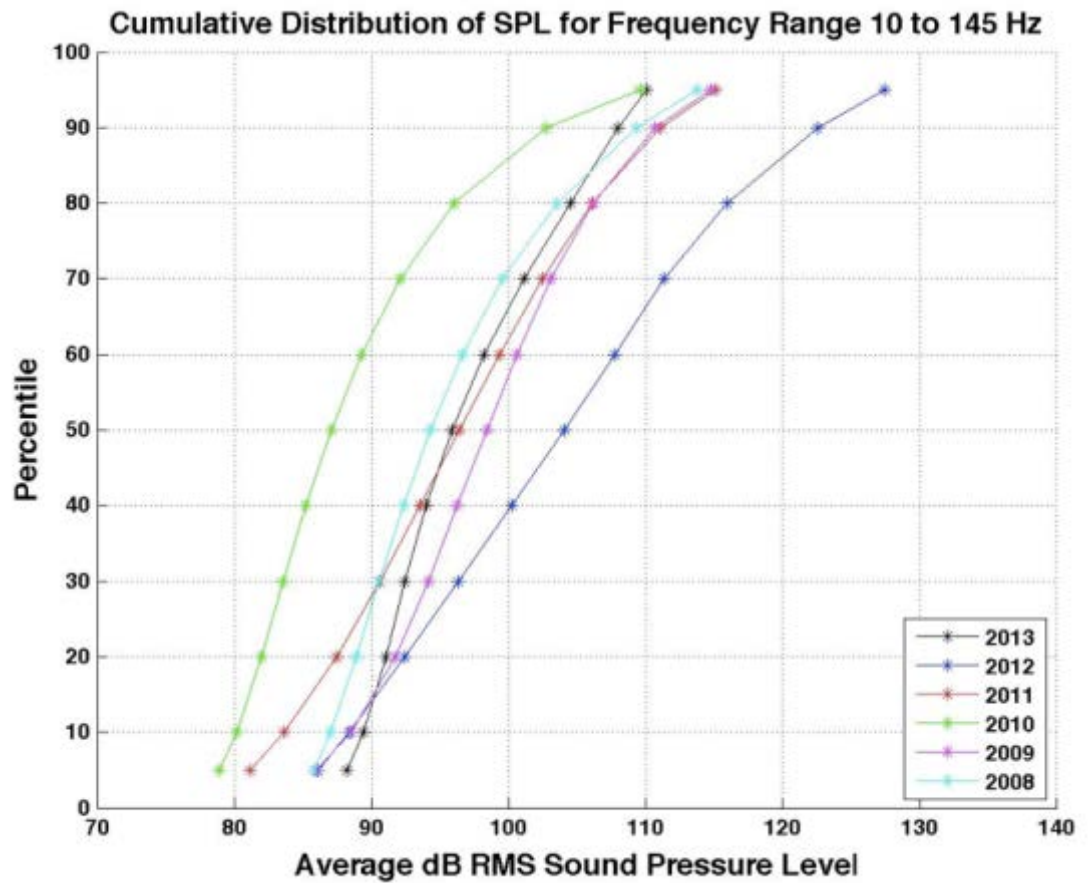


Fig 2: Distribución porcentual acumulada del NPS para todas las temporadas en que el equipo de acústica de LSIESP ha recolectado datos (2008-2013), calculada para el rango de frecuencia entre 10 y 145 Hz (rango asociado a los llamados de ballenas grises).

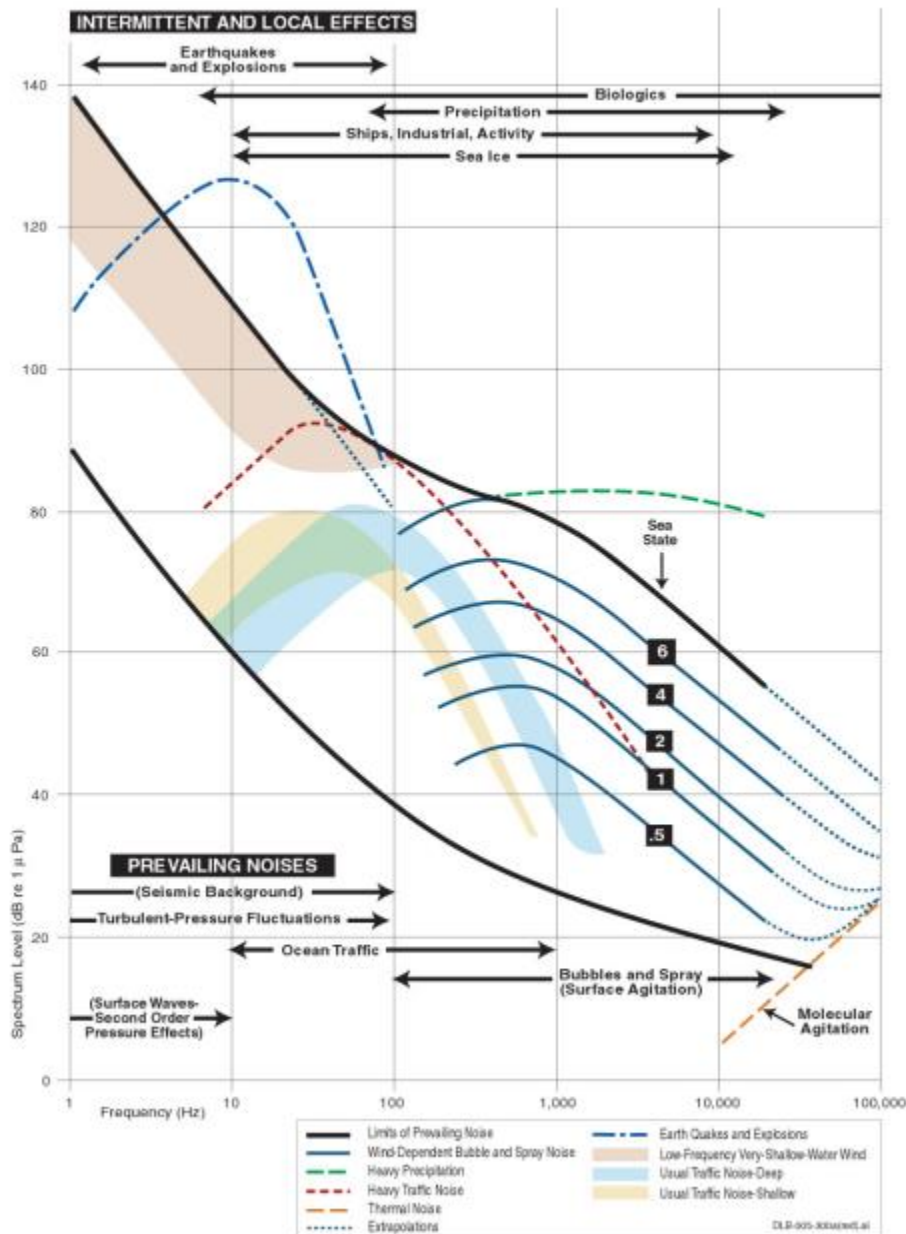


Fig. 3: Niveles de ruido de fondo “clásicos” en el océano en función de la frecuencia.

## TRABAJO FUTURO

Los análisis adicionales que se llevarán a cabo para este estudio incluyen:

1. Comparar los gráficos de las series de tiempo acústicas con el amanecer/atardecer y tablas de mareas para explorar la variabilidad de estos mecanismos generadores de sonido y su potencial impacto en la acústica ambiental. Los patrones de sonido durante el día y la noche también serán comparados. Dado que las actividades de las pangas solo ocurren durante el día,



el contraste será esclarecedor.

2. Análisis estadísticos para cuantificar las contribuciones de fuentes de sonido por rangos de frecuencias (similar a figura 1) y para determinar cuales añaden una energía acústica significativa al ambiente de la laguna.
3. Los estudiantes ya mencionados actualmente están trabajando para extraer manualmente los llamados de ballenas grises de los datos del 2013, para continuar explorando como el numero de animales presentes en la laguna se relaciona con las tasas de detección de llamados.

### **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a Art y Celia Condit por permitirnos utilizar su bote "SEARCHER" y por sus asistencia con la transportación. Agradecemos también a World Wildlife Federation y a la familia Constanza Torres por invitar a los miembros del equipo a La Paz, BCS. Estamos especialmente agradecidos con Ocean Foundation y el programa NSF's IGERT por proveer el recurso que hizo esta investigación posible.