



# **Corredor Biológico en el Caribe**

*Nuestro espacio, nuestra vida*

Proyecto de Fortalecimiento del Corredor Biológico en el Caribe

## **Estrategia de desarrollo para la aplicación GIS online del Sistema de Gestión del conocimiento del Corredor Biológico en el Caribe**

(Contribución a la actividad 1.1.1)



Documento elaborado para la Secretaría del Corredor Biológico en el Caribe en el marco del proyecto “Fortalecimiento del Corredor Biológico en el Caribe”, desarrollado con el apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Unión Europea.



Las opiniones vertidas en este documento no reflejan necesariamente los puntos de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente o de la Unión Europea. Las interpretaciones y opiniones contenidas en el mismo son únicamente de su(s) autor(es).

Versión 1.1.2 (final)

# **Estrategia de desarrollo para la aplicación GIS online del Sistema de Gestión del Conocimiento del Corredor Biológico en el Caribe**

**Informe Técnico**

**Contribución a la actividad 1.1.1**

Ricardo Delgado Téllez



3 de Mayo de 2019



## Participantes

Nicasio Viña	Secretaría del CBC
José Gerhartz	Secretaría del CBC
David Jensen	MapX
Pierre Lacroix	MapX





# Corredor Biológico en el Caribe

*Nuestro espacio, nuestra vida*

---



## Resumen ejecutivo.

Este reporte contiene un análisis de las opciones para desarrollar un sistema de información geográfico (Geographic Information Systems, GIS) en línea. Este GIS será parte del Sistema Integrado de Gestión del Conocimiento (Integrated Knowledge Management System, IKMS) del CBC. El GIS–CBC se propone asegurar la disseminación de los resultados alcanzados por el proyecto de fortalecimiento del CBC y proveer conocimiento y herramientas que permitan la toma de decisiones informadas por el equipo de trabajo del proyecto y sus contrapartes involucrados en actividades de conservación de la diversidad biológica en el marco del CBC.

El objetivo general del GIS–CBC es permitir la visualización de las relaciones espaciales entre la distribución de las prioridades de conservación del CBC con otras variables ambientales y socioeconómicas para apoyar la protección efectiva, el mantenimiento de la integridad ecológica y la provisión a largo plazo de los servicios de los ecosistemas.

Se consideraron además los siguientes objetivos específicos:

- Mostrar espacialmente las prioridades de conservación del CBC y sus amenazas, un resumen de los resultados del monitoreo y la ejecución de acciones de conservación que se llevan a cabo en el CBC.
- Mostrar las relaciones espaciales entre las prioridades de conservación y las acciones que realiza el CBC con variables ambientales y socioeconómicas relevantes.
- Mostrar las relaciones entre las prioridades de conservación y las acciones que realiza el CBC, con variables clave del clima futuro para diferentes escenarios.
- Permitir la realización de análisis espaciales simples.



EL alcance geográfico del GIS–CBC se definió en concordancia con la proyección de expansión del CBC y las interrelaciones entre los ecosistemas presentes en el área. La región de interés del GIS–CBC contiene toda el área del mar Caribe y las Antillas. Se prevé la compilación de los datos geográficos para el funcionamiento apropiado del GIS–CBC. Los mismos se dividieron en seis grupos:

1. Base geográfica de referencia.
2. Prioridades de conservación del CBC y sus amenazas.
3. Variables climáticas.
4. Información relevante sobre la infraestructura de conservación.
5. Información socio-económica.
6. Acciones desarrolladas por el CBC y proyectos sinérgicos con la iniciativa.

De cada uno de ellos fueron identificadas los tipos de datos, dominios generales y fuentes de datos disponibles.

A partir de los objetivos del GIS–CBC se identificaron tres “grupos objetivo” diferenciados para los clientes del GIS–CBC. El primero, “Interesados” está asociado al carácter divulgativo de la aplicación. El segundo “Expertos” comprende las funciones y roles relacionados con el uso técnico del conocimiento generado por el proyecto. Finalmente el grupo “Secretaría del CBC” agrupa los roles administrativos mínimos necesarios para mantener la operación del GIS–CBC.

Estos clientes interactúan con el GIS–CBC a través de no menos de 14 servicios GIS o de otros tipos. El acceso a los mismos depende de los roles específicos que ejecute cada usuario.

1. Seleccionar mapa base.
2. Ejecutar consultas predefinidas.
3. Crear salida como imagen.
4. Ejecutar salida predefinida como imagen.
5. Generar/exportar informes tabulares.
6. Autorizar/modificar datos vía WFS.
7. Descargar datos.



8. Visualizar mapas vía interfaz de usuario.
9. Aportar datos de campo.
10. Visualizar mapas vía servicios WMS
11. Registrarse en el sistema.
12. Realizar consultas geográficas simples.
13. Realizar tareas administrativas.
14. Controlar acceso al sistema.

El GIS del IKMS–CBC debe ser accesible a toda persona con acceso a Internet, especialmente a los habitantes de los países incluidos en la Iniciativa del CBC. Durante las reuniones de trabajo se definieron los siguientes requisitos de accesibilidad mínimos:

- La interfaz de usuario debe ser lo más sencilla posible.
- La interfaz de usuario y el sistema deben adaptarse a dispositivos móviles y PC.
- La interfaz de usuario debe estar localizada en las lenguas más habladas del Caribe: Español, Francés e Inglés.
- Debe minimizarse el lenguaje técnico en las áreas públicas.

Adicionalmente se establecieron requisitos de seguridad mínimos para cumplir con las buenas prácticas establecidas de aplicaciones en Internet. Todos los dominios asociados con el CBC deben tener un certificado de dominio. Es preciso considerar cuidadosamente la necesidad de certificados de institución para los siguientes aspectos de la interacción con el IKMS:

- Servicio de mapas a través de WFS con soporte de edición.
- Identificación de usuarios para tareas administrativas de la base de datos.
- Identificación de usuarios para la recepción de datos de campo.

Aunque idealmente todos los contenidos asociados al CBC deben publicarse con un certificado de institución o extendido. Debido a la condición de aplicación no crítica del GIS–CBC es posible establecer requisitos de estabilidad reducidos, los cuales se resumen como:



- La aplicación debe estar disponible el mayor tiempo posible.
- Debe garantizarse dentro de lo razonable un periodo fuera de línea de no más de 48 horas continuas.
- La aplicación debe soportar 1000 accesos concurrentes como mínimo.

Durante las sesiones de trabajo con el personal de la Secretaría del CBC se definieron, además de los requisitos anteriormente descritos, las siguientes guías generales a seguir:

- Todos los países de la iniciativa deben tener acceso a las tecnologías utilizadas.
- El costo, especialmente de programación y mantenimiento, debe mantenerse al mínimo como garantía de sostenibilidad.
- Deben priorizarse las opciones tecnológicas especialmente diseñadas para el trabajo con la biodiversidad, en segundo lugar los sistemas de amplio espectro.

Se realizó un análisis detallado de los componentes tecnológicos de un GIS como servicio. Las tecnologías disponibles se dividieron en 6 grupos: Servidores GIS, Clientes GIS, GIS de escritorio, Almacén de bases de datos espaciales, Aplicaciones para captura de datos de campo, y Soluciones GIS en la nube.

Para cada uno de los grupos se estudiaron al menos dos tecnologías comerciales con reconocido desarrollo en la industria GIS y dos equivalentes de código abierto. Todas las tecnologías analizadas tienen las capacidades necesarias para desplegar los 14 servicios definidos como necesarios.

Utilizando los elementos rectores arriba definidos, se definieron cinco opciones posibles. Todas las opciones identificadas, menos una, garantizan potencialmente todas las previsiones alcanzadas. Las opciones fueron ordenadas utilizando el método de decisión multicriterio conocido como método analítico jerárquico o AHP por sus siglas en inglés. El análisis realizado permitió establecer prioridades entre las opciones teniendo en cuenta dos conjuntos de criterios.

Desde el punto de vista técnico las opciones se analizaron teniendo en cuenta:

1. Complejidad de diseño.



Entendida como la necesidad de minimizar la complejidad de diseño del GIS–CBC.

2. Necesidad de generación de código.

Una menor necesidad de generación de código es deseable al simplificar la modificación, mantenimiento y actualización del GIS–CBC.

3. Complejidad de integración.

Se prefieren las opciones con integración por diseño para evitar incompatibilidades con futuras versiones o mejoras a los componentes.

4. Complejidad de mantenimiento.

Los sistemas con menor necesidad de labores de mantenimiento reducen la dependencia de personal especializado a largo plazo.

5. Seguridad.

Se prefieren las opciones tecnológicas que provean control de seguridad nativo y un control fino de los niveles de acceso.

6. Disponibilidad de la tecnología.

En el contexto del CBC es preciso minimizar las barreras al acceso de la tecnología impuestas a los fabricantes por sus entornos legales (por ejemplo el caso Cuba y las restricciones impuestas por los Estados Unidos de América)

Desde el punto de vista financiero se analizaron los criterios:

1. Costo inicial.

En el sentido de qué opción genera los menores costos iniciales en el proceso de su implementación. Costos iniciales se refiere en este caso a los costos de licencias, alquiler de servicios (aunque se extiendan en el tiempo) preparación de datos y programación.

2. Costo de integración.

Igualmente en el sentido que la opción más ventajosa es la de menor necesidad de gastos asociados a la integración de los diferentes elementos del GIS–CBC.

3. Costo de mantenimiento.

En este caso se considera más ventajosa la opción que requiere menor cantidad de tiempo y grado de especialización para su mantenimiento operativo.



El mantenimiento incluye el tiempo dedicado por el personal de la Secretaría del CBC realizando procesamiento de datos para actualizaciones.

Los resultados del análisis permitieron ordenar las opciones por preferencia como abajo se muestra.

1. Migración del sistema heredado a un servidor en la nube.
2. Migración del sistema heredado a un servidor en la nube y actualizar/realizar mejoras incrementales.
3. Migrar a una plataforma de servicios GIS en la nube.
4. Crear un nuevo sistema de servicios GIS en la nube construido a partir de software de código abierto no comercial (OGC).
5. Crear un nuevo sistema de servicios GIS en la nube basado en software propietario.

La opción priorizada en primer lugar, a pesar de su conveniencia financiera y tecnológica, no garantiza los objetivos completos del GIS-CBC. Por lo tanto, se propone la migración del GIS heredado a un servidor en la nube y actualizar / realizar mejoras incrementales. La implementación de la misma se estructuró en tres etapas de la forma siguiente:

1. Migración del GIS heredado a un servidor en la nube, actualizando la tecnología del sistema operativo y el servidor.  
El costo implicado en la actualización de la tecnología sería menor de 10 000.00 USD en un pago único por el servidor y software de escritorio. De esta cifra, el costo asociado a la actualización del software de escritorio es alrededor del 15%.
2. Diseño de las mejoras, preparación de datos e implementación.  
Debe licitarse un proyecto específico, tiempo estimado de 2 a 5 meses, que considerando un costo estimado de 300.00 a 400.00 USD/día para un consultor oscila entre 14 400.00 y 48 400.00 USD. Como cliente webGIS se propone LeaFlet, de código abierto y compatible con la tecnología heredada. El almacenamiento de datos puede ser local utilizando las características nativas del servidor o en un almacenamiento dedicado de código abierto (PostGis o MySQL).



### 3. Operación y mantenimiento.

Con todas las funciones implementadas, se requiere que el personal de la Secretaría del CBC dedique una pequeña parte de su tiempo semanal (2–8 horas) para el seguimiento de los datos de campo. El costo aproximado de esta actividad sería de unos 9 000.00 USD/año, unos 45 000.00 USD durante la duración del proyecto. Además se requiere un esfuerzo de administración del sistema de 2 a 8 horas mensuales, lo que representa aproximadamente 2 250.00 USD/año, unos 11 250.00 USD para todo el proyecto. El alquiler de servidores en la nube representa un costo adicional de unos 2 400.00 USD/año, 12 000.00 USD durante el proyecto, para un costo total de mantenimiento de 57 000.00 USD.

Esta propuesta utilizaría parte del software, datos y código del GIS heredado con un costo total aproximado de **90 650.00** a **126 650.00** USD.

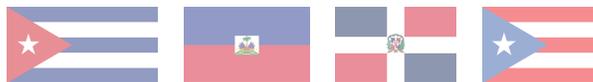




# Corredor Biológico en el Caribe

*Nuestro espacio, nuestra vida*

---



# Índice general

<b>1. Introducción.</b>	<b>1</b>
<b>2. Premisas</b>	<b>4</b>
2.1. El GIS heredado del IKMS en la primera etapa de la iniciativa del CBC.	4
2.2. Indicadores de rendimiento esperados para el GIS–CBC. . . . .	6
2.2.1. Objetivos del GIS–CBC . . . . .	6
2.2.2. Alcance geográfico. . . . .	7
2.2.3. Datos. . . . .	8
2.2.4. Objetivos de visibilidad y uso. . . . .	13
<b>3. Requisitos técnicos de referencia.</b>	<b>15</b>
3.1. Casos de uso. . . . .	15
3.2. Requisitos de accesibilidad. . . . .	20
3.3. Requisitos de seguridad. . . . .	21
3.4. Requisitos de disponibilidad, mantenimiento y estabilidad. . . . .	22
<b>4. Opciones tecnológicas para el GIS–CBC</b>	<b>23</b>
4.1. Tecnologías disponibles. . . . .	23
4.1.1. Servidores GIS. . . . .	26
4.1.2. Clientes GIS. . . . .	27
4.1.3. GIS de escritorio. . . . .	28
4.1.4. Almacén de bases de datos espaciales. . . . .	29
4.1.5. Aplicaciones para captura de datos de campo. . . . .	30
4.1.6. Soluciones GIS en la nube. . . . .	31
4.2. Opciones identificadas. . . . .	32
4.3. Análisis técnico de las opciones identificadas. . . . .	37
4.4. Análisis financiero de las opciones identificadas. . . . .	39



<b>5. Estrategia de desarrollo propuesta.</b>	<b>41</b>
5.1. Resultados del análisis. . . . .	41
5.2. Análisis de sensibilidad de las prioridades propuestas . . . . .	43
5.3. Solución propuesta . . . . .	46
<b>Bibliografía</b>	<b>48</b>
<b>A. Tablas complementarias.</b>	<b>53</b>
<b>B. Detalles del análisis AHP</b>	<b>57</b>
<b>Acrónimos y abreviaturas</b>	<b>63</b>



## Índice de tablas

2.1. Modelos de licencia del GIS heredado . . . . .	5
2.2. Resumen de datos mínimos necesarios para el GIS-CBC . . . . .	9
4.1. Criterios técnicos ordenados por su relevancia . . . . .	38
4.2. Criterios financieros ordenados por relevancia . . . . .	40
5.1. Opciones ordenadas por relevancia . . . . .	41
5.2. Síntesis de preferencias para las opciones consideradas . . . . .	43
5.3. Detalle de resultados prioridad financiera . . . . .	45
5.4. Detalle de resultados prioridad técnica . . . . .	45
5.5. Comparación de costos estimados en USD de las opciones priorizadas	48
A.1. Listado de los servidores GIS considerados . . . . .	54
A.2. Listado de los clientes GIS considerados . . . . .	55
A.3. Listado de los software GIS de escritorio considerados . . . . .	55
A.4. Listado de los almacenes de bases de datos espaciales considerados	55
A.5. Listado de las aplicaciones para obtención de datos de campo con- siderados . . . . .	56
A.6. Listado de las soluciones GIS en la nube consideradas . . . . .	56



## Índice de figuras

2.1. Diseño del GIS heredado. . . . .	6
2.2. Esquema del alcance geográfico del GIS-CBC. . . . .	7
3.1. Casos de uso para el GIS-CBC . . . . .	16
4.1. Esquema simplificado de un GIS como Servicio. . . . .	25
5.1. Distribución de las prioridades entre las opciones consideradas . . .	42
5.2. Análisis de la sensibilidad de la prioridad de las opciones. . . . .	44



## 1. Introducción.

En 2007 los Ministerios del Ambiente de Cuba, Haití y la República Dominicana firmaron la Declaración de Santo Domingo[1]. Esta declaración acuerda el establecimiento de una iniciativa interministerial creando al Corredor Biológico en el Caribe (CBC). El CBC es una iniciativa de cooperación sur-sur que persigue como objetivos: Facilitar una relación armoniosa entre los humanos y la naturaleza; propiciar la conectividad entre paisajes, ecosistemas, hábitats y culturas; conservar a la diversidad biológica, los procesos ecológicos y los servicios ambientales y finalmente promover el desarrollo sustentable.

Un corredor biológico se define como un espacio geográfico que provee conectividad entre paisajes, ecosistemas o hábitats, ya sean estos naturales o modificados por el hombre. Los corredores biológicos aseguran el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos entre estas áreas.

La demarcación inicial del CBC se fijó para priorizando el restablecimiento de las conexiones ecológicas entre los ecosistemas terrestres del occidente de La Española y el oriente de Cuba. Siguiendo las indicaciones del Comité Ministerial que gobierna a la iniciativa[2, 3], el CBC comenzó una etapa de expansión en 2014. En el año 2016 Puerto Rico se unió formalmente a la iniciativa del CBC, mientras que Jamaica participa como observador. Además de la expansión del área terrestre cubierta por la iniciativa, se propone incorporar áreas marinas identificando sitios y especies de importancia excepcional para mantener la conectividad marina a escala regional. Por consiguiente, la demarcación del CBC está en constante evolución.

El programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente) tiene entre sus objetivos liderar globalmente la agenda de acciones en favor del medio ambiente, promover la implementación coherente de la dimensión ambiental en las estrategias de desarrollo sostenible dentro del sistema de las naciones



unidas y funciona como autoridad promotora del medio ambiente global. ONU Medio Ambiente ha acompañado a la iniciativa del CBC desde su surgimiento y la apoya como socio implementador de proyectos y, aportando fondos para el sostenimiento de la Secretaría del CBC.

El proyecto para fortalecer el Corredor Biológico en el Caribe (CBC) “Fortalecimiento del CBC” actualmente en ejecución se encuentra enmarcado en el subprograma “Gobernanza Ambiental” de ONU Medio Ambiente. Por medio del mismo, ONU Medio Ambiente apoya en los procesos nacionales y regionales de toma de decisiones para la gobernanza ambiental; contribuye al fortalecimiento de las capacidades para implementar acuerdos internacionales ambientales a nivel nacional a través de medidas legales e institucionales apropiadas; y promueve la integración de la sostenibilidad ambiental en el desarrollo a todos los niveles.

En el marco del proyecto “Fortalecimiento del CBC”, se ha identificado como necesidad el mejoramiento del sistema de información geográfico (Geographic Information Systems, GIS) online que la iniciativa mantiene en operación desde el año 2014. Estas mejoras deben actualizar y modernizar el GIS y adaptarlo a la evolución del alcance geográfico del CBC y las expectativas de los países miembros de la iniciativa.

El presente reporte contiene un análisis de las opciones para desarrollar un GIS en línea que sustituya el GIS existente. Este GIS formará parte del Sistema Integrado de Gestión del Conocimiento (Integrated Knowledge Management System, IKMS) del CBC. El nuevo GIS–CBC se propone asegurar la disseminación de los resultados alcanzados por el proyecto de fortalecimiento del CBC y proveer conocimiento y herramientas que permitan la toma de decisiones informadas por el equipo de trabajo del proyecto y sus contrapartes involucrados en actividades de conservación de la diversidad biológica en el marco del CBC.

El objetivo principal de este reporte es permitir a la Secretaría del CBC tomar una decisión informada de las opciones tecnológicas disponibles y los pasos a seguir para garantizar el cumplimiento de sus objetivos.

La estructura del reporte se divide en cuatro secciones principales: La primera sección aborda las premisas para el análisis, la sección segunda describe los requisitos técnicos necesarios para el GIS, la sección tercera identifica las opciones



tecnológicas disponibles y la sección cuarta presenta una propuesta de estrategia de desarrollo e implementación del nuevo GIS–CBC.



## 2. Premisas

### 2.1. El GIS heredado del IKMS en la primera etapa de la iniciativa del CBC.

Como parte del proyecto de delimitación del CBC[4] se diseñó un GIS orientado a la disseminación de la información y el conocimiento generados por el proyecto. El diseño y administración de este GIS (GIS heredado en lo adelante) se ejecutó como parte del aporte de la contraparte cubana del proyecto (CITMA) y cuenta con las siguientes características:

- Modelo de servicios: REST cliente–servidor.
- Fabricante de la plataforma de servicios GIS: SuperMap[5]
- Sistema Operativo: CentOS Linux v6.5x
- Plataforma de servidor de aplicaciones: Apache Tomcat
- Interfaz de usuario: Aplicación escrita en HTML5/JavaScript
- Localización del servidor y soporte de infraestructura: Oficinas de ONU Medio Ambiente, Panamá
- Hardware del servidor: Servidor de gama baja HP adquirido por el proyecto.
- IP del servidor: 200.46.218.170, suministrada por ONU Medio Ambiente.

Los modelos de licencia se seleccionaron priorizando velocidad de desarrollo y simplicidad de mantenimiento. Se tuvieron en cuenta aspectos como costo inicial y las restricciones de acceso de países miembros a tecnologías desarrolladas por empresas de los Estados Unidos de América. La tabla 2.1 describe los modelos de licencia utilizados para los componentes del GIS heredado.



Tabla 2.1.: Modelos de licencia del GIS heredado

Elemento	Función	Modelo de licencia	Modelo de pago	Duración de la licencia
SuperMap iServer Java 6R	Proveedor de servicios REST/OGC	Propietaria, basada en software	Pago único	Ilimitada
SuperMap iClient Javascript	Cliente GIS compatible HTML5	Propietaria	Gratuita	Ilimitada
Apache Tomcat	Proveedor de aplicaciones www	Apache	Gratuita	Ilimitada
CentOS v 6.5x	Sistema operativo de servidor	GPL V3.0 y Derivadas	Gratuita	Ilimitada

La estructura de datos del GIS heredado se diseñó priorizando la simplicidad. Los datos existentes en la oficina técnica del proyecto “Delimitación y establecimiento del Corredor Biológico en el Caribe” fueron transformados a un sistema común de coordenadas (Plate Carrée o Proyección Cilíndrica Equidistante). Se definieron para el SIG heredado tres tipos de datos espaciales:

- Datos de cobertura que fueron sintetizados en una rejilla estándar hexagonal con 1 km<sup>2</sup> de área unitaria (ver 2.1 (a)). Todos los mapas temáticos se derivan de estos datos.
- Datos puntuales que fueron unificados y su información detallada normalizada.
- Otros datos de función específica de referencia como los límites del CBC y los referidos a Áreas Protegidas en el Caribe, se mantuvieron en la configuración vectorial original, con las escalas de referencia del origen.

El GIS heredado de la primera fase del proyecto de fortalecimiento del CBC entró en operación el 27 de junio del 2014. Desde ese momento se ha mantenido en operación constante por un tiempo de 42 096 horas hasta el día 16 de abril del 2019. El tiempo total de afectaciones al servicio por mantenimiento de la red y reconfiguración del hosting ha sido inferior a 120 horas. El costo de mantenimiento lo han compartido durante este tiempo las oficinas de ONU Medio Ambiente en Ciudad Panamá y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA).



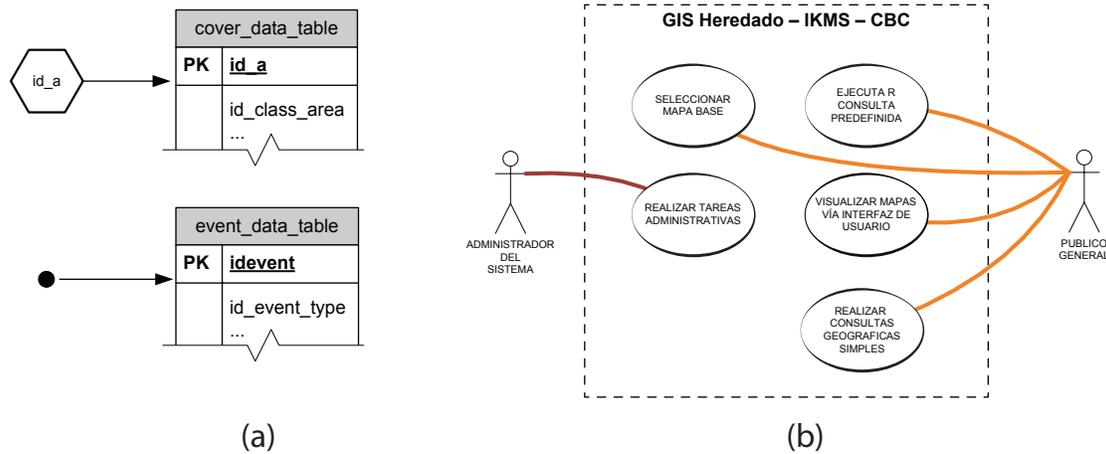


Figura 2.1.: Diseño del GIS heredado. (a) Esquema de datos simplificado. (b) Casos de uso

## 2.2. Indicadores de rendimiento esperados para el GIS–CBC.

### 2.2.1. Objetivos del GIS–CBC

**Objetivo general:** Permitir la visualización de las relaciones espaciales entre la distribución de las prioridades de conservación del CBC con otras variables ambientales y socioeconómicas para apoyar la protección efectiva, el mantenimiento de la integridad ecológica y la provisión a largo plazo de los servicios de los ecosistemas.

#### Objetivos específicos

1. Mostrar espacialmente las prioridades de conservación del CBC y sus amenazas, un resumen de los resultados del monitoreo y la ejecución de acciones de conservación que se llevan a cabo en el CBC.
2. Mostrar las relaciones espaciales entre las prioridades de conservación y las acciones que realiza el CBC con variables ambientales y socioeconómicas relevantes.
3. Mostrar las relaciones entre las prioridades de conservación y las acciones que realiza el CBC con variables clave del clima futuro para diferentes escenarios.



4. Permitir la realización de análisis espaciales simples.

### 2.2.2. Alcance geográfico.

En concordancia con la proyección de expansión del CBC y las interrelaciones entre los ecosistemas presentes en el área, el SIG–CBC deberá escalarse progresivamente hasta contener información de toda el área del mar Caribe y las Antillas. Se propone establecer un límite exterior (Rectángulo 3 en la figura (2.2)) que defina el alcance de la información derivada de bases de datos globales accesible directamente desde el CBC–GIS. Un límite interior (Rectángulo 2 en la figura 2.2) definirá el alcance de los productos de conocimiento generados por la iniciativa del CBC. Este último límite está definido por el rectángulo que circunscribe la extensión emergida de las Antillas Mayores y sus aguas territoriales. El rectángulo 1 de la figura 2.2 muestra como referencia el límite geográfico de la información del GIS heredado.



Figura 2.2.: Alcance geográfico del GIS–CBC. 1) Alcance de la versión heredada, 2) Alcance mínimo de la nueva versión, 3) Alcance máximo de la nueva versión.



Algunas áreas marinas de especial relevancia forman parte del límite interior de la región de estudio. Estas áreas se identifican en función de su relevancia para los objetivos del CBC por parte del personal del equipo técnico y deben poder ser activadas en cualquier etapa del proyecto.

### **2.2.3. Datos.**

La Tabla (2.2) muestra un resumen de los datos mínimos necesarios para el GIS-CBC. En la misma se especifica el tipo general de representación espacial apropiado para cada uno de ellos. Con el objetivo de facilitar su manejo, estos datos se dividieron en seis grupos que se describen a continuación.

El primer grupo lo conforma una base geográfica de referencia que funciona como mapa base. Estos mapas deben contener como mínimo las divisiones políticas-administrativas (fronteras de países y fronteras subnacionales); datos del relieve en forma de tinturas hipsométricas o preferentemente modelo de sombreado; los principales asentamientos humanos con sus nombres en idioma local; principales elementos hidrográficos y vías de comunicación terrestre. Adicionalmente se precisa una base de imágenes de satélite o aéreas referencia que cubra toda el área de estudio.

El segundo grupo esta compuesto por la información sobre las prioridades de conservación del CBC y sus amenazas. Este grupo de datos incluye los resultados de modelos de distribución espacial de especies prioritarias y conteos de especies por grupos. Se deben incluir además mapas de distribución de hábitats o ecosistemas, como mínimo de bosques húmedos, bosques nublados, bosques secos, bosques de pino, otros bosques, arrecifes, manglares, praderas de pastos marinos y humedales. Las prioridades de conservación incluyen las rutas migratorias de rapaces, paseriformes, tortugas marinas, tiburones y otras especies. Los sitios de agregación de individuos como colonias de descanso o reproducción de aves acuáticas o marinas, sitios de desove de peces, sitios de agregación de mamíferos marinos (ballenas, manatíes, delfines) también deben reflejarse en el GIS-CBC.

Los reportes de observación de especies de interés de aves, mamíferos marinos y tortugas marinas forman parte de este grupo de datos. Adicionalmente los resultados del monitoreo de especies realizados por el proyecto CBC o sus proyectos



Tabla 2.2.: Resumen de datos mínimos necesarios para el GIS–CBC

Descripción	Ref.	Cobertura	Evento	Fuentes	Campos
Fronteras nacionales y subnacionales	●	●	○	Serv. y datos de terceros	nombre país; nombre subd. administrativa
Relieve	●	●	○	Serv. y datos de terceros	elevación media
Asentamientos humanos	●	○	●	Serv. y datos de terceros	nombre; población
Accidentes hidrográficos	●	○	○	Serv. de terceros	–
Vías de comunicación	●	○	○	Serv. de terceros	–
Infraestructuras de interés	●	○	●	Serv. y datos de terceros	tipo
Imágenes	●	○	○	Serv. de terceros	–
Población	○	●	○	Datos de terceros	Densidad
Modelos de distribución espacial de especies	○	●	○	CBC, datos de terceros	Probabilidad
Riqueza de especies	○	●	○	CBC, datos de terceros	grupos; riqueza por grupo
Habitats/Ecosistemas	○	●	○	CBC, datos de terceros	habitat
Rutas migratorias	○	●	○	CBC, datos de terceros	especie
Sitios de agregación de individuos	○	●	○	CBC, datos de terceros	tipo de sitio; especie
Reportes de observación de especies de interés	○	○	●	CBC, datos de terceros	especie; conteo; fecha;
Resultados de monitoreo	○	○	●	CBC, datos de terceros	especie; fecha; datos de monitoreo
Reportes de amenazas y problemas ambientales	○	○	●	CBC	tipo; fecha; datos de reporte
Información climática	○	●	○	Datos de terceros	temperatura; precipitación; (norm; 2025; 2035; 2050; 2100)
Áreas protegidas	○	●	○	Datos de terceros	nombre; cat. local; cat. IUCN; status legal; efectividad
Estaciones de monitoreo	○	○	●	CBC, datos de terceros	propietario; especies; fecha inicio; fecha cierre
Instalaciones para uso público en AP	○	○	●	Datos de terceros	propietario; actividad; fecha inicio; fecha cierre
Acciones de proyectos de la secretaría del CBC	○	○	●	CBC	Tipo; Descripción; Fotos; Reportes
Acciones de proyectos sinérgicos	○	○	●	Datos de terceros	Tipo; Descripción; Fotos; Reportes



sinérgicos deben ser accesibles. Estos resultados deben contener datos clave que garanticen su utilidad. Por ejemplo, los informes de anidación de tortugas marinas en playas índices deben al menos contener la cantidad de nidos y éxito de emergencia por temporada, especie y playa además de otros datos como temperatura media de la arena y de los nidos en invierno y verano por año medido; la observación de migración de rapaces en puntos de conteo debe contener el número de individuos por temporada, especie y sitio; el monitoreo de tiburones la cantidad de individuos por hora de observación en cada sitio; el monitoreo de arrecifes la cobertura de coral vivo y biomasa de peces, por sitio de muestra y temporada; en sitios seleccionados el GIS-CBC debe registrar además los cambios de cobertura.

Finalmente este grupo debe reflejar la localización de los reportes de observación de amenazas y problemas ambientales. Estos reportes deben provenir de fuentes confiables por medio de comunicaciones oficiales (funcionarios de ministerios, áreas protegidas u otras organizaciones asociadas al CBC) e incluyen entre otros: reportes de amenazas a tortugas marinas (reportes de observación de captura ilegal, captura incidental, depredación de nidos, comercio de artesanías de carey, etcétera); amenazas a las aves migratorias (reportes de captura ilegal); reportes de vertederos ilegales; reportes de acumulación de sargazos en playas y reportes de eventos de blanqueamiento de coral.

En el tercer grupo se incluyen las variables climáticas. El mismo debe reflejar las condiciones conocidas de la atmósfera y el océano relevantes para los estudios de biodiversidad. Las variables de mayor interés son la temperatura del aire y del mar (superficie), vientos predominantes y precipitaciones. Deben incluirse además los escenarios para 2025, 2035, 2050 y 2100, y las anomalías esperadas para estas variables por periodos húmedo y seco.

El cuarto grupo de datos ofrece información relevante sobre la infraestructura de conservación. Se requiere identificación de la cobertura de áreas protegidas especificando al menos país, nombre, categoría de manejo local y IUCN, estatus legal y fecha del mismo y alguna medida de su efectividad de manejo. Este grupo también incluye datos sobre la ubicación y funcionamiento de las estaciones de monitoreo, estaciones de trabajo e instalaciones para el uso público y turismo ubicadas dentro de las áreas protegidas y otras áreas identificadas como núcleos de biodiversidad.



La información socio-económica imprescindible para la gestión de la biodiversidad conforma el quinto grupo de datos. El mismo incluye datos referidos a la infraestructura de transporte y comunicaciones (carreteras, faros, marinas, aeropuertos, etc.); distribución espacial de la población humana; uso predominante del suelo; información sobre zonas de concentración de la actividad productiva como zonas de pesca, áreas ganaderas, cultivos intensivos, explotaciones forestales, entre otras.

El sexto y último grupo de datos está conformado por la información referida a las acciones desarrolladas por el CBC y los proyectos sinérgicos con la iniciativa. Los datos deben reflejar el tipo de acción, una breve descripción de la misma, estado, material audiovisual relacionado, informes, fechas relevantes y de ser posible evolución en el tiempo.

La columna “Ref.” en la Tabla 2.2 identifica los datos que se utilizarán como mapas de referencia. Este tipo de datos tiene como objetivo el de referencia visual para ubicar la información espacial en un contexto general. Los datos de cobertura “Cobertura” están asociados con una región específica y pueden utilizarse para generar salidas como tablas o informes. Finalmente los eventos “Evento” se asocian con puntos geográficos identificados por sus coordenadas en el espacio. En cada caso se identifica además la fuente principal de los mismos y los campos principales.

El abarcador conjunto de requerimientos descrito hace necesario un proceso de integración de datos de diferentes fuentes. Este proceso debe realizarse por la Secretaría del CBC mediante un programa para la adquisición y homogeneización de la información. Adicionalmente, algunas fuentes pueden presentar limitaciones en su uso que deben ser negociadas de forma independiente por la Secretaría del CBC. A continuación se listan las fuentes identificadas agrupadas por el grupo de datos al que tributan.

1. Base geográfica de referencia:

- a) Google Maps
- b) Google Earth
- c) Bing Maps
- d) Natural Earth maps



- e) Openstreetmaps
- f) ESRI free data
- g) NASA's Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC)
- h) World Resource Institute free georeferenced data

## 2. Prioridades de conservación del CBC y sus amenazas

- a) Distribución espacial: modelos y mapas disponibles online
  - 1) World Resource Institute maps
  - 2) NOAA Coral Reefs Watch Caribbean weekly/monthly/Annual summaries (Degree Heating Weeks, Bleaching alert, HotSpots, SST, SST Anomaly, SST Trend)
  - 3) IUCN Red List maps
  - 4) WCMC Map of Life
- b) Ecosistemas: TNC y mapas aportados por los países
- c) Amenazas: Toma sistemática de datos en el terreno y post-procesamiento
- d) Observación de especies de interés: Toma sistemática de datos en el terreno y post- procesamiento.
- e) Monitoreo: Toma sistemática de datos en el terreno y post-procesamiento

## 3. Variables climáticas

- a) NOAA
- b) UCAR
- c) Windfinder
- d) Modelos clima actual y futuro del Caribe, desarrollados por INSMET, Cuba.

## 4. Infraestructura de conservación

- a) World Database of Protected Areas
- b) Bases de datos de áreas protegidas de los países
- c) Encuestas o evaluaciones realizadas por el CBC



- d) Informaciones solicitadas a los países.
5. Información socio-económica:
  - a) Terrapopulus (población, uso de la tierra)
  - b) World Bank data
  - c) Bases de datos nacionales (Censos y oficinas estadísticas)
  - d) Banco Mundial
  - e) Cartografía digital nacional de los países miembros y de fuentes online.
6. Acciones del CBC y proyectos sinérgicos
  - a) Toma sistemática de datos en el terreno y pos-procesamiento
  - b) Datos aportados por socios (actualizaciones anuales) o según demanda.

#### 2.2.4. Objetivos de visibilidad y uso.

A partir de los objetivos del GIS–CBC se identificaron tres “grupos objetivo” diferenciados. El primero, “Interesados” está asociado al carácter divulgativo de la aplicación. El segundo “Expertos” comprende las funciones y roles relacionados con el uso técnico del conocimiento generado por el proyecto. Finalmente el grupo “Secretaría del CBC” agrupa los roles administrativos mínimos necesarios para mantener la operación del GIS–CBC.

**Interesados** Toda persona que accede a los recursos del CBC para uso profesional o personal. Su rol como público general lo desempeñan además los miembros de otros grupos cuando no realizan tareas profesionales. Este rol es clave para cumplir los objetivos de divulgación y diseminación de información generada por la Secretaría del CBC a la mayor audiencia posible.

**Expertos** Lo componen investigadores y técnicos en el campo de la gestión de la biodiversidad, estudios ambientales, gobernanza etc. Estos expertos pueden ejercer tres roles distintos:

- Equipo Técnico del CBC: Equipo técnico de la Secretaría del CBC cuando realizan acciones relacionadas con su campo de experticia en el ámbito de la biodiversidad.



- **Expertos asociados al CBC:** Son expertos que realizan labores para proyectos financiados por el CBC pero no son parte de la Secretaría del CBC.
- **Expertos externos no asociados al CBC:** Este rol lo desarrollan expertos externos cuyos proyectos no están asociados al CBC de forma directa.

**Secretaría del CBC** Es el personal de la Secretaría del CBC durante la ejecución de sus tareas administrativas. Puede desempeñar dos roles:

- **Equipo Técnico del CBC:** Cuando realizan actividades directamente relacionadas con las tareas de gestión del proyecto de fortalecimiento del CBC.
- **Administrador del sistema:** Cuando realiza tareas administrativas propias del GIS.



## 3. Requisitos técnicos de referencia.

### 3.1. Casos de uso.

Teniendo en cuenta los requisitos anteriormente definidos, el GIS del CBC debe proveer no menos de 14 servicios. Estos servicios estarán disponibles a los usuarios dependiendo de su rol en el GIS. La Figura (3.1) muestra la relación de los servicios con los diferentes roles diseñados para el GIS–CBC. Una descripción de cada servicio se ofrece a continuación.

#### Seleccionar mapa base.

**Roles:** PUBLICO GENERAL; TÉCNICOS DEL CBC; EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC; EXPERTOS EXTERNOS.

**Descripción del servicio:** El usuario del SIG–CBC debe poder seleccionar entre un mapa base vectorial que contenga los aspectos generales de todo el límite exterior del CBC. El mapa debe incluir los nombres de los puntos geográficos de referencia, los lugares poblados, vías de comunicación y cursos de agua como mínimo. En el caso de la base de imágenes debe mantener una resolución consistente en toda el área exterior de al menos 5m de resolución. La disponibilidad de resoluciones inferiores a un metro recomendada sería conveniente pero no imprescindible.

#### Ejecutar consultas predefinidas.

**Roles:** PUBLICO GENERAL; TÉCNICOS DEL CBC; EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC; EXPERTOS EXTERNOS.



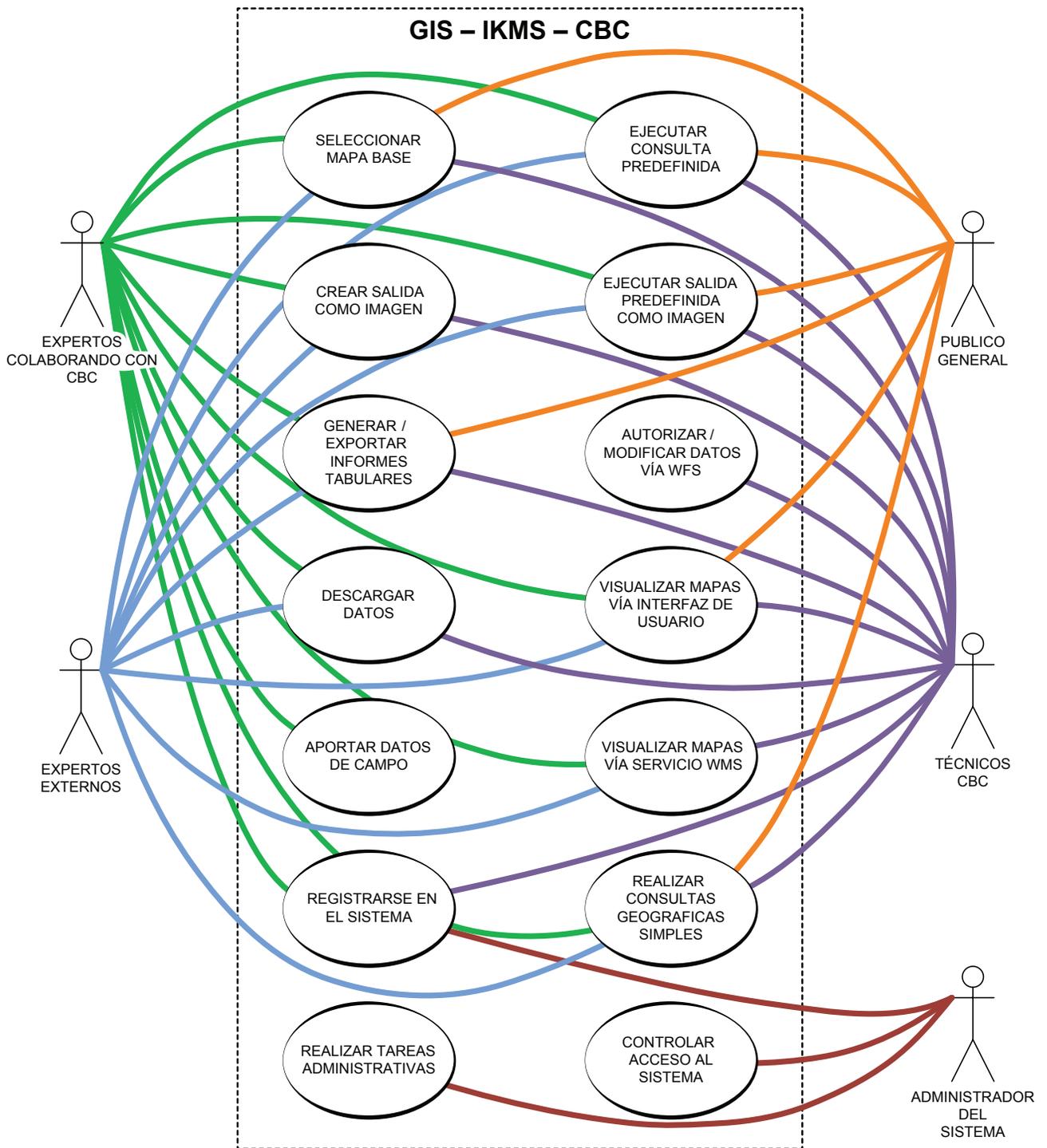


Figura 3.1.: Casos de uso para el GIS-CBC



**Descripción del servicio:** Las consultas serán definidas por el equipo técnico del CBC y generadas en forma de capas vectoriales. Esta actividad es un reflejo de la generación de conocimiento como resultado del proyecto. Tener predefinidas las consultas facilita la comprensión por parte de usuarios sin experiencia técnica en el funcionamiento y metáforas propias de la gestión de base de datos.

#### Crear salida como imagen.

**Roles:** TÉCNICOS DEL CBC; EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC; EXPERTOS EXTERNOS.

**Descripción del servicio:** Este caso de uso genera una versión de la visualización actual en un formato estático y accesible para su uso en documentos o de forma independiente. Los formatos recomendados son jpg, png, tiff y pdf.

#### Ejecutar salida predefinida como imagen.

**Roles:** PUBLICO GENERAL; TÉCNICOS DEL CBC; EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC; EXPERTOS EXTERNOS.

**Descripción del servicio:** El usuario puede seleccionar entre una serie de áreas y mapas para descargar una versión elaborada previamente por el equipo técnico de la Secretaría del CBC. El formato a descargar será jpg, png, tiff o pdf.

#### Generar/exportar informes tabulares.

**Roles:** PUBLICO GENERAL; TÉCNICOS DEL CBC; EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC; EXPERTOS EXTERNOS.

**Descripción del servicio:** El usuario selecciona áreas predefinidas por el equipo técnico o arbitrarias por medio de herramientas simples de análisis espacial (selección por puntos, líneas o áreas). Una consulta es generada y ejecutada por el sistema que devuelve al usuario una tabla con los resultados de la consulta. La tabla podrá ser visualizada en línea o descargada en formato CSV o de imagen.



### Autorizar/modificar datos vía WFS.

**Roles:** TÉCNICOS DEL CBC.

**Descripción del servicio:** El usuario puede enviar al servidor datos nuevos o modificaciones de datos existentes que serán incorporados a la base de datos espacial. Se utilizará el protocolo WFS del OGC. Esto permite hacer disponibles los resultados de estudios de campo realizados por expertos luego de su validación por el personal técnico de la secretaría. También permite la actualización de las acciones realizadas y su publicación además de la corrección simple de errores. Para ejecutar estas acciones los usuarios deben estar identificados por el sistema y actuando con un rol compatible.

### Descargar datos.

**Roles:** TÉCNICOS DEL CBC; EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC; EXPERTOS EXTERNOS.

**Descripción del servicio:** Permite al usuario descargar datos en formatos estándar interoperables (ej. SHP, KML) para su uso en SIG de escritorio. Los datos disponibles para esta función son identificados y preparados por el personal técnico de la Secretaría del CBC.

### Visualizar mapas vía interfaz de usuario.

**Roles:** PUBLICO GENERAL; TÉCNICOS DEL CBC; EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC; EXPERTOS EXTERNOS.

**Descripción del servicio:** Permite al usuario visualizar mapas predefinidos utilizando una interfaz de usuario con las herramientas de navegación adecuadas. La interfaz de usuario debe funcionar en los navegadores web más populares tanto en sus versiones de escritorio como en dispositivos móviles.

### Aportar datos de campo.

**Roles:** EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC.



**Descripción del servicio:** Esta acción almacena datos de campo por medio de formularios predefinidos con referencia espacial. Los formularios son retenidos hasta su aprobación e incorporación al SIG.

#### Visualizar mapas vía servicios WMS.

**Roles:** TÉCNICOS DEL CBC; EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC; EXPERTOS EXTERNOS.

**Descripción del servicio:** Mediante esta actividad los usuarios pueden acceder a servicios de mapas predefinidos que pueden ser incorporados a mapas u otros servicios GIS. Los servicios de mapas teselados son compatibles con el OGC y permiten la transmisión por la red de mapas generados por el equipo técnico del CBC.

#### Registrarse en el sistema.

**Roles:** TÉCNICOS DEL CBC; EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC; ADMINISTRADOR DEL SISTEMA.

**Descripción del servicio:** Mediante este servicio los usuarios se identifican con el sistema en uno de los roles autorizados. Nótese que los roles EXPERTOS EXTERNOS y PUBLICO GENERAL no requieren autorización para acceder al GIS. Esta previsión facilita el acceso de un mayor público a la información simplificando los pasos requeridos.

#### Realizar consultas geográficas simples.

**Roles:** PUBLICO GENERAL; TÉCNICOS DEL CBC; EXPERTOS COLABORANDO CON EL CBC; EXPERTOS EXTERNOS.

**Descripción del servicio:** El servicio debe permitirle al usuario la identificación de coordenadas y la medición de áreas, perímetros y distancias. Adicionalmente debe permitir seleccionar una variable sobre la que realizar análisis, seleccionar objetos a partir de sus atributos o herramientas gráficas, realizar



operaciones de agregación y estadística descriptiva sobre los atributos de objetos.

#### **Realizar tareas administrativas.**

**Roles:** ADMINISTRADOR DEL SISTEMA.

**Descripción del servicio:** El servicio permite adicionar y eliminar datos, actualizar valores, adicionar, modificar o eliminar consultas prediseñadas, realizar copias de seguridad, analizar estadísticas de rendimiento y realizar informes de acceso a los recursos del GIS.

#### **Controlar acceso al sistema.**

**Roles:** ADMINISTRADOR DEL SISTEMA.

**Descripción del servicio:** Permite otorgar y revocar derechos para los roles que lo requieran.

### **3.2. Requisitos de accesibilidad.**

El GIS del IKMS–CBC debe ser accesible a toda persona con acceso a Internet, especialmente a los habitantes de los países incluidos en la Iniciativa del CBC. Durante las reuniones de trabajo se definieron los siguientes requisitos:

- La interfaz de usuario debe ser lo más sencilla posible.
- La interfaz de usuario y el sistema deben adaptarse a dispositivos móviles y PC.
- La interfaz de usuario debe estar localizada en las lenguas más habladas del Caribe: Español, Francés e Inglés.
- Debe minimizarse el lenguaje técnico en las áreas públicas.



### 3.3. Requisitos de seguridad.

En los últimos años influyentes fundaciones y miembros de la industria de Internet han estado promoviendo de forma intensiva la seguridad en la Web. Consecuentemente se han tomado medidas prácticas como el ajuste de las características de los navegadores Web más populares, ver por ejemplo [6]. Los costos de la certificación de los sitios Web han disminuido e incluso han surgido proyectos como Let's Encrypt[7] que con el apoyo de importantes actores de la Web genera certificaciones de dominio gratuitas. La Electronic Frontier Foundation (EFF) recomienda que todas las conexiones a un servidor Web deben ser seguras y estar firmadas por un certificado de terceros[8]. Esta previsión es imprescindible para mantener la visibilidad y seguridad de los usuarios del sitio GIS del CBC. Los líderes del mercado de navegadores web (Microsoft, Google, Mozilla foundation, Apple etc.) tienden a marcar los sitios sin certificado como no seguros en sus navegadores. Un sitio sin certificado puede ser penalizado adicionalmente por los motores de búsqueda más populares disminuyendo su probabilidad de descubrimiento por los usuarios de esos sitios.

Existen dos tipos de certificados aplicables: Certificados de dominio y certificados de organización.

Un certificado de dominio identifica, mediante un tercero o entidad emisora de certificados, que el sitio al que el cliente se conecta corresponde con el dominio especificado. Este tipo de certificado garantiza a las personas que acceden a los contenidos del CBC que la dirección es válida. Los certificados de dominio pueden obtenerse de forma gratuita de entidades certificadoras y en muchos casos de forma automática a través del proveedor de servicios de hosting. Una limitante de este modelo de certificación es que no certifica la institución propietaria del dominio, por lo que no se recomienda para el manejo de datos sensibles o información privada de los usuarios.

Los certificados de organización identifican de forma detallada la organización por medio de entidades certificadoras. En este caso los usuarios que utilicen contenidos generados por el CBC tendrían la certeza de que realizan las transacciones directamente con el CBC. Los certificados de organización implican un proceso de certificación y el pago de tarifas a entidades certificadoras.



Como requisito mínimo todos los dominios asociados con el CBC deben tener un certificado de dominio. Debe considerarse cuidadosamente la necesidad de certificados de institución para los siguientes aspectos de la interacción con el IKMS:

- Servicio de mapas a través de WFS con soporte de edición.
- Identificación de usuarios para tareas administrativas de la base de datos.
- Identificación de usuarios para la recepción de datos de campo.

### **3.4. Requisitos de disponibilidad, mantenimiento y estabilidad.**

En la industria de los GIS como servicio existe una clara diferenciación entre los sistemas críticos y no críticos. Un sistema crítico se define como un tipo de sistema del que dependen la vida, salud o propiedades de las personas. Este tipo de sistemas requiere medidas especiales para mantener el servicio en todo tipo de condiciones (por ejemplo, servidores y hardware duplicado o triplicado). El consenso del equipo técnico de la secretaría del CBC es que el GIS del IKMS–CBC no se considera una aplicación crítica. Por consiguiente los requisitos de estabilidad se definieron como:

- La aplicación debe estar disponible el mayor tiempo posible.
- Debe garantizarse dentro de lo razonable un periodo fuera de línea de no más de 48 horas continuas.
- La aplicación debe soportar 1000 accesos concurrentes como mínimo.



## 4. Opciones tecnológicas para el GIS–CBC

### 4.1. Tecnologías disponibles.

Para lograr los objetivos y capacidades previstas en esta etapa del GIS–CBC debe desplegarse un GIS como servicio. Los GIS como servicio (GaaS) pueden ser desplegados en tres modalidades fundamentales.

En premisa, cuando los servicios son adquiridos por la organización, en este caso el CBC, e instalados en la infraestructura de servicios de tecnología de la información (TI) de la misma. Este modelo de despliegue presenta ventajas en cuanto a la disponibilidad de opciones tecnológicas, seguridad de los datos y el conocimiento propiedad de la organización al estar estos bajo control total de la misma. Por otro lado las organizaciones pequeñas como el CBC se ven recargadas con costos de TI desproporcionados y una recarga en los procesos administrativos necesarios.

En la nube, cuando los servicios son totalmente operados por terceros delegando el CBC la administración de sus TI y servicios GIS a infraestructuras especializadas. Esta opción elimina en la práctica la necesidad de fuertes inversiones en instalación y mantenimiento de servicios GIS y TI por el CBC, al estar a cargo estas actividades de proveedores de servicios especializados. La el CBC por su parte pierde control sobre sus datos, información y procesos. Adicionalmente deben analizarse y manejarse nuevos riesgos como temas de jurisdicción legal, cambios imprevistos de propiedad y de modelos de negocios, oscilación de precios, entre otros.

Un tercer modelo mixto utiliza infraestructura de TI en la nube y servicios GIS implementados y mantenidos por la el CBC. Este modelo mantiene las ventajas del modelo en la nube en lo referido a minimizar los costos de infraestructura de TI. Al mismo tiempo el modelo permite al CBC mantener una parte significativa del



control sobre el diseño y la operación del GIS y sus datos. Una ventaja adicional es que permite una migración simple a otro servicio sin necesidad de nuevas inversiones en ingeniería de software y desarrollo de aplicaciones.

Desde el punto de vista de software, todos los GIS como servicio están estructurados con una arquitectura cliente–servidor cuyo esquema simplificado aparece en la Figura (4.1). Los usuarios del GIS se conectan a través de un cliente GIS, que puede ejecutarse en navegadores Web de uso general como Mozilla, Chrome, Safari, Explorer etc. o ser una aplicación independiente ejecutándose en un sistema operativo específico como MS–Windows, LINUX, Android, iOS o POSIX. Por lo general las aplicaciones cliente GIS realizan todas las interacciones con el usuario y limitados análisis espaciales, delegando en el servidor GIS las funciones especializadas. Los clientes son construidos a partir de librerías de desarrollo especializadas o pueden ser suministrados “listos para usar” por organizaciones especializadas.

Los servidores GIS son plataformas de software diseñadas para proveer datos espaciales y servicios de geo–procesamiento a múltiples clientes de forma simultánea. Su diseño se enfoca en la integración con otros sistemas de TI, estabilidad, seguridad y capacidad de escalamiento. Los mismos se comunican con los clientes GIS a través de protocolos de transferencia de datos y servicios como muestra la Figura (4.1).

Existen tres grupos fundamentales de protocolos de datos GIS. Los protocolos promovidos por el Open Geospatial Consortium (OGC)[9] que promueve estándares abiertos de transferencia de datos espaciales. Los protocolos desarrollados por la industria de GIS para plataformas específicas, basados en otros estándares de comunicación de Internet como REST y SOAP; y protocolos independientes de código abierto desarrollados por voluntarios para resolver problemas específicos no abordados por los grupos anteriores.

Los protocolos OGC más utilizados son el Web Map Service (WMS) orientado a la distribución de mapas, el Web Feature Service (WFS) que permite la transferencia de objetos geográficos entre cliente y servidor, el Web Coverage Service (WCS) orientado a la transferencia y consulta de datos en formato raster y el Web Process Service (WPS) diseñado para la transferencia de información relacionada con procesamiento GIS. En el caso de los protocolos desarrollados por la industria,



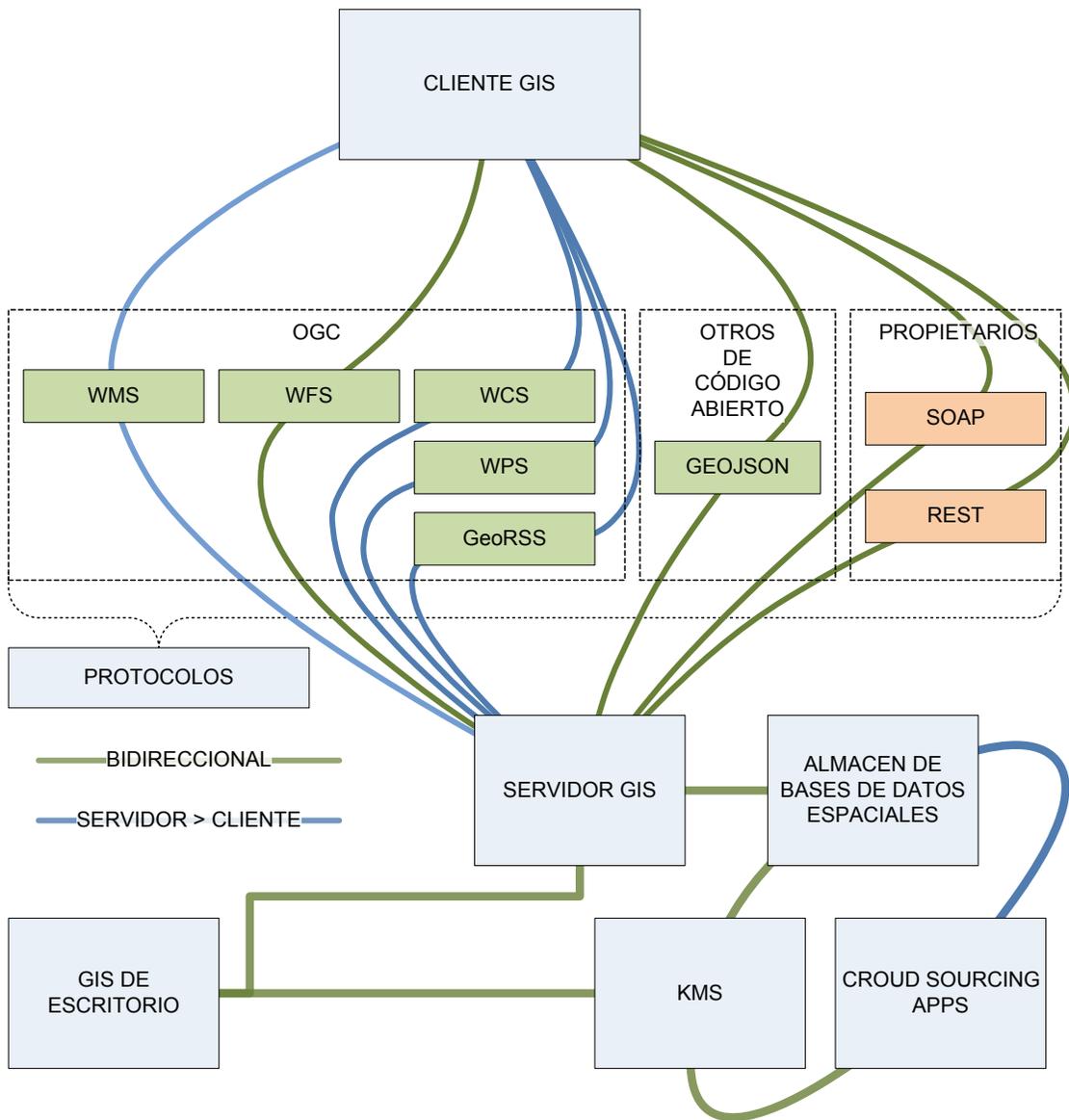


Figura 4.1.: Esquema simplificado de un GIS como Servicio.



los mismos responden a las arquitecturas de sus respectivas plataformas y están diseñados expresamente para aprovecharse de sus ventajas. Estos protocolos son por lo general más eficientes que los protocolos OGC, pero al costo de una compatibilidad limitada o nula fuera de la plataforma de desarrollo específica.

Finalmente los protocolos desarrollados por la comunidad, como el GeoJSON que aparece en la Figura (4.1), al responder a problemas que afectan toda la industria han visto una aceptación generalizada por los desarrolladores y las plataformas comerciales más importantes los han añadido a sus capacidades nativas. En este caso el GeoJSON está diseñado para minimizar el consumo de datos en la transferencia de objetos espaciales.

Los software GIS de escritorio son requeridos para la preparación cartográfica, el preprocesamiento de los datos y la realización de análisis espaciales complejos. Tienen la ventaja de un conjunto de herramientas especializadas generalmente no accesible o solamente accesible a costos elevados en el modelo cliente servidor.

Nótese en la Figura (4.1) la relación de los servidores con otros sistemas de TI. Entre ellos los más relevantes son los sistemas de almacenamiento de datos espaciales, las aplicaciones de captura masiva de datos espaciales (croud sourcing) y los sistemas institucionales de gestión del conocimiento (KMS). Los servicios GIS completamente en la nube de un modo muy similar aunque en este caso la estructura de comunicación servidor–cliente es transparente al usuario final. El costo de esa transparencia se refleja en capacidades de geoprocesamiento o almacenamiento de datos limitadas o orientadas a un tipo de usuario específico (e.g. desarrolladores de apps, empresas desarrollando estrategias de mercado).

#### **4.1.1. Servidores GIS.**

Existe gran número de servidores GIS disponibles bajo diferentes modelos de licencia. La gran mayoría de ellos están diseñados para industrias específicas. En el presente reporte se seleccionaron cinco servidores de uso general. Se consideró SuperMap[5], la plataforma utilizada en el GIS heredado, ArcGis Enterprise[10], el líder global de plataformas comerciales de uso general en el tema de medio ambiente y tres plataformas de código abierto: MapServer, un proyecto derivado



de las investigaciones de la NASA; GeoServer[11], desarrollado como la plataforma común de los servicios promovidos por el OGC; y GeoNode[12], plataforma de integración de datos espaciales creada a partir de GeoServer.

La Tabla (A.1) muestra una comparación de estos servidores con respecto a una serie de características relevantes para el GIS–CBC. Puede observarse en la misma que todos son equivalentes en cuanto a su funcionamiento en servidores LINUX, capacidad de operar con almacenes de datos de código abierto (ver Tabla (A.4)), plataforma de programación con herramientas de código abierto y compatibilidad con los principales servicios del OGC.

Los servidores comerciales presentan ventajas en el soporte de almacenamiento local eficiente, lo que simplifica el despliegue de las soluciones. Otras ventajas de estos servidores son la variedad de herramientas de programación disponible y la sencillez de su despliegue. Los costos de despliegue de estos productos pueden ser muy elevados teniendo en cuenta los costos de licencia. Sin embargo el costo del desarrollo y mantenimiento es típicamente bajo.

Los servidores de código abierto presentan como ventaja fundamental el costo cero o muy bajo en licencias de software a pesar de mantener en la mayoría de las aplicaciones capacidades equivalentes a los modelos de licencia comercial. No obstante el costo de desarrollar, configurar y mantener esas características de rendimiento puede ser elevado al requerir en la mayoría de los casos soluciones altamente personalizadas. El mantenimiento de estas soluciones puede dificultarse en un entorno de escasa fuerza laboral especializada disponible.

#### **4.1.2. Clientes GIS.**

La tecnología de clientes GIS se ha expandido en gran medida gracias a la alta demanda de los mismos y la existencia de estándares abiertos de uso generalizado promovidos por el OGC. Existe además un interés en la industria para garantizar capitalizar las ventajas de sus proveedores de servicios con las innovaciones desarrolladas por empresas emergentes con modelos de negocios más abiertos.

Fueron escogidos cuatro clientes de uso general cuyos datos generales aparecen en la Tabla (A.2), todos ellos con capacidad para ejecutarse en el entorno HTML5



estándar nativo de los navegadores Web más populares. Dos de ellos corresponden a los sistemas de visores proporcionados por los fabricantes de los servidores propietarios analizados, ArcGis for JS y SuperMap iClient. Ambas aplicaciones son de distribución gratuita. El cliente OpenLayers[13] es un proyecto de código abierto diseñado como complemento de GeoServer y es muy utilizado para desarrollar aplicaciones basados en el mismo. Finalmente el cliente Leaflet[14] fue seleccionado por su facilidad de implementación, eficiencia y extensas capacidades. Desde su aparición este último se ha convertido en un estándar de facto cuando se trata de prestaciones, facilidad de desarrollo e interacción transparente con clientes Web en dispositivos móviles y escritorio. Un reflejo de esta popularidad es el soporte que le brindan los distribuidores de software de servidor más populares que permite su integración simple con todos los servidores GIS relevantes.

#### **4.1.3. GIS de escritorio.**

La biodiversidad es un objeto de estudio complejo y multidisciplinario. Por estas razones es poco práctico tratar de implementar todas las necesidades de análisis GIS posiblemente necesarias como servicio en este proyecto. La mayor parte, si no la totalidad, de la base de datos e información debe procesarse por expertos antes de ser puesta a disposición de los usuarios del GIS–CBC. La utilización de algún tipo de software GIS de escritorio es imprescindible en estas circunstancias.

Fueron seleccionados cuatro GIS de escritorio como opciones a considerar. Al igual que en los apartados anteriores se analizó el líder del mercado, ArcGis desktop; el GIS de escritorio del proveedor del GIS heredado, SuperMap iDesktop y las dos opciones de código abierto más populares: Quantum GIS (QGis)[15] y SAGA GIS[16]. La Tabla (A.3) describe sus características relevantes.

Las ventajas de la primera opción son muy claras: herramientas robustas para todas las necesidades y muy completa y detallada documentación y base de usuarios. Estas ventajas están acompañadas de un precio de entrada muy elevado. El SuperMap iDesktop presenta capacidades de análisis más reducidas y un precio de adquisición mucho menor. Ambos GIS están completamente integrados en sus respectivos ecosistemas cliente–servidor lo que permite la publicación de información de forma simple y eficiente. Adicionalmente son capaces de utilizar



datos de servicios propios y compatibles con OGC. Ambos están diseñados para MS–Windows y presentan cierta compatibilidad con sistemas operativos de código abierto.

QGis es una herramienta de código abierto que compite exitosamente con los software propietarios anteriormente mencionados gracias a su integración con las librerías GDAL para garantizar interoperabilidad, con GRASS[17] para el análisis espacial y un robusto sistema de plugins mantenido por su extensa comunidad de usuarios académicos. SAGA es una aplicación orientada a facilitar los análisis de problemas relacionados con la biodiversidad con una extensiva base de algoritmos incorporados. Desde el punto de vista de su capacidad de análisis e interoperabilidad, las herramientas de código abierto seleccionadas son equivalentes y en el caso del SuperMap Desktop más completas. Su principales desventajas son la documentación dispersa y una curva de aprendizaje más pronunciada.

#### **4.1.4. Almacén de bases de datos espaciales.**

Las demandas de almacenamiento propio de datos espaciales para el GIS–CBC no se consideran muy exigentes en el contexto actual de Big Data. La mayoría de las opciones disponibles pueden ser suficientes con un optimizado adecuado de las estrategias de almacenamiento y recuperación de datos.

Se analizaron tres soluciones propietarias: Los almacenes de datos espaciales provistos por Esri y SuperMap, y la solución líder en el mercado empresarial, Oracle Spatial[18]. Los dos primeros casos son equivalentes en el sentido en que están ambos diseñados para el almacenamiento local de datos espaciales y sus atributos. Presentan ventajas significativas cuando el volumen de datos espaciales a almacenar no es muy elevado. La tercera solución puede almacenar de forma eficiente un volumen prácticamente ilimitado de datos. Las tres soluciones incluyen optimizaciones nativas para el almacenamiento y recuperación de datos espaciales.

Igualmente se analizaron las soluciones populares de código abierto y alto rendimiento: PosGIS, una extensión orientada a los GIS del motor de base de datos PostgreSQL[19]. y MySQL[20], aplicación de base de datos muy popular en la programación de aplicaciones de Internet. De ellas solamente PosGIS cuenta



con estructuras nativas de almacenamiento de datos espaciales. No obstante las capacidades de MySQL pueden extenderse a través de plugins y ambas pueden funcionar de forma eficiente integradas a sistemas propietarios.

#### **4.1.5. Aplicaciones para captura de datos de campo.**

Una de las funciones deseadas del GIS–CBC corresponde a la captura de datos de campo. Las aplicaciones de captura de datos de campo tradicionales están relacionadas con hardware especializado y aplicaciones industriales (Por ejemplo ruggedized HHPC). La ubicuidad de dispositivos móviles que son esencialmente computadores por derecho propio con sensores de geolocalización integrados ha promovido un cambio radical hacia los datos GIS recogidos por voluntarios (croudsorcing).

Las características comunes de estos sistemas son una interfaz de usuario que se ejecuta en el cliente y permite la colección de datos con el apoyo de sensores integrados (e.g GPS, Brújula digital). Esta aplicación cliente en algunos casos es capaz de operar con mapas base y herramientas GIS básicas provistas por un proveedor de servicios GIS. En aplicaciones más elaboradas son GIS por derecho propio. Otras plataformas de este tipo se enfocan en la ejecución de encuestas predefinidas aportando datos de geolocalización obtenidos de sensores en el dispositivo cliente o utilizando servicios de geocodificación.

En el análisis realizado se consideraron ocho plataformas de este perfil. Dos de ellas forman parte de las plataformas GIS de Esri y SuperMap. Arcgis for Mobile y SuperMap iMobile. Estas plataformas están diseñadas para integrarse como aplicaciones GIS en entornos móviles controlados, especialmente en entornos empresariales o de organizaciones públicas con necesidades específicas. Su modelo de licencia es por usuario y requieren o bien un diseño propio o entrenamiento de los usuarios para la aplicación específica. Ambos en la mayoría de los casos. Estas aplicaciones heredan su capacidad de operar en la nube o en premisa de sus respectivas plataformas de origen.

Otras tres plataformas, con licencia de código abierto fueron analizadas. KoBo, GeoODK y SMART. Las dos primeras se derivan del proyecto ODK. La primera se enfoca en simplicidad y eficiencia en la colección de datos de campo. KoBo



incluye un almacenamiento en la nube para proyectos no comerciales que lo hace muy conveniente. Sus limitaciones en la gestión de datos espaciales pueden considerarse una ventaja en ciertas aplicaciones. GeoODK se enfoca en proveer de herramientas espaciales al proyecto base, así como simplificar su despliegue. SMART es una herramienta de desarrollo reciente que cuenta con capacidades y potenciales de desarrollo potencialmente interesantes.

Finalmente se analizaron tres herramientas asociadas a plataformas de servicios GIS en la nube. Estas herramientas MDC GisCloud, MapIt GIS y AmigoCloud tienen un objetivo similar a las dos primeras mencionadas y requieren suscripciones a sus servicios en la nube respectivos. Los datos recopilados en estas herramientas son procesados por los servicios que los originan.

#### **4.1.6. Soluciones GIS en la nube.**

Para los efectos del presente informe, una plataforma se considera GIS en la nube cuando la Secretaría del CBC no es propietaria de la plataforma de software ni del hardware donde se ejecuta el GIS como servicio. Estas soluciones tienden a estar diseñadas priorizando la conveniencia para el usuario final, por lo que la disponibilidad de servicios GIS suele estar confinada a los servicios más populares entre su mercado objetivo. Dada la naturaleza de las operaciones de los servicios GIS en la nube, los modelos libres de costo para el usuario final no son viables por lo general.

Se consideraron cinco soluciones GIS en la nube. Las dos primeras como en casos anteriores corresponden a las ofrecidas por Esri y SuperMap. Ambas ofrecen alquiler de todos los servicios de su plataforma desplegados en sus propias nubes corporativas. En ambos casos es posible desplegar la tecnología en premisa. Esta última opción solamente tiene sentido para organizaciones que brindan a su vez servicios GIS, por lo que no se aplica al caso del GIS-CBC.

La tercera opción, MapX[21] es un interesante desarrollo apoyado por el sistema de las Naciones Unidas y basado en software de código abierto[22]. MapX es la plataforma base del UN biodiversity Lab[23] un proyecto conjunto de ONU Medio Ambiente y el PNUD para proveer una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para los países miembros en el proceso de elaboración de sus informes



nacionales. UN biodiversity Lab integra gran cantidad de datos sobre la conservación de la biodiversidad de diferentes fuentes y alcance global. La plataforma se ha desarrollado para proporcionar una plataforma apropiada para proyectos en necesidad de servicios GIS. MapX permite la integración de datos con servicios simples de geoprocésamiento. Adicionalmente está en proceso de construir su propia API de desarrollo, integrar servicios de recogida de datos de campo (KoBo, mencionado en 4.1.5) y proporcionar compatibilidad con publicación de servicios GIS OGC. Estos futuros desarrollos la hacen de interés especial para la Secretaría del CBC.

Las siguientes dos soluciones son plataformas que ofertan servicios GIS en la nube a empresas y desarrolladores de aplicaciones. GisCloud[24] y Mango Maps[25] ofertan servicios GIS de almacenamiento de datos, creación de mapas y geoprocésamiento. Este tipo de plataformas cuenta por lo general con API's que permiten a terceros desarrollar aplicaciones con servicios GIS. La mayoría de ellas permite la publicación de mapas a través de servicios compatibles con los estándares del OGC.

## 4.2. Opciones identificadas.

El mercado de los servicios GIS ha conocido una expansión sin precedentes en los últimos años. De un segmento dedicado a profesionales se ha transformado en un entorno global y competitivo con opciones para todo uso. Por esta razón identificar opciones tecnológicas para el GIS–CBC requiere un conjunto de definiciones previas que limite el espectro de posibles soluciones.

Durante las sesiones de trabajo con el personal de la Secretaría del CBC se definieron, además de los requisitos anteriormente descritos, las siguientes guías generales a seguir:

- Todos los países de la iniciativa deben tener acceso a las tecnologías utilizadas.
- El costo, especialmente de programación y mantenimiento, debe mantenerse al mínimo como garantía de sostenibilidad.



- Deben priorizarse las opciones tecnológicas especialmente diseñadas para el trabajo con la biodiversidad, en segundo lugar los sistemas de amplio espectro.

Utilizando estas guías y los requisitos arriba definidos, se definieron las opciones que a continuación se describen.

1. Migración del sistema heredado a un servidor en la nube.
2. Migración del sistema heredado a un servidor en la nube y actualizar/realizar mejoras incrementales.
3. Crear un nuevo sistema de servicios GIS en la nube basado en software propietario.
4. Crear un nuevo sistema de servicios GIS en la nube construido a partir de software de código abierto no comercial (OGC).
5. Migrar a una plataforma de servicios GIS en la nube.

Todas las opciones consideradas, excepto la primera tienen la capacidad para ofrecer los servicios considerados necesarios. Esta situación debe tenerse en cuenta al seleccionar la opción u opciones preferidas.

### **Migración del sistema heredado a un servidor en la nube.**

Esta opción requiere contratar servidor dedicado con características similares al heredado a un proveedor en la nube. Debido a la opción de licencia escogida en su momento y el tiempo transcurrido, el período de mantenimiento gratuito del fabricante de la plataforma de servicios GIS heredada expiró. Es necesario realizar un pago único para trasladar la licencia existente a la nube. Este pago puede ser considerado innecesario por el fabricante teniendo en cuenta las características del proyecto CBC.

Adicionalmente debe configurarse el servidor contratado con el sistema heredado, lo que puede ser contratado al proveedor de servicios en la nube o como consultoría. Finalmente todos los archivos deben ser copiados al servidor contratado. Finalmente, es necesario configurar los certificados del sitio adquiridos para el servidor de mapas, lo cual puede lograrse utilizando un servicio gratuito y automatizado de certificado de dominio como Let's Encrypt.



## **Migración del sistema heredado a un servidor en la nube y actualizar/realizar mejoras incrementales.**

La opción es similar a la anterior. Requiere contratar servidor dedicado con características similares al heredado a un proveedor en la nube. En este caso existen dos cursos de acción: realizar un pago único por mantenimiento para trasladar la licencia de la plataforma de servicios GIS heredada a la nube como se explicó anteriormente o abonar el costo de mantenimiento anual desde la compra del software (3 años) para obtener una actualización a la versión actual de la plataforma de servicios GIS sin necesidad de adquirirla nuevamente. En caso de seleccionarse la primera opción existe el riesgo de que no se puedan implementar todas las mejoras previstas debido a la antigüedad de la tecnología.

El servidor contratado debe configurarse con un sistema compatible con el sistema heredado, lo que puede ser contratado al proveedor de servicios en la nube o incluirse en el proyecto de desarrollo de software requerido. La copia de todos los archivos al servidor contratado garantizaría la operación del actual GIS-CBC. Para la actualización hasta los requisitos establecidos para esta etapa se requiere la licitación, contratación y ejecución de un proyecto de desarrollo de software. La operación de las nuevas funcionalidades del GIS puede requerir un mantenimiento más dedicado que la aplicación heredada en dependencia del nivel de implementación de las mejoras.

La adquisición de datos de campo requiere la utilización de un sistema especializado independiente. Existen tres opciones aplicables en este caso: utilizar las capacidades de la plataforma, lo que implica licencias adicionales; obtener una suscripción a un servicio especializado que se integraría al sistema de forma manual por el personal de la Secretaría del CBC; o la opción recomendada que requiere la instalación de un sistema de código abierto en premisa que se integre al menos de forma semi-automatizada al GIS-CBC.

En este caso es también preciso configurar los certificados del sitio adquiridos para el servidor de mapas. Utilizar un servicio gratuito y automatizado de certificado de dominio, como por ejemplo el anteriormente referido Let's Encrypt, permitiría garantizar un mantenimiento eficiente y libre de costo. Si se tiene en cuenta que puede ser necesario la colección y mantenimiento de datos de usuario como co-



reos electrónicos y contraseñas, además de la posibilidad del uso de datos del CBC para informes oficiales, debe analizarse la pertinencia de obtener una certificación de organización o extendida para el sitio completo.

La incorporación de nuevos mapas requiere para su preparación de software GIS de escritorio. En este caso los mapas nuevos o modificados pueden realizarse con el software GIS de escritorio adquirido para el GIS heredado, o con su versión actualizada si se cubren los costos completos de mantenimiento. Es posible utilizar software GIS de escritorio con licencia compatible con código abierto para complementar las capacidades necesarias o realizar análisis actualizados.

### **Crear un nuevo sistema de servicios GIS en la nube basado en software propietario.**

En este caso la opción requiere seleccionar una solución comercial completa o mixta. Se necesita como en las opciones anteriores contratar al menos un servidor dedicado en la nube con las características necesarias para soportar el software a implementar. Deben licitarse, negociarse y adquirirse las licencias necesarias para el desarrollo y la implementación del software. Es necesario además la licitación, contratación y ejecución de un proyecto de desarrollo de software. Al igual que en los casos anteriores es necesario diseñar y poner en práctica un modelo de certificación del sitio similar a los descritos anteriormente.

La adquisición de datos de campo requiere al igual que el caso anterior la utilización de un sistema especializado independiente. De las tres opciones aplicables en este caso: utilizar las capacidades de la plataforma que implica licencias adicionales; subscribirse a un servicio especializado que se integraría al sistema de forma manual por el personal de la Secretaría del CBC; o la instalación de un sistema de código abierto en premisa que se integre al menos de forma semi-automatizada al GIS-CBC pueden considerarse la primera y la última dependiendo del número de usuarios esperados.



## **Crear un nuevo sistema de servicios GIS en la nube construido a partir de software de código abierto no comercial (OGC).**

La opción requiere seleccionar un conjunto de servidor GIS, Cliente GIS, almacén de base de datos y el entorno de desarrollo adecuado. Se necesita como en las opciones anteriores contratar al menos un servidor dedicado en la nube con las características necesarias, que en este caso pueden ser más exigentes, para soportar el software a implementar.

Es necesario licitar, contratar y ejecutar un proyecto de desarrollo de software. En este caso el proyecto debe prever con gran cuidado el mantenimiento y las acciones a realizar para garantizar una documentación detallada de todos los aspectos del diseño. El proyecto de desarrollo debe incluir todas las funcionalidades previstas para el GIS-CBC. También deben considerarse las acciones necesarias para garantizar el mantenimiento del sistema con especial cuidado. Al igual que en los casos anteriores debe diseñarse y poner en práctica un modelo de certificación del sitio similar a los descritos en opciones previas.

## **Migrar a una plataforma de servicios GIS en la nube.**

La migración a una plataforma de servicios en la nube requiere un estudio detallado de las características de la plataforma. Luego de seleccionada la plataforma a utilizar se deben realizar las contrataciones correspondientes en dependencia del modelo de negocios que utilice la plataforma objetivo. Debe tenerse en cuenta el espacio de almacenamiento a contratar, la cantidad de usuarios que pueden conectarse, los costos de administración y los servicios de procesamiento GIS disponibles. Debe licitarse, contratarse y ejecutarse un proyecto de implementación del sistema. Este proyecto debe incluir la migración de los datos de los formatos originales (incluyendo el GIS heredado) a otros compatibles con la plataforma. Las limitaciones de este tipo de plataformas en cuanto a rendimiento compartido y prioridad de la facilidad de uso general implican la necesidad de analizar cuidadosamente la estructura de datos y el modelo de operaciones.

Adicionalmente, es necesario considerar las tareas de gestión que debe ejecutar la Secretaria del CBC según los servicios acordados con el proveedor del servicio y las



funciones del GIS–CBC desplegadas en el mismo. Por ejemplo, el procedimiento de autorización de datos de campo que proporcionan la mayoría de estos servicios debe ser analizado y aprobado en las fases iniciales del proceso de contratación.

Debido a su naturaleza, los servicios de este tipo ofrecen por defecto un protocolo de certificación establecido a nivel como mínimo de certificados de dominio. No obstante puede ser necesaria la adquisición de certificados de dominio o de organización para los segmentos del IKMS–CBC no hospedados en el servicio GIS en la nube contratado.

### **4.3. Análisis técnico de las opciones identificadas.**

Cada una de las opciones identificadas fueron analizadas teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Complejidad de diseño.

Entendida como la necesidad de minimizar la complejidad de diseño del GIS–CBC.

2. Necesidad de generación de código.

Una menor necesidad de generación de código es deseable al simplificar la modificación, mantenimiento y actualización del GIS–CBC.

3. Complejidad de integración.

Se prefieren las opciones con integración por diseño para evitar incompatibilidades con futuras versiones o mejoras a los componentes.

4. Complejidad de mantenimiento.

Los sistemas con menor necesidad de labores de mantenimiento reducen la dependencia de personal especializado a largo plazo.

5. Seguridad.

Se prefieren las opciones tecnológicas que provean control de seguridad nativo y un control fino de los niveles de acceso.

6. Disponibilidad de la tecnología.

En el contexto del CBC es necesario minimizar las barreras al acceso de la tecnología derivadas del entorno legal de los fabricantes (un ejemplo es el



caso de Cuba y las restricciones a su comercio internacional impuestas por los Estados Unidos de América).

Debido a la disparidad de la naturaleza de las opciones consideradas, es difícil describir este análisis. Por esta razón se utilizó el Modelo Analítico Jerárquico (AHP), ampliamente reconocido en el campo de los procesos de toma de decisiones para facilitar su ejecución y seguimiento. En el AHP cada una de las opciones son evaluadas por pares con respecto a cada criterio utilizando una escala de preferencias estándar. La escala estándar es positiva y consiste en valores del 1 al 9, donde 1 corresponde a igual importancia y 9 a máxima predominancia de un criterio sobre otro. Los inversos de estos valores se utilizan para indicar preferencias negativas. Esta escala estándar puede ser sustituida por indicadores numéricos (como por ejemplo precios de mercado) si están disponibles.

Los criterios son evaluados entre sí de forma similar. De esta manera es posible obtener proporciones que representan la preferencia del experto o tomador de decisión cuando analiza cada par de criterios. La agregación de estas proporciones permite ordenar las opciones disponibles de acuerdo con las preferencias expresadas incluso si es extremadamente difícil llevarlas a un plano común de comparación. Este análisis puede ser revisado en cualquier momento para tener en cuenta la variación de los factores en consideración.

Tabla 4.1.: Criterios técnicos ordenados por su relevancia

Criterio	Nombre corto	Peso
Complejidad de mantenimiento	C. Mantenimiento	0.2038
Complejidad de diseño	C. Diseño	0.1784
Disponibilidad de la tecnología	Disp. Tecnologia	0.1666
Seguridad	Seguridad	0.1574
Necesidad de generación de código	Gen. codigo	0.1529
Complejidad de integración	C. Integracion	0.1409

El resultado del análisis de los criterios técnicos puede verse en la Tabla (4.1). Como puede observarse, el presente reporte recomienda priorizar minimizar la necesidad de mantenimiento y complejidad del diseño en primer lugar. En las condiciones del CBC, la disponibilidad de la tecnología a todos los miembros es



también relevante. Nótese la inexistencia de criterios no relevantes (con valores de prioridad significativamente mas bajos que el resto).

#### **4.4. Análisis financiero de las opciones identificadas.**

Este tipo de análisis es en teoría relativamente sencillo dada su naturaleza numérica. No obstante los valores implicados no siempre están disponibles para su uso de forma previa. La situación tiene su origen en la naturaleza de la industria de proyectos GIS que en su mayoría exige requisitos de confidencialidad en los precios acordados y la naturaleza de los proyectos de código abierto que requieren personal altamente calificado y de alta movilidad. Por estas razones se utilizó el método AHP al igual que con los criterios técnicos para ordenar las opciones según su preferencia. Cada una de las opciones fueron analizadas desde el punto de vista financiero teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Costo inicial.

En el sentido de qué opción genera los menores costos iniciales en el proceso de su implementación. Costos iniciales se refiere en este caso a los costos de licencias, alquiler de servicios (aunque se extiendan en el tiempo) preparación de datos y programación.

2. Costo de integración.

Igualmente en el sentido que la opción más ventajosa es la de menor necesidad de gastos asociados a la integración de los diferentes elementos del GIS-CBC.

3. Costo de mantenimiento.

En este caso se considera más ventajosa la opción que requiere menor cantidad de tiempo y grado de especialización para su mantenimiento operativo. El mantenimiento incluye el tiempo dedicado por el personal de la Secretaría del CBC realizando procesamiento de datos para actualizaciones.

Como se puede observar en la descripción de los criterios, el sentido del análisis es identificar cuáles son las opciones más ventajosas al proyecto del GIS-CBC desde el punto de vista financiero. Los resultados en este aspecto identifican el nivel de preferencia relativa de las opciones. En caso de disponerse de datos reales de costo



Tabla 4.2.: Criterios financieros ordenados por relevancia

Criterio	Nombre corto	Peso
Costo inicial	Costo Inicial	0.4934
Costo de mantenimiento	Costo Mantenimiento	0.3108
Costo de integración	Costo integracion	0.1958

en fases más avanzadas es posible ajustar el análisis para reflejar los valores de costo numérico dentro del marco del modelo de decisión AHP.

La Tabla (4.2) muestra la relevancia relativa de los criterios con respecto al objetivo de minimizar el impacto financiero del GIS–CBC en el balance de la secretaria del CBC. Como puede verse en la misma, se considera de mayor importancia minimizar el costo inicial del GIS–CBC, y un costo de mantenimiento reducido en segundo lugar.



## 5. Estrategia de desarrollo propuesta.

### 5.1. Resultados del análisis.

Los resultados del análisis realizado aparecen en la Tabla (5.1). Las opciones aparecen ordenadas por su prioridad total, de mayor prioridad a menor. Debe tenerse en cuenta que el orden en que se encuentran las opciones es más relevante que las puntuaciones obtenidas. El anexo B contiene los detalles de las comparaciones realizadas para obtener este resultado.

Tabla 5.1.: Opciones ordenadas por relevancia

Opción	Nombre corto	Peso
Migración del sistema heredado a un servidor en la nube	migracion	0.8955
Migración del sistema heredado a un servidor en la nube y actualizar/realizar mejoras incrementales	actualizacion	0.6978
Migrar a una plataforma de servicios GIS en la nube	nuevo Nube	0.5399
Crear un nuevo sistema de servicios GIS en la nube construido a partir de software de código abierto no comercial (OGC)	nuevo OC	0.4781
Crear un nuevo sistema de servicios GIS en la nube basado en software propietario	nuevo prop	0.4779

La primera opción sugerida “migracion” presenta muchos aspectos convenientes tanto desde el punto de vista técnico como financiero. Los detalles de estas ventajas pueden consultarse en la Tabla (5.2) y el gráfico de la Figura (5.1). Puede observarse que las ventajas técnicas y financieras se consideran significativas, con una preponderancia de las ventajas financieras. Sin embargo, como se especificó con anterioridad, las “ventajas” técnicas en este caso se derivan de que seguir esta opción implica renunciar a las nuevas capacidades deseadas del GIS–CBC.



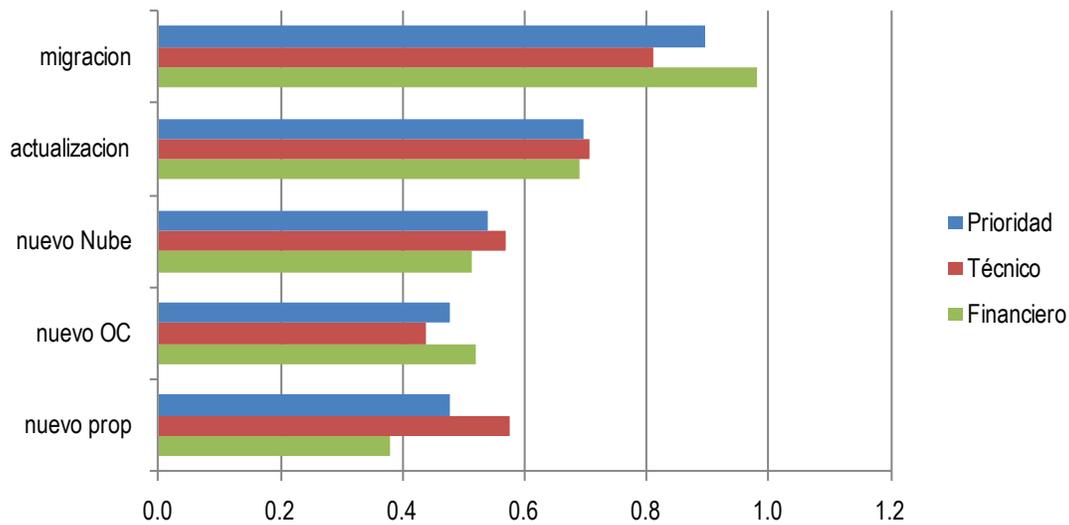


Figura 5.1.: Distribución de las prioridades entre las opciones consideradas

Por consiguiente la opción “migracion” solamente se recomienda en caso de que se decida no actualizar el GIS–CBC o como una solución temporal de emergencia.

En la segunda opción en orden de prioridad “actualizacion” se presenta un equilibrio de los criterios técnicos y los financieros. Nótese en el gráfico de la Figura (5.1) que esta opción se considera claramente más conveniente que la opción “nuevo Nube” que la sigue en el orden de prioridad.

La tercera opción siguiendo el orden de la Tabla (5.1) es la anteriormente mencionada “nuevo Nube”. Las ventajas de esta opción para el GIS–CBC son ligeramente más técnicas que financieras. desde el punto de vista técnico esta opción es ligeramente inferior a “nuevo prop”, aunque las ventajas financieras de esta opción la hacen más recomendada en este análisis específico.

Finalmente se encuentran las opciones “nuevo OC” y “nuevo prop”. La similitud de las prioridades implica que ambas son intercambiables. Nótese no obstante, que la primera es más ventajosa desde el punto de vista financiero que la segunda. La relación se invierte cuando se consideran los aspectos técnicos, donde “nuevo prop” presenta una adecuación técnica mucho mayor a las expectativas del GIS–CBC. Esto indica que el orden de una sobre otra puede invertirse fácilmente si varían las prioridades técnicas y financieras.

En la Tabla (5.2) pueden revisarse las puntuaciones de todas las opciones para



cada criterio analizado tal como fueron derivadas de las comparaciones por pares. Como se mencionó anteriormente el anexo (B) contiene todos los detalles de cada matriz de análisis realizada. En este anexo pueden visualizarse además los coeficientes de coherencia de cada matriz.

Tabla 5.2.: Síntesis de preferencias para las opciones consideradas

Opciones	Pesos	Tecnico	C. Diseño	Gen. codigo	C. Integracion	C. Mantenimiento	Seguridad	Disp. Tecnologia	Financiero	Costo Inicial	Costo integracion	Costo Mantenimiento
migracion	0.8955	0.7909	1.0000	0.8929	0.8125	1.0000	0.1722	0.7843	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
actualizacion	0.6978	0.7086	0.4314	0.4762	1.0000	0.8333	1.0000	0.5441	0.6870	0.6310	0.5694	0.8500
nuevo prop	0.4779	0.6012	0.4314	0.3988	1.0000	0.7222	1.0000	0.1065	0.3546	0.1274	0.4583	0.6500
nuevo OC	0.4781	0.4270	0.1359	0.1452	0.2917	0.2685	0.7500	1.0000	0.5293	0.8214	0.2500	0.2417
nuevo Nube	0.5399	0.5743	0.2549	1.0000	0.8750	0.6667	0.4097	0.3137	0.5056	0.4643	0.4861	0.5833
CI		0.0865	0.0116	0.0479	0.0496	0.0301	0.0432	0.0554	0.0516	0.0385	0.0949	0.0797

## 5.2. Análisis de sensibilidad de las prioridades propuestas

Los modelos de decisión multicriterio como el AHP se basan en juicios cualitativos. A pesar de que el AHP es uno de los modelos más respaldado desde el punto de vista numérico, es imprescindible realizar alguna evaluación de cómo las prioridades seleccionadas reaccionan a una variación de las premisas utilizadas. En este caso se realizó un pequeño estudio de sensibilidad considerando dos escenarios extremos.

El primer escenario consiste en asignar el máximo de importancia a las ventajas financieras de las opciones analizadas reduciendo al mínimo la relevancia de los aspectos técnicos. Este escenario correspondería con una absoluta prioridad a la disminución del costo total del proyecto GIS-CBC. La Tabla (5.3) muestra los resultados detallados obtenidos para este escenario en concreto. Nótese la reducción del peso asignado a los criterios técnicos (0.1000) con respecto a la Tabla 5.2



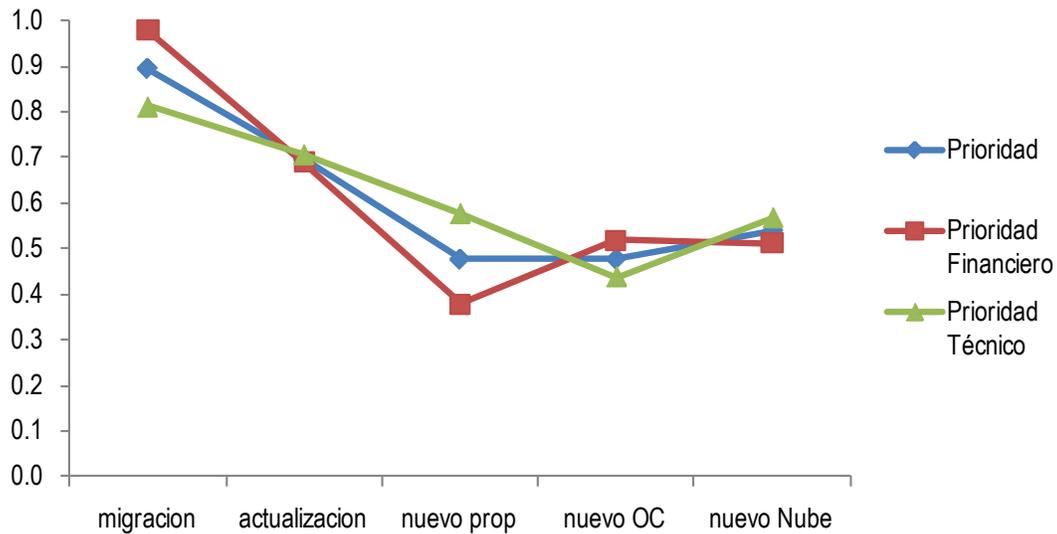


Figura 5.2.: Análisis de la sensibilidad de la prioridad de las opciones.

(0.5000) y el incremento del peso de los criterios financieros (0.9000) vrs (0.5000). El segundo escenario es el opuesto. Toda la prioridad se asigna en el mismo a los aspectos técnicos de las opciones. Los detalles del segundo escenario pueden observarse en la Tabla (5.4).

Los resultados del análisis de estas variaciones en las preferencias se resumen en la Figura (5.2). Los mismos indican que las opciones más priorizadas en general “migración” y “actualización” son relativamente estables. La opción “actualización” es significativamente estable, al igual que “nuevo Nube”. No obstante esta última invierte su posición con “nuevo OC” en el escenario de prioridad financiera y con “nuevo prop” en un escenario de prioridad técnica. Es observable en la figura una inversión significativa de las prioridades en el caso de las opciones “nuevo prop” y “nuevo OC”. En ambos casos la variación de las preferencias con respecto a los criterios técnicos o financieros las pueden situar como opciones más relevantes que en el escenario utilizado de igual relevancia para ambos criterios.



Tabla 5.3.: Detalle de resultados prioridad financiera

		Tecnico	C. Diseño	Gen. codigo	C. Integracion	C. Mantenimiento	Seguridad	Disp. Tecnologia	Financiero	Costo Inicial	Costo integracion	Costo Mantenimiento
Opciones	Pesos	0.1000	0.0178	0.0153	0.0141	0.0204	0.0157	0.0167	0.9000	0.4440	0.1762	0.2797
migracion	0.9791	0.7909	1.0000	0.8929	0.8125	1.0000	0.1722	0.7843	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
actualizacion	0.6891	0.7086	0.4314	0.4762	1.0000	0.8333	1.0000	0.5441	0.6870	0.6310	0.5694	0.8500
nuevo prop	0.3793	0.6012	0.4314	0.3988	1.0000	0.7222	1.0000	0.1065	0.3546	0.1274	0.4583	0.6500
nuevo OC	0.5191	0.4270	0.1359	0.1452	0.2917	0.2685	0.7500	1.0000	0.5293	0.8214	0.2500	0.2417
nuevo Nube	0.5124	0.5743	0.2549	1.0000	0.8750	0.6667	0.4097	0.3137	0.5056	0.4643	0.4861	0.5833
	CI	0.0865	0.0116	0.0479	0.0496	0.0301	0.0432	0.0554	0.0516	0.0385	0.0949	0.0797

Tabla 5.4.: Detalle de resultados prioridad técnica

		Tecnico	C. Diseño	Gen. codigo	C. Integracion	C. Mantenimiento	Seguridad	Disp. Tecnologia	Financiero	Costo Inicial	Costo integracion	Costo Mantenimiento
Opciones	Pesos	0.9000	0.1605	0.1376	0.1268	0.1835	0.1417	0.1500	0.1000	0.0493	0.0196	0.0311
migracion	0.8119	0.7909	1.0000	0.8929	0.8125	1.0000	0.1722	0.7843	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
actualizacion	0.7064	0.7086	0.4314	0.4762	1.0000	0.8333	1.0000	0.5441	0.6870	0.6310	0.5694	0.8500
nuevo prop	0.5765	0.6012	0.4314	0.3988	1.0000	0.7222	1.0000	0.1065	0.3546	0.1274	0.4583	0.6500
nuevo OC	0.4372	0.4270	0.1359	0.1452	0.2917	0.2685	0.7500	1.0000	0.5293	0.8214	0.2500	0.2417
nuevo Nube	0.5674	0.5743	0.2549	1.0000	0.8750	0.6667	0.4097	0.3137	0.5056	0.4643	0.4861	0.5833
	CI	0.0865	0.0116	0.0479	0.0496	0.0301	0.0432	0.0554	0.0516	0.0385	0.0949	0.0797



### 5.3. Solución propuesta

Teniendo en cuenta los resultados del análisis arriba realizado, se propone la migración del GIS heredado a un servidor en la nube y actualizar/realizar mejoras incrementales. La solución utilizaría parte del software, datos y código del GIS heredado con un costo total aproximado de 90 650.00 a 126 650.00 USD. La implementación de la misma se estructura en tres etapas de la forma siguiente:

1. Migración del GIS heredado a un servidor en la nube, actualizando la tecnología del sistema operativo y el servidor.

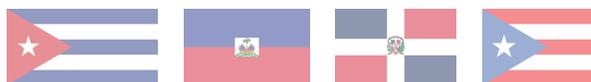
El costo implicado en la actualización de la tecnología sería menor de 10 000.00 USD en un pago único por el servidor y software de escritorio. De esta cifra, el costo asociado a la actualización del software de escritorio es alrededor del 15%.

2. Diseño de las mejoras, preparación de datos e implementación.

Debe licitarse un proyecto específico, tiempo estimado de 2 a 5 meses, que considerando un costo estimado de 300.00 a 400.00 USD/día para un consultor oscila entre 14 400.00 y 48 400.00 USD. Como cliente webGIS se propone LeaFlet, de código abierto y compatible con la tecnología heredada. El almacenamiento de datos puede ser local utilizando las características nativas del servidor o en un almacenamiento dedicado de código abierto (PostGis o MySQL).

3. Operación y mantenimiento.

Con todas las funciones implementadas, se requiere que el personal de la Secretaría del CBC dedique una pequeña parte de su tiempo semanal (2–8 horas) para el seguimiento de los datos de campo. El costo aproximado de esta actividad sería de unos 9 000.00 USD/año, unos 45 000.00 USD durante la duración del proyecto. Además se requiere un esfuerzo de administración del sistema de 2 a 8 horas mensuales, lo que representa aproximadamente 2 250.00 USD/año, unos 11 250.00 USD para todo el proyecto. El alquiler de servidores en la nube representa un costo adicional de unos 2 400.00 USD/año, 12 000.00 USD durante el proyecto, para un costo total de mantenimiento de 57 000.00 USD.



Las opciones más cercanas en el orden de prioridad, son “migración” y “nuevo Nube”. La primera de ellas tiene un costo estimado máximo de 23 250.00 a 24 250.00 USD en dos etapas:

1. Migración del GIS heredado a un servidor en la nube.

El costo máximo en licencias sería unos 1 000.00 USD, aunque podría ser anulado mediante una negociación adecuada, ya que solamente se refiere a la re-emisión de una licencia de software.

2. Operación y mantenimiento.

Los costos de operación se reducen a un pequeño mantenimiento de 2–8 horas al mes para tareas administrativas y al pago por el servidor en la Nube. El primer caso representa aproximadamente de 2 250.00 USD/año, unos 11 250.00 USD para todo el proyecto. El pago por el servidor es similar a la opción anterior por lo que representa 12 000.00 USD durante el proyecto. En total esta etapa representa un costo de aproximadamente 23 250.00 USD.

A pesar del costo mucho menor de esta opción y su mayor orden de prioridad, el hecho anteriormente mencionado de que no permite la introducción de mejoras consideradas necesarias la convierte en no recomendable para su implementación salvo en caso de fuertes límites en el presupuesto disponible.

Finalmente la opción siguiente a la recomendada en orden de prioridad, migrar a una plataforma de servicios GIS en la nube tiene un costo estimado de 133 800.00 a 181 800.00 USD también en dos etapas.

1. Diseño, procesamiento de datos e implementación.

Esta opción requiere un análisis más detallado entre las diferentes plataformas con respecto a costos específicos y capacidades. No obstante, teniendo en cuenta las características mencionadas en 4.2, se sugiere la utilización de la plataforma MapX. En esta etapa debe licitarse un proyecto específico, tiempo estimado de 4 a 8 meses, que considerando un costo estimado de 300.00 a 400.00 USD/día para un consultor oscila entre 28 800.00 y 76 800.00 USD. Este proyecto debe hacerse cargo del diseño del GIS-CBC desde cero para adaptarlo a las características actuales y futuras de la plataforma seleccionada.



## 2. Operación y mantenimiento.

Con todas las funciones implementadas, el GIS–CBC requiere de que el personal de la Secretaría del CBC dedique una pequeña parte de su tiempo semanal (2–8 horas) para el seguimiento de los datos de campo. El costo aproximado de esta actividad sería de unos 9 000.00 USD/año, unos 45 000.00 USD durante la duración del proyecto. El costo de hospedaje y administración del proyecto en MapX se estima en unos 12 000.00 USD/año, 60 000.00 USD durante el proyecto, para un costo total de mantenimiento de 105 000.00 USD.

Tabla 5.5.: Comparación de costos estimados en USD de las opciones priorizadas

	Migración		Actualización		nuevo Nube	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Migración	–	\$ 1 000.00	\$ 8 000.00	\$ 10 000.00	–	–
Diseño / implementación	–	–	\$ 14 400.00	\$ 48 400.00	\$ 28 800.00	\$ 76 800.00
Mantenimiento	\$ 23 250.00	\$ 23 250.00	\$ 68 250.00	\$ 68 250.00	\$ 105 000.00	\$ 105 000.00
<b>Total</b>	<b>\$ 23 250.00</b>	<b>\$ 24 250.00</b>	<b>\$ 90 650.00</b>	<b>\$ 126 650.00</b>	<b>\$ 133 800.00</b>	<b>\$ 181 800.00</b>

El análisis anterior se resume en la Tabla 5.5, donde puede verificarse el estimado realizado en el análisis AHP en el que la opción “actualización” se compara favorablemente con “nuevo Nube” sobre todo con respecto a los costos de mantenimiento.

Debe reiterarse que, a causa de las incertidumbres implicadas y la naturaleza de la industria de los GIS, los costos estimados pueden variar, incluso de forma significativa, durante la aplicación de la opción seleccionada. No obstante, los cálculos fueron realizados de forma tal que las variaciones posibles no superen los máximos estimados.



## Bibliografía

- [1] “DECLARACION DE SANTO DOMINGO,” Jul. 2007, firmantes: Cuba, Haiti, Republica Dominicana. [Online]. Available: <https://cbcbio.org/declaracion-de-santo-domingo-2007/>
- [2] “DIRECTRICES FUTURAS DE LA INICIATIVA DEL CORREDOR BIOLOGICO EN EL CARIBE,” Nov. 2014, v Reunión - Comité Ministerial de Política del Proyecto UNEP/EC del Corredor Biológico en el Caribe.
- [3] “ACUERDO INTERMINISTERIAL DEL CORREDOR BIOLOGICO DEL CARIBE,” Nov. 2014, firmantes: Cuba, Haiti, Republica Dominicana. [Online]. Available: <http://cbcbio.org/wp-content/uploads/2018/07/acuerdo-ministerial-del-cbc-v-reunion.pdf>
- [4] “PROYECTO PARA LA DEMARCACIÓN Y EL ESTABLECIMIENTO DEL CORREDOR BIOLÓGICO EN EL CARIBE: COMO MARCO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD, LA REHABILITACIÓN AMBIENTAL Y EL DESARROLLO DE ALTERNATIVAS DE VIDA EN HAITÍ, LA REPÚBLICA DOMINICANA Y CUBA (PROYECTO PNUMA/UE CBC),” informe final, Jun. 2015. [Online]. Available: <http://cbcbio.org/wp-content/uploads/2018/07/Informe-final-Deli-Estab.pdf>
- [5] “SuperMap GIS Software.” [Online]. Available: <https://www.supermap.com/en/>
- [6] “A secure web is here to stay.” [Online]. Available: <https://security.googleblog.com/2018/02/a-secure-web-is-here-to-stay.html>
- [7] “Let’s Encrypt - Free SSL/TLS Certificates.” [Online]. Available: <https://letsencrypt.org/>
- [8] “Encrypting the Web.” [Online]. Available: <https://www.eff.org/es/encrypt-the-web>



- [9] “Welcome to The Open Geospatial Consortium | OGC.” [Online]. Available: <http://www.opengeospatial.org/>
- [10] “Características de ArcGIS Enterprise | Implementación flexible y preparada para las empresas.” [Online]. Available: <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-enterprise/features>
- [11] “GeoServer.” [Online]. Available: <http://geoserver.org/>
- [12] “GeoNode.” [Online]. Available: <http://geonode.org/>
- [13] “OpenLayers - Welcome.” [Online]. Available: <https://openlayers.org/>
- [14] “Leaflet - a JavaScript library for interactive maps.” [Online]. Available: <https://leafletjs.com/>
- [15] “Bienvenido al proyecto QGIS!” [Online]. Available: <https://qgis.org/es/site/>
- [16] “SAGA - System for Automated Geoscientific Analyses.” [Online]. Available: <http://www.saga-gis.org/>
- [17] “GRASS GIS - Home.” [Online]. Available: <https://grass.osgeo.org/>
- [18] “Oracle.com.” [Online]. Available: <http://www.oracle.com/>
- [19] “PostgreSQL: The world’s most advanced open source database.” [Online]. Available: <https://www.postgresql.org/>
- [20] “MySQL.” [Online]. Available: <https://www.mysql.com/>
- [21] “About - MapX.” [Online]. Available: <https://www.mapx.org/about/>
- [22] P. Lacroix, F. Moser, A. Benvenuti, T. Piller, D. Jensen, I. Petersen, M. Planque, and N. Ray, “MapX: An open geospatial platform to manage, analyze and visualize data on natural resources and the environment,” *SoftwareX*, vol. 9, pp. 77–84, Jan. 2019. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352711018300177>
- [23] “UNBiodiversity Lab.” [Online]. Available: <https://www.unbiodiversitylab.org/>
- [24] “GIS Cloud is a collaborative mapping platform for real-time data visualization. | GIS Cloud.” [Online]. Available: <https://www.giscloud.com/how-it-works/>



---

[25] “Simple Online GIS: Make Amazing Maps and See Epic Results,” Sep. 2013.  
[Online]. Available: <https://mangomap.com>

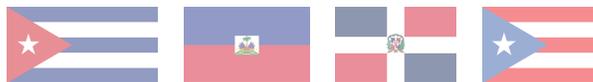




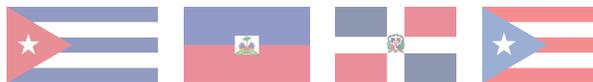
# Corredor Biológico en el Caribe

*Nuestro espacio, nuestra vida*

---



## Anexos



## A. Tablas complementarias.



Tabla A.1.: Listado de los servidores GIS considerados

Servidor	Licencia	SO	Bases de datos espaciales	Entorno de desarrollo	Compatibilidad con servicios					Cache local de servicios de terceros	Herramientas de análisis espacial
					WMS	WFS	WCS	WPS	SOAP REST		
ArcGis Server	Propietaria	GNU/Linux, MS-Windows, macOS, POSIX	Local Geodatabase, SQL Server, Oracle, Posgre, MySql	C#, Java, Python	●	●	●	●	●	●	Completas, extensiones adicionales requeridas.
SuperMap iServer	Propietaria	GNU/Linux, MS-Windows, macOS, POSIX	Local, SQL Server, Oracle, Posgre, MySql, MongoDB	C#, Java, JavaScript, Python	●	●	●	○	●	●	Adecuadas, puede requerir extensión
MapServer	GPL Compatible	GNU/Linux, MS-Windows, macOS, POSIX	Posgre	C	●	●	●	○	○	●	Limitadas
GeoServer	GPL	GNU/Linux, MS-Windows, macOS, POSIX	Posgre, MySql	Java, Python	●	●	●	●	○	○	Completas, requiere plugins de terceros
GeoNode	GPL	GNU/Linux	Posgre, MySql	Python (Django)	●	●	●	○	○	○	A través de GeoServer



Tabla A.2.: Listado de los clientes GIS considerados

Cliente	Licencia	Gratuito	Disp. Móviles	Compatibilidad nativa con servidores GIS		
				OGC	ArcGis Server	SM iServer
ArcGis for Js	Propietaria	Si	●	●	●	○
SuperMap iClient	Propietaria	Si	●	●	○	●
Leaflet	GPL	Si	●	●	●	●
OpenLayers	GPL	Si	●	●	○	○

Tabla A.3.: Listado de los software GIS de escritorio considerados

Software	Licencia	SO	Interoperabilidad	Plugin para Biodiversidad
ArcGis Desktop	Propietaria	MS-Windows	Plugin	Extensos
SuperMap Desktop	Propietaria	GNU/Linux, MS-Windows	Incluida	Limitados
QGis	GPL	GNU/Linux, MS-Windows, macOS, POSIX	Incluida	Extensos
Saga-GIS	GPL	GNU/Linux, MS-Windows, macOS, POSIX	Básica	Extensos

Tabla A.4.: Listado de los almacenes de bases de datos espaciales considerados

Nombre	Licencia	Rendimiento Big Data	Datos espaciales nativos
Esri Geoda- tabase	Propietaria	Bajo	●
SuperMap DataSource	Propietaria	Bajo	●
Oracle Spatial	Propietaria	Alto	●
PosGIS	GPL	Moderado	●
MySQL	GPL	Moderado	○



Tabla A.5.: Listado de las aplicaciones para obtención de datos de campo considerados

Nombre	Licencia	Modelo	Despliegue en premisa	Basado en la Nube	SO	Soporte de formularios	Soporte de mapas
ArcGIS Mobile	Propietaria	Por usuario	●	●	Android; iOS	●**	●
Supermap for Mobile	Propietaria	Por nodo	●	●	Android; iOS	●**	●
KoBo	GPL	Por volumen*	●	●	Android; iOS; Web	●	○
GeoODK	GPL	-	●	○	Android; iOS; Web	●	○
SMART	GPL	-	●	○	Android, iOS	●	●
MDC GisCloud	Propietaria	Subscripción	○	●	Android, iOS	●	●
MapIt GIS	Propietaria	Subscripción	○	●	Android, iOS	●	●
AmigoCloud	Propietaria	Subscripción	○	●	Android, iOS	●	●

\* Un volumen en la nube gratuito. El uso es totalmente gratuito para el despliegue en premisa.

\*\* La construcción de formularios requiere programación en java.

Tabla A.6.: Listado de las soluciones GIS en la nube consideradas

Nombre	Licencia	Basado en	Despliegue en premisa	Creación de mapas	Procesamiento GIS	Compatibilidad OGC
ArcGis Online	Propietaria	EUA	●	●	●	WMS, WFS, WCS, WPS
SuperMap Cloud	Propietaria	China	●	●	●	WMS, WFS, WCS, WPS
MapX	GPL	UN	○	●	●*	WMS
GisCloud	Propietaria	EUA	●	●	●	WMS
Mango Maps	Propietaria	Reino Unido	○	●	●	

\* Limitado o en desarrollo.



## B. Detalles del análisis AHP

- 1 Nombre : GIS-CBC  
 2 Tipo : Comparaciones por pares  
 3 Orden : 2  
 4 Completamiento: 1 de 1 (100%)  
 5 Calculo de Prioridades : Distributivo (referencia a la unidad)  
 6 Notas :  
 7 -n/a-  
 8  
 9 \_\_\_\_\_  
 10 Construcción del vector propio:  
 11  
 12 [ 1], [ 1] = 0.5000 >> Tecnico  
 13 [ 1], [ 1] = 0.5000 >> Financiero  
 14 Indice de coherencia : 0  
 15  
 16 \_\_\_\_\_  
 17 Nombre : Tecnico  
 18 Tipo : Comparaciones por pares  
 19 Orden : 6  
 20 Completamiento: 15 de 15 (100%)  
 21 Calculo de Prioridades : Distributivo (referencia a la unidad)  
 22 Notas :  
 23 -n/a-  
 24  
 25 \_\_\_\_\_  
 26 Construcción del vector propio:  
 27  
 28 [ 1], [ 1], [ 1], [ 1], [ 1], [ 2] = 0.1784 >> C. Diseño  
 29 [ 1], [ 1], [ 1], [ 1], [ 1], [ 1] = 0.1529 >> Gen. codigo  
 30 [ 1], [ 1], [ 1], [ 1], [1/2], [ 1] = 0.1409 >> C. Integracion  
 31 [ 1], [ 1], [ 1], [ 1], [ 1], [ 3] = 0.2038 >> C. Mantenimiento  
 32 [ 1], [ 1], [ 2], [ 1], [ 1], [1/3] = 0.1574 >> Seguridad



33  $[1/2], [1], [1], [1/3], [3], [1] = 0.1666 \gg$  Disp. Tecnologia

34 Índice de coherencia : 0.0865150564799032

35

36 \_\_\_\_\_

37 Nombre : C. Diseño

38 Tipo : Comparaciones por pares

39 Orden : 5

40 Completamiento: 10 de 10 (100%)

41 Calculo de Prioridades : Ideal (referencia al máximo valor)

42 Notas :

43 -n/a-

44

45 \_\_\_\_\_

46 Construcción del vector propio:

47

48  $[1], [3], [3], [7], [3] = 1.0000 \gg$  migracion

49  $[1/3], [1], [1], [3], [2] = 0.4314 \gg$  actualizacion

50  $[1/3], [1], [1], [3], [2] = 0.4314 \gg$  nuevo prop

51  $[1/7], [1/3], [1/3], [1], [1/2] = 0.1359 \gg$  nuevo OC

52  $[1/3], [1/2], [1/2], [2], [1] = 0.2549 \gg$  nuevo Nube

53 Índice de coherencia : 0.0116004743599542

54

55 \_\_\_\_\_

56 Nombre : Gen. codigo

57 Tipo : Comparaciones por pares

58 Orden : 5

59 Completamiento: 10 de 10 (100%)

60 Calculo de Prioridades : Ideal (referencia al máximo valor)

61 Notas :

62 -n/a-

63

64 \_\_\_\_\_

65 Construcción del vector propio:

66

67  $[1], [3], [3], [5], [1/2] = 0.8929 \gg$  migracion

68  $[1/3], [1], [1], [4], [1/3] = 0.4762 \gg$  actualizacion

69  $[1/3], [1], [1], [3], [1/4] = 0.3988 \gg$  nuevo prop

70  $[1/5], [1/4], [1/3], [1], [1/4] = 0.1452 \gg$  nuevo OC

71  $[2], [3], [4], [4], [1] = 1.0000 \gg$  nuevo Nube

72 Índice de coherencia : 0.0479019516706063

73



74 \_\_\_\_\_  
 75 Nombre : C. Integracion  
 76 Tipo : Comparaciones por pares  
 77 Orden : 5  
 78 Completamiento: 10 de 10 (100%)  
 79 Calculo de Prioridades : Ideal (referencia al máximo valor)  
 80 Notas :  
 81 -n/a-

82 \_\_\_\_\_  
 83 \_\_\_\_\_  
 84 Construcción del vector propio:

85  
 86 [ 1], [ 1], [ 1], [ 3], [1/2] = 0.8125 >> migracion  
 87 [ 1], [ 1], [ 1], [ 3], [ 2] = 1.0000 >> actualizacion  
 88 [ 1], [ 1], [ 1], [ 3], [ 2] = 1.0000 >> nuevo prop  
 89 [1/3], [1/3], [1/3], [ 1], [1/3] = 0.2917 >> nuevo OC  
 90 [ 2], [1/2], [1/2], [ 3], [ 1] = 0.8750 >> nuevo Nube  
 91 Indice de coherencia : 0.049590345571969

92 \_\_\_\_\_  
 93 \_\_\_\_\_  
 94 Nombre : C. Mantenimiento

95 Tipo : Comparaciones por pares  
 96 Orden : 5  
 97 Completamiento: 10 de 10 (100%)  
 98 Calculo de Prioridades : Ideal (referencia al máximo valor)  
 99 Notas :  
 100 -n/a-

101 \_\_\_\_\_  
 102 \_\_\_\_\_  
 103 Construcción del vector propio:

104  
 105 [ 1], [ 2], [ 2], [ 3], [ 1] = 1.0000 >> migracion  
 106 [1/2], [ 1], [ 1], [ 4], [ 1] = 0.8333 >> actualizacion  
 107 [1/2], [ 1], [ 1], [ 3], [ 1] = 0.7222 >> nuevo prop  
 108 [1/3], [1/4], [1/3], [ 1], [1/2] = 0.2685 >> nuevo OC  
 109 [ 1], [ 1], [ 1], [ 2], [ 1] = 0.6667 >> nuevo Nube  
 110 Indice de coherencia : 0.0300564341284351

111 \_\_\_\_\_  
 112 \_\_\_\_\_  
 113 Nombre : Seguridad

114 Tipo : Comparaciones por pares



115 Orden : 5  
 116 Completamiento: 10 de 10 (100%)  
 117 Calculo de Prioridades : Ideal (referencia al máximo valor)  
 118 Notas :  
 119 -n/a-  
 120  
 121 \_\_\_\_\_  
 122 Construcción del vector propio:  
 123  
 124 [ 1], [1/5], [1/5], [1/3], [1/3] = 0.1722 >> migracion  
 125 [ 5], [ 1], [ 1], [ 2], [ 3] = 1.0000 >> actualizacion  
 126 [ 5], [ 1], [ 1], [ 2], [ 3] = 1.0000 >> nuevo prop  
 127 [ 3], [1/2], [1/2], [ 1], [ 4] = 0.7500 >> nuevo OC  
 128 [ 3], [1/3], [1/3], [1/4], [ 1] = 0.4097 >> nuevo Nube  
 129 Indice de coherencia : 0.0432400903850195  
 130  
 131 \_\_\_\_\_  
 132 Nombre : Disp. Tecnologia  
 133 Tipo : Comparaciones por pares  
 134 Orden : 5  
 135 Completamiento: 10 de 10 (100%)  
 136 Calculo de Prioridades : Ideal (referencia al máximo valor)  
 137 Notas :  
 138 -n/a-  
 139  
 140 \_\_\_\_\_  
 141 Construcción del vector propio:  
 142  
 143 [ 1], [ 1], [ 9], [1/3], [ 2] = 0.7843 >> migracion  
 144 [ 1], [ 1], [ 5], [1/4], [ 2] = 0.5441 >> actualizacion  
 145 [1/9], [1/5], [ 1], [1/6], [1/3] = 0.1065 >> nuevo prop  
 146 [ 3], [ 4], [ 6], [ 1], [ 3] = 1.0000 >> nuevo OC  
 147 [1/2], [1/2], [ 3], [1/3], [ 1] = 0.3137 >> nuevo Nube  
 148 Indice de coherencia : 0.0553624298335398  
 149  
 150 \_\_\_\_\_  
 151 Nombre : Financiero  
 152 Tipo : Comparaciones por pares  
 153 Orden : 3  
 154 Completamiento: 3 de 3 (100%)  
 155 Calculo de Prioridades : Distributivo (referencia a la unidad)



156 Notas :  
 157 -n/a-  
 158  
 159 \_\_\_\_\_  
 160 Construcción del vector propio:  
 161  
 162 [ 1], [ 2], [ 2] = 0.4934 >> Costo Inicial  
 163 [1/2], [ 1], [1/2] = 0.1958 >> Costo integracion  
 164 [1/2], [ 2], [ 1] = 0.3108 >> Costo Mantenimiento  
 165 Indice de coherencia : 0.0515592075759382  
 166  
 167 \_\_\_\_\_  
 168 Nombre : Costo Inicial  
 169 Tipo : Comparaciones por pares  
 170 Orden : 5  
 171 Completamiento: 10 de 10 (100%)  
 172 Calculo de Prioridades : Ideal (referencia al máximo valor)  
 173 Notas :  
 174 -n/a-  
 175  
 176 \_\_\_\_\_  
 177 Construcción del vector propio:  
 178  
 179 [ 1], [ 3], [ 6], [ 2], [ 2] = 1.0000 >> migracion  
 180 [1/3], [ 1], [ 5], [1/2], [ 2] = 0.6310 >> actualizacion  
 181 [1/6], [1/5], [ 1], [1/6], [1/4] = 0.1274 >> nuevo prop  
 182 [1/2], [ 2], [ 6], [ 1], [ 2] = 0.8214 >> nuevo OC  
 183 [1/2], [1/2], [ 4], [1/2], [ 1] = 0.4643 >> nuevo Nube  
 184 Indice de coherencia : 0.0385394376852548  
 185  
 186 \_\_\_\_\_  
 187 Nombre : Costo integracion  
 188 Tipo : Comparaciones por pares  
 189 Orden : 5  
 190 Completamiento: 10 de 10 (100%)  
 191 Calculo de Prioridades : Ideal (referencia al máximo valor)  
 192 Notas :  
 193 -n/a-  
 194  
 195 \_\_\_\_\_  
 196 Construcción del vector propio:



197  
 198 [ 1], [ 3], [ 2], [ 3], [ 3] = 1.0000 >> migracion  
 199 [1/3], [ 1], [1/2], [ 3], [ 2] = 0.5694 >> actualizacion  
 200 [1/2], [ 2], [ 1], [ 1], [ 1] = 0.4583 >> nuevo prop  
 201 [1/3], [1/3], [ 1], [ 1], [1/3] = 0.2500 >> nuevo OC  
 202 [1/3], [1/2], [ 1], [ 3], [ 1] = 0.4861 >> nuevo Nube  
 203 Indice de coherencia : 0.0949251400976297  
 204  
 205 \_\_\_\_\_  
 206 Nombre : Costo Mantenimiento  
 207 Tipo : Comparaciones por pares  
 208 Orden : 5  
 209 Completamiento: 10 de 10 (100%)  
 210 Calculo de Prioridades : Ideal (referencia al máximo valor)  
 211 Notas :  
 212 -n/a-  
 213  
 214 \_\_\_\_\_  
 215 Construcción del vector propio:  
 216  
 217 [ 1], [ 2], [ 1], [ 3], [ 3] = 1.0000 >> migracion  
 218 [1/2], [ 1], [ 1], [ 4], [ 2] = 0.8500 >> actualizacion  
 219 [ 1], [ 1], [ 1], [ 3], [1/2] = 0.6500 >> nuevo prop  
 220 [1/3], [1/4], [1/3], [ 1], [1/2] = 0.2417 >> nuevo OC  
 221 [1/3], [1/2], [ 2], [ 2], [ 1] = 0.5833 >> nuevo Nube  
 222 Indice de coherencia : 0.079707782953491  
 223  
 224 \_\_\_\_\_

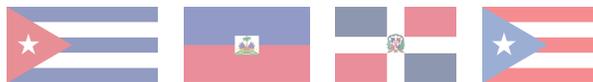




# Corredor Biológico en el Caribe

*Nuestro espacio, nuestra vida*

---



## Acrónimos y abreviaturas

AHP	Analytic Hierarchy Process, Proceso Analítico Jerárquico
AP	Áreas Protegidas
CBC	Corredor Biológico en el Caribe
CITMA	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba
CSV	Valores Separados por Comas (Comma Separated Values) Formato de intercambio de datos
EFF	Fundación Frontera Electrónica (Electronic Frontier Foundation) ONG basada en EUA
ESRI	Environmental Sciences Research Institute
GaaS	GIS como servicio (GIS as Services)
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library.
GeoJSON	Formato abierto para la transferencia de objetos GIS basado en JavaScript Object Notation
GPL	Licencia Pública General de GNU (GNU General Public License)
GPS	Nombre comercial de uno de los servicios de posicionamiento global más populares



GRASS	Geographic Resources Analysis Support System, GIS de código abierto para el procesamiento Raster
HHPC	Computador personal de mano (Hand Held Personal Computer)
HP	Hewlett Packard Computer
IKMS	Integrated Knowledge Management System
INSMET	Instituto Cubano de Meteorología
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (International Union for Conservation of Nature)
NASA	Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (National Aeronautics and Space Agency)
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration)
OGC	Open Geospatial Consortium
ONU Medio Ambiente	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (United Nations Development Program)
REST	Transferencia de Estado Representacional (Representational State Transfer) arquitectura de sistemas hipermedia distribuidos en red.
SAGA	Sistema para Análisis Automatizados Geocientíficos (System for Automated Geoscientific Analyses)
SEDAC	NASA Socioeconomic Data and Applications Center
SO	Sistema Operativo
SOAP	Simple Object Access Protocol



SST	Surface Sea Temperatura
TI	Tecnologías de la Información
TNC	The Nature Conservancy, ONG Basada en EUA
UCAR	Corporación Universitaria para la Investigación Climática (University Corporation for Atmospheric Research)
UN	Naciones Unidas (United Nations)
WCMC	Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación (World Conservation Monitoring Centre)
WCS	Web Coverage Services, un protocolo OGC
WFS	Web Feature Services, un protocolo OGC
WMS	Web Map Services, un protocolo OGC
WPS	Web Process Services, un protocolo OGC



