ACUERDO SOBRE EL PROGRAMA INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS DELFINES

54A REUNIÓN DE LAS PARTES

La Jolla, California (EE. UU.)
Del 26 al 28 de octubre de 2026

DOCUMENTO AIDCP-54 INF-A

ACTUALIZACIÓN SOBRE LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE DELFINES, EN CURSO EN LA CIAT/APICD: EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE LA SEPARACIÓN MADRE-CRÍA DE DELFINES Y MARCADO Y RECAPTURA DE PARIENTES CERCANOS (CKMR, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) PARA EVALUAR LA ABUNDANCIA DE LA POBLACIÓN.

El objetivo de este informe es proporcionar información actualizada sobre el estado de los dos proyectos de investigación de la CIAT/APICD sobre delfines del PTO: 1) separación madre-cría y 2) marcado y recaptura de parientes cercanos (CKMR) para evaluar la abundancia de la población.

Evaluación del estudio sobre la separación madre-cría de delfines

Este proyecto utiliza vehículos aéreos no tripulados (VANT) para determinar si las parejas de madre-cría de delfines se separan durante las fases de persecución, cerco y retirada de los lances con redes cerco para atún en el Pacífico Tropical Oriental (PTO) y, de ser así, la frecuencia con la que se produce la separación y su posible efecto en el crecimiento de la población de delfines. El estudio se inició en mayo de 2022 con el apoyo financiero de la Alianza del Pacífico por el Atún Sustentable (PAST, por sus siglas en inglés); ese financiamiento se complementó con apoyo adicional de Atún Sostenible en noviembre de 2024. La Universidad del Sudeste de Alaska (UAS, por sus siglas en inglés) y la Asociación de Investigación del Medio Marino (AIMM, por sus siglas en inglés) fueron contratadas para llevar a cabo la investigación en estrecha colaboración con el personal científico de la CIAT. Constó de un estudio piloto de dos fases seguido de un estudio principal de dos fases (Figura 1):

- Estudio piloto, Fase 1 (mayo-julio de 2023; PAST): Los protocolos para VANT se desarrollaron mediante la observación de delfines comunes en un lugar de estudio a largo plazo frente a la costa sur de Portugal.
- Estudio piloto, Fase 2 (agosto de 2023; PAST, MEX, Viaje 1): se probaron y perfeccionaron métodos relevantes para delfines manchados y tornillo del PTO a bordo de un atunero de cerco con pabellón mexicano (se muestrearon 10 lances; 12 horas de tiempo de vuelo del VANT).
- Estudio principal, Fase 1 (mayo-junio de 2024; PAST, MEX, Viaje 2): recopilación de datos a bordo de un atunero de cerco con pabellón mexicano (se muestrearon 36 lances; 58 horas de tiempo de vuelo del VANT).
- Estudio principal, Fase 2 (marzo-abril de 2025; Atún Sostenible, PAN, Viaje 3): recopilación de datos a bordo de un atunero de cerco con pabellón panameño para aumentar el tamaño de la muestra y mejorar el estimador de varianza para la separación madre-cría (24 lances muestreados; 32 horas de tiempo de vuelo del VANT).

Los detalles de los métodos y los resultados preliminares del estudio piloto y de la primera fase del estudio principal están disponibles en los documentos SAC-15 INF-O y SAB-09 INF-A.

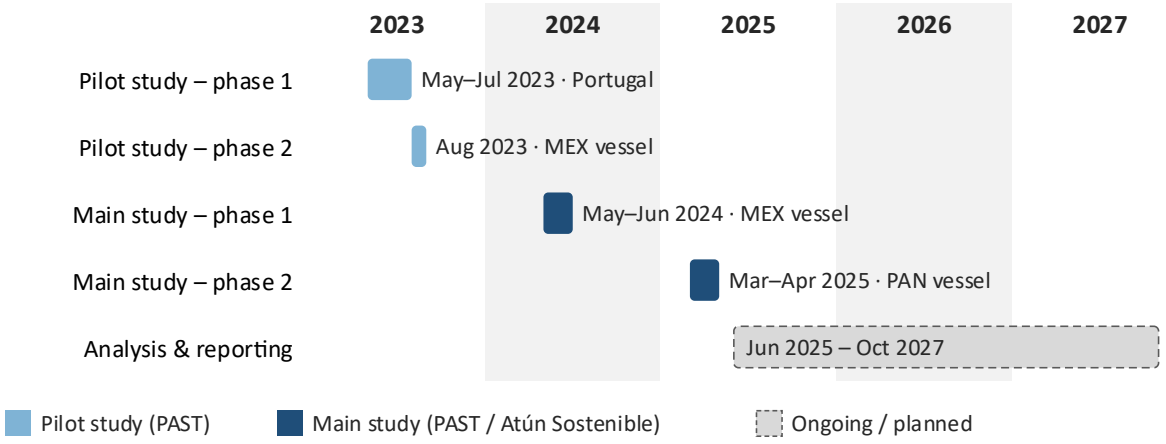


Figura 1. Cronograma del estudio sobre la separación madre-cría de delfines.

Próximos pasos. Se recopilará el análisis de los datos de todos los viajes y se prepararán los informes científicos finales, los manuscritos y las presentaciones para la 18ª Reunión del Comité Científico Asesor de la CIAT y para las reuniones de la APICD en 2027. Para el SAC-18 se prevén dos documentos: 1) una evaluación de si se produce la separación madre-cría de delfines en las operaciones de pesca de atún con redes de cerco en el PTO y, en caso afirmativo, a qué nivel, incluidos los coeficientes de separación y su incertidumbre; y 2) una evaluación del impacto potencial de los niveles estimados de separación, si los hubiera, en las tasas de crecimiento de la población.

CKMR evaluará la abundancia poblacional de delfines del PTO

El método de marcado y recaptura de parientes cercanos (CKMR) utiliza la asignación de parentesco basada en la genética para estimar parámetros poblacionales clave, como la abundancia absoluta de adultos y la mortalidad natural, que han sido difíciles de obtener para los delfines del PTO mediante otros métodos. Los estudios sobre marcado y recaptura de parientes cercanos (CKMR) son poco frecuentes en poblaciones de mamíferos, y esta ciencia de vanguardia en el campo de los delfines requiere el desarrollo de enfoques novedosos tanto de campo como de modelación. Un proyecto sobre CKMR a gran escala requiere una gran cantidad de muestras de tejido con ADN de alta calidad y sin contaminar, recolectadas de manera segura para los delfines y los investigadores, y que perturben mínimamente las operaciones pesqueras. Por lo tanto, el proyecto se desarrolla en tres fases principales con puntos de control, y cada fase solo avanza si la anterior se ha completado con éxito. A continuación, ofrecemos un resumen del progreso alcanzado hasta la fecha en la Fase 1 (finalizada) y el estado actual de la Fase 2. La propuesta original de la Fase 2 se describe en el documento AIDCP-52 INF-A y fue financiado por las Partes del APICD a través de la Resolución A-25-03, adoptada en octubre de 2025.

Fase 1 – Viabilidad del muestreo CKMR (completada)

La Fase 1, financiada por PAST a través de un Memorando de Entendimiento, establecido con la CIAT en octubre de 2024, evaluó si se podían obtener muestras de tejido adecuadas para el análisis de CKMR de delfines en la pesquería de cerco del PTO. Entre enero y marzo de 2025, el equipo UAS-AIMM preparó un manual del protocolo de muestreo y un vídeo de capacitación, ensambló kits de muestreo, se reunió con la industria y capacitó a los observadores; los kits se distribuyeron a los barcos cerqueros con pabellón

mexicano en abril de 2025. En el verano de 2025, los observadores recogieron muestras mediante hisopado utilizando esponjillas de nailon, trabajando con casos de mortalidad incidental en la cubierta de los buques Clase VI de PAST. El equipo UAS-AIMM también recolectó dientes y biopsias de los individuos a los que se les tomaron muestras mediante hisopado y revisó las grabaciones de drones existentes para estimar cuántos delfines vivos se podrían examinar mediante hisopado de piel por cada lance.

El equipo de la Universidad Nova Southeastern (NSU, por sus siglas en inglés) comparó la calidad, la cantidad y los niveles de contaminación del ADN de hisopados de piel y biopsias recolectadas de muertes incidentales y evaluó el potencial de envejecimiento epigenético (SAC-17 INF-S). En resumen, los hisopados arrojaron suficientes *cantidades* de ADN no contaminado y específico de la especie, apto para la genotipificación individual y la identificación de padres e hijos mediante métodos de PCR utilizando genotipificación microsatelital. La *calidad* del ADN obtenido mediante hisopado fue menor que la de las biopsias, por lo que no se sabe con certeza si es suficiente para los métodos basados en SNP necesarios para identificar a los medios hermanos; esto se probará como prioridad en la Fase 2.

Fase 2 – Preparación del terreno para CKMR a gran escala (en curso)

El personal de la CIAT se mostró optimista ante los resultados de la Fase 1 y recomendó, con cautela, pasar a la Fase 2. La fase 2 tiene como objetivo desarrollar todos los métodos necesarios para ampliar el muestreo y la genotipificación de CKMR para casos detectados para delfines manchados (*Stenella attenuata*) y tornillo (*Stenella longirostris*). Estos métodos serán necesarios para la etapa final de la investigación (Fase 3), cuando se recogerán muestras en buques comerciales para estimar la abundancia total de la población. Se prevé que la fase 2 tenga una duración de entre 1,5 y 2 años. A continuación, se resume el progreso de cada equipo.

Equipo UAS-AIMM:

Muestras de hisopado *in vivo*

- Del 16 al 28 de agosto de 2026: Primer uso exitoso de métodos de hisopado en animales vivos en canales de retroceso a bordo de un buque mexicano con recolección de n=75 muestras, que comprenden principalmente delfines manchados adultos con un pequeño número de crías manchadas (>edad 1) y delfines tornillo.
- Febrero - agosto 2026: Para este trabajo, el equipo obtuvo la aprobación del (Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales - CICUA)) a través de la Universidad del Sudeste de Alaska (UAS), y trabajó con el Centro de Ciencias Pesqueras del Suroeste (SWFSC) para obtener los permisos de captura, partes e importación de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos (P.L. 92-522).

Biopsias de mortalidad

- Abril - agosto de 2026: El equipo de UAS también brindó apoyo en la toma de muestras de biopsias de los cadáveres por parte de observadores y tripulaciones, lo que incluyó la capacitación de los observadores, el suministro y el envío de kits de biopsia a las oficinas regionales de la CIAT.

Observadores y tripulaciones pesqueras:

- Abril de 2026 - marzo de 2027: Se están tomando biopsias de aproximadamente 100 ejemplares muertos de delfines manchados y delfines tornillo en todas las áreas de distribución de las poblaciones.
- Marzo - julio de 2026: Se han otorgado permisos de muestreo para que los observadores puedan tomar muestras de mortalidad de manera oportunista tanto en las aguas del norte como del sur del PTO, desde Mazatlán, México, por buques de MEX en el norte, y desde Manta, Ecuador, por buques de PAN en el sur.

Equipo NSU:

- Julio - diciembre de 2026: Actualmente estamos desarrollando una hoja de ruta para el estudio del envejecimiento epigenético utilizando biopsias y muestras dentales y de piel. Este trabajo requerirá la colaboración de expertos en epigenética de NSU o de otros lugares y se han iniciado conversaciones (por ejemplo: Clock Foundation).
- Noviembre - diciembre de 2026: Una vez enviadas, se utilizarán tanto las muestras de mortalidad de la Fase 1 como las muestras de hisopado de animales vivos recogidas en la Fase 2 para optimizar la extracción de ADN y los protocolos de laboratorio.
- Una vez finalizada la toma de muestras de biopsia (prevista para marzo de 2027 aproximadamente), el equipo de NSU desarrollará un panel genético de alto rendimiento que proporcionará información sobre el parentesco y la estructura de la población (entre marzo y octubre de 2027 aproximadamente), y a finales de 2027 el panel se aplicará a las muestras de piel recogidas durante las pruebas de campo y se perfeccionará según sea necesario; ambas tareas se subcontratarán a una empresa comercial de genotipificación. Los resultados se comunicarán al Comité Científico Asesor (CCA) de la CIAT y al APICD en 2028.
- Es posible que en la fase 2 se pruebe un nuevo método de envío sin etanol utilizando perlas de sílice, para facilitar el envío de muestras de hisopados de la fase 3 (la inflamabilidad del etanol dificulta el transporte).
- Se está explorando una posible colaboración con el Dr. García de la UANL/CIPA, México, para optimizar la extracción de ADN y facilitar el acceso a equipos de laboratorio relevantes dentro de México.

Personal y colaboradores de la CIAT:

- Enero - junio de 2026: El personal de la CIAT organizó sesiones informales de intercambio de ideas con expertos externos invitados para obtener las mejores estimaciones posibles sobre el ciclo de vida de los delfines manchados y tornillo, o especies análogas relevantes, a partir de todas las fuentes disponibles. El personal elaboró un informe resumido con información sobre la historia de vida de estos animales.
- Noviembre de 2025 - junio de 2026: La información recopilada durante las sesiones informales se utilizó para desarrollar un modelo conceptual de las poblaciones de delfines del PTO y la dinámica de las pesquerías.
- Marzo - actualidad: Se obtuvieron los permisos de muestreo necesarios: hisopado vivo y biopsias de mortalidad de SEMARNAT (México), biopsias de ARAP/MiAmbiente (Panamá), permisos de exportación CITES pertinentes (Ecuador, Panamá, México – en trámite), se obtuvieron permisos de captura de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de la NOAA (EE. UU.), captura, partes e importación en colaboración con SWFSC para hisopados vivos. En adelante, la CIAT solicitará sus propios permisos de captura, partes e importación de la MMPA.
- Julio – septiembre de 2026: El personal ha elaborado un modelo de población (que comienza con los delfines tornillo) en el Pacífico Tropical Oriental, el cual pretende servir como una plataforma unificada para abordar:
    1. Implicaciones teóricas de la separación madre-cría
    2. Viabilidad de CKMR:

    Este modelo operativo reemplaza un modelo anterior de equilibrio de estilo matriz de Leslie de 2026, con una estructura general que refleja la de Hoyle & Maunder (2004) y un ciclo de reproducción de Markov incluido. El nivel de complejidad se seleccionó para reflejar la dinámica reproductiva de los delfines y los posibles procesos de separación madre-cría. Este modelo también puede servir como modelo de estimación, o bien el modelo de estimación podría ser una simplificación.

- Este modelo actualizado representa un avance en la modelización poblacional de la CIAT para los delfines en el PTO, e incorpora investigaciones recientes del equipo UAS-AIMM.

Desafíos encontrados:

Panel genético y parejas de parientes - Idealmente, los métodos CKMR pretenden poder identificar tanto pares de padres e hijos (de primer orden) como de medios hermanos (de segundo orden). Las preguntas moleculares clave que quedan por responder son: 1. si es posible optimizar el protocolo de extracción de ADN para adaptarlo al procesamiento de muestras de alto rendimiento y 2. si la calidad del ADN de los hisopados es suficiente para los métodos de genotipificación que permitirían la identificación de parientes de segundo grado (pares de medios hermanos) que requieren métodos de secuenciación del genoma completo. Si el ADN de la muestra de piel no tiene la calidad suficiente para utilizar métodos de secuenciación del genoma completo, es posible que no se puedan identificar parejas de medios hermanos, pero aun así debería ser posible utilizar microsatélites para identificar parejas de padres e hijos. El CKMR utilizando microsatélites proporcionaría una forma válida de estimar la abundancia de *adultos*, siempre que sea posible muestrear suficientes adultos y juveniles, y siempre que sea posible mantener los resultados falsos positivos al nivel de muy raros. Sin embargo, el uso exclusivo de pares de padres e hijos reduce la capacidad del método para estimar la supervivencia y la tendencia, y la conversión del resultado en abundancia total depende más de información externa como la edad y el crecimiento, la madurez, la supervivencia y alguna medida de reclutamiento o número de juveniles. Sin estas estimaciones (algunas de las cuales no están disponibles de forma fiable en la actualidad), es posible informar de manera creíble sobre la abundancia de adultos, pero no sobre la abundancia total. Todo el trabajo mencionado anteriormente estaba incluido en el presupuesto original de US$810.000 aprobado en la Resolución. Existen incógnitas sobre la posibilidad de obtener muestras de un número suficiente de delfines tornillo de manera oportuna, los cuales necesitarán su propio panel genético. También existe la posibilidad de que la estructura genética en cualquiera de las poblaciones requiera un mayor desarrollo de paneles subgenéticos para regiones o subpoblaciones.

Envejecimiento epigenético – Queda por determinar si la cantidad de tejido disponible en las esponjillas de nailon puede utilizarse de forma fiable para determinar la edad de los delfines.

Cantidad, calidad y contaminación del ADN, hisopados vivos - Las muestras de hisopado *in vivo* obtenidas en esponjillas de nailon recogieron menos tejido que las muestras tomadas de cadáveres en la Fase piloto 1. Como resultado, y debido a que la Fase 3 requerirá que la tripulación tome muestras de delfines vivos, es necesario asegurar que se pueda obtener una cantidad y calidad suficientes de ADN no contaminado de las esponjillas de nailon *in vivo* del viaje de la Fase 2, que imite el muestreo de la Fase 3. No se previó la necesidad de analizar estas cuestiones con muestras de animales vivos, ya que se esperaba que las muestras de animales muertos muestreados rápidamente fueran similares a las de animales vivos.

Permisos y transporte de muestras – Dada la precaria situación de las poblaciones de delfines en las que se centra la investigación y la sensibilidad de estos animales, es necesario obtener un número considerable de permisos para tomar muestras y transportar tejido de delfines. El nivel de detalle exigido por las instituciones para justificar el trabajo, el escrutinio aplicado a las solicitudes y la complejidad del muestreo internacional distribuido en múltiples jurisdicciones, que requieren interacciones con diversos organismos nacionales con procesos regulatorios separados, han exigido una inversión significativa e imprevista de recursos en términos de coordinación y uso del tiempo por parte del personal de las oficinas regionales de la CIAT.

Coordinación – El proyecto de CKMR es logísticamente complejo desde el punto de vista normativo y de permisos, y requiere una comunicación regular para coordinar a investigadores de orígenes diversos que trabajan en diferentes idiomas y en distintas zonas geográficas. También requiere la armonización de las necesidades dispares de múltiples investigadores académicos, personal de la CIAT, oficinas regionales de la CIAT, observadores, líderes de la industria y tripulaciones. Esto supone un gran desafío para las necesidades de coordinación estimadas inicialmente.

Próximos pasos y solicitudes de la fase 2b

Panel genético (financiado, presupuesto de la fase 2 de 2025): La toma de muestras para biopsias de la mortalidad continuará hasta finales de 2026 y durante 2027. Se necesitarán más kits para aumentar el ritmo de recogida de muestras de biopsias en comparación con lo previsto y financiado en el presupuesto original de la Fase 2.

Envejecimiento epigenético (Solicitado, presupuesto de la fase 2b): Cuando se aprobó el presupuesto original de la Fase 2, el envejecimiento epigenético se incluyó en la Fase 3 (despliegue completo del muestreo en buques comerciales). Para incluir de forma más lógica el desarrollo de todos los métodos en la Fase 2, y debido a la débil relación entre longitud y edad en los cetáceos pequeños, vale la pena desarrollar el estudio de la edad epigenética para mejorar los datos de entrada del modelo y reducir el error de este, aumentando así la confianza en los resultados del CKMR.

Viaje de capacitación para el equipo de toma de muestras *in vivo* (Solicitado, presupuesto de la Fase 2b): Originalmente, se preveía que esta fase de trabajo se realizara al comienzo de la Fase 3. Con el fin de demostrar la viabilidad de todos los métodos antes de su implementación completa, esto se ha trasladado a la Fase 2b. El manejo de cetáceos vivos sintientes está cuidadosamente regulado en la investigación científica y es práctica común a nivel mundial que toda investigación que utilice animales vivos y sujetos humanos deba pasar por procesos de revisión ética. Prevemos realizar solicitudes por etapas al Comité de Revisión Ética de la UAS para obtener la aprobación del CICUA: una primera solicitud exitosa de Fase 2 para probar hisopados vivos fue realizada por científicos considerados expertos en interacciones/manejo de mamíferos marinos. Una segunda solicitud, de alcance limitado, se referirá ahora a la formación de un subconjunto de tripulantes de buques comerciales para realizar la toma de muestras mediante hisopado *in vivo*. Este escenario cumple múltiples funciones y:

- Prepara al CICUA para la solicitud mucho más sustancial relacionada con el muestreo de la tripulación en toda la flota en la Fase 3 y debe demostrar la capacidad de la tripulación para tomar muestras de forma segura desde la perspectiva del bienestar animal.
- Ofrece información sobre la formación en la Iniciativa de Capacitación Institucional Colaborativa (CITI, por sus siglas en inglés) (cuidado, uso y bienestar animal) que requiere UAS y cómo la tripulación la gestiona, así como sobre la disponibilidad relativa de materiales de CITI en español. El español es el idioma que cuenta con la cobertura más amplia sobre CITI, pero principalmente en investigación con sujetos humanos y buenas prácticas clínicas. Por lo tanto, es posible que sea necesario encargar a CITI la traducción de materiales para el trabajo con delfines.
- Proporciona retroalimentación real de la tripulación para que el equipo UAS-AIMM la incorpore en los procedimientos de entrenamiento finales para la Fase 3: esta perspectiva y enfoque serán de suma importancia para los demás miembros de la tripulación.
- Puede generar la opción de utilizar miembros de la tripulación para capacitar a los muestreadores de toda la flota para la Fase 3.

Coordinación del proyecto: Es necesario dedicar más tiempo de forma regular para gestionar las expectativas entre un gran número de partes, asegurar la alineación operativa, facilitar el cumplimiento

normativo en múltiples jurisdicciones/organismos y abordar los problemas emergentes. El presupuesto original de la Fase 2 asignaba 2,8 días al mes para la coordinación, mientras que el seguimiento del tiempo ha demostrado la necesidad de 7 días al mes. El tiempo real en promedio ha sido de ~4,5 días/mes (~6,5 días/mes desde junio de 2026), y la proyección de 7 días/mes incluye contingencias para periodos intensivos (por ejemplo, preparación del SAC, autorización ética y permisos para muestreo por parte de la tripulación, transporte de biopsias) y necesidades emergentes. La solicitud de coordinación de la Fase 2b (US$151,200; Tabla 1) cubre el faltante de 4,2 días/mes de US$1,500/día durante el contrato de 24 meses.

Presupuesto

El presupuesto estimado para la Fase 2 es de US$810.800 (Tabla 1). Se obtuvieron los fondos según lo estipulado en AIDCP-25-INF-A3, lo que proporcionó una base inicial de US$810.800 para la Fase 2 del trabajo. Se han gastado US$321.795,50 de esta cantidad original (40 %). Se prevé que todos los fondos disponibles no gastados se utilizarán según lo proyectado en la Tabla 1, dentro de la Fase 2. Se solicitan fondos adicionales de la Fase 2b (US$530.753,10) para elementos que anteriormente habrían estado incluidos en la Fase 3 (epigenética y capacitación inicial de la tripulación), así como recursos para las necesidades de coordinación, pruebas de ADN de tejido de hisopados *in vivo* y una mayor capacidad de toma de muestras para biopsias, para respaldar las necesidades de prueba de concepto y la entrega oportuna de la Fase 2 del proyecto sobre CKMR.

Tabla 1. Presupuesto y gastos de la Fase 2 (US$) (según se especifica en la Resolución A-25-03, modificada por AIDCP-52 INF-A3).

Partida presupuestaria	Presupuesto (US$)	Gastos (US$)	Exceso del presupuesto (US$)	Saldo disponible (US$)	Fase 2b solicitada
UAS-AIMM					
Salarios y beneficios (investigadores 1 UAS y 2 AIMM)	246,656	157,003.00	0.00	89,653.00	170,100.00
Viajes	38,565	0.00	0.00	38,565.00	41,200.00
Equipo y suministros	40,812	0.00	0.00	40,812.00	8,100.00
Contractual (seguros, producción de video, costos de publicación)	16,216	0.00	0.00	16,216.00	4,400.00
Gastos generales (20% UAS; 10% AIMM)	50,259	0.00	0.00	50,259.00	37,800.00
Subtotal UAS-AIMM	**392,508**	**157,003.00**	**0.00**	**235,505.00**	**261,600.00**
NSU					
Personal (1 investigador)	119,000	105,200.00	0.00	13,800.00	43,000.00
Trabajo de laboratorio y optimización del protocolo	10,000	0.00	0.00	10,000.00	33,000.00
Desarrollo del panel de parientes cercanos y pruebas (compañía de genotipificación)	108,000	0.00	0.00	108,000.00	
Gastos generales de la universidad (20%)	26,000	0.00	0.00	26,000.00	8,600.00
Subtotal NSU	**263,000**	**105,200.00**	**0.00**	**157,800.00**	**84,600.00**

Partida presupuestaria	Presupuesto (US$)	Gastos (US$)	Exceso del presupuesto (US$)	Saldo disponible (US$)	Fase 2b solicitada
Secretaría de la CIAT					
Gerente del proyecto (contrato de 2 años)	100,000	52,921.88	0.00	47,078.12	151,200.00
Viajes del gerente del proyecto (M&E, contrato de 2 años)	8,000	0.00	0.00	8,000.00	
Bonos para el observador (US$200/viaje, 200 viajes)	40,000	0.00	0.00	40,000.00	
Envío de muestras (Fase 2 original)	7,292	6,670.62	0.00	621.38	
Envío de muestras adicionales (hisopados *in vivo* de la Fase II, biopsias de la Fase II México, biopsias de la Fase II Ecuador, hisopados de la tribulación Fase IIb, muestras epigenéticas (si se envían separadas de las biopsias)					33,353.10
Subtotal de la Secretaría de CIAT	**155,292**	**59,592.50**	**0.00**	**95,699.50**	**184,553.10**
Gran total	**810,800**	**321,795.50**	**0.00**	**488,999.50**	**530,753.10**