

**“APOYO SIG Y DE MODELACIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN  
SOSTENIBLE DEL BOSQUE, SUELO Y AGUA PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO”**

**REPORTE SOBRE COMPONENTE DE APOYO AL SISTEMA DE MONITOREO FORESTAL DEL INSTITUTO DE  
CONSERVACIÓN FORESTAL**

**ALEXANDER J. HERNÁNDEZ**

**TELEDETECCIÓN Y SIMULACIÓN ECOLÓGICA**

“APOYO SIG Y DE MODELACIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL BOSQUE, SUELO Y AGUA PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO”

**Actividad 4.**

**Identificación de necesidades para el fortalecimiento del sistema de monitoreo forestal del ICF:**  
**Priorización y justificación de rubros de acción y estimación de costos asociados**

**Antecedente**

En conjunto con el personal del ICF que está directamente relacionados a la operación del Sistema de Monitoreo Forestal SMF; se analizaron las necesidades para fortalecer dicho sistema en lo referente a percepción remota. La lista de los asistentes a estas reuniones puede verse en el anexo 1. Esta actividad se desarrolló en tres (3) sesiones de trabajo durante la primera semana de la misión de Proyecto (Agosto 29 – Septiembre 02, 2016). Una serie de puntos introductorios fueron tratados con el personal asistente en lo relacionado a:

- Necesidades del equipo actual en temas de sensoramiento remoto (ej. Entrenamiento, captura de datos, procesamiento, algoritmos, etc.), reporte de resultados y resultados
- Percepción en cuanto al compromiso de estimar y reportar el error y sesgo de los mapas que se producen en ICF, y aquellos que se reciben como producto ya sea de agencias de desarrollo, ONGs, o de estudios de consultoría
- Documentación de los procesos y flujos de trabajo de tal forma que las metodologías desarrolladas e implementadas puedan ser transportables a otros casos y sean replicables por otros usuarios
- Estrategias intra e inter institucionales que se pueden seguir para lograr los objetivos del sistema de monitoreo forestal

Las necesidades se identificaron de tal forma que actúen en sinergia para el monitoreo transparente del impacto del proyecto BID en su implementación como incentivos para la restauración de las áreas afectadas por el gorgojo barrenador del pino. En este proceso se identificaron varios rubros conceptuales que coadyuvarán directamente al fortalecimiento de dicho centro. También, alineados con estos rubros, se estimaron montos aproximados que pueden cubrir los costos asociados para su exitosa ejecución. Se describe una ruta preliminar para consolidar un proceso de documentación sensata de la información generada de tal forma que oriente la toma de decisiones. Ejemplos de colaboración doméstica y foránea que son realizables en el corto y mediano plazo para consolidar estos procesos son provistos aquí también.

**Estado actual del procesamiento en teledetección en el ICF: Breve descripción**

El Centro de Información y Patrimonio Forestal CIPF del ICF dispone de un personal especializado en ciencia geoespacial y teledetección que está involucrado en varias actividades de generación de datos, análisis de monitoreo, y reporte a instancias nacionales e internacionales. El factor directriz de las actividades proviene principalmente de una agenda concertada entre el ICF y agencias de cooperación internacional. Dos líneas principales de investigación aplicada que usan datos primarios de teledetección se están realizando en el CIPF en la actualidad: (a) indicadores de deforestación y degradación de masas boscosas con soporte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, e (b) identificación de las zonas afectadas por los brotes del gorgojo barrenador con apoyo directo de la cooperación Alemana GIZ.

El personal técnico involucrado en ambos proyectos se desempeña en la modalidad de consultoría profesional. Esto crea una situación en la que este personal afiliado al CIPF tiene capacidades de

procesamiento y análisis muy competentes, pero no existe una figura contractual que asegure su permanencia en la institución. Por lo tanto, suponer que dichos especialistas no seguirán aportando al CIPF después que los proyectos finalicen es una posibilidad que no dista de la realidad. Excelentes capacidades en materia de análisis se encontraron tanto utilizando software propietario (ej. ArcGIS, Erdas), como de fuente abierta (ej. R<sup>1</sup>, GDAL<sup>2</sup>). Asimismo, se ha creado una política interna de utilización de herramientas y archivos de geoprocesamiento de la nube como Google Earth Engine<sup>3</sup>. Esto es excepcional ya que indica que el personal utiliza tecnología y datos de vanguardia que implican una reducción significativa de los recursos que se destinan para adquisición de arquitectura computacional y de software propietario. Sin embargo, se carece de un proceso formal que garantice que la rotación de personal – que ocurrirá eventualmente por razones de crecimiento profesional de los especialistas actuales o por razones de índole política – no incidirá e impactará negativamente las capacidades de monitoreo basadas en teledetección. Un proceso de estas características debería de incluir recursos didácticos que estén diseñados para formar capacidades técnicas a medida se produzcan rotaciones, y que estén disponibles virtualmente para que puedan ser utilizados en cualquier momento que se requiera.

### **Rubros identificados como necesidades prioritarias del SMF-ICF**

Las líneas de acción identificadas para apoyar el SMF son diversas. En el contexto de estas sesiones de trabajo, se buscó priorizar aquellas que directamente se relacionan con ciencia geoespacial y teledetección para la pronta y transparente evaluación de los recursos en el tiempo y en el espacio. Se procuró identificar un balance entre la percepción general de monitoreo del ICF, y la necesidad de generar indicadores de impacto del proyecto BID. Se brinda a continuación la referencia de necesidades detectadas durante las sesiones de trabajo, y las priorizadas para su implementación dadas las limitaciones presupuestarias – fondos que se pueden destinar del proyecto en su componente II.

Los rubros identificados se pueden resumir en:

#### **1. Fortalecimiento de capacidades técnicas:**

Esta línea consiste en la realización de capacitaciones en servicio mediante la contratación puntual de expertos nacionales o internacionales. Asimismo, incluye la realización de pasantías profesionales en universidades locales o en el extranjero. El desarrollo de materiales de referencia que estén disponibles en la web, y membresías para acceder literatura científica que brinde acceso a el estado del arte en temas de percepción remota. También incluye la contratación de personal técnico en las regionales del ICF que apoyen los procesos de monitoreo. Esta actividad se ve vinculada a un proceso formal de preparación de materiales de consulta que sirven objetivamente en la formación de capacidades del personal existente, y que cubra las necesidades de capacitación en los casos que suceda rotación del personal.

#### **Líneas priorizadas**

Tres (3) líneas fueron priorizadas de las inicialmente identificadas:

- Capacitación en servicio por medio de consultorías con expertos
- Pasantías profesionales
- Apoyos para procesos de monitoreo a nivel operativo

---

<sup>1</sup> <https://www.r-project.org/>

<sup>2</sup> <http://www.gdal.org/>

<sup>3</sup> <https://earthengine.google.com/>

Estas líneas del Rubro # 1 se consideran imprescindibles en el proceso de apoyo al SMF. La capacitación en servicio está orientada a la identificación de estudios de caso de interés significativo en ICF. Ejemplo de estos paquetes de capacitación se vinculan a temas como deforestación, rastreo de perturbaciones como aprovechamientos, incendios y brotes de plagas. Asimismo, se prevé incluir la detección de recuperación de zonas previamente perturbadas, tal es el caso de desarrollo de bosques secundarios y plantaciones. La estrategia consiste en puntualizar uno de estos temas, seleccionar al especialista que desarrollará el entrenamiento en función de generar un producto al final del contrato. Los técnicos de ICF realizarán este entrenamiento bajo la modalidad en servicio. El especialista contratado generará asimismo un documento comprensivo del tema desarrollado en donde se integran los protocolos metodológicos utilizados, precisión y estimación del error. De esta forma se irán desarrollando una serie de estudios de caso con sus objetivos, metodología, resultados y productos que tienen triple propósito: (a) llenan un vacío de información detectado, (b) forman capacidades en el personal existente, y (c) generan documentos de consulta a ser utilizados por personal nuevo cada vez que existan rotaciones. El monto presupuestado incluye un estudio de estas características por año del proyecto a razón de \$20,000.00

El tema de pasantías profesionales implica un contacto inicial con una universidad o centro de investigación aplicada. Un ejemplo citado durante las reuniones de trabajo consiste en el convenio que existe entre Zamorano y Utah State University, en el cual estudiantes de último año realizan una práctica profesional por un espacio de tres (3) meses en Logan, Utah, USA. El pasante junto con el representante de la universidad o centro de investigación identifican terreno común: un tema de investigación y un producto geoespacial. Este se desarrolla durante el tiempo de pasantía y al final se genera un reporte de progreso y un reporte final que incluye un paquete ilustrativo de los temas revisados, referencias y otros que puedan ser usados por otros técnicos para su superación profesional dentro de ICF. El monto incluido se estima puede cubrir tres (3) participantes por tres (3) meses en Utah State University (pasaje internacional, alojamiento, y alimentación.

El apoyo para los procesos de monitoreo consiste en la preparación de técnicos de las regionales forestales del ICF cuya actividad primordial radica en capturar información de campo, realizar control de calidad y transferirla a la unidad central del CIPF haciendo hincapié en la documentación soporte del dato primario – metadata. El monto encontrado en el cuadro de presupuesto supone la contratación de un técnico en cada una de las regionales forestales para este fin.

Este proceso de soporte al sistema de monitoreo forestal incluye un componente considerable de adquisición de imágenes (ver rubro # 3 mas adelante). No es razonable pretender que se incluya un rubro de esta naturaleza (imágenes de alta precisión) – mismas que presentan una oportunidad sin precedente para el desarrollo de productos de monitoreo -, y que el personal técnico del SMF-ICF no tenga el bagaje requerido para su procesamiento, análisis, extracción de información, y reporte transparente ante las instancias nacionales e internacionales.

Al incluir estos ítems, se garantiza en parte que: (a) estas capacidades tecnológicas existan a lo interno de la institución, (b) se produzcan materiales digitales (ej. Manuales y videos) de los cursos de inducción, estudios de caso, y reportes de las pasantías profesionales; y (c) dichos materiales de instrucción permanezcan en un repositorio digital que facilite su acceso para entrenar nuevo personal a medida se produzcan rotaciones profesionales en el SMF-ICF. Este rubro elimina la posibilidad que la institución adquiera datos primarios que no podrá procesar, y analizar. También crea un espacio de oportunidades documentales que pueden ser usadas no solo para el monitoreo de los impactos del proyecto BID, sino para un uso general del personal del ICF, y de cualquier nueva contratación que se realice, de tal forma que el flujo de trabajo no se detenga por vacíos de información.

## **2. Fortalecimiento en hardware y software:**

Este ítem pretende la adquisición de equipo informático para procesamiento geoespacial, una cámara aérea con capacidad de percepción en el rango visible e infrarrojo cercano, licenciamiento de software para edición de documentos, creación de hojas electrónicas y manejo de bases de datos, y la preparación de módulos de monitoreo que puedan ser incorporados a la plataforma web existente.

Una inversión inicial de \$50,000.00 al inicio del período de cinco (5) años se ha estimado puede cubrirse con los fondos del proyecto. El principal destino de esta partida lo constituye la modernización de equipo de cómputo para la sede central y regionales estratégicas del CIPF. Esta inversión debería enfocarse en crear condiciones de captura de dato primario y su transmisión electrónica a la central desde el sitio de campo preferiblemente.

Se ha contemplado asimismo una partida total de \$21,000.00 (\$4,200.00 por año) para fortalecer el proceso de comunicación a través de la plataforma digital actual. A medida que se generen nuevos indicadores de monitoreo, productos digitales de los procesos de mapeo de deforestación y degradación, y la documentación digital generada en el rubro #1, requerimientos de modificar el código de la plataforma existente surgirán.

### **3. Adquisición de datos primarios de teledetección:**

Se incluye exclusivamente en este ítem la adquisición de una licencia de captura de imágenes de alta resolución espacial y temporal - 3.25 metros y diaria respectivamente, con cobertura para todo el territorio nacional de Honduras, y con una resolución radiométrica que incluye las bandas del visible VIS e infrarrojo cercano NIR. Esta partida responde a una necesidad imperante de acceder datos que estén libres de nubes o al menos con un porcentaje de cobertura nubosa menor a un umbral definido para distintas aplicaciones. Este tipo de imágenes cuenta con una densidad temporal lo suficientemente amplia que permitirá elaborar mosaicos a partir de los píxeles capturados en días libres de nubes. Ha sido documentado a lo interno del CIPF el impase en cuanto a la presentación de reportes debido a los problemas que significan la gran concentración de nubes en datos del sensor Landsat por ejemplo.

Esta línea de presupuesto representa un 37.9% del total asignado para apoyar el proceso de consolidación del sistema de monitoreo forestal en ICF. A pesar de ser el ítem más oneroso proporcionalmente, representa un factor sin precedente para avanzar la investigación forestal desde una perspectiva de sensoramiento remoto. A continuación, se proveen una lista – no comprensiva – de las potenciales aplicaciones para las cuales se puede usar esta licencia de imágenes:

- Se garantiza una cobertura de la totalidad de los ecosistemas forestales del país. Durante el período que se dispondrá de la licencia, un monitoreo constante – al menos de píxeles libres de nube cada semana – será posible para identificar pérdida inmediata o gradual del dosel forestal tanto en bosque de conífera, latifoliado y mixto.
- Un rastreo consistente de los eventos de perturbación, estabilidad o recuperación en las zonas que han sido definidas como prioritarias para implementación del proyecto de restauración será posible. Dada la amplia capacidad de discernimiento de características espaciales por forma, tamaño, color, adyacencia, textura, etc. El desarrollo de protocolos de monitoreo en base a segmentación (Benz et al., 2004; Blaschke, 2010; Heurich et al., 2010), puede usarse para evaluar el éxito (% de sobrevivencia) de plantaciones forestales, de repiques de plántulas, o de regeneración por semilleros circundantes.
- La alta densidad temporal permitirá la observación de series de tiempo de índices de vegetación lo cual puede ser relacionado con un variable proxi de productividad (Gebremichael and Barros, 2006; Zhao et al., 2005). Esta aplicación puede avanzar el conocimiento en materia de índices de sitio para los cuales ya se cuenta con suficiente conocimiento empírico en Honduras.
- Se espera que una plataforma de datos de este tipo permita la identificación de las distintas fases de desarrollo (Billings et al., 2004; Reeve et al., 1995) de los brotes de

gorgojo en bosque de conífera. Un protocolo que integre esta riqueza espectral y espaciotemporal (Coops et al., 2006; Heurich et al., 2010; White et al., 2005) en conjunto con el vasto conocimiento de campo obtenido a partir del control de los recientes brotes de gorgojo permitirá la propia calibración de modelos de detección de las distintas fases de ataque.

- Las oportunidades de sincronización con las plataformas de percepción remota de moderada (ej. MODIS), y fina (ej. Landsat OLI) resolución espacial son sin precedente histórico. Esta actividad permitirá el escalamiento de otras aplicaciones que ya se realizan con estos sensores (ej. detección y rastreo de incendios forestales (Giglio et al., 2006; Justice et al., 2002; Kaufman et al., 1998) , variaciones de la productividad primaria (Clark et al., 2001; Gebremichael and Barros, 2006; Turner et al., 2006), cambios en el uso y cobertura de la tierra (Friedl et al., 2002; Lunetta et al., 2006), etc.) para su recalibración utilizando las imágenes a adquirir.

### **Estatus**

Los productos siendo considerados son adquiridos y procesados por Planet Inc<sup>4</sup>. Se solicitó una cotización de los costos asociados a la captura de imágenes que pueden ser usadas para un monitoreo eficiente de la dinámica de cambios en los bosques de Honduras. El costo anual para una licencia que puede ser usada en una única institución del gobierno de Honduras, y que incluye además cualquier imágenes RapidEye capturada durante el período de licenciamiento es de \$67,500.00.

### **Presupuesto propuesto**

Se incluye el cuadro # 1 que es contentivo de los rubros y líneas priorizadas en función de las necesidades detectadas, de los fondos disponibles, y de la expectativa de lograr la mejor relación beneficio/inversión en el sistema de monitoreo forestal.

### **Referencias**

- Benz, U.C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., Heynen, M., 2004. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 58, 239–258. doi:10.1016/j.isprsjprs.2003.10.002
- Billings, R.F., Clarke, S.R., Mendoza, V.E., Cabrera, P.G., Figueroa, B.M., Campos, J.R., Baeza, G., 2004. Bark beetle outbreaks and fire: a devastating combination for Central America's pine forests.
- Blaschke, T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 65, 2–16. doi:10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004
- Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., Thomlinson, J.R., Ni, J., Holland, E.A., 2001. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. *Ecol. Appl.* 11, 371–384.
- Coops, N.C., Johnson, M., Wulder, M.A., White, J.C., 2006. Assessment of QuickBird high spatial resolution imagery to detect red attack damage due to mountain pine beetle infestation. *Remote Sens. Environ.* 103, 67–80. doi:10.1016/j.rse.2006.03.012
- Friedl, M.A., McIver, D.K., Hodges, J.C., Zhang, X.Y., Muchoney, D., Strahler, A.H., Woodcock, C.E., Gopal, S., Schneider, A., Cooper, A., 2002. Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results. *Remote Sens. Environ.* 83, 287–302.
- Gebremichael, M., Barros, A., 2006. Evaluation of MODIS Gross Primary Productivity (GPP) in tropical monsoon regions. *Remote Sens. Environ.* 100, 150–166. doi:10.1016/j.rse.2005.10.009

---

<sup>4</sup> <https://www.planet.com/>


- Giglio, L., Van der Werf, G.R., Randerson, J.T., Collatz, G.J., Kasibhatla, P., 2006. Global estimation of burned area using MODIS active fire observations. *Atmospheric Chem. Phys.* 6, 957–974.
- Heurich, M., Ochs, T., Andresen, T., Schneider, T., 2010. Object-orientated image analysis for the semi-automatic detection of dead trees following a spruce bark beetle (*Ips typographus*) outbreak. *Eur. J. For. Res.* 129, 313–324.
- Justice, C.O., Giglio, L., Korontzi, S., Owens, J., Morisette, J.T., Roy, D., Descloitres, J., Alleaume, S., Petitcolin, F., Kaufman, Y., 2002. The MODIS fire products. *Remote Sens. Environ.* 83, 244–262.
- Kaufman, Y.J., Justice, C.O., Flynn, L.P., Kendall, J.D., Prins, E.M., Giglio, L., Ward, D.E., Menzel, W.P., Setzer, A.W., 1998. Potential global fire monitoring from EOS-MODIS. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 103, 32215–32238.
- Lunetta, R.S., Knight, J.F., Ediriwickrema, J., Lyon, J.G., Worthy, L.D., 2006. Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. *Remote Sens. Environ.* 105, 142–154.
- Reeve, J.D., Ayres, M.P., Lorio Jr, P.L., 1995. Host suitability, predation, and bark beetle population dynamics. *Popul. Dyn. New Approaches Synth.* 339–357.
- Turner, D.P., Ritts, W.D., Zhao, M., Kurc, S.A., Dunn, A.L., Wofsy, S.C., Small, E.E., Running, S.W., 2006. Assessing interannual variation in MODIS-based estimates of gross primary production. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 44, 1899–1907.
- White, J., Wulder, M., Brooks, D., Reich, R., Wheate, R., 2005. Detection of red attack stage mountain pine beetle infestation with high spatial resolution satellite imagery. *Remote Sens. Environ.* 96, 340–351. doi:10.1016/j.rse.2005.03.007
- Zhao, M., Heinsch, F.A., Nemani, R.R., Running, S.W., 2005. Improvements of the MODIS terrestrial gross and net primary production global data set. *Remote Sens. Environ.* 95, 164–176. doi:10.1016/j.rse.2004.12.011

Cuadro 1. Presupuesto de los rubros y líneas priorizadas

<b>Rubros</b>	<b>Año1</b>	<b>Año2</b>	<b>Año3</b>	<b>Año4</b>	<b>Año5</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Fortalecimiento Capacidades Técnicas</b>						
- Capacitación en servicio con asesoría de expertos	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	<b>100,000</b>
- Pasantías	12,500	12,500	12,500	12,500	12,500	<b>62,500</b>
- Apoyos para proceso de monitoreo a nivel operativo	63,700	63,700	63,700	63,700	63,700	<b>318,500</b>
<b>Fortalecimiento Hardware/software</b>						
- Equipo informático	50,000					<b>50,000</b>
- Incorporaciones de nuevos módulos de monitoreo a plataforma informática actual	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	<b>21,000</b>
<b>Adquisición de datos primarios</b>						
- Licencia de imágenes alta resolución	67,500	67,500	67,500	67,500	67,500	<b>337,500</b>
					Total	<b>889,500</b>



Anexo 1. Asistentes al proceso de identificación de necesidades y estimación de rubros presupuestarios

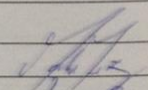
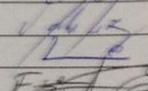
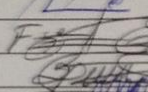
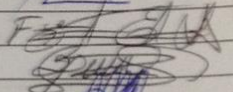
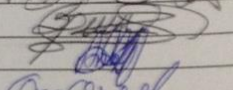
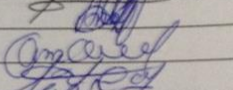
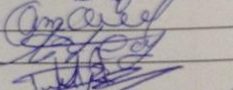
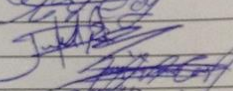
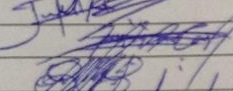
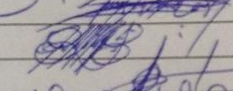
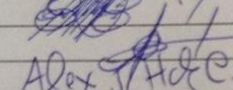
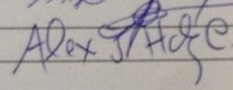


GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS

\*\*\*\*\*  
INSTITUTO NACIONAL DE CONSERVACION Y DESARROLLO FORESTAL  
AREAS PROTEGIDAS Y VIDA SILVESTRE

TALLER: \_\_\_\_\_

Lugar: Salón CIPF, ICF Fecha: 31/VIII/16

Nº	NOMBRE	INSTITUCION	CELULAR/TELEFONO	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
1	Daryl R. Medina R	ICF	9651-7636	dmedina@icf.gob.hn	
2	Manuel A. Muñoz	ICF	95102625	mmunoz@iconhn.com	
3	ANTONIO URUJ	ICF	35929784	antonioarui@gmail.com	
4	Francisco Javier Escalante Ayala	ICF/Estadística	96410461	fescalante@icf.gob.hn	
5	Gerson Samuel Perdomo Chévez	ICF/CIPF	31915929	gperdomo@icf.gob.hn	
6	Abner Jimenez	ICF	+503 78903421	abner.jimenez@igiz.do	
7	Omar Orellana Díaz	FAO/ICF	33828525	omariorellanediaz@fao.org	
8	Fabio Leonel Casco	FAO/ICF	32852656	fabio.cascogutierrez@fao.org	
9	José Mano Reyes Hernández	ICF	99318899	jreyes@icf.gob.hn	
10	Jacobo Antonio Casco Calix	ICF/UECP	99311559	Cascojacoboc@gmail.com	
11	Juan Angel del Cep	ICF/UECP	3268-3843	juandelcep-08@yahoo.es	
12	SADY RAFAEL PINEDA CASTELLANOS	ICF/DCCB	99349983	spineda@icf.gob.hn	
13	Alexander Javier Hernandez	BID	435-512-6597	alex.j.hernandez@gmail.com	Alex J. Hdz.
14					
15					
16					