

Fortalecimiento del monitoreo satelital del manatí Daniel en la Reserva Estatal Santuario del Manatí, Bahía de Chetumal,

Informe Final

2017 – 2019

Proyecto para la Conservación de Recursos Marinos en Centroamérica, Fase II: Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía de Chetumal

Convenio de Financiación: (2010 66 836)



Foto: Benjamín Morales Vela

Informe preparado por Dr. Benjamín Morales Vela
El Colegio de la Frontera Sur
Asistente: M. en C. Blanca Prado Cuellar

AGOSTO DEL 2019



Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN -----	3
2.	OBJETIVOS -----	4
3.	MÉTODOS -----	4
3.1	Área de estudio -----	4
3.2	Marcaje de Daniel y monitoreo -----	5
3.3	Análisis de la información -----	6
3.4	Capacitación de personal -----	6
4.	RESULTADOS -----	7
4.1	Periodo de monitoreo y total de ubicaciones -----	7
4.2	Seguimiento puntual de los movimientos del manatí -----	8
4.3	Cambios en la distribución espacial general y por años -----	12
4.4	Dinámica mensual de la distribución espacial de Daniel por zonas -----	17
4.5	Grado de asociación con la presencia humana y sus cambios con el tiempo -----	23
4.6	Resultados de la capacitación del personal -----	25
5.	DISCUSIÓN -----	26
6.	RECOMENDACIONES -----	28
7.	AGRADECIMIENTOS -----	28
8.	REFERENCIAS -----	29
9.	ANEXOS -----	30

Anexo I. Taller de capacitación en el uso y manejo del sistema Argos y práctica de campo del seguimiento y localización de un transmisor tipo VHF.

Anexo II. Ejemplo de base de datos de posiciones del manatí 2017-2019.

Anexo III. Relación de Mapas realizados en el informe.

1. INTRODUCCIÓN

La Bahía de Chetumal fue declarada Área Natural Protegida el 24 de octubre de 1996 por el gobierno del estado de Quintana Roo y recategorizada el 8 de abril de 2008 como Reserva Estatal; tiene una superficie total de 277,733.669 has., integrada por tres tipos de áreas: terrestre, acuática y marina. Fue decretada con el objetivo de proteger y preservar los recursos y ecosistemas locales, así como promover el desarrollo sustentable de las comunidades que se encuentran dentro de la Reserva y en su área de influencia.

La Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía de Chetumal (RESMBCH) concentra a la población de manatíes más grande en la Península de Yucatán (Morales-Vela & Olivera-Gómez, 1994; Morales-Vela *et al.*, 2000) y fue seleccionada para ser apoyada por el proyecto “Conservación de Recursos Marinos en Centroamérica Fase II”, coordinado por el Fondo para el Sistema Arrecifal Mesoamericano (Fondo SAM) con recursos de la Cooperación Alemana a través del KfW. El proyecto apoya la protección y conservación de los ecosistemas marino-costeros y recursos naturales presentes en la Reserva.

“Daniel” es un manatí huérfano de la especie *Trichechus manatus*, y pertenece a la subespecie antillana (*T. m. manatus*) el cual se localizó el 14 de septiembre de 2003 en la Laguna Guerrero, cuando apenas tenía unos días de haber nacido. Posterior a su rescate, se implementó un programa de rehabilitación para reintroducirlo a su hábitat, el cual consistió en: crianza, adaptación al medio natural, pre-liberación y manejo en semi-cautiverio.

“Daniel” ha adquirido gran relevancia en la opinión pública local, nacional e internacional a lo largo de sus años de vida, también es un emblema de conservación para la RESMBCH y es el único manatí antillano huérfano reintroducido a nivel mundial al que se le ha dado seguimiento continuo y de largo plazo de sus movimientos y conducta general después de su liberación. Esto ofrece la oportunidad de generar información relevante para los programas de reintroducción de manatíes existentes a nivel mundial. Es así como este proyecto de monitoreo se enmarca en una estrategia global de conservación de los manatíes para México y otros países.

En 2015, “Daniel” presentó un comportamiento diferente debido a que decidió pasar más tiempo fuera del Centro para la Atención y Rehabilitación de Mamíferos Acuáticos (CARMA) y explorar la Laguna Guerrero, por lo que en coordinación con El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) se decidió marcar al manatí con un radio satelital para su monitoreo. En mayo del 2016, Daniel realizó su primer viaje largo saliendo de Laguna Guerrero y llegando hasta el sur de la Isla de San Pedro en



Belice. La travesía duró aproximadamente 3 meses ya que el 21 de agosto Daniel regresó a Laguna Guerrero. En este sentido en 2017 con recursos del proyecto “Conservación de Recursos Marinos en Centroamérica Fase II”, se realizó el monitoreo satelital del manatí Daniel con participación comunitaria. Su impacto en el público, causado a lo largo de sus 15 años, no debe perderse por lo que se ha recomendado continuar con el programa de monitoreo por medio de su marcaje con el transmisor satelital. Por ello, en 2018 y 2019, el equipo de la Reserva y ECOSUR dieron seguimiento en campo y por vía remota satelital a los movimientos y sitios de preferencia de Daniel, con el apoyo del proyecto CRMC.

En este informe final contempla el análisis de los datos generados entre 2017 y 2019, que servirá como documento base y de seguimiento para posteriores estudios. Además, es importante el fortalecimiento que se le brindó al personal de la Reserva mediante el entrenamiento y capacitación para así continuar con el monitoreo en un futuro.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Fortalecer el monitoreo satelital del manatí Daniel en la Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía de Chetumal

Objetivos específicos

1. Seguimiento puntual de los movimientos del manatí.
2. Cambios en la distribución espacial por zonas y temporadas.
3. Ubicar sitios de uso preferencial espacial y temporal.
4. Evaluar el grado de asociación con la presencia humana.
5. Hacer recomendaciones de seguimiento y fortalecimiento del programa de monitoreo del manatí Daniel en la RESMBCH.
6. Capacitar al personal de la Reserva en el uso y manejo del sistema ARGOS, utilizado en el monitoreo de Daniel.
7. Entrenamiento al personal de la Reserva para fortalecer el monitoreo de Daniel mediante el uso del equipo de Telemetría.
8. Realizar mapas con las rutas o patrones de movimientos del manatí, destacando los sitios de uso preferencial temporal y espacialmente.

3. MÉTODOS

3.1 Área de estudio

Este estudio se realizó en la RESMBCH, ubicada en el extremo sureste de la Península de Yucatán. La Bahía de Chetumal (BCH) es un extenso estuario que forma parte de la frontera con Belice. Cubre un área aproximada de 2450 km², incluyendo las aguas de Belice llamada Bahía de Corozal. Se extiende desde los

17°52' a los 18°50'N y de los 87°50' a los 88°25'O. En su lado noreste se comunica con las aguas de Laguna Guerrero (LG) por medio de un complejo sistema de canales rodeados de manglares. Específicamente, este estudio se centró en este sistema lagunar, canales de acceso y su área de fusión con la Bahía de Chetumal.

Los valores medios anuales de temperatura del aire, humedad relativa y precipitación pluvial reportados para la BCH son: 26.5°C (rango de 24.5 – 31.0 °C), 78% y 1244.7 mm, respectivamente (Carrillo *et al.*, 2009). Su profundidad varía en un rango de 1 a 7 metros, con un promedio de 3.0 metros. La temperatura del agua en superficie y fondo son similares, con valores promedio que varían de 24°C en enero a 31°C en agosto, pero pueden presentarse temperaturas máximas de hasta 38°C en agosto (Morales-Vela & Padilla-Saldivar, 2009). Las temporadas del año se representan en tres periodos: nortes (noviembre a febrero), secas (marzo a junio) y lluvias (julio a octubre).

3.2 Marcaje de Daniel y monitoreo

El 24 de marzo de 2017 se le colocó a Daniel un radio de transmisión satelital GPS/VHF Marca Telonics, modelo TMT-464-3, instalado dentro de una boya de flotación diseñada para manatíes (fig. 1). Este sistema de marcaje ha sido utilizado con éxito en el orden Sirenia desde los años 70 (Marmontel *et al.*, 2011). Este radio se programó para registrar posición cada media hora. El 29 de agosto de 2017 se cambió la unidad por otra con nuevas baterías y programa actualizado, con toma de posición cada hora para favorecer un mayor tiempo de vida de las baterías. Un segundo cambio de unidad ocurrió el 7 de mayo de 2018, manteniendo el programa de toma de posición cada hora hasta junio de 2019.





Figura 1. Transmisores satelitales TMT-464-3, diseñados para manatíes, instalado en Daniel

3.3 Análisis de la información

Los datos se obtuvieron desde el sistema Argos contemplando los años 2017-2019 en formato .csv (comma-separate values) y se manejaron en el programa Microsoft Excel (ver anexo II). Posteriormente los datos se analizaron y se generaron mapas y rutas con ayuda de QGis v. 3.4.11 y capas base de Google Earth. Por último, se enviaron los mapas en formato .jpg de alta calidad y la base en Excel en formato electrónico.

3.4 Capacitación del personal

La capacitación del personal se llevó a cabo el 27 y 28 de agosto del 2019, debido al interés y disponibilidad en participar por parte del personal de Sarteneja Alliance for Conservation and Development (SACD) y a la importancia de que los esfuerzos sean en conjunto México-Belice. El primer día se impartió la teoría sobre el funcionamiento de los radios y la localización satelital. Así como el correcto uso del sistema Argos para obtener la información deseada y depurar las bases de datos obtenidas.

El segundo día del taller se realizó una práctica en tres equipos de tres personas para la localización de un radio. El dispositivo previamente se ocultó en algún punto del poblado de Laguna Guerrero y cada equipo contó con antena, formato, brújula y receptor para poder hallar el dispositivo. En el anexo I se detalla la información de la capacitación del personal.

4. RESULTADOS

4.1 Periodo de monitoreo y total de ubicaciones

El cuadro 1 muestra el periodo de cobertura del monitoreo de Daniel que fue del 24 de marzo de 2017 al 5 de junio de 2019, así como el número de posiciones obtenidas por año y por zona. Dicho periodo representó un total de 663 días de seguimiento continuo, acumulándose 22,919 posiciones satelitales con un grado de precisión de 10 m o menos en un 80% de las posiciones, lo cual es muy preciso.

Cuadro 1. Número total de posiciones (GPS) obtenidas de los transmisores colocados en Daniel en 2017, 2018 y primeros días de junio de 2019. Distribución de posiciones por zonas.

Zona / Año	2017	2018	2019	Total
Periodo de seguimiento	24/03/2017 31/12/2017	01/01/2018 31/12/2018	01/01/2019 05/06/2019	24/03/2017 05/06/2019
Laguna Guerrero (LG)	4591 (43.9%)	4356 (49.8%)	2866 (77.1%)	11813
Canales	2384 (22.8%)	949 (10.9%)	354 (9.5%)	3687
Cacayuc	3466 (33.1%)	3435 (39.3%)	498 (13.4%)	7399
La Barra	17 (0.2%)	1 (0.01%)	0	18
Bahía de Chetumal (BCH)	2 (0.02%)	0	0	2
Posiciones por año	10,460	8,741	3,718	22,919

En 2017 se obtuvo un mayor número de posiciones, resultado del programa instalado inicialmente (ver Métodos).

Indirectamente, el número de posiciones representa el tiempo de su seguimiento. En 2017 sumaron 6,685 horas de seguimiento, en 2018 fueron 8,741 horas y en 2019 fueron 3,718 horas. Este tiempo puede ser expresado en porcentaje (%) como valor comparativo de la información entre año.

Se aprecia en todo el periodo de marcado, que Daniel se mantuvo en el sistema hidrológico que incluye a Laguna Guerrero (LG) con 7 km² de área, Canales con 2 km², Cacayuc con 11 km² y La Barra con 6 km², lo que suma un área aproximada

de 25 km² (fig. 2), esta área representó su Rango Hogareño, definido como el área donde normalmente vive un individuo (Brown & Orians, 1970). Dado lo anterior, es importante decir que este sistema hidrológico cubrió todas las necesidades fisiológicas y conductuales que Daniel requirió en este periodo de estudio.

4.2 Seguimiento puntual de los movimientos del manatí

El manatí fue muy regular en sus movimientos a lo largo del año, usó de manera homogénea todo el sistema en la mayoría del año. En la figura 2 se muestra un ejemplo de un recorrido típico de “Daniel” entre zonas. Se seleccionó el periodo del 23 al 31 de mayo de 2019 como muestra representativa, esta incluye el movimiento de salida de “Daniel” desde el sur de LG, moviéndose sobre el margen izquierdo de la laguna, después entró al canal principal para salir a la zona de Cacayuc y permanecer por unos días en esta zona. En Cacayuc realizó movimientos cortos y de exploración hacia el brazo norte y a un canal secundario y después el día 28 inició su regreso a LG, entrando a la laguna sobre la margen derecha. “Daniel” cruzó la parte media de la laguna para acercarse a la zona de presencia humana y recorrer hacia el sur los poblados de Raudales y Laguna Guerrero. Este recorrido también muestra cuando Daniel entró al balneario y otros movimientos cortos en la parte final de la laguna.

Este ciclo de movimientos entre las zonas de LG y Cacayuc fue el dominante a lo largo del periodo de estudio, deteniéndose en pocas ocasiones en la zona de Canales.



Figura 2. Circuito típico representativo de los movimientos de Daniel en el sistema lagunar Guerrero – Cacayuc. Este circuito lo realizó en nueve días. Las líneas unen las ubicaciones (puntos) consecutivas obtenidas por el satélite. Los puntos (posiciones) guardan una relación

espacial con respecto a los otros, los puntos cercanos indican estancia y los puntos distantes indican movimiento.

En la figura 3 se muestra el total de los movimientos de “Daniel” con rutas muy definidas sobre la margen oeste de LG. La zona de Canales se usó en su totalidad y Cacayuc también con fuerte tendencia a moverse sobre su margen oeste. También se ven los movimientos aislados que pueden atribuirse a exploración de nuevas áreas.

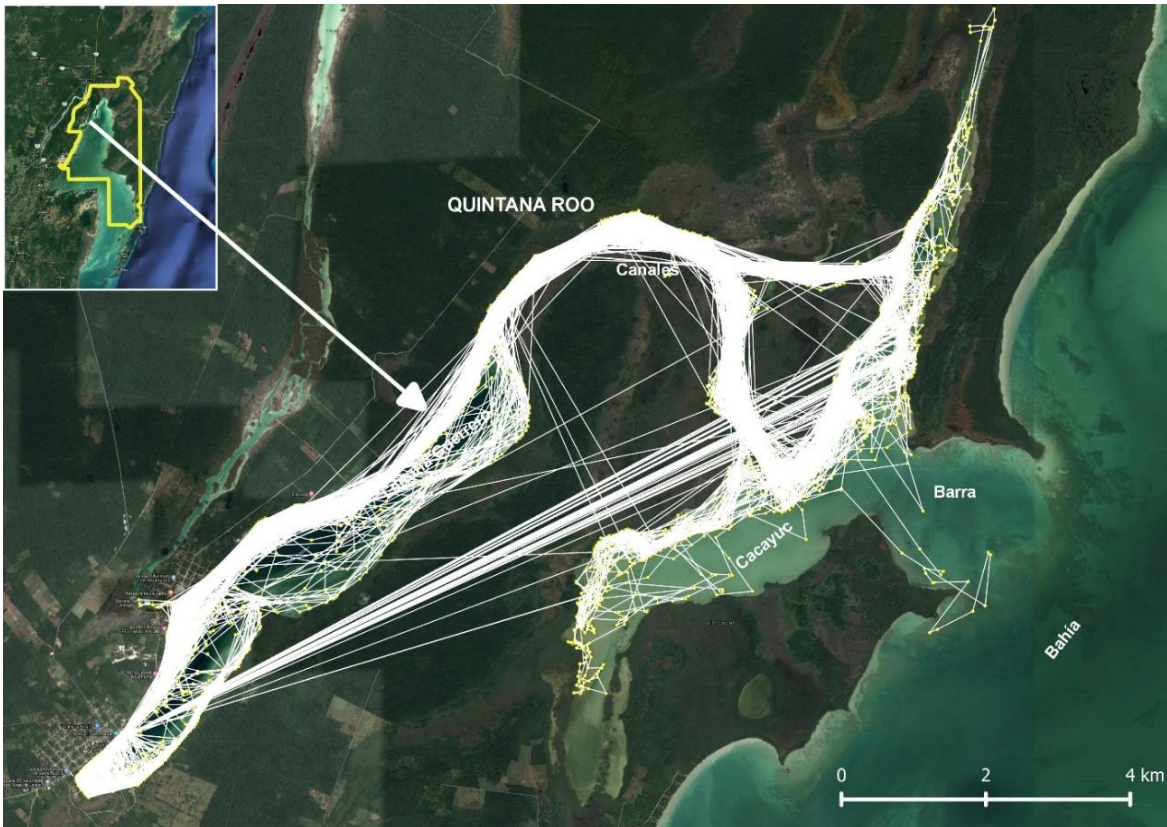


Figura 3. Patrón general de movimientos del manatí Daniel a lo largo del periodo de evaluación. Las líneas cruzadas sobre tierra pueden indicar movimientos rápidos del manatí de un punto inicial a uno punto final, sin posiciones intermedias y unidos por el programa con una línea recta.

La siguiente secuencia de figuras (figs. 4, 5 y 6) muestra tres momentos en que el patrón general de movimientos cambió.

En el mes de diciembre de 2018 y 2019 “Daniel” disminuyó su presencia en Cacayuc (fig. 4). Antes de entrar a LG exploró las zonas de La Barra y BCH por un par de días, posteriormente, ingresó a los Canales para continuar hacia LG donde concentró sus movimientos hasta la última semana de diciembre.

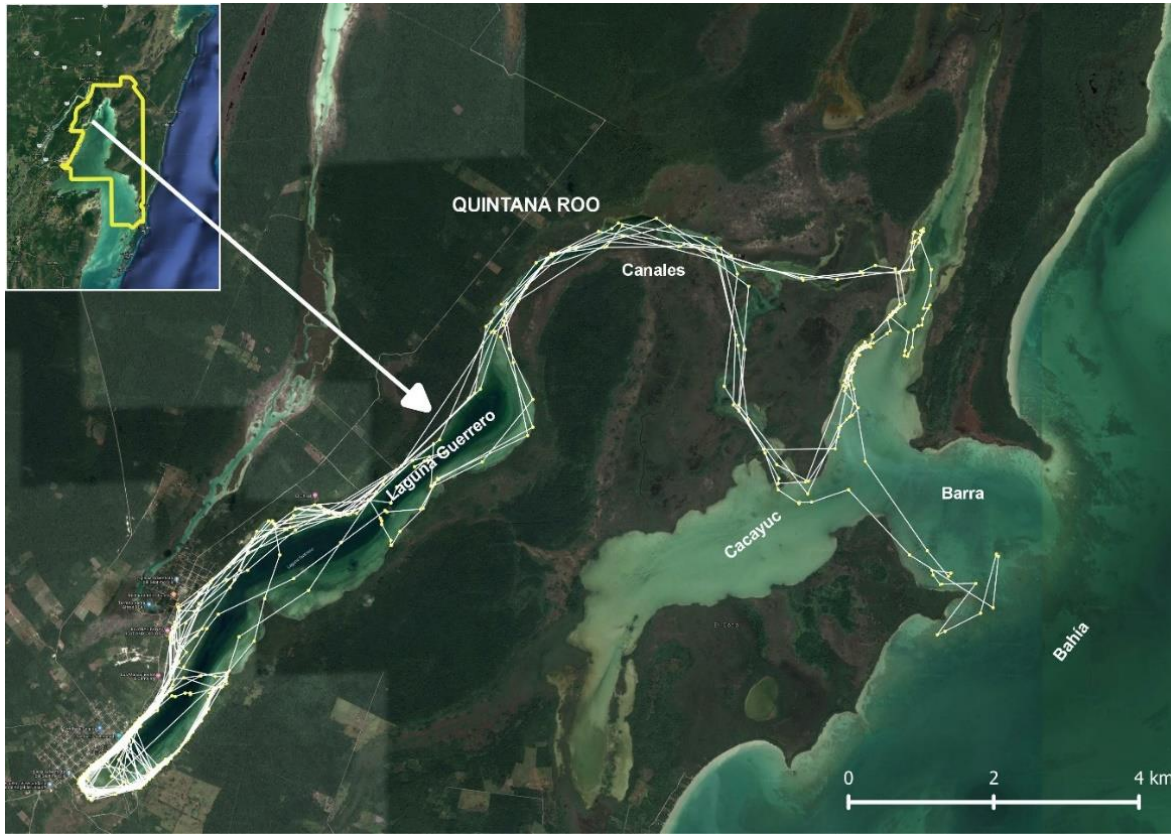


Figura 4. Movimientos de Daniel realizados en el mes de diciembre de los años 2017, 2018 y 2019. Sus movimientos se fueron concentrando hacia LG en ambos años.

En los meses de enero y febrero de 2017, 2018 y 2019 (fig. 5), los movimientos de “Daniel” se restringieron a LG, particularmente en su primer tercio interior, incluyendo la zona frente a Raudales. Los cuatro desplazamientos hacia el brazo norte de Cacayuc (fig. 5) ocurrieron a finales de febrero de 2019, con momentos de permanencia en la salida del canal secundario con Cacayuc en un sitio somero con sustrato parcialmente rocoso con vegetación sumergida.



Figura 5. Movimientos de Daniel realizados en enero y febrero de los años 2018 y 2019. En estos meses, Daniel centró sus movimientos en la parte interior de la laguna.

Para marzo, los movimientos de Daniel fueron extendiéndose poco a poco hacia los Canales y Cacayuc (fig. 6) para después tomar el patrón general de movimientos presentado en la figs. 2 y 3.

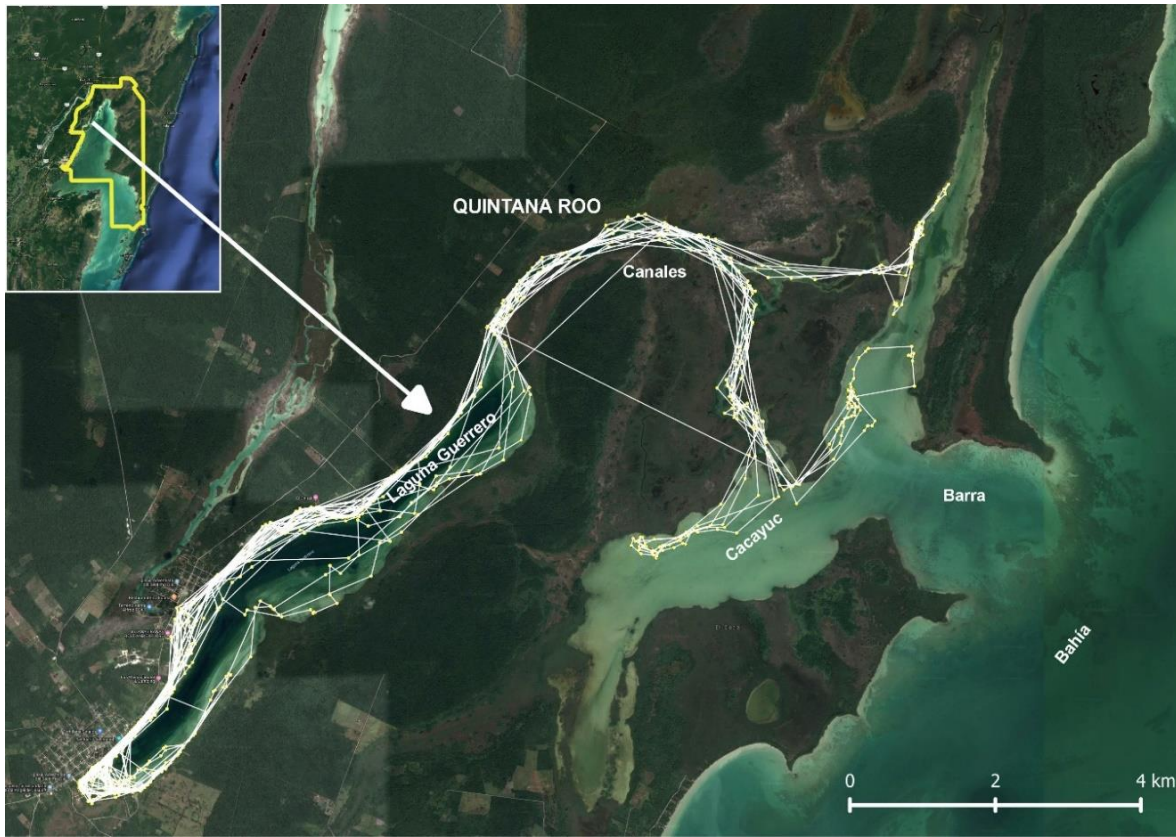


Figura 6. Movimientos de Daniel realizados en el mes de marzo de 2017, 2018 y 2019. Se observa el inicio de salidas más frecuentes de la laguna hacia los Canales y Cacayuc.

4.3 Cambios en la distribución espacial general y por años

La distribución espacial de las ubicaciones de Daniel mostró una distribución de puntos agregada (fig. 7), no una distribución al azar. Es decir, si bien Daniel usó todo el sistema hidrológico, tuvo clara preferencia por estar más asociado a las orillas, particularmente a la costa oeste de LG y Cacayuc, tal y como se observó en sus movimientos. El área en amarillo (posiciones) es el *área esencial* usada por Daniel en este periodo de estudio, menor a 25 km².



Figura 7. Área ocupada por Daniel durante el periodo de marzo 24 de 2017 a junio 6 de 2019. Los puntos en amarillo son las posiciones GPS tomadas por el satélite.

Para cada año, la distribución espacial de Daniel cambió notablemente, esto se aprecia particularmente en la zona de Cacayuc. En 2017 Daniel usó el brazo norte hasta su extremo más delgado, entrando en un canal para su exploración unos días (fig. 8). El brazo sur de Cacayuc fue usado sólo por unos momentos el 17 de julio durante una conducta de exploración. Las zonas de La Barra y BCH fueron visitadas en dos ocasiones el 9 y 10 de diciembre.

En 2018 “Daniel” amplió su área de distribución en la zona de Cacayuc, incluyendo el brazo sur, particularmente utilizando la costa oeste nuevamente (fig. 9). El límite sur de este brazo lo exploró sólo en dos días consecutivos el 31 de agosto y el primero de septiembre.



Figura 8. Distribución espacial de Daniel de marzo a diciembre de 2017. Clara tendencia de mayor presencia en la costa oeste del sistema con tres momentos de exploración en los extremos de la zona de Cacayuc y algunos registros en La Barra y BCH.



Figura 9. Distribución espacial de Daniel en 2018. La distribución en Cacayuc se amplió hacia el brazo sur. Se mantuvo la tendencia general de mayor uso de la costa oeste de todo el sistema hidrológico, como se observó en 2017.

En 2019 esta misma tendencia se mantuvo hasta la primera semana de junio al concluir el periodo de estudio (fig. 10).



Figura 10. Distribución espacial de Daniel de enero al 6 de junio de 2019. Se va manteniendo la tendencia de distribución que en los dos años anteriores.

Al interior de LG se destacaron dos sitios puntuales que Daniel usó frecuentemente, estos se muestran en la figura 11 señalados por dos recuadros. Uno corresponde a una pequeña poza de aproximadamente 2.5 m frente al poblado de laguna Guerrero, donde frecuentemente se le vio a “Daniel” descansando y otro sitio es la punta extrema sur de la laguna. Entre estos dos sitios y siguiendo el borde de la laguna, frecuentemente se vio a “Daniel” descansando bajo la sombra del manglar, en ocasiones acompañado por uno o dos manatíes antes de entrar en descanso.

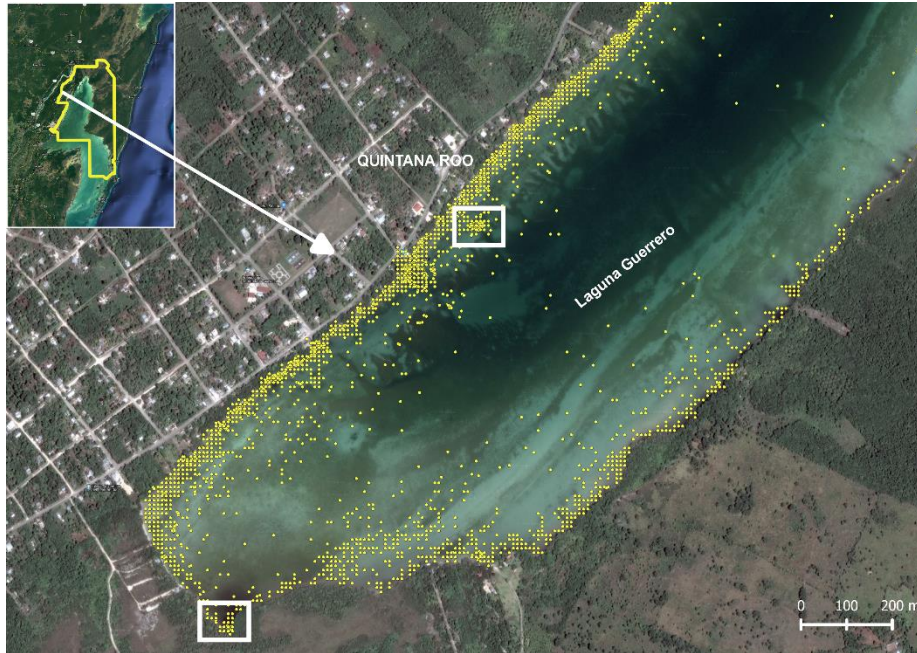


Figura 11. Dos sitios indicados por un recuadro que Daniel seleccionó dentro de LG para descansar.

Con respecto a su distribución espacial en las distintas temporadas del año características de esta región: nortes (noviembre a febrero), lluvias (julio a octubre) y secas (marzo a junio), en el cuadro 2 se muestra la distribución de posiciones para cada temporada. El porcentaje de posiciones asociado a cada zona representa la tendencia de uso de “Daniel”. En la temporada de lluvias “Daniel” utilizó similarmente LG y Cacayuc, en nortes se concentró principalmente en LG y en la temporada de secas prefirió estar en Cacayuc seguido de LG. La zona de Canales fue usada por “Daniel” principalmente como zona de paso entre LG y Cacayuc, indicado por el menor número de posiciones y tiempo en esa zona.

Cuadro 2. Se muestra el número total de posiciones adquiridas en cada temporada del 24 de marzo de 2017 a junio 5 de 2019 y su representación (%) por zonas. BCH= Bahía de Chetumal, LG= Laguna Guerrero.

	T. general	BCH	Barra	Cacayuc	Canales	LG
Lluvias (%)	10373 (45.2)	0	3 (0.03)	4118 (39.6)	1957 (19.0)	4295 (41.4)
Nortes (%)	6061 (26.4)	1 (0.02)	13 (0.1)	380 (6.3)	461 (7.6)	5204 (86.0)
Secas (%)	6485 (28.3)	0	2 (0.03)	2901 (44.7)	1269 (19.6)	2313 (35.7)
Total general (%)	22919 (100)	1	18	7399	3687	11812

4.4 Dinámica mensual de la distribución espacial de Daniel por zonas

Los cuadros 3, 4 y 5 y las figuras 12, 13 y 14 muestran la secuencia de distribución de las posiciones de “Daniel” por mes y año. Estas secuencias son muy ilustrativas de cómo “Daniel” hizo uso del sistema hidrológico en los tres años.

En 2017, desde finales de marzo y todo abril “Daniel” utilizó preferentemente las zonas de los Canales y Cacayuc, en mayo cambió su tendencia a usar más LG y Cacayuc, esta tendencia se mantuvo hasta septiembre. En octubre y noviembre cambió a estar más en Cacayuc y LG y a partir del 18 de diciembre se concentró en LG (cuadro 3 y fig. 8).

Cuadro 3. Número y porcentaje de posiciones por zonas en 2017. El total de registro de posiciones disminuye a partir de septiembre por el programa dual utilizado. BCH= Bahía de Chetumal, LG= Laguna Guerrero. En marzo los datos inician desde el día 24

Meses 2017	BCH	La Barra	Cacayuc	Canales	LG	Total
Marzo (%)	0	0	57 (16.4)	186 (53.4)	105 (30.2)	348
Abril	0	0	512 (35.6)	581 (40.4)	344 (24.0)	1437
Mayo	0	0	465 (31.4)	322 (21.8)	693 (46.8)	1480
Junio	0	0	507 (35.5)	257 (18.0)	663 (46.5)	1427
Julio	0	2 (0.1)	499 (33.7)	215 (14.5)	764 (51.6)	1480
Agosto	0	1 (0.1)	406 (28.4)	332 (23.2)	690 (48.3)	1429
Septiembre	0	1 (0.1)	231 (32.5)	130 (18.3)	348 (49.0)	710
Octubre	0	0	357 (48.1)	137 (18.5)	248 (33.4)	742
Noviembre	0	0	347 (48.3)	172 (23.9)	200 (27.8)	719
Diciembre	2 (0.3)	13 (1.9)	85 (12.3)	52 (7.6)	536 (78.0)	688
Total	2	17	3466	2384	4591	10460

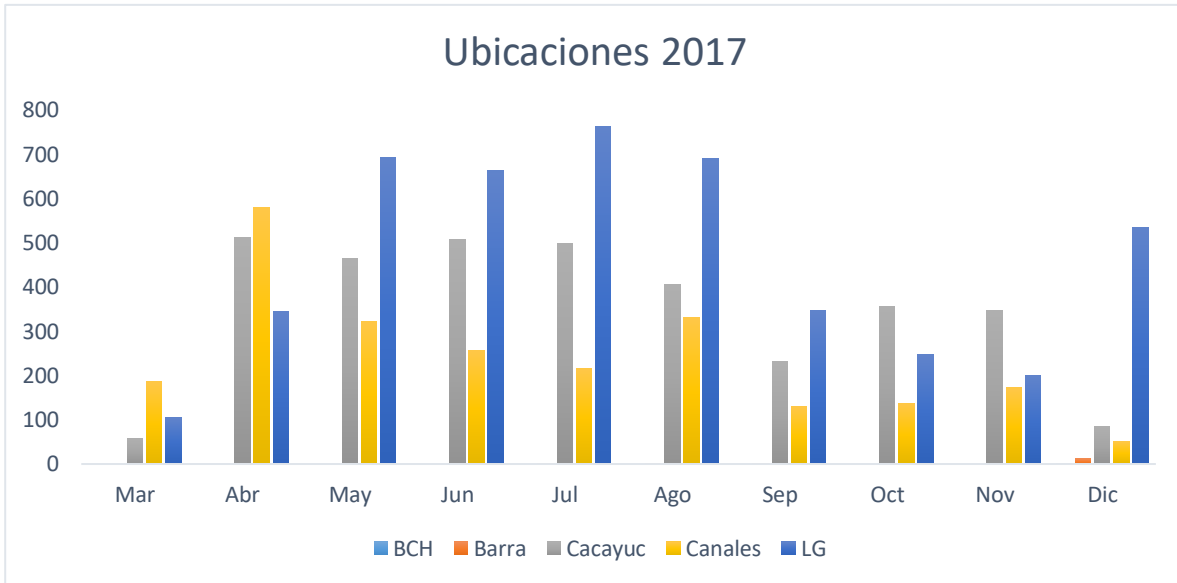


Figura 12. Distribución de las posiciones del manatí Daniel por zona del 24 de marzo a diciembre de 2017. En septiembre la frecuencia de toma de posición cambió a cada hora, lo que explica la disminución del número de posiciones.

De enero a marzo del 2018 “Daniel” se mantuvo en LG y a partir de abril hasta octubre mantuvo una marcada preferencia a permanecer por más tiempo en Cacayuc, intercalándose con LG (cuadro 4 y fig. 13). En noviembre inició su transición a LG y finalmente en diciembre se concentró nuevamente en LG.

Cuadro 4. Número y porcentaje de posiciones por zonas en 2018. BCH= Bahía de Chetumal, LG= Laguna Guerrero.

Meses 2018	BCH	La Barra	Cacayuc	Canales	LG	Total
Enero (%)	0	0	0	0	713 (100%)	713
Febrero	0	0	0	0	671 (100%)	671
Marzo	0	0	25 (3.3%)	7 (0.9)	717 (95.7%)	749
Abril	0	0	437 (60.4)	152 (21.0)	134 (18.5)	723
Mayo	0	0	398 (49.4)	111 (13.8)	296 (36.8)	805
Junio	0	0	429 (60.2)	98 (13.8)	185 (26.0)	712
Julio	0	0	558 (75.1)	61 (8.2)	124 (16.7)	743
Agosto	0	0	522 (70.2)	177 (23.8)	44 (6.0)	743
Septiembre	0	0	374 (55.0)	115 (17.0)	189 (28.0)	678
Octubre	0	0	448 (60.5)	98 (13.2)	195 (26.3)	741
Noviembre	0	0	216 (29.9)	108 (14.9)	399 (55.2)	723
Diciembre	0	0	28 (3.8)	22 (3.0)	689 (93.2)	739
Total	0	1	3435	949	4356	8740

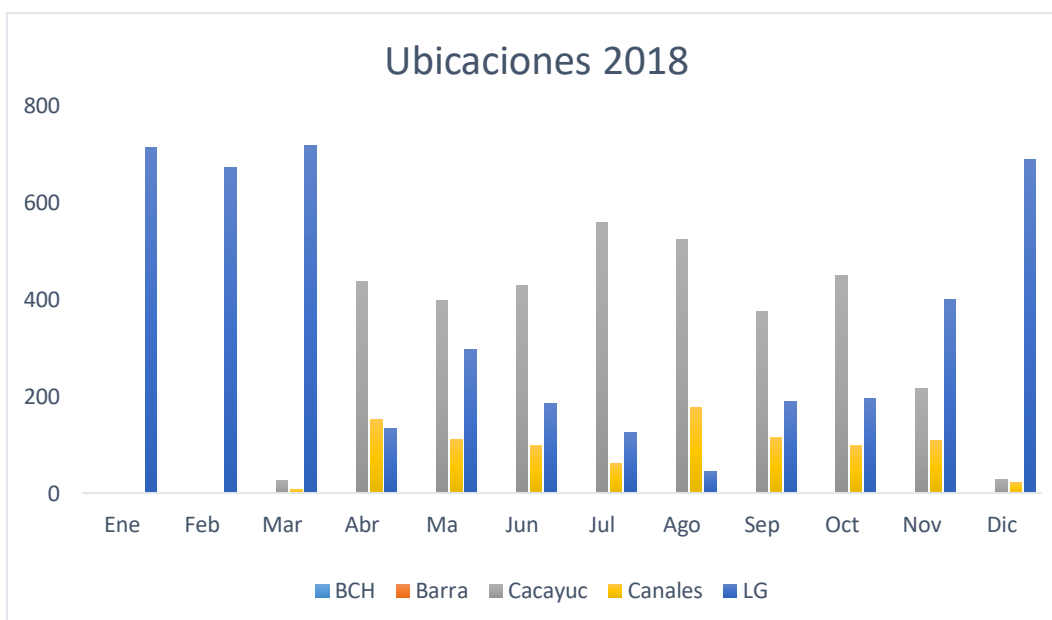


Figura 13. Distribución de las posiciones del manatí Daniel por zona en 2018.

En enero de 2019 se mantuvo totalmente en LG, y en febrero inició su presencia en Cacayuc y Canales (cuadro 5, fig. 14). Sin embargo, siguió manteniendo mayor presencia en LG, a diferencia de los años anteriores.

Cuadro 5. Número y porcentaje de posiciones por zonas en 2019. BCH= Bahía de Chetumal, LG= Laguna Guerrero.

Meses 2019	BCH	La Barra	Cacayuc	Canales	LG	Total
Enero	0	0	0	0	743 (100%)	743
Febrero	0	0	57 (8.6%)	36 (5.4)	574 (86.0)	667
Marzo	0	0	128 (17.2)	158 (21.3)	457 (61.5)	743
Abril	0	0	108 (15.0)	68 (9.4)	548 (75.7)	724
Mayo	0	0	183 (24.7)	78 (10.5)	480 (64.8)	741
Junio	0	0	22 (22.0)	14 (14.0)	64 (64.0)	100
Total	0	0	498	354	2866	3718

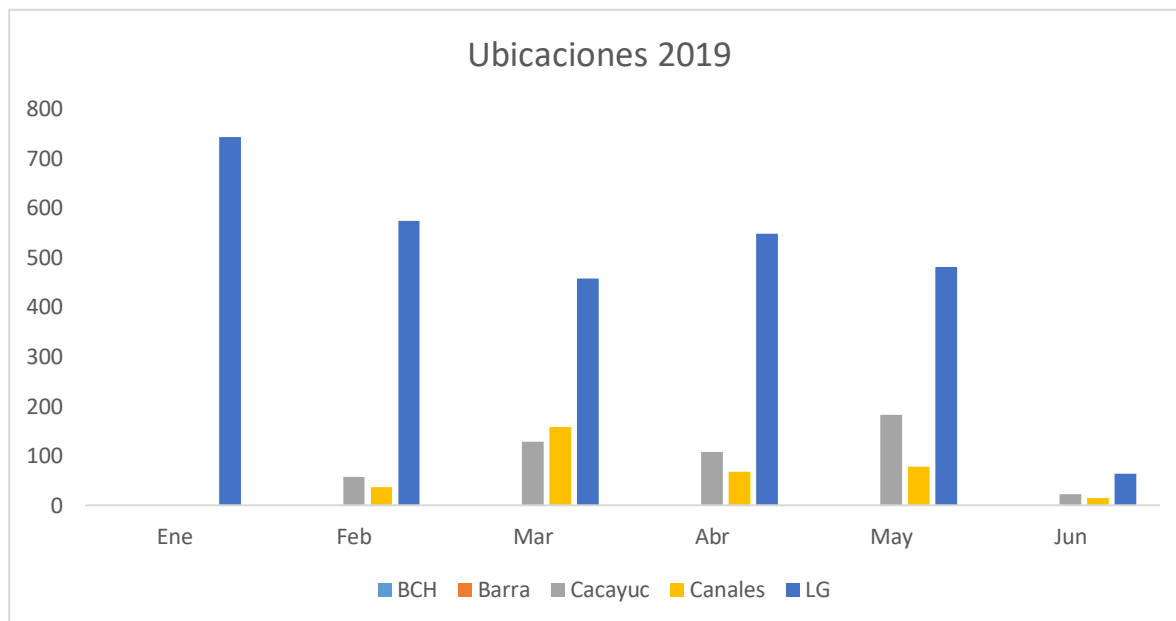


Figura 14. Distribución de las posiciones del manatí Daniel por zona en 2019.

Si siguiendo esta secuencia general, es claro que “Daniel” hizo uso diferenciado (no al azar) de las tres zonas más importantes del sistema hidrológico, intercalando constantemente una zona con otra y sus tiempos, respondiendo a sus necesidades fisiológicas y conductuales específicas. En este momento una tendencia clara fue que “Daniel” seleccionó estar en LG en temporada de nortes, es decir, “Daniel” respondió al cambio de temperatura del agua, buscando refugio termal en las aguas de LG.

Los sitios más usados en la zona de Cacayuc en 2017 se muestran en la figura 15. “Daniel” se concentró principalmente en tres sitios, dos de ellos ubicados en el margen derecho del brazo norte. En los tres sitios existe presencia de vegetación sumergida como los pastos marinos *Halodule wrightii* y un poco de *Thalassia testudinum*, además de *Ruppia* sp. *Chara* sp. y *Najas* sp. También en todo el sistema está presente el mangle *Rizophora mangle*, todas estas plantas son parte de la dieta de los manatíes en la región. Por su alta permanencia en estos sitios Daniel debe encontrar la suficiente comida y condiciones de descanso. En el círculo superior de la figura 15 se encuentra una poza que Daniel usa con cierta frecuencia para descansar. En el círculo de la derecha hay un islote con manglar que le ofrece sombra para su descanso (fig. 16).

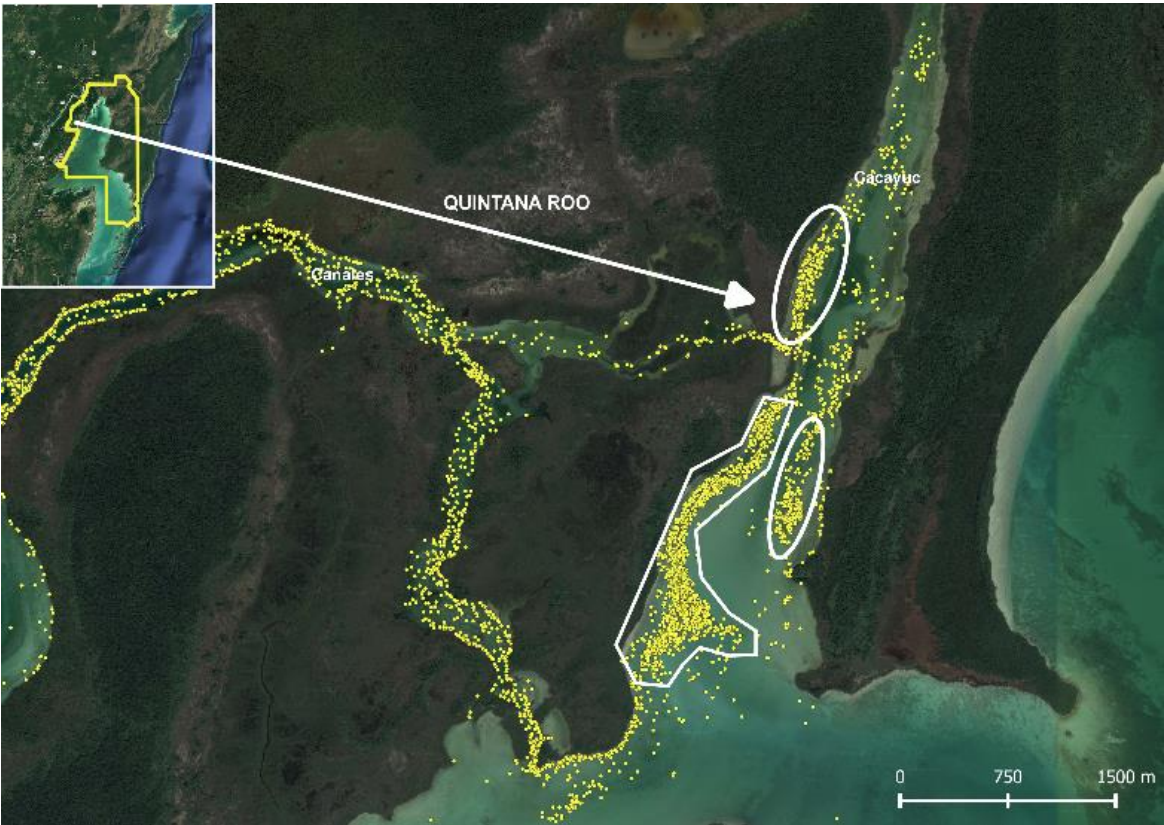


Figura 15. Se identifican tres sitios usados frecuentemente por Daniel en el brazo norte de Cacayuc en 2017, por lo que son cruciales para su alimentación y descanso en esa zona.



Figura 16. Daniel descansando bajo la sombra del manglar. Conducta frecuentemente observada.

El mismo patrón de uso preferencial de sitios en el brazo norte de Cacayuc se presentó en 2018 (fig. 17a), pero no en los primeros cinco meses de 2019 (fig. 17b).

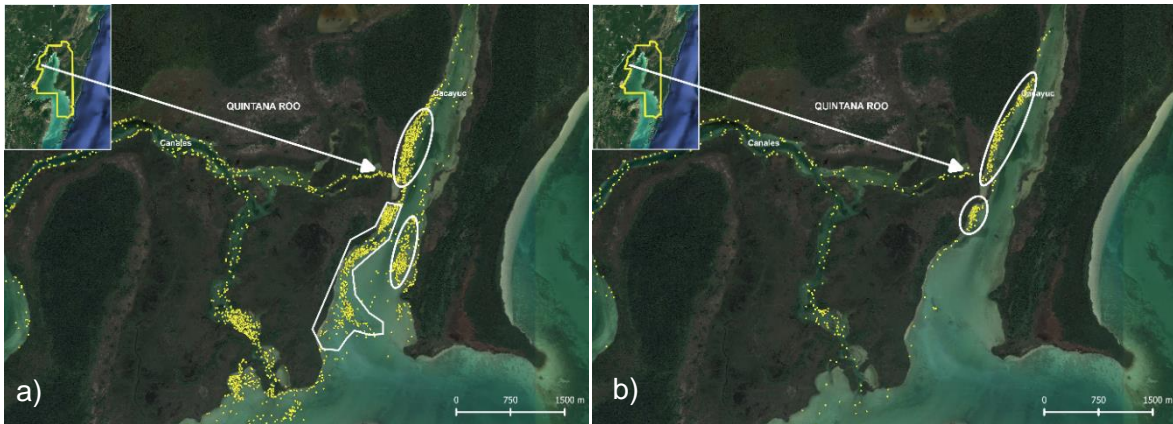


Figura 17. a) Sitios de mayor uso de Daniel en la zona de Cacayuc en 2018 y b) 2019.

4.5 Grado de asociación con la presencia humana y sus cambios con el tiempo

El balneario de Raudales que se compone por el escurrimiento de agua que proviene de la laguna Chile Verde y de restaurantes a sus alrededores (fig. 18), es el sitio que permite la mayor interacción directa de “Daniel” con la presencia humana en toda su área de distribución, por lo que se puede considerar como un buen indicativo para medir los cambios en su asociación con los humanos.



Figura 18. Balneario público del poblado de Raudales y escurrimiento de agua dulce proveniente de laguna Chile Verde. Este escurrimiento va hacia la LG y puede ser muy intenso y amplio en el periodo de Lluvias. Cuando el nivel de agua lo permite, Daniel cruza el puente para estar en contacto con los bañistas.

El cuadro 6 muestra el número de días y la frecuencia mensual de visitas que “Daniel” hizo al balneario y a la zona adyacente de escurrimiento del agua. En 2017, acumuló 29 días en el balneario y estuvo presente en todos los meses de su monitoreo, también usó el escurrimiento de agua dulce en todos los meses. En 2018, acumuló diez días en el balneario y estuvo presente en siete de los 12 meses y visitó el escurrimiento de agua preferentemente en enero, mayo y junio, con pocos acercamientos al balneario. En 2019 acumuló nueve días en tres de los cinco meses que se le monitoreó. La tendencia de “Daniel” a estar en el balneario disminuyó de 2017 a 2018, al igual que estar en el área de escurrimiento. Esta tendencia cambió en el mes de mayo de 2019 que concentró seis de los nueve días que Daniel estuvo en el balneario en los cinco meses de su seguimiento.

Cuadro 6. Fechas y número de días que Daniel estuvo en el balneario de Raudales en 2017, 2018 y 2019 (hasta primera semana de junio). Las fechas subrayadas indican días consecutivos. En la segunda parte del cuadro se presentan el número de registros de Daniel y porcentaje de los mismos en la zona de influencia del escurrimiento proveniente de Chile Verde. LG= Laguna

AÑO/MES	Fechas en el área del balneario	No. de días en balneario	No. de registros en escurrimiento de agua dulce de Chile Verde	Total de registros en LG
2017				
ABRIL	12, <u>22-23</u> , <u>29-30</u> .	5	33 (9.6%)	344 (100%)
MAYO	1, <u>15-16</u> , 22, 30.	5	5 (0.7%)	693
JUNIO	4, 9.	2	4 (0.6%)	663
JULIO	13, 31.	2	14 (1.8%)	764
AGOSTO	3, 6, 15, 20, 24.	5	23 (3.3%)	690
SEPTIEMBRE	<u>6-7</u> , 10, 18	4	40 (11.5%)	348
OCTUBRE	18, 23, 31	3	6 (2.4%)	248
NOVIEMBRE	17	1	2 (1.0%)	200
DICIEMBRE	1, 4	2	2 (0.4%)	536
	Total	29		
2018				
ENERO	14, 24	2	27 (3.8%)	713 (100%)
FEBRERO	20	1	7 (1.0%)	671
MARZO	0	0	6 (0.8%)	717
ABRIL	0	0	0 (0.0%)	134
MAYO	0	1	23 (7.8%)	296
JUNIO	0	1	13 (7.0%)	185
JULIO	0	0	0 (0 %)	124
AGOSTO	0	0	0 (0 %)	44
SEPTIEMBRE	28-29	2	1 (0.5%)	189
OCTUBRE	2-3	2	3 (1.5%)	195
NOVIEMBRE	0	0	0 (0 %)	399
DICIEMBRE	29	1	0 (0 %)	689
	Total	10		
2019				
ENERO	0	0	1 (0.1%)	743 (100%)
FEBRERO	0	0	0 (0.0%)	574
MARZO	15	1	4 (0.9%)	457
ABRIL	8,13	2	3 (0.7%)	548
MAYO	4, 18-19, 23, 30-31	6	2 (0.4%)	480
JUNIO	0	0	0 (0 %)	64

Guerrero.



4.6. Resultados de la capacitación del personal.

En total se capacitaron 9 personas; 3 pertenecientes a Sarteneja Alliance for Conservation and Development (SACD) de Belice y 6 a la Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía de Chetumal (RESMBCH). El taller se llevó a cabo en 10 horas, de los cuales: 6 fueron teóricas y 4 práctica. El primer día se instruyó en el uso correcto de las bases de marcaje, telemetría, localización mediante satélite y las aplicaciones de éstas con el fin de aplicarlas en la conservación de especies, particularmente en los manatís. También, se aprendió acerca del sistema argos, a bajar información y a depurar las bases de datos. Se les enseñó cómo importar esos datos en un sistema de información geográfica (QGis v. 3.4.11) para su análisis.

El segundo día se llevó a cabo una práctica en equipos para la localización de un radio mediante telemetría escondido dentro de la comunidad de Laguna Guerrero. La práctica finalizó cuando un equipo encontró el dispositivo (Ver anexo I para información más detallada acerca de la capacitación)

5. DISCUSIÓN

El tamaño del ámbito hogareño de “Daniel” de 2017 a mayo de 2019 cubrió un área de 25 km² que incluyó todos los sitios conocidos en LG, Canales, Cacayuc, y La Barra que “Daniel” hizo uso para satisfacer sus necesidades de alimentación, exploración y descanso. Este ámbito varió por año y por temporada, también su área efectiva de ocupación fue menor a los 25 km², que representa el área esencial más pequeña que Daniel usó para cubrir sus necesidades diarias.

Un aspecto notable que resaltar de “Daniel” es su franca tendencia a usar preferentemente la costa oeste del sistema hidrológico. En el caso de LG es clara la preferencia que Daniel ha tenido por usar el margen oeste de la laguna, donde se localiza el mayor número de muelles, casas, restaurantes, el balneario y el CARMA donde vivió en semi-cautiverio, es posible pensar que sea esta una de las explicaciones de su conducta. Otra posible explicación pudiera estar asociada a que en esta zona de la laguna se aprecian varios escurrimientos no superficiales de agua dulce y posiblemente la temperatura sea un atrayente para él; Estos escurrimientos no se observan en la costa este de LG.

En la zona de Cacayuc, “Daniel” también mantuvo esta preferencia por usar el lado oeste en ambos brazos. Aquí los escurrimientos de agua, que pudieran ser los atrayentes no se observan, pero es posible que el escurrimiento de la zona de Canales sea suficiente para provocar la misma conducta, la cual puede estar asociada a mayor producción de vegetación sumergida de la cual “Daniel” se alimenta y que en la orilla opuesta esta cobertura de vegetación sea menor. Será necesario evaluar ambas orillas de Cacayuc para medir salinidad, cobertura vegetal y especies de plantas presentes. También se deberá evaluar la temperatura del agua, colocando sensores de temperatura en ambos márgenes de LG y Cacayuc para observar si existe diferencia entre el día y la noche.

Con respecto al cambio de distribución espacial de uso de zonas en el periodo de nortes, todo indica que Daniel prefirió permanecer constantemente en LG para estar en una temperatura de agua más confortable; en este periodo fue capaz de reducir su ámbito hogareño a un área de 7.0 km para los meses de invierno. El límite inferior de temperatura del agua que puede tolerar un manatí es de 20°C (Reynolds & Odell, 1991; (Reep & Bonde, 2006). En el caso de Florida, es bien conocido que los manatíes en el invierno se mueven hacia sitios con aguas termales con temperaturas superiores a los 20 °C y permanecen en estos refugios termales hasta que pasa el invierno (Reynolds & Odell, 1991). Esto es justo lo que “Daniel” aparentemente hizo, permaneció en LG en un área de confort termal durante el paso de los frentes fríos. Esta estrategia de uso del espacio geográfico

para mantenerse en un área de confort térmico ahora queda documentada para el manatí antillano. Es recomendable colocar varios sensores de temperatura en LG y Cacayuc para que, de forma simultánea, se registren los cambios de temperatura del agua y la reacción de “Daniel” a estos cambios. En un futuro se colocará un sensor de temperatura de alta precisión en el cinturón de Daniel para registrar la temperatura del agua asociada a su posición, conducta y horarios.

En cuanto a su tendencia de buscar la relación directa con el humano, los datos de 2017 y 2018 mostraron una baja sistemática en usar el balneario de Raudales, que como se mencionó, es el sitio donde “Daniel” puede entrar en contacto directo con los bañistas. Es del conocimiento local que algunos bañistas le ofrecen comida a “Daniel” para mantenerlo más tiempo con ellos. También esta mala práctica es usada por los hoteleros y dueños de casas sobre las orillas de la laguna para atraer a “Daniel”. No se lleva registro puntual de estas acciones por lo que no hay información sobre la frecuencia de esta práctica. Tampoco existen suficientes letreros y guardaparques que orienten la conducta de los bañistas y turistas ante la presencia de “Daniel”. El incremento de sus visitas en mayo de 2019 coincidió con el periodo vacacional escolar en toda la república. Es posible que el número de visitantes y actividades humanas en la laguna se hayan incrementado, produciendo una reacción de acercamiento de Daniel.

Dado que se está fomentando el trabajo cercano entre los manejadores de la reserva y las comunidades de Raudales y Laguna Guerrero, lo cual es un gran acierto y necesario para lograr una conservación efectiva y de largo plazo (Marsh & Morales-Vela, 2011) es necesario ofrecer información biológica relevante y entender y orientar sus perspectivas de desarrollo con los objetivos de la reserva. En Quintana Roo hay una creciente presión en distintas áreas protegidas por hacer turismo de observación de manatíes, principalmente por las comunidades locales y Laguna Guerrero no es la excepción. En el caso de LG con aguas transparentes y protegidas del viento es relativamente fácil observar manatíes para un desarrollo de turismo rural en la laguna. Dado que se está impulsando el turismo comunitario en la RESMBCH, es necesario que los grupos comunitarios tengan información general sobre la importancia de la laguna para los manatíes, sobre la biología de la especie y del cómo deben de conducirse ante la presencia de la especie en vida libre y con Daniel.

Será necesario evaluar el promover prácticas de observación pasiva de la especie manatí, como sitios de observación a orillas de la laguna, uso de Kayaks y otras plataformas de acercamiento pasivo. Los sitios de descanso de Daniel bajo la sombra del manglar a orillas del poblado de LG pudieran ser usados como sitios de observación pasiva de Daniel. Un sitio ya existente es el CARMA, que en no pocas ocasiones la gente que lo visita tiene la oportunidad de ver a Daniel descansando y a otros manatíes de vida libre, incluso hembras con cría.

6. RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar con el monitoreo continuo de “Daniel” y colocar sensores de temperatura en las tres zonas principales de uso de “Daniel” en el sistema lagunar (LG, Canales y Cacayuc).
- Colocar un sensor de temperatura en el cinturón de marcaje de “Daniel” para asociar sus movimientos a los cambios en la temperatura del agua. Hacer un estudio del tipo de vegetación, cobertura y abundancia en las zonas frecuentadas por “Daniel”, comparándola con sitios poco usados.
- Llevar un monitoreo de los turistas que usan la laguna e informarles de la presencia de “Daniel”, de su importancia y del cómo deben conducirse para evitar conductas positivas con el humano.
- Implementar un intenso programa de difusión sobre la importancia de Laguna Guerrero para los manatíes, para la Reserva y para el Sistema Arrecifal Mesoamericano.
- Entrenar a los vigilantes comunitarios en información biológica de la especie, sobre la historia de “Daniel”, de la importancia de la Reserva y de cómo deben conducirse ante la presencia de Daniel.
- Evaluar la construcción de sitios de observación pasiva de “Daniel” en el poblado de LG.
- El CARMA ha sido un gran acierto para la difusión sobre la importancia de “Daniel” y de la Reserva, además de un canal directo de comunicación con los ejidatarios de Laguna Guerrero y Raudales. Es importante incrementar sus actividades y generar nuevos mecanismos de participación directa de grupos comunitarios interesados en la conservación de la reserva.

7. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal del IBANQROO el apoyo otorgado para la realización de este proyecto, en particular al Biólogo Víctor Hernández y Mateo Sabido por sus gestiones. Agradezco la participación de Heladio Juárez y de Ángela García por el cambio del transmisor satelital de Daniel. Agradezco a los directivos de Pronatura Península de Yucatán (PPY) por la administración del financiamiento otorgado, en particular a María Andrade, directora de PPY y a Rene Cámara, director de finanzas. Agradezco al Fondo para el Sistema Arrecifal Mesoamericano (Fondo SAM), al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y a la Cooperación Alemana - KfW por el financiamiento otorgado a este estudio.

8. REFERENCIAS

- Carrillo L. Palacios-Hernández E. Ramírez A.M Morales-Vela B. 2009. Características hidrológicas y batimétricas pp:12-20. En: El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe Eds: J. Espinoza-Avalos, G.A. Islebe, H.A. Hernández-Arana. ECOSUR.
- Brown J. & Orians G.H. 1970. Spacing patterns in mobile animals. Annual Review of Ecology and Systematics. Vol 1 (1970): 239-262.
- Marmontel M. Reid J. Sheppard J.K. Morales-Vela B. 2012. Tagging and Movement of Sirenians. En Sirenian Conservation, Issues and Strategies in Developing Countries Eds: E.M. Hines, J.E. Reynolds III, L.V. Aragonés, A.A. Mignucci-Giannoni, M. Marmontel. ISBN 978-0-8130-3761-5. pp 116-125.
- Marsh H. Morales-Vela B. 2012. Guidelines for developing protected areas for sirenians. En: Sirenian Conservation, Issues and Strategies in Developing Countries Eds: E.M. Hines, J.E. Reynolds III, L.V. Aragonés, A.A. Mignucci-Giannoni, M. Marmontel. ISBN 978-0-8130-3761-5. pp 228-234.
- Morales-Vela B. Olivera-Gómez L.D. Reynolds J.E. Rathbun G.E. 2000. Distribution and hábitat use by manatees (*Trichechus manatus manatus*) in Belize and Chetumal Bay, México. Biological Conservation 95:67-75.
- Morales-Vela B & Padilla-Saldivar J. 2009. Aspectos biológicos de los manatíes en el sur de Quintana Roo pp:115-123. En: El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe Eds: J. Espinoza-Avalos, G.A. Islebe, H.A. Hernández-Arana. ECOSUR
- Morales-Vela B. & Olivera-Gómez L.D. 1994. Distribución espacial y estimación espacial de los manatíes en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Revista de Investigaciones Científicas (UABCS, No. Esp. SOMEMMA) 2:27-34.
- Reep R.L. & Bonde R.K. 2006. The Florida Manatee, Biology and Conservation. University Press of Florida, Gainesville, Fl.189p.
- Reynolds J.E III. Odell D.K.1991. Manatees and Dugongs. Facts On File Inc. N.Y., USA. 192p.

9. ANEXOS

Anexo 1. Taller de capacitación

Capacitación para el manejo de equipos de telemetría tipo VHF y satelitales utilizados en el marcaje y seguimiento de manatíes a nivel mundial y manejo básico del Sistema ARGOS

Fechas 27 y 28 de agosto de 2019, en las instalaciones del CARMA en Laguna Guerrero

Responsable del Taller: Dr. Benjamín Morales Vela, manejo de equipos.

Asistente del taller: M. en C. Blanca Prado Cuellar, bases de datos.

Participantes: 9 personas

Objetivo:

Se pretende proporcionar los conocimientos fundamentales del uso de equipos de marcaje tipo VHF y satelitales utilizados en el marcado y monitoreo de manatíes de vida libre. De sus aplicaciones en campo y formas de obtención de información de ubicaciones y grado de incertidumbre asociada a cada forma de dato. Se proporcionará el conocimiento básico para usar el sistema ARGOS de información satelital.

Tema 1. Bases teóricas de marcado y uso de radio telemetría en fauna silvestre (1 hora).

Tema 2. Equipos de marcaje y monitoreo en sirenios VHF y Satelitales (3 horas).

2.1 Ventajas y desventajas de cada sistema y toma de decisión para su uso

2.3 Experiencias obtenidas en el uso de estos equipos en la Bahía de Chetumal

Tema 3. Uso del sistema ARGOS para obtención de posiciones remotas satelitales (2 horas)

3.1 Limpieza de los datos obtenidos y traslado a otras bases de datos.

Práctica de campo, día 28.

Búsqueda y localización de un transmisor tipo VHF en campo.

Taller de capacitación realizado el 27 de agosto para el uso y manejo del sistema Argos, acceso y depuración de la base de datos y teoría del seguimiento en campo de radios de señal VHF con el equipo de telemetría adquirido. En este taller participaron seis personas de la Reserva Estatal Santuario del Manatí Bahía de Chetumal y tres personas de Belice de Sarteneja Alliance for Conservation and Development (SACD).



Primera fase sobre uso de equipos de marcado de manatíes, ventajas y desventajas de sistemas VHF y GPS. Funcionamiento general de los transmisores satelitales y de cómo opera el Servicio ARGOS.



Segunda fase sobre la obtención de las bases de datos del Servicio Argos, depuración de la información y resguardo en distintos formatos para análisis posteriores.

Práctica de campo realizada el día 28 de agosto.

Uso del equipo de recepción de señal tipo VHF para la búsqueda y localización de un transmisor VHF en el poblado de Laguna Guerrero.

Los participantes aprendieron a usar dos tipos de receptores para señal VHF, antena direccional y obtención de rumbos y distancias de origen de la señal. Mediante triangulación y obtención de rumbos pudieron recuperar la marca. El ejercicio duró 70 minutos con tres grupos de búsqueda.



Formato preparado para la práctica. La idea es que los participantes procedieran al llenado formal de la hoja de registros.

Aquí se aprecia la hora de inicio del monitoreo y ubicación. La señal del transmisor no fue escuchada por lo que pasaron a un segundo sitio de búsqueda de la señal colocando de nuevo su posición. Hasta el tercer momento escucharon la señal y marcaron un primer rumbo de seguimiento y acercamiento. La disminución de la ganancia (volumen) de la señal es indicativo de acercamiento al transmisor.

28 de agosto de 2019

Práctica de localización de un transmisor VHF Participantes Deyie Muñoz

Laguna Guerrero Victor

Equipo # 2 Veronica

Hora	Ubicación	Rumbo de la señal	Angulo a	Angulo b	Ganancia
10.58	E 18° 68.993 N 88° 26.349				11
11.06	E 18° 68.847 N 88° 26.521				
11.10	E 18° 67.780 N 88° 26.777	NW 314			
11.15	E 18° 68.861 N 88° 26.676	NW 55°			
11.18	E 18° 68.922 N 88° 26.580	SW 225°	NW 376	SE 139	11
11.20	E 18° 68.928 N 88° 26.599	W 270°			
11.42	E 18° 68.947 N 88° 26.749	SW 236°	W 288°	S 191°	8
11.45	E 18° 68.863 N 88° 26.829	N 330°			
12.08	E 18° 68.857 N 88° 27.864	SW 5°	W 268°	S 192°	7
12.07	E 18° 68.527 N 88° 27.860				7

Anexo II. Base de Datos Daniel 2017-2019 en Excel con 22,918 posiciones con 10 columnas (ejemplo de la base, la cual se envía en Excel por separado)

Hora de adquisición	Año	Mes	Día	Hora universal	Hora local	GPS UTM Norte	GPS UTM Este	Latitud	Longitud
2017.03.24 18:01:23	2017	3	24	18:01:23	13:01:23	2066945	366799	18.68952148	-88.26316269
2017.03.24 18:30:58	2017	3	24	18:30:58	13:30:58	2066953	366795	18.68959351	-88.26320115
2017.03.24 19:00:34	2017	3	24	19:00:34	14:00:34	2066948	366790	18.68954802	-88.26324822
2017.03.24 19:30:35	2017	3	24	19:30:35	14:30:35	2066937	366788	18.68944849	-88.26326645
2017.03.24 20:00:35	2017	3	24	20:00:35	15:00:35	2066935	366801	18.68943125	-88.26314306
2017.03.24 20:30:17	2017	3	24	20:30:17	15:30:17	2066982	366813	18.6898567	-88.26303243
2017.03.24 21:00:18	2017	3	24	21:00:18	16:00:18	2066936	366780	18.68943895	-88.26334223
2017.03.24 21:30:30	2017	3	24	21:30:30	16:30:30	2066946	366793	18.68953014	-88.26321964
2017.03.24 22:07:05	2017	3	24	22:07:05	17:07:05	2067099	367001	18.69092589	-88.26125774
2017.03.24 22:30:08	2017	3	24	22:30:08	17:30:08	2067095	367003	18.69088987	-88.26123851
2017.03.24 23:00:05	2017	3	24	23:00:05	18:00:05	2067151	366995	18.69139537	-88.26131811
2017.03.24 23:30:10	2017	3	24	23:30:10	18:30:10	2066843	366678	18.6885921	-88.2643031
2017.03.25 00:00:45	2017	3	25	00:00:45	19:00:45	2066608	366377	18.68644942	-88.2671412
2017.03.25 00:30:05	2017	3	25	00:30:05	19:30:05	2066483	366244	18.68531143	-88.2683938
2017.03.25 01:00:10	2017	3	25	01:00:10	20:00:10	2066606	366362	18.68643039	-88.26728329
2017.03.25 01:30:10	2017	3	25	01:30:10	20:30:10	2066537	366367	18.68580724	-88.26723124
2017.03.25 02:00:46	2017	3	25	02:00:46	21:00:46	2066442	366307	18.684945	-88.26779373
2017.03.25 02:30:35	2017	3	25	02:30:35	21:30:35	2066363	366293	18.68423028	-88.26792116
2017.03.25 03:00:12	2017	3	25	03:00:12	22:00:12	2066367	366292	18.68426636	-88.26793091