

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS

Facultad Matemática Física y Computación

Facultad 4, Universidad de las Ciencias Informáticas



**Sistema de gestión de información para el programa de  
tortugas marinas en el proyecto Archipiélagos del Sur**

Tesis presentada en opción al título de Máster en Informática para la Gestión  
Medioambiental

**Autor**

Ing. Marcel Puentes Rojas

**Tutores**

Dr. Rosendo de Jesús Moreno Rodríguez

MSc. Tomás Orlando Junco Vázquez

**Asesora/Consultante**

MSc. Yanet Forneiro Martín–Viaña

**Santa Clara, febrero de 2014**

*Ya el hombre está empezando a experimentar los efectos, de una manera clara, de la destrucción del medio ambiente. Es aterrador escuchar el número de especies que se destruyen, especies vegetales y animales, todos los días en el mundo, y se ve, es visible el fenómeno. Es claro que la humanidad creciente se enfrentará a problemas ecológicos tremendos.*

*(Castro Ruz, 1995)*

*Dedicatoria*

*A mi bebé que en unos meses llenará nuestras vidas de alegría.  
A Magdalys por su alegría, su amor y apoyo durante todos estos años.  
A mis padres por su ejemplo y sacrificio.  
A mi familia y amigos*

## *Agradecimientos*

A mis tutores el Dr. Rosendo de Jesús Moreno Rodríguez por su ayuda en la redacción y realización de esta investigación y por poner a mi disposición parte de su valioso tiempo, experiencia y conocimientos; al MSc. Tomás Orlando Junco Vázquez por su importante colaboración, sobre todo en el inicio de la investigación.

A la MSc. Yanet Forneiro Martín–Viaña por su contribución con datos e información para que el trabajo realizado contribuyera oportunamente al fin para el que fue concebido.

Al claustro de profesores de la maestría por contribuir en mi formación.

A mi familia por su apoyo invaluable durante estos años de separación y sacrificio: mis padres, mis hermanas.

A mi novia y ahora esposa Magdalys por su cariño, su ayuda durante la investigación y las profundas revisiones realizadas.

A todos los que de una forma u otra contribuyeron a la realización de este trabajo.

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Declaro por este medio que yo, con carné de identidad 84120300188, profesor de la Universidad de las Ciencias Informáticas, soy el autor principal del trabajo final de maestría desarrollado como parte de la Maestría en Informática para la Gestión Medioambiental y que autorizo a la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas a hacer uso de la misma en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Para que así conste, firmo la presente declaración jurada de autoría en Santa Clara a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

---

**Autor:**

---

**Tutor:**

---

**Tutor:**

## *Resumen*

Como parte del programa para el monitoreo de tortugas marinas en el marco del Proyecto Archipiélagos del Sur se registran numerosos datos relacionados con los nidos, los rastros, las tortugas y las principales amenazas que se identifican en cada campaña realizada. Tomando en consideración el elevado volumen de la información que se registra, así como el carácter heterogéneo de las fuentes de donde procede, el presente trabajo tiene como objetivo la aplicación de un sistema de información para el registro, almacenamiento, recuperación y procesamiento de la información, de modo que se favorezca la toma de decisiones. Para ello se ha tomado como punto de partida el protocolo de monitoreo elaborado por el Grupo Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas en Cuba, definiéndose la base de datos así como las funcionalidades necesarias para el correcto funcionamiento de la misma. Como resultado se ha obtenido una aplicación web que permite centralizar toda la información recopilada en los recorridos diurnos y nocturnos realizados en todo el país. El software permite obtener todo un conjunto de reportes que muestran en diferentes formatos estadísticas e informaciones de interés para los investigadores. Posee además un conjunto de interfaces sencillas con un menú intuitivo que facilitan la interacción con el usuario. Para el desarrollo de la aplicación se han utilizado herramientas libres y gratis que favorecen la soberanía tecnológica y la factibilidad del proyecto.

**Palabras claves:** Tortugas, información, Áreas protegidas, nido, rastro, amenazas

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I. Análisis del estado del arte .....</b>	<b>9</b>
Tortugas marinas.....	9
Estudios de tortugas marinas .....	10
Protocolo para el estudio de tortugas marinas en el proyecto Archipiélagos del Sur .....	12
Los sistemas de gestión de información .....	15
Sistemas de gestión de información medioambiental .....	16
Proyecto Sistema de Información Ambiental de la India .....	16
Sistema Compartido de Información Medioambiental de la Unión Europea.....	17
Sistema de Información Ambiental del gobierno de Botsuana .....	18
La Lista Roja de la UICN .....	19
Sistemas de gestión de información medioambiental para el estudio de tortugas marinas .....	20
La Red Colombiana para la conservación de las tortugas marinas .....	20
Seaturtle.org .....	21
La base de datos del Estado mundial de las tortugas marinas.....	21
Sistemas para el análisis de datos .....	23
Weka .....	23
Pentaho .....	24
Resumen sobre la revisión de las herramientas existentes .....	26
Conclusiones parciales.....	28
<b>Capítulo II. Propuesta de solución.....</b>	<b>30</b>
Casos de uso del sistema propuesto .....	34
Diseño de la base de datos .....	39
Estructura del sistema propuesto.....	43
Cálculo del éxito de eclosión y emergencia .....	44
Visualización de datos .....	45
Herramientas para la visualización y análisis de datos .....	46
Gráfico de dispersión .....	46
Histogramas.....	46
Gráficos circulares .....	47
Splines .....	47

Comportamiento del éxito de eclosión y emergencia.....	48
Comportamiento del fibropapiloma por especies.....	48
Comportamiento de los datos morfológicos por especies.....	49
Distribución quincenal de la anidación por especies y fechas. ....	49
Distribución quincenal de los avistamientos de tortugas por especie y fechas. ....	50
Variación temporal de la anidación.....	50
Distribución de la anidación por áreas protegidas y playas. ....	50
Conclusiones parciales.....	51
<b>Capítulo III. Discusión de los resultados.....</b>	<b>52</b>
Módulo Administración.....	52
Módulo Campañas.....	53
Registro de tortugas.....	53
Registro de nidos .....	56
Gestión de incidencias .....	57
Módulo Análisis de datos .....	58
Validación de la información .....	64
Pruebas de software.....	65
Impacto social.....	66
Conclusiones parciales.....	66
<b>Conclusiones.....</b>	<b>68</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>69</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>70</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>73</b>
Anexo 1 Nomencladores en la base datos.....	73
Anexo 2 Acta de aceptación del programa de tortugas marinas .....	75



## *Índice de ilustraciones*

Ilustración 1 Áreas estudiadas en el proyecto Archipiélago Sur.....	2
Ilustración 2 Áreas de estudio del protocolo para el estudio de tortugas marinas en Cuba .....	13
Ilustración 3 Esquema Modelo-Vista-Controlador en Symfony2 .....	30
Ilustración 4 Principales conceptos del dominio del problema .....	32
Ilustración 5 Diagrama de casos de uso del sistema .....	35
Ilustración 6 Modelo de datos.....	40
Ilustración 7 Estructura del sistema propuesto .....	43
Ilustración 8 Los gráficos de dispersión se pueden utilizar para encontrar correlaciones positivas (izquierda) o negativas (derecha) entre los atributos. ....	46
Ilustración 9 Panel de inicio para el módulo de Administración .....	52
Ilustración 10 Panel de inicio para el módulo Campañas.....	53
Ilustración 11 Registro de datos de tortugas en hojas de cálculos en Excel .....	54
Ilustración 12 Formulario para el registro de una tortuga.....	55
Ilustración 13 Formulario parcial para el registro de los nidos .....	56
Ilustración 14 Gestión de anomalías en el análisis de neonatos.....	57
Ilustración 15 Visualización de datos de incidencias .....	58
Ilustración 16 Comportamiento del éxito de eclosión y emergencia por áreas.....	59
Ilustración 17 Distribución quincenal de la anidación en la temporada 2013 .....	60
Ilustración 18 Comportamiento del fibropapiloma por especies.....	61
Ilustración 19 Distribución quincenal de los encuentros con tortugas .....	62
Ilustración 20 Variación temporal de la anidación en Guanahacabibes .....	63
Ilustración 21 Distribución de la anidación por playas y especies.....	64

*Índice de tablas*

Tabla 1 Fragmento de la planilla de estudio de nidos, huevos y neonatos .....	4
Tabla 2 Resumen de las herramientas estudiadas .....	26
Tabla 3 Descripción de los casos de uso del sistema.....	35
Tabla 4 Descripción de las principales tablas .....	41
Tabla 5 Resultado de las pruebas funcionales .....	65
Tabla 6 Nomencladores de la base de datos.....	73

## **Introducción**

La actual política ambiental cubana está determinada por los principales problemas ambientales que confronta el país; los requerimientos que demanda el nivel de desarrollo económico-social alcanzado; los planes y programas de desarrollo y sus posibles impactos sobre el medio ambiente; los avances y tendencias fundamentales en la arena ambiental internacional y por la voluntad de lograr sostenibilidad en el desarrollo (CITMA, 2000).

El Estudio Nacional para la Diversidad Biológica de la República de Cuba reconoció como causa fundamental de la pérdida de la diversidad biológica cubana, la transformación del hábitat (Vales and Álvarez, 1998), asociada principalmente a fenómenos de deforestación en relación con las actividades socioeconómicas del país.

La fragmentación o pérdida de hábitats, ecosistemas y paisajes se reconoce entre los principales procesos endógenos que afectan a la diversidad biológica cubana (Vales and Álvarez, 1998), (Vilamajó et al., 2002), (Capote et al., 2005).

Las características insulares de Cuba, han propiciado la evolución de una diversidad biológica particular y con valores muy altos de endemismo, que condicionan a la vez la fragilidad y vulnerabilidad de algunos de sus ecosistemas. En conjunción con ello, diversos procesos antrópicos han provocado un proceso continuo de pérdida de la biodiversidad, que se expresa, de forma más crítica, en aquellos ecosistemas frágiles como los arrecifes coralinos, los manglares, las pluvisilvas y los bosques o matorrales remanentes de lo que fue la cobertura original de Cuba (CITMA, 2006).

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba (SNAP) está constituido por las áreas naturales, terrestres y marinas más importantes del país, cuyo número asciende a 253 entre propuestas y existentes. Está rectorado por el Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y coordinado a través de una junta coordinadora,

## Introducción

integrada por las principales entidades decisoras, de regulación y control que trabajan con mayor vinculación a las áreas. La principal misión del SNAP es garantizar a perpetuidad, la protección y conservación de los recursos naturales del patrimonio nacional para uso de las actuales y futuras generaciones, como parte del desarrollo sostenible del país (CNAP, 2013).

En la actualidad, con el apoyo de varios organismos se desarrolla en Cuba el Proyecto Archipiélagos del Sur, financiado por el Fondo Mundial de Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) encaminado a la conservación de la biodiversidad marina cubana de importancia global. Este proyecto propone un enfoque regional para el manejo de áreas protegidas marinas y costeras en los archipiélagos al sur de Cuba. El proyecto incrementará territorios con estatus de área protegida para cubrir vacíos claves en la cobertura de ecosistemas y promover conectividad y eficiencia de manejo. Las mismas estarán contenidas en zonas bajo régimen de Manejo Integrado Costero, contribuyendo a reducir impactos de las actividades productivas y fortalecer la integración entre los sectores de conservación y productivos.

El área de trabajo abarca extensos ecosistemas de manglares, pastos marinos y arrecifes de coral, así como más de mil cayos que sostienen poblaciones de varios vertebrados terrestres endémicos.



**Ilustración 1 Áreas estudiadas en el proyecto Archipiélago Sur**

En el contexto del proyecto Archipiélagos del Sur se desarrollan nueve programas de monitorización relacionados con tortugas, cocodrilos, aves, arrecifes coralinos, pastos marinos, vegetación de costa arenosa, manatíes, iguanas y manglares.

En el caso específico de los estudios de tortugas marinas estos programas se desarrollan en las zonas de anidamiento detectadas en Cuba. En la plataforma cubana se encuentran cinco de las siete especies conocidas en aquellos lugares que reúnen las condiciones necesarias para su alimentación y/o reproducción. Algunas anidan y se alimentan regularmente, como la tortuga verde, la caguama y el carey, que son las más comunes y otras como el tinglado y la tortuga golfina se encuentran solo en raras ocasiones. Aunque las cinco especies se distribuyen prácticamente en toda la plataforma, la mayor parte de la anidación se concentra en la costa sur del archipiélago cubano, considerándose fundamentalmente la información histórica obtenida en los últimos quince años a partir de los estudios existentes (Azanza, 2009), (Azanza et al., 2009), (Ibarra et al., 2002).

Estos quelonios se encuentran amenazados por diversos factores. Las cinco especies identificadas que anidan en Cuba, aparecen clasificadas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como "en peligro" o "en peligro crítico" (UICN, 2010). A pesar de que las tortugas marinas ovipositan generalmente alrededor de cien huevos a la vez, en promedio sólo uno de los huevos del nido sobrevivirán hasta la edad adulta (Wright, 2010). Mientras que muchas de las amenazas son naturales (depredadores como hormigas, cangrejos, hongos y larvas), nuevas amenazas para las especies de tortugas marinas han surgido y aumentado recientemente con la creciente presencia de los seres humanos (Heithaus et al., 2008).

El éxito en la aplicación del protocolo de monitoreo no ha sido el esperado por diversas causas:

Existen varios especialistas en los programas de monitorización, todos ellos pertenecientes a organismos diferentes por lo que la información que se recibe de cada uno de ellos es heterogénea, en ocasiones inconsistente y susceptible a errores. En la práctica durante los recorridos se realizan anotaciones en libretas que luego se llevan a hojas de cálculo y estas se envían hacia La Habana donde otros especialistas deben agruparlas, descartando los datos erróneos. Los valores de las variables que se contemplan pueden ser numéricos o literales, estos últimos por lo general tienden a introducir errores, incluyendo ortográficos.

El número de áreas a estudiar asciende a siete ubicadas a lo largo de la geografía cubana. Este valor puede continuar ascendiendo si se detectan otros ecosistemas en peligro o con afectaciones de interés. Habitualmente los especialistas participan en varios de los estudios que se realizan en diferentes lugares del país, con lo cual se hace necesaria la optimización del tiempo disponible para el procesamiento de la información recopilada.

El soporte digital en el que se almacenan los datos introduce varias deficiencias que entorpecen el trabajo tanto para registrar como para consultar la información. Por mencionar algunos ejemplos el análisis que se realiza a los neonatos debe incluir las anomalías que se observan en varios de ellos. En particular para las deformaciones se torna complejo su procesamiento pues tanto las cantidades como los tipos de deformación presentadas se guardan en la misma celda, como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1 Fragmento de la planilla de estudio de nidos, huevos y neonatos**

Análisis de Neonatos						
Total de neonatos	Muertos al nacer	Normales	Con anomalías			
			Restos	de	Deformaciones	Larvas

			<b>vitelo</b>		
50	13	41	1	2 Sin ojos. 3 Deformación de carapacho.	2
57	5	63	3	4 Ausencia de extremidades. 3 Ausencia de pigmentos.	0

La tabla anterior es parte de una planilla que registra otras dieciséis variables, similar a las planillas de monitorización diurna y nocturna, que incluyen veinte y veintiséis variables, respectivamente.

De forma similar la gestión de las incidencias se dificulta pues el protocolo no integra los diferentes elementos que pueden constituirlos: furtivos, restos y tortugas vivas amarradas en campamentos.

En la mayoría de los casos es imposible detectar la fecha de la puesta de los nidos, siendo necesario manejar una fecha aproximada para realizar estimaciones que puedan utilizarse para caracterizar las temporadas de anidación. De la forma que hoy se procesa la información muchos registros son descartados por no contar con una alternativa relativamente fácil de ejecutar para resolver la situación anterior.

El análisis que hoy se realiza a los datos en crudo es limitado y no muy exacto. Para ello se utilizan hojas de cálculo en Excel y el software propietario Statistica, que si bien son relativamente sencillos de utilizar dificultan realizar de manera integral, un análisis de los datos recopilados para conocer el estado de ciertas variables a nivel nacional.

Si bien es posible realizar proyecciones de comportamiento espacial y temporal entre las variables que describen los diferentes indicadores del protocolo, estas tareas se tornan complejas cuando el número de datos crece demasiado lo que

dificulta realizar análisis comparativos entre las diferentes áreas protegidas o entre estudios realizados en diferentes momentos.

No existe una base de datos que centralice en un mismo lugar los datos históricos de los estudios realizados en las diferentes áreas protegidas del país de modo que en todo momento se pueda dar seguimiento a factores como el estado de conservación, éxito de emergencia, principales amenazas, entre otros.

Considerando la anterior situación problemática se presenta el siguiente problema a resolver: ¿Cómo contribuir al proceso de mejoras del control y la evaluación del estado de conservación de tortugas marinas en el proyecto Archipiélagos del Sur?

Para dar respuesta a este problema se selecciona como objeto de estudio los sistemas de gestión de información ambiental y como campo de acción los sistemas de gestión de información ambiental para el monitoreo de tortugas marinas.

El objetivo general de la investigación consiste en “**desarrollar un sistema de gestión de información ambiental para automatizar el análisis de datos en el proyecto nacional Archipiélagos del Sur que contribuya con el proceso de mejoras del control y la evaluación del estado de conservación de tortugas marinas en Cuba**”.

El objetivo general de la investigación se deriva en los siguientes objetivos específicos:

- Establecer, a partir del estudio del marco teórico, los principales indicadores para los estudios de tortugas marinas y las herramientas existentes para la gestión de información ambiental.
- Diseñar una aplicación informática que corresponda con las características de un sistema de gestión de información ambiental.



- Implementar el sistema de gestión de información ambiental propuesto.

Se tiene como hipótesis que el desarrollo de un sistema de gestión de información ambiental que automatice el análisis de datos en el proyecto nacional Archipiélagos del Sur contribuirá con el proceso de mejoras del control y la evaluación del estado de conservación de tortugas marinas en Cuba.

### **Preguntas de Investigación**

- ¿Cuáles son los indicadores para los estudios de tortugas marinas para evaluar su estado conservación?
- ¿Qué características debe tener un sistema de gestión de información ambiental para evaluar el del estado de conservación de tortugas marinas en Cuba?

### **Viabilidad de la investigación**

El valor de la presente investigación está dado en la posibilidad que ofrece a los especialistas del Grupo Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas en Cuba de evaluar mediante el sistema informático que propone, el estado de conservación de las tortugas marinas en el país aplicando la totalidad de los indicadores establecidos en el protocolo científico metodológico que a tales efectos se aplica. Por otro lado la investigación contó con el apoyo de especialistas de la Empresa Nacional de Flora y Fauna, del Centro Nacional de Áreas Protegidas y del Grupo antes mencionado. Para todas estas instituciones es de gran interés la aplicación y puesta en práctica de este sistema.

### **Estructura del documento**

El presente trabajo se encuentra dividido en tres capítulos con la siguiente organización:

- El **Capítulo I** presenta el marco teórico referencial en el que se abordan los elementos relacionados al protocolo estudiado. De manera profunda

se ofrece un estudio de herramientas similares utilizadas internacionalmente, con lo cual es posible establecer los criterios y fundamentos que permiten seleccionar las tecnologías informáticas que se adecuan a las características del problema planteado.

- El **Capítulo II** describe el desarrollo de la propuesta de solución a partir de los artefactos desarrollados, que dan respuesta a los requisitos funcionales definidos y con ello a las necesidades de los especialistas del proyecto.
- El **Capítulo III** describe los resultados alcanzados y realiza la validación de la propuesta de solución a partir de los resultados obtenidos.

## Capítulo I. Análisis del estado del arte

### Tortugas marinas

Las tortugas marinas son reptiles que iniciaron su evolución en el período Triásico de la era Mesozoica hace más de 180 millones de años, sobreviviendo a través de periodos estables y de tiempos de cambios extremos. Proveedoras de sustento alimentario, económico y espiritual de diversos grupos sociales, forman parte de la raíz cultural de muchas regiones costeras del mundo. Hasta el siglo XIX fueron muy numerosas en sus áreas de distribución de los mares tropicales y subtropicales. Sin embargo, en las últimas décadas factores como la sobrepesca comercial, la captura incidental, el comercio ilícito, la destrucción de los hábitats de alimentación y anidación, así como la contaminación de los mares, han diezariado considerablemente sus poblaciones a nivel mundial (Moncada G et al., 2011).

Algunas de las playas de Centroamérica se cuentan entre los sitios más importantes del mundo para el desove de las tortugas marinas. En esta región están presentes 5 especies y una subespecie: caguama (*Caretta caretta*), Carey (*Eretmochelys imbricata*), parlama, paslama o lora (*Lepidochelys olivacea*), verde (*Chelonia mydas*), verde del pacífico o negra (*Chelonia mydas agassizii*) y laúd (*Dermochelys coriacea*). Todas se encuentran en peligro de extinción debido principalmente a la gran demanda de sus huevos y de su carne, así como a la pesca incidental (WWF, 2013).

Las tortugas marinas poseen características biológicas, como bajas tasas de crecimiento, longevidad, maduración tardía, hábitats y hábitos especializados y complejo ciclo de vida, con enmarañadas migraciones. Estas características, aunadas a la explotación humana, las han puesto al borde de la extinción. Muchas poblaciones ya han desaparecido y casi todas se encuentran amenazadas (Buitrago, 2005).

Las tortugas marinas están distribuidas a lo largo de un área grande, ocupando varios hábitats en diferentes etapas de su vida y muchas veces migran por cientos o miles de kilómetros entre las áreas de reproducción y alimentación (Wallace et al., 2010). Dado que sus amenazas varían en el espacio y el tiempo, se deben identificar las áreas de alto uso para su conservación, a fin de que los esfuerzos realizados para reducir las amenazas, puedan ser dirigidos y así optimizar su efectividad.

### **Estudios de tortugas marinas**

A nivel mundial, la mayoría de las poblaciones de tortugas marinas se consideran disminuyendo debido a actividades humanas como la pesca accidental, la caza furtiva y las presiones sobre los sitios de anidación. Todas las especies están en peligro de extinción (UICN, 2010), pero es difícil obtener tendencias claras porque la mayoría de las tortugas marinas son especies migratorias y rara vez se observan con frecuencia en la naturaleza.

A continuación se enumeran algunos estudios realizados durante la década de 1999 al 2009 que utilizaron ciertos indicadores o métodos estadísticos para determinar el estado de ciertas variables de interés:

- La evolución en el número de nidos contados en las playas fue utilizada ampliamente como un indicador bruto de la dinámica de anidación de las poblaciones de tortugas (Schroeder and Murphy, 1999). Sin embargo, el monitoreo de nidos se lleva a cabo con una gran variabilidad en los métodos. En Costa Rica, el uso de los conteos de nidos diarios o semanales en tres playas indexadas, junto con los reconocimientos aéreos de los países vecinos, permitió la identificación de las tendencias de la tortuga laúd. El mismo protocolo de monitoreo permitió la estimación de las tendencias positivas para la anidación de tortugas verdes en Tortuguero, Costa Rica (Troëng and Rankin, 2005). Esta metodología es la más desarrollada y es actualmente el único método

que puede proporcionar series de tiempo lo suficientemente largo para permitir determinar las tendencias demográficas (Hays, 2004). Sin embargo, esta estimación mantiene un índice de abundancia, en lugar de un indicador absoluto del tamaño de la población (Gerrodette and Taylor, 1999).

- Otra metodología, en este caso para modelar la temporada de anidación de las tortugas marinas, se aplica a la serie histórica de los conteos de nidos en las playas de anidación monitorizadas (Godgenger et al., 2009). El estudio evidenció un pico en la actividad de anidación a principios de enero para las tortugas laúdes y a principios de diciembre para las golfinas. El estudio arrojó la existencia de un descenso en la anidación de esta última, mientras aumentó la anidación de la primera, y propone que las amenazas diferenciales para estas dos especies explican este patrón.
- El número y la distribución de los nidos depositados durante la temporada de anidación proporcionan información vital sobre diversos aspectos de la ecología de las tortugas marinas y su conservación, permitiendo desarrollar un modelo matemático para estudiar la fenología de la temporada de anidación de las tortugas laúdes que ovipositan en la Guayana Francesa (Girondot et al., 2006), derivado de un conjunto de datos de conteo de nidos incompletos. Se detectaron tres componentes principales de la distribución de nidos de tortugas laúd: una forma general que corresponde a la llegada y salida de las hembras de esta especie en la región de Guayana; un patrón sinusoidal con un período de aproximadamente diez días que se relaciona con las limitaciones fisiológicas de las laúd hembras que anidan y un patrón sinusoidal con un período de aproximadamente quince días, que probablemente refleja la influencia de las mareas altas de primavera sobre dichas hembras.
- Indicadores en función de las categorías propuestas por (Miller, 2000) permitieron caracterizar el éxito de emergencia de la Tortuga Verde en Guanahacabibes en Pinar de Río (Azanza et al., 2006). Fueron

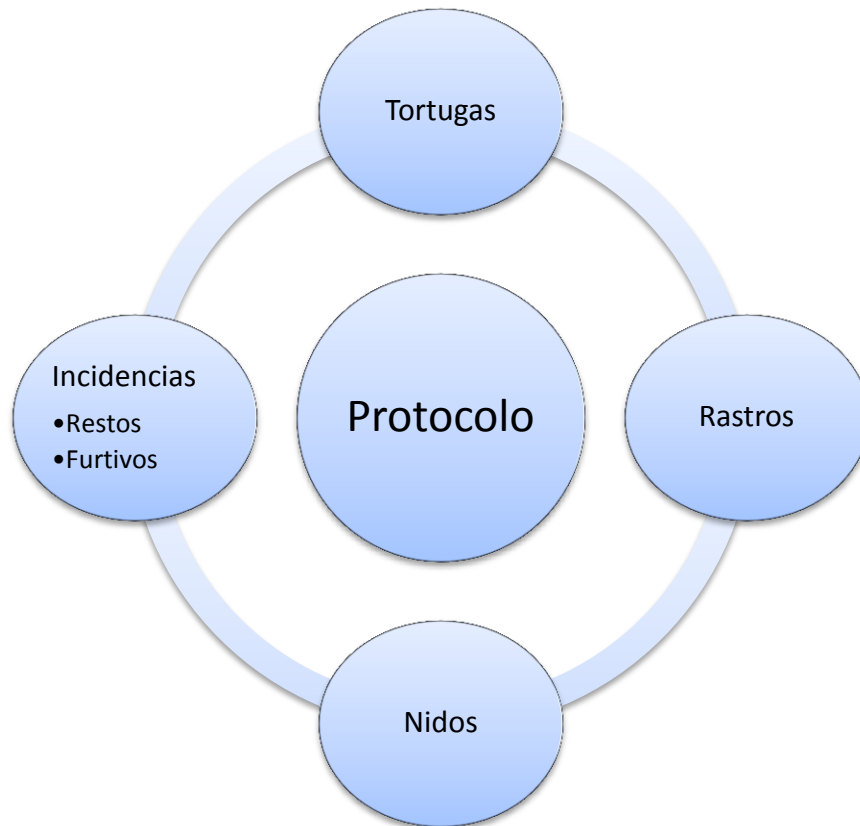
comparados ocho indicadores: número de huevos por nido, período de incubación, éxito de emergencia, el porcentaje de: huevos sin embrión, mortalidad embrionaria, depredación en el nido, anomalías y mortalidad al nacer; entre playas y zonas para cada playa. Se encontraron diferencias significativas por zonas para el porcentaje de supervivencia y de huevos sin embrión.

La mayor deficiencia identificada en los estudios anteriores está dada por la ausencia de una herramienta que automatice el análisis de datos o la persistencia de los mismos hasta la actualidad. En la bibliografía consultada no se encuentran referencias que indiquen lo contrario. Investigadores del programa de monitorización desarrollado en Cuba entrevistados durante esta investigación, refieren que en ocasiones deben realizar comparaciones de datos utilizando únicamente publicaciones y artículos con información ya procesada publicada por los investigadores que la recopilaron.

### **Protocolo para el estudio de tortugas marinas en el proyecto Archipiélagos del Sur**

El proyecto Archipiélagos del Sur define para cada programa (incluido el de tortugas marinas), un protocolo que contiene los elementos a estudiar en cada temporada de anidamiento. El mismo toma los datos de los recorridos diurnos y nocturnos que se realizan a las playas de interés. En el caso de los recorridos diurnos estos se centran en el control de los rastros y los nidos que durante la noche dejan las tortugas; mientras en los recorridos nocturnos además de lo anterior se tienen en cuenta los datos morfológicos de los individuos que se encuentran. Los nidos que se registran son marcados para realizarles un análisis a sus cascarones y a los neonatos lo cual permite determinar el éxito de eclosión y de emergencia respectivamente. Por otro lado es de interés para este protocolo mantener un control de las principales amenazas que se detectan a partir de los restos de ejemplares que han sido sacrificados

ilegalmente, la presencia de furtivos o la detección de tortugas en cautiverio en las áreas de investigación.



**Ilustración 2 Áreas de estudio del protocolo para el estudio de tortugas marinas en Cuba**

El protocolo mencionado anteriormente constituye una útil herramienta para el control de las poblaciones de tortugas marinas que anidan en Cuba, la Ilustración 2 muestra las principales áreas de estudio que este abarca. En cada una se incluye un grupo de indicadores que permiten de una u otra forma caracterizar el estado de conservación de las tortugas marinas en el país.

La información recopilada permite realizar una serie de análisis que aumentan su calidad en dependencia del conocimiento que tienen los especialistas sobre herramientas como Excel o Statística.

Si bien trabajar con Excel permite a los usuarios crear un conjunto de gráficas y realizar cálculos para determinar entre otros: media, moda, varianza y desviación estándar; su usabilidad se dificulta al procesar grandes cantidades de datos. Su mantenimiento es costoso en tiempo y esfuerzo debido a su descentralización y su vulnerabilidad a datos incompletos, erróneos o en formatos inadecuados.

Varios paquetes estadísticos como el software Statistica permiten un procesamiento más profundo de los datos manejados. Este programa consta de varios módulos: el principal de ellos es Base, que implementa las técnicas estadísticas más comunes. Éste puede complementarse con otros módulos específicos tales como:

- **Advanced:** Este módulo se centra en la aplicación de técnicas multivariantes y modelos avanzados de regresión lineal y no lineal.
- **QC:** Permite utilizar técnicas de control de calidad, análisis de procesos (distribuciones no normales, Gage R&R, Weibull) y diseño experimental.
- **Data Miner:** Su función se centra en la minería de datos, análisis predictivos y redes neurales.

Las ventajas que ofrece esta herramienta se ven limitadas pues no está concebida como el soporte de almacenamiento primario de los datos. La dificultad persiste, al no poder reutilizar procedimientos y/o análisis previos lo que implica repetir muchas veces las mismas operaciones para obtener una valoración del estado de cierta variable en un instante determinado.

Si bien existen varias herramientas que permiten realizar análisis a los datos obtenidos, puede decirse que un sistema de gestión de información (SGI) constituye el instrumento adecuado para estos fines.



## **Los sistemas de gestión de información**

La gestión de la información implica: determinar la información que se precisa; recoger y analizar la información; registrarla y recuperarla cuando sea necesaria; utilizarla; y divulgarla (Aguilar F., 1997).

Un SGI es la aplicación de la tecnología de la información para apoyar las principales funciones y actividades de un negocio ya sea del sector privado o institución del sector público. En el pasado, las organizaciones reconocían la importancia de la gestión de recursos como el trabajo, el capital y las materias primas. Hoy está ampliamente aceptado que la gestión del recurso información es igualmente importante. Un SGI apoya el proceso de recolección, manipulación, almacenamiento, distribución y utilización de los recursos de información de una organización (TIM, 2013).

Debe destacarse que para manejar grandes volúmenes de datos como los anteriormente descritos suelen utilizarse SGI, los cuales han sido ampliamente implementados en los entornos empresariales como un enfoque sistemático para la recopilación y presentación de la información necesaria para la toma de decisiones (Hansen et al., 1977). Un SGI es una herramienta mediante la cual los datos (entrada) se registran, almacenan, recuperan y procesan para la toma de decisiones (salida) (Krishnan et al., 2010).

Un SGI permite crear informes que proporcionan una visión completa de toda la información necesaria para tomar decisiones que van desde pequeños detalles diarios a nivel superior de estrategia. Los sistemas actuales de gestión de la información se basan en gran medida en la tecnología para recopilar y presentar datos, pero el concepto es más antiguo que las tecnologías informáticas modernas (Ingram, 2013).

La disponibilidad y accesibilidad son dos ventajas importantes que ofrecen los sistemas de este tipo desarrollados con tecnologías web y habitualmente publicado en un servidor Internet.

En (Silver et al., 1995) se proporcionan dos puntos de vista sobre los sistemas de gestión de información: el primero en que incluye software, hardware, datos, personas y procedimientos; un segundo punto de vista gerencial incluye personas, procesos de negocio y sistemas de información como parte de un súper-sistema constituido por la organización.

También se sugiere tomar como punto de partida la respuesta a la interrogante: ¿cuál es el súper-sistema organizacional del cual un sistema de gestión de información es parte? Y solo entonces responder a ¿cuáles son las características y componentes que este sistema debe tener y cómo estos permiten a la organización alcanzar sus objetivos? (Ackoff, 1993)

### **Sistemas de gestión de información medioambiental**

Las definiciones anteriores aplicadas al objeto de estudio de la presente investigación permiten definir un sistema de gestión de información medioambiental como un sistema que integra grandes y diversos conjuntos de datos y proporciona herramientas para el análisis y la visualización de información clave a los tomadores de decisiones para cuestiones ambientales.

### ***Proyecto Sistema de Información Ambiental de la India***

Los SGI, como herramientas que facilitan el procesamiento de datos y la obtención de información, se aplican a diferentes contextos. Su aplicación es adaptable a cualquier contextos de la gestión ambiental: evaluación del impacto ambiental; gestión de riesgos e inventarios, entre otros.

Se puede citar su aplicación a la gestión medioambiental en la Base de datos de Información Medioambiental de Nivel Básico de la India (ISBEID por sus siglas en inglés). Se trata de un software habilitado para la web desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente y Bosques y el Gobierno de la India en el marco del Proyecto Sistema de Información Ambiental<sup>1</sup> (ENVIS por sus siglas

---

<sup>1</sup> [wiienvis.nic.in](http://wiienvis.nic.in), (2013)

en inglés). El objetivo de este programa es cubrir la brecha en la difusión de datos medioambientales en relación con vastos parámetros tales como la contaminación del aire y del agua, la silvicultura, los recursos de tierra, flora, fauna, etc. Para ello permite que los centros de ENVIS provean los datos directamente en el servidor de base de datos utilizando la interfaz web en el portal de este proyecto.

En sus bases de datos contiene numerosa información que puede ser consultada aplicando diferentes filtros y clasificada en varias categorías que permiten a los usuarios obtener fácilmente la información que desean, sus reportes son públicos y accesibles desde Internet.

Su centro para la vida salvaje y las áreas protegidas publica un boletín con información sobre las tortugas marinas y de agua dulce de la India. El volumen XII, último publicado, corresponde al año 2009.

ENVIS es un SGI que recopila información relacionada a varios elementos ambientales lo que hace que en temas concretos, como las tortugas marinas, la información que posee sea relativamente limitada. Al ser una herramienta a la medida no tiene soporte para el protocolo cubano pues sus bases de datos no contemplan los indicadores que el mismo propone.

### ***Sistema Compartido de Información Medioambiental de la Unión Europea***

Por su parte la Unión Europea (UE) persigue la instauración del Sistema Compartido de Información Medioambiental (SEIS por sus siglas en inglés) (Comisión Europea, 2012). Esta herramienta tiene como objetivo abordar los problemas ambientales de la actualidad, tales como la adaptación al cambio climático, la gestión de los ecosistemas y los recursos naturales de manera sostenible, la protección de la biodiversidad, la prevención y gestión de crisis ambientales como las inundaciones, los incendios forestales y la escasez de agua; lo cual depende de la evaluación de los datos de una variedad de sectores y fuentes. SEIS está orientado a propiciar la toma de decisiones a

todos los niveles (local a europeo) con los datos medioambientales en tiempo real, lo que permitirá tomar decisiones inmediatas y vitales.

Esta propuesta de la UE aún no se ha materializado. Aunque su aplicación permitirá un control efectivo de los problemas ambientales que abordará, tendrá las mismas limitantes que han sido enumeradas para el sistema indio.

### ***Sistema de Información Ambiental del gobierno de Botsuana***

Con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Gobierno de Botsuana ha puesto en marcha un Sistema de Información Ambiental<sup>2</sup> (EIS por sus siglas en inglés). Se trata de un portal web que ofrece una amplia gama de recursos y servicios. Constituye un mecanismo con el cual los datos ambientales claves son identificados y la información se difunde ampliamente entre las diversas partes interesadas. EIS fue establecido como un sistema de información de datos nacionales sobre el uso de la gestión del medio natural. Contiene una serie de componentes que cubren los indicadores medioambientales, el estado de las revisiones de medio ambiente, así como la evaluación ambiental.

En esta herramienta el estudio de impacto ambiental ha sido diseñado para permitir un almacenamiento eficiente de datos, la manipulación, la visión, el cuestionamiento, interpretación y comprensión del desempeño ambiental en la consecución de los principios de desarrollo sostenible. Lo anterior pretende fomentar la confianza en la toma de decisiones pues se basa en información coherente y oportuna que permite el desarrollo de políticas de gestión ambiental, estrategias y programas.

Este sistema ofrece a los usuarios un conjunto de reportes entre los que incluye aquellos relacionados con energía, tierra, recursos renovables, desechos, contaminación del aire y biodiversidad. Ese último incluye datos de una amplia gama de especies y poblaciones que pueden ser descargados en formato PDF.

---

<sup>2</sup> [www.eis.gov.bw](http://www.eis.gov.bw), (2013)

Botsuana no tiene costas, por ende tampoco tortugas marinas, pero la forma en que el sistema estudia ciertos indicadores ambientales, resulta de interés para esta investigación.

### ***La Lista Roja de la UICN***

Por otro lado la UICN en sus programas proporciona el marco para la planificación, ejecución, seguimiento y evaluación del trabajo de conservación realizado por las comisiones y la secretaría con la participación de los miembros de la UICN y en su nombre. Esta organización mantiene una base de datos conocida como la Lista Roja de la UICN de especies amenazadas, que puede considerarse el inventario más completo y reconocido sobre el estado de conservación mundial de las especies vegetales y animales. Se basa en criterios para evaluar el riesgo de extinción de miles de especies y subespecies. Estos criterios son aplicables a todas las especies en todas las regiones del mundo. Gracias a su sólida base científica, la Lista Roja se considera la guía más acreditada sobre el estado de la biodiversidad (UICN, 2013).

Para el caso de las tortugas marinas esta base de datos clasifica las especies como amenazadas, críticamente amenazadas, en peligro, en peligro crítico, entre otras. En ella aparece información disponible acerca de su clasificación actual, la justificación de la misma y un histórico de los diferentes estados en los que se han encontrado; el año de la última revisión; los principales contribuyentes, asesores y revisores; los países en los que las especies son endémicas, en los que se han extinguido o reintroducido; las tendencias de la población, sus principales amenazas así como las acciones de conservación que se desarrollan.

Si bien esta es una herramienta de gran utilidad por la información que se ofrece, la misma es muy general y presenta el estado de una especie a nivel mundial: la información relativa a un país o región no está disponible. De la misma forma datos como el éxito de emergencia, cantidad de nidos, especies

marcadas, entre otros, no se registran, siendo estos de gran relevancia pues permiten caracterizar a nivel local el estado de conservación de estas especies.

A pesar de las bondades que se mencionan las herramientas antes descritas tienen como limitantes fundamentales las siguientes:

- Son SGI de temática general, enfocados a múltiples indicadores relacionados a otros problemas ambientales.
- La información que se reporta describe niveles muy generales que caracterizan una región, país o problema, pero no permiten análisis a nivel de áreas protegidas, o zonas de interés.
- Constituyen herramientas a la medida cuyo acceso en Internet es limitado para los especialistas cubanos.
- No contemplan la totalidad de los indicadores propuestos por el protocolo cubano, en algunos casos no se incluye ninguno de ellos.

### **Sistemas de gestión de información medioambiental para el estudio de tortugas marinas**

#### ***La Red Colombiana para la conservación de las tortugas marinas***

Existen varios portales relacionados a tortugas marinas, que no gestionan información pero permiten obtener información sobre eventos, publicaciones y actividades relacionadas con el tema. Tal es el caso de la Red Colombiana para la conservación de las tortugas marinas<sup>3</sup> la cual persigue contribuir a la conservación de estas en Colombia, promoviendo la articulación de esfuerzos entre la sociedad civil, la comunidad científica y las instituciones del gobierno. De este modo fomenta la construcción de vínculos de confianza entre los diferentes actores que permiten el intercambio y la difusión de experiencias e información como un aporte para mejorar la gestión en la conservación de estos quelonios, a través de acciones adecuadas atendiendo la problemática específica de cada especie.

---

<sup>3</sup> [redtortugasmarinascolombia.ning.com](http://redtortugasmarinascolombia.ning.com), (2013)

Esta herramienta está más enfocada a difundir información previamente elaborada que a la gestión, almacenamiento y análisis de la misma, lo cual constituye su mayor limitación.

### ***Seaturtle.org***

De manera similar el portal Seaturtle.org incluye información sobre estas especies, pero profundiza más que la Red Colombiana al brindar la posibilidad de consultar información sobre la ubicación geográfica de aquellas tortugas marcadas y que cuentan con dispositivos de posicionamiento global. Cuenta con un sistema para la monitorización de nidos, que aunque no posee información de todas las playas y zonas de anidamiento, sí muestra en los casos que lo incluye, datos relacionados al número de nidos, la cantidad estimada de huevos, el éxito de emergencia, así como los depredadores principales que afectan los nidos<sup>4</sup>.

Este portal carece de información relacionada a las principales deformaciones detectadas en los neonatos, la presencia de fibropapiloma en las especies avistadas o sus características morfológicas, en sentido general limita la información que contiene a una parte del total de indicadores propuestos en el protocolo cubano.

### ***La base de datos del Estado mundial de las tortugas marinas***

Existe otra experiencia interesante en el estudio de tortugas marinas. La base de datos SWOT o Estado mundial de las tortugas marinas<sup>5</sup> (del inglés State of the World's Sea Turtles), es una base global de datos continuamente actualizada que incluye todos los aspectos de la biogeografía de las tortugas marinas (anidación, migración, genética y otros) que depende de una red global de proveedores de datos que aporta y utiliza la información. Hasta el 2011, incluyó más de 5700 registros de datos individuales aportados por más de 550

---

<sup>4</sup> seaturtle.org (2013). "Sea Turtle Nest Monitoring System." De <http://www.seaturtle.org>.

<sup>5</sup> [seaturtlestatus.org](http://seaturtlestatus.org), (2013)

contribuyentes y fuentes bibliográficas procedentes de más de 2800 playas de anidación distintas. Constituye la base global de datos sobre la anidación de tortugas marinas más completa que existe y se encuentra en una buena posición para servir como el repositorio de información y sistema de monitoreo primordial a nivel mundial para las tortugas marinas (Wallace et al., 2011).

Marc Girondot uno de los contribuyentes de este proyecto ha desarrollado un modelo que se encuentra disponible gratuitamente como una aplicación informática sencilla. Los proveedores de datos pueden utilizarlo y el modelo produce una cifra con el cálculo total (con intervalos de confianza del 95%) de la estimación de la temporada de anidamiento. Los resultados pueden ser enviados por correo electrónico al administrador de SWOT para que sean incluidos en la base de datos junto a otras informaciones proporcionadas por el usuario. De esta manera los proveedores de SWOT pueden obtener:

- Cálculos totales de la abundancia estacional para sus playas que pueden ser utilizados en reportes u otras aplicaciones.
- Cálculos sobre el nivel de confianza que muestran el grado de incertidumbre asociado con estos y que a su vez pueden ser utilizados para evaluar la efectividad del protocolo actual de monitoreo.

Al mismo tiempo SWOT obtiene cálculos totales sobre abundancia para la base global de datos comparables a aquellos suministrados por otros proyectos, lo cual proporciona el fundamento para los esfuerzos de elaboración de mapas, análisis de tendencias y otros.

La limitación principal de SWOT consiste en que sus bases de datos dependen de la voluntad de las personas que ejecutan los estudios en las playas de compartir sus datos. No posee información sobre amenazas, depredadores y otros elementos de riesgos pues el modelo que soporta se limita a estimar y describir la temporada de anidamiento; para otros análisis a partir de los datos



capturados no posee alternativas (Girondot et al., 2006), lo cual elimina toda posibilidad de utilización para Cuba.

Al igual que los SGI ambientales antes descritos este último grupo relacionado a las tortugas marinas también posee un grupo de deficiencias que dificultan su aplicación:

- A pesar de estar enfocados a los estudios de tortugas marinas ninguno contempla la totalidad de indicadores propuestos por el protocolo cubano, en algunos casos no se incluye ninguno de ellos.
- El nivel de actualización que poseen es regular pues depende en gran medida de la voluntad de los investigadores de publicar sus investigaciones.
- Varias de las informaciones que manejan no disponen de las fuentes de datos originales.
- Constituyen herramientas a la medida cuyo acceso en Internet para los especialistas cubanos es limitado.

## **Sistemas para el análisis de datos**

### ***Weka***

Previamente en este mismo capítulo se mencionan las características principales de Statistica y Excel para obtener información a partir de registros de datos. Sin embargo existen otras herramientas de gran utilidad dentro las cuales se encuentra Weka que contiene una colección de utilidades para la visualización y algoritmos para análisis de datos y modelado predictivo, unidos a una interfaz gráfica de usuario para acceder fácilmente a sus funcionalidades. Dentro de sus características relevantes pueden mencionarse las siguientes:

- Está disponible libremente bajo la licencia pública general de GNU<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> GNU es un acrónimo recursivo que significa GNU No es Unix (GNU is Not Unix) en referencia al sistema operativo portable, multitarea y multiusuario desarrollado en 1969.

- Es portable porque está completamente implementado en Java y puede correr en la mayoría de las plataformas.
- Contiene una extensa colección de técnicas para pre-procesamiento de datos y modelado.
- Es fácil de utilizar por un principiante gracias a su interfaz gráfica de usuario.

Weka soporta varias tareas comunes de minería de datos, especialmente, pre-procesamiento de datos, clustering, clasificación, regresión, visualización, y selección. Todas las técnicas de Weka se fundamentan en la asunción de que los datos están disponibles en un fichero plano o una relación, en la que cada registro de datos está descrito por un número fijo de atributos (normalmente numéricos o nominales, aunque también se soportan otros tipos). Weka también proporciona acceso a bases de datos vía SQL<sup>7</sup> mediante una conexión JDBC (del inglés Java Database Connectivity) y puede procesar el resultado devuelto por una consulta hecha a la base de datos. No puede realizar minería de datos multi-relacional, pero existen aplicaciones que pueden convertir una colección de tablas relacionadas de una base de datos en una única tabla que ya puede ser procesada con Weka (Reutemann et al., 2004).

### ***Pentaho***

Por otro lado Pentaho es una suite de inteligencia de negocio que bajo una misma arquitectura proporciona integración de datos, reportes fijos, panel de control y reportes multidimensionales. Adicionalmente, soporta proyectos de *Big Data* e incluye el módulo de Weka para hacer análisis de minado de datos (Vinkos, 2013). Pentaho está liberado bajo dos versiones una comercial y otra gratuita pero con funcionalidades limitadas con respecto a la edición comercial.

Dentro de las herramientas que lo integran se encuentran las siguientes:

---

<sup>7</sup> Lenguaje de consulta estructurado o SQL (por sus siglas en inglés Structured Query Language)

- **Pentaho Reporting:** permite crear informes usando datos de fuentes externas, generados en XML que pueden ser exportados a diversos tipos de archivos finales, como pueden ser PDF, HTML o documentos de texto.
- **Pentaho DashBoard:** se utiliza para crear cuadros de mando en la interfaz final de la herramienta web. Estos cuadros de mando podrán realizar funciones de consulta y análisis de los datos.
- **Pentaho Data Integration:** posibilita la manipulación de los datos desde una fuente externa e independiente a la herramienta
- **Pentaho Data Mining:** se emplea para extraer información implícita en los datos. Desarrollado con el motor de minería de datos Weka. Permite extraer patrones, crear clústeres, clasificar o extraer reglas de asociación de los datos.

Si bien esta suite es una herramienta adaptable que incluye varias alternativas para el análisis de datos, resulta difícil utilizarla sin el entrenamiento adecuado y por lo tanto los usuarios no pueden tomar ventaja inmediata del producto.

Tanto Weka como Pentaho, contienen elementos interesantes que pueden ser utilizados para el análisis de datos provenientes de diferentes orígenes. Precisamente este rasgo que les permite el estudio de diversos datos constituye para algunos usuarios un factor que los hace complejos y difíciles de utilizar.

Por otro lado ninguna de las dos herramientas gestiona o almacena información primaria, su función es el análisis de esta desde una fuente externa que garantice su almacenamiento, integridad y disponibilidad. Ello introduce una vulnerabilidad en la seguridad de los datos ante la necesidad de publicar para ciertos usuarios información sobre el acceso a los mismos que debe permanecer protegida.

## Resumen sobre la revisión de las herramientas existentes

En la Tabla 2 se muestra una comparación que resume los principales elementos tratados previamente y sintetiza las características esenciales de los mismos.

**Tabla 2 Resumen de las herramientas estudiadas**

Características	SGI medioambientales	SGI para el estudio de tortugas marinas	Herramientas para el análisis de datos
Herramientas	ENVIS, EIS, SEIS, Lista Roja de la UICN.	Red Colombiana, SeaTurtle.org, SWOT.	Weka, Excel, Statistica, Pentaho.
Soporte	Internet	Internet	Software de escritorio.
Información que gestionan	Información general, referida a diversos indicadores ambientales.	Datos específicos de tortugas marinas, que cubren parcialmente algunos de los indicadores de interés. Incorporan estudios y publicaciones de relevancia. Incluyen foros, reportes e información geo-	Permiten análisis de varios datos. Son destacables las posibilidades de Weka y Pentaho para conectarse a diferentes orígenes de datos que pueden ser procesados con sus herramientas.

		referenciada (solo Seaturtle.org).	
<b>Metodología o protocolo que soportan</b>	No está definido.	No está definido.	No está definido.
<b>Disponibilidad del código fuente</b>	No está disponible.	No está disponible.	Weka es libre, Pentaho posee una versión comercial y otra libre. Excel y Statistica son herramientas propietarias.
<b>Acceso para usuarios cubanos</b>	Mediante Internet.	Mediante Internet.	Mediante el pago de licencias para Excel y Statistica.  En el caso de Weka y Pentaho utilizando las versiones libres.
<b>Posibilidades de administración</b>	No	No	Parcialmente.

A pesar de ciertas limitaciones para el estudio profundo de las herramientas enumeradas, dentro de las que puede mencionarse el pago de licencias y/o cuentas para acceder a todas las funcionalidades que ofrecen, así como el acceso a internet, se considera que las mismas no sustentan ningún protocolo

que garantice la estandarización necesaria para la información que se recopila en el programa de tortugas marinas del proyecto Archipiélagos del Sur.

## **Conclusiones parciales**

La investigación realizada en el presente capítulo evidenció la existencia de diferentes estudios a nivel nacional e internacional sobre el estado de conservación de las tortugas marinas, varios de ellos no refieren el uso de software o sistemas para el almacenamiento y la manipulación de la información que manejan.

El estudio a los sistemas de gestión de información ambiental evidenció un grupo de características de interés para esta investigación:

- El uso de internet para implantar los SGI facilita el acceso a sus usuarios, así como la posibilidad de compartir la información con las diferentes comunidades de investigadores.
- La publicación de reportes o boletines con los resultados de los principales indicadores permite a usuarios y población en general obtener información resumida, actualizada y de valor para diferentes fines.
- La utilización de bases de datos para la persistencia de los datos es una buena práctica que permite la creación de consultas y funcionalidades de mayor envergadura que mejoran la experiencia del usuario final.

Sin embargo existen otras circunstancias que imposibilitan la completa aplicación de las herramientas estudiadas:

- El protocolo que se aplica en Cuba para los estudios de tortugas marinas contiene un número de indicadores, a lo sumo parcialmente contemplados en algunas de estas herramientas. Ni siquiera aquellas que están enfocadas a los estudios de tortugas marinas contemplan la

totalidad de los indicadores propuestos por el protocolo cubano, en algunos casos no se incluye ninguno de ellos.

- Para los usuarios de Cuba es prácticamente imposible desempeñar un rol de administrador en cualquiera de estas herramientas, ello elimina toda posibilidad de adecuación al contexto del país.
- Ninguna de ellas está disponible como producto para descargar e instalar, tampoco para modificar de algún modo su código fuente hasta que cumpla los requisitos necesarios.

El estudio realizado muestra una tendencia al desarrollo de aplicaciones web, utilizando bases de datos relacionales que pueden ser utilizadas como punto de partida para procesos más complejos de análisis de información. En algunos casos coexisten varias herramientas obteniendo un marco de trabajo que abarca un grupo de áreas tales como: la gestión de datos, la creación de reportes y estadísticas, la minería de datos, entre otras.

Se evidencia una orientación en los diferentes sistemas de gestión de información a integrarse en sistemas más complejos que abarcan diferentes áreas de procesos en negocios de mayor complejidad. Resulta por lo tanto conveniente desarrollar una herramienta que en el futuro sea relativamente fácil mantener y extender.

## Capítulo II. Propuesta de solución

El sistema de gestión de información para el programa de tortugas marinas en el proyecto Archipiélagos del Sur se desarrolló como una aplicación web tomando como base el framework Symfony2 y una arquitectura basada en el patrón Modelo – Vista – Controlador que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de control en tres componentes distintos.

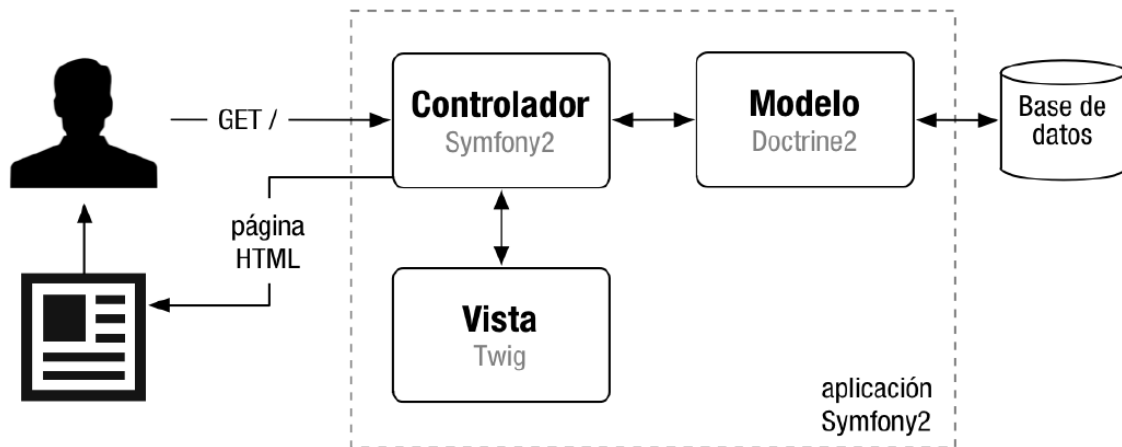


Ilustración 3 Esquema Modelo-Vista-Controlador en Symfony2

El sistema incluye las funcionalidades necesarias para dar soporte al negocio del problema, teniendo en cuenta que las áreas protegidas del archipiélago cubano abarcan diferentes playas que constituyen el lugar de anidamiento de algunas especies de tortugas marinas. Los recorridos que realizan los especialistas tienen como objetivo:

- Registrar los datos de las tortugas encontradas: el nombre de la especie, la hora de descenso, la acción que realiza, si tiene fibropapiloma, el código de la marca, los datos morfológicos y una imagen de la tortuga.
- Reconocer los rastros que dejan las mismas y registrar: el ancho, tipo, condición, dirección, localización, número y a qué especie pertenece.
- Examinar los nidos, de los cuales se guardan datos como: su número, la fecha de puesta, los intentos de la tortuga en construirlo, la distancia de

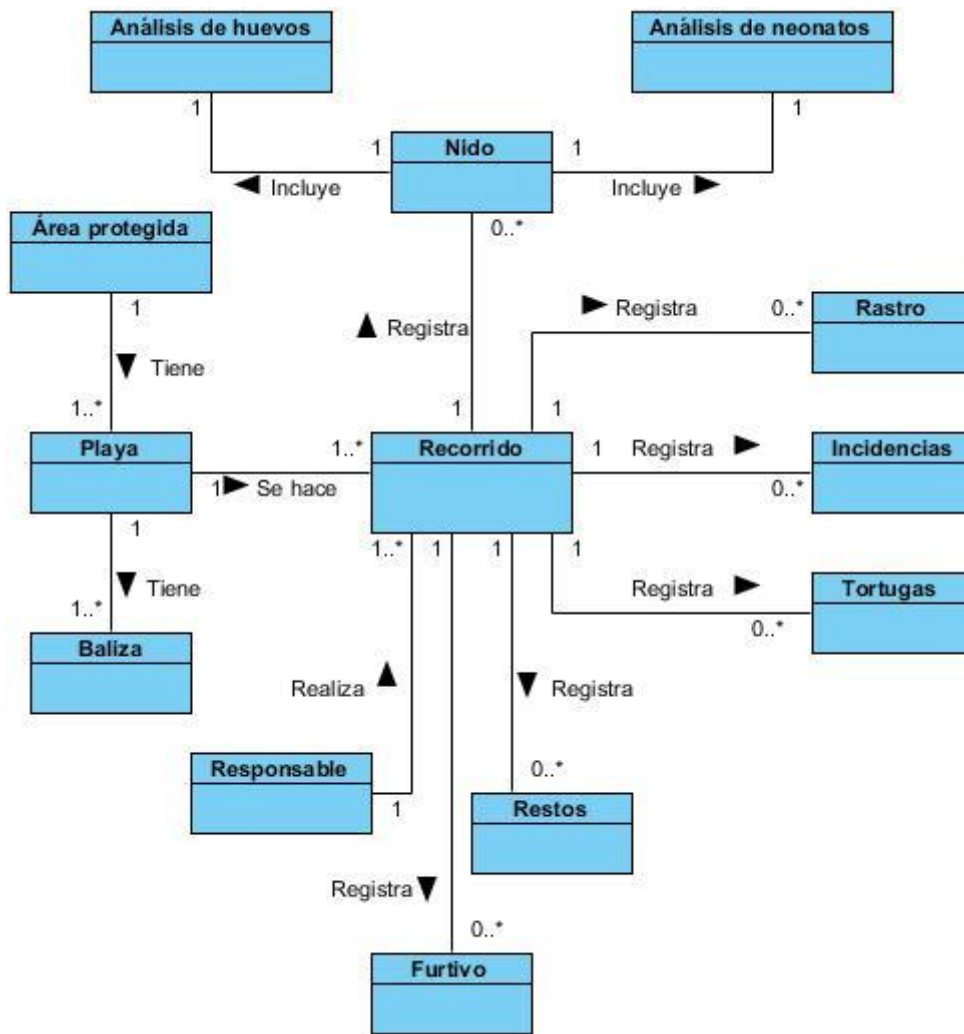


la línea de marea, su profundidad, cantidad de huevos, el porcentaje de banda opaca, cuántos huevos rotos, el tiempo de incubación, la zona donde está situado, la especie, la condición, su localización y si fue depredado, por qué animal.

- Realizar el análisis de los huevos que se encuentren en los nidos y registrar datos como: número del nido al que pertenece, total de cascarones, total de huevos con y sin desarrollo embrionario, total de huevos, periodo de incubación, total de embriones con anomalías, el total de huevos depredados por hormigas, cangrejos, larvas y hongos.
- Realizar el análisis de los neonatos y registrar datos como: la cantidad de neonatos, el total de atrasados, muertos, normales, con restos de vitelo y con larvas, el ancho recto promedio, el largo recto promedio, profundidad y las observaciones.
- Detectar la presencia de furtivos en las zonas de anidamiento, ya sean embarcaciones o tiendas rústicas, restos de fogatas, entre otros que evidencien la presencia de cazadores.
- Detectar la presencia de restos de tortuga, en tal caso se registran los datos de los mismos, el tipo y las observaciones sobre el hallazgo.

El modelo de dominio, puede considerarse como un diccionario visual de las abstracciones relevantes, vocabulario e información del dominio. Este modelo es una representación de los elementos del mundo real en el contexto del dominio de interés. Se utiliza con frecuencia como fuente de inspiración para el diseño de los objetos software.

El modelo de dominio que se muestra en la Ilustración 4 resume los elementos descritos anteriormente relacionados al dominio del problema.



**Ilustración 4 Principales conceptos del dominio del problema**

A partir de los conceptos reflejados en la Ilustración 4 se definen un conjunto de requisitos funcionales que establecen el alcance de la propuesta de solución:

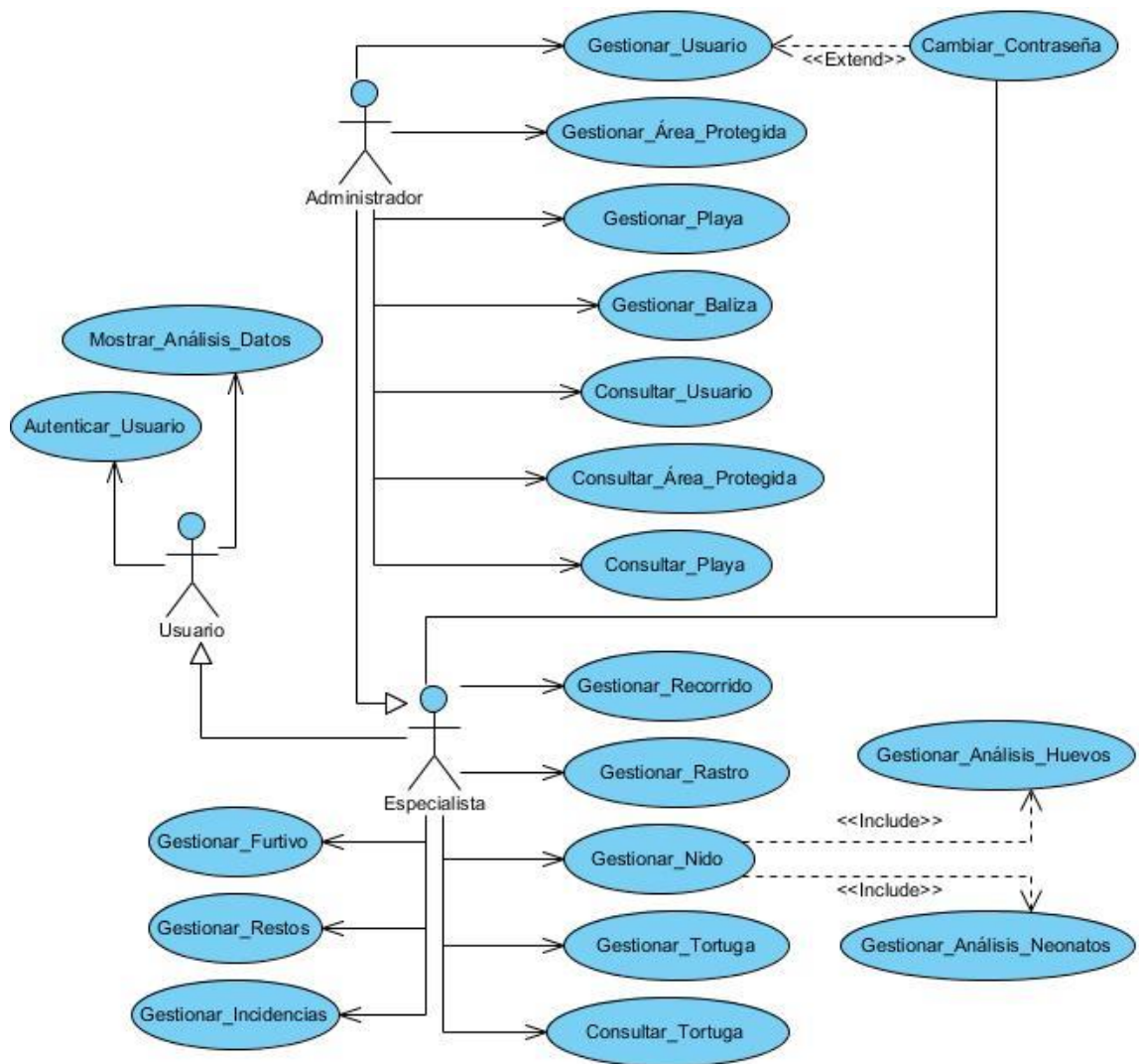
- Gestionar usuarios con el rol de especialista o administrador: se registran los datos de los usuarios especificando un rol a cada uno que determine el nivel de acceso que el mismo tiene en el sistema lo que permite su posterior edición, consulta o eliminación.
- Autenticar usuarios para garantizar la seguridad de la aplicación ofreciendo a los usuarios solo las funcionalidades a las que su rol tiene acceso.

- Gestionar los datos de las áreas protegidas y playas identificadas a partir de su nombre y una breve descripción y permitir su posterior edición, consulta o eliminación.
- Gestionar los datos de las balizas de cada playa a partir de su número y coordenadas geográficas para su utilización en la localización de nidos y rastros. El sistema debe permitir la edición, consulta o eliminación de las balizas previamente gestionadas.
- Gestionar los recorridos diurnos y nocturnos que realizan los especialistas considerando de su ubicación espacial y temporal y permitir su posterior edición, consulta o eliminación.
- Gestionar los datos de las tortugas que se avistan durante los recorridos teniendo en cuenta sus datos morfológicos, acciones e identificación y se permite su posterior edición, consulta o eliminación.
- Gestionar la información que se obtiene de los rastros que crean las tortugas en su tránsito por las playas considerando su estado y demás características. El sistema debe permitir su posterior edición, consulta o eliminación.
- Gestionar los datos de los nidos encontrados durante los recorridos lo cual incluye su registro y posterior edición, consulta o eliminación y brindando la posibilidad a los usuarios de:
  - Realizar análisis a los neonatos luego de la eclosión.
  - Realizar análisis a los huevos luego de la eclosión.
- Mostrar análisis de datos a partir de los siguientes elementos:
  - Comportamiento del éxito de eclosión por especie, áreas protegidas y rangos de fecha.
  - Comportamiento del éxito de emergencia por especie, áreas protegidas y rangos de fecha.
  - Comportamiento del fibropapiloma por especies.
  - Comportamiento de los datos morfológicos por especies.
  - Distribución quincenal de la anidación por especies y fechas.

- Distribución quincenal de los avistamientos de tortugas por especie y fechas.
- Variación temporal de la anidación por fechas, áreas protegidas y especies.
- Distribución de la anidación por áreas protegidas, playas y rangos de fechas.

### **Casos de uso del sistema propuesto**

El modelo de casos de uso describe la funcionalidad propuesta del nuevo sistema. Un caso de uso representa una unidad discreta de interacción entre un usuario (humano o máquina) y el sistema. Un caso de uso es una unidad de trabajo significativo que se ejecuta en su totalidad o no se ejecuta, devolviendo algo de valor al usuario. La Ilustración 5 muestra el diagrama de casos de uso del sistema que recoge los requisitos funcionales listados previamente.



**Ilustración 5 Diagrama de casos de uso del sistema**

A continuación se ofrece una breve descripción de los casos de uso representados anteriormente.

**Tabla 3 Descripción de los casos de uso del sistema**

Caso de uso	Descripción
<b>Gestionar usuario</b>	El caso de uso inicia cuando el administrador decide realizar una acción sobre un usuario, esta puede ser

		crear, modificar, ver o eliminar los datos del mismo.
<b>Consultar usuario</b>		El caso de uso inicia cuando el usuario decide consultar los datos de un usuario. El sistema brinda la posibilidad de efectuar búsquedas por el nombre o el correo electrónico del usuario mostrando el listado de coincidencias.
<b>Gestionar protegida</b>	<b>área</b>	El caso de uso inicia cuando el administrador decide realizar una acción sobre un área protegida, esta puede ser crear, modificar, ver o eliminar los datos de la misma.
<b>Consultar protegida</b>	<b>área</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario decide consultar los datos de un área protegida. El sistema brinda la posibilidad de efectuar búsquedas por el nombre del área protegida, mostrando el listado de coincidencias.
<b>Gestionar playa</b>		El caso de uso inicia cuando el administrador decide realizar una acción sobre una playa, esta puede ser crear, modificar, ver o eliminar los datos de la misma.
<b>Consultar playa</b>		El caso de uso inicia cuando el usuario decide consultar los datos de una playa. El sistema brinda la posibilidad de efectuar búsquedas por el nombre del área protegida o de la playa, visualizando el listado de coincidencias
<b>Gestionar baliza</b>		El caso de uso inicia cuando el administrador decide realizar una acción sobre una baliza, esta puede ser crear, modificar, ver o eliminar los datos de la misma.

<b>Gestionar recorrido</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario decide realizar una acción sobre un recorrido, esta puede ser crear, modificar, ver o eliminar los datos del mismo.
<b>Gestionar rastro</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario decide realizar una acción sobre un rastro, esta puede ser crear, modificar, ver o eliminar los datos del mismo.
<b>Gestionar nido</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario decide realizar una acción sobre un nido, esta puede ser crear, modificar, ver o eliminar los datos del mismo.
<b>Gestionar análisis de huevos</b>	El caso de uso permite a los usuarios asociar un análisis de huevos a un nido seleccionado, introduciendo los valores de los indicadores correspondientes. El usuario puede crear, modificar, ver o eliminar los datos del análisis.
<b>Gestionar análisis de neonatos</b>	El caso de uso permite a los usuarios asociar un análisis de neonatos a un nido seleccionado, introduciendo los valores de los indicadores correspondientes. El usuario puede crear, modificar, ver o eliminar los datos del análisis.
<b>Gestionar tortuga</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario decide realizar una acción sobre una tortuga, esta puede ser crear, modificar, ver o eliminar los datos de la misma. En los casos que corresponda se podrá asociar las tortugas a una incidencia en el momento de su creación.
<b>Consultar tortuga</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario decide consultar los datos de una tortuga. El sistema brinda la

	posibilidad de efectuar búsquedas por especie o número de la marca y muestra el listado de coincidencias.
<b>Gestionar resto</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario decide realizar una acción sobre un resto de tortuga encontrado (cabeza, carapacho u otros), esta puede ser crear, modificar, ver o eliminar los datos del mismo con el objetivo de asociarlo a una incidencia.
<b>Gestionar furtivo</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario decide realizar una acción sobre un furtivo (embarcación o campamento), esta puede ser crear, modificar, ver o eliminar los datos del mismo con el objetivo de asociarlo a una incidencia.
<b>Gestionar incidencia</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario decide realizar una acción sobre una incidencia, esta puede ser crear, modificar, ver o eliminar los datos de la misma.
<b>Consultar incidencia</b>	El caso de uso inicia cuando el usuario decide consultar los datos de una incidencia. El sistema brinda la posibilidad de efectuar búsquedas por área protegida o número, mostrando el listado de coincidencias.

El requisito **Mostrar análisis de datos** agrupa en varios escenarios cada uno de los elementos que lo integran, siendo este el mayor aporte de la propuesta de solución al ofrecer a los usuarios del sistema la posibilidad de analizar el comportamiento de los datos antes descritos.



## **Diseño de la base de datos**

La base de datos se encuentra normalizada en la Forma Normal de Boyce-Codd, la cual permite evitar la redundancia de los datos y los problemas de su actualización en las tablas así como proteger la integridad de los mismos.

La Ilustración 6 muestra el modelo Entidad Relación que representa en treinta y una tablas las diferentes entidades del problema así como las relaciones que se establecen entre ellas.

Para el diseño de la base de datos se crearon dieciséis nomencladores que permiten en gran medida enfrentar la vulnerabilidad del sistema de introducir datos con errores ortográficos o de otro tipo, que pueden dificultar el procesamiento de los mismos. A continuación se describen las tablas principales contenidas en el modelo de la Ilustración 6, las restantes pueden ser consultadas en la Tabla 6 del Anexo 1 Nomencladores en la base datos.

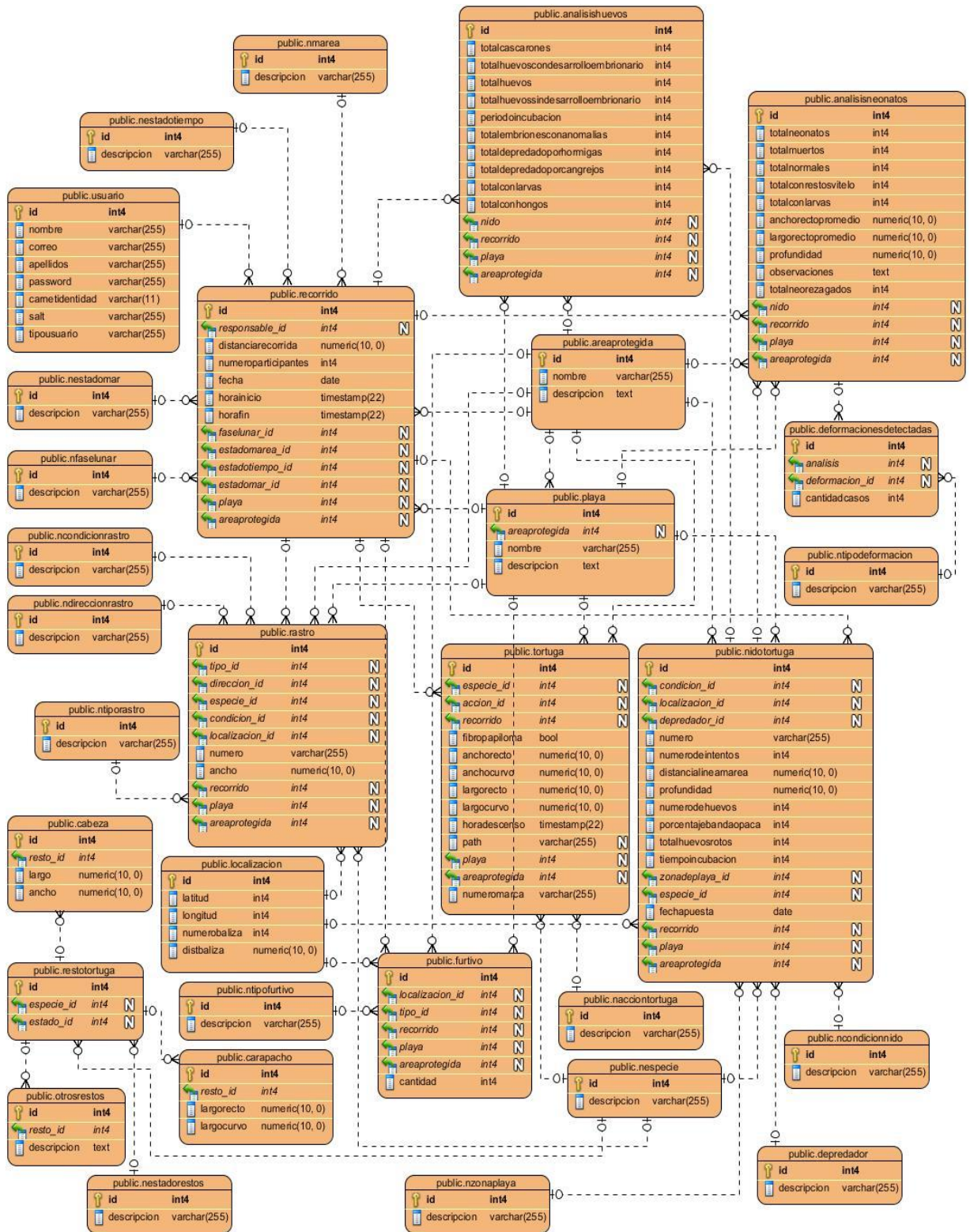


Ilustración 6 Modelo de datos

**Tabla 4 Descripción de las principales tablas**

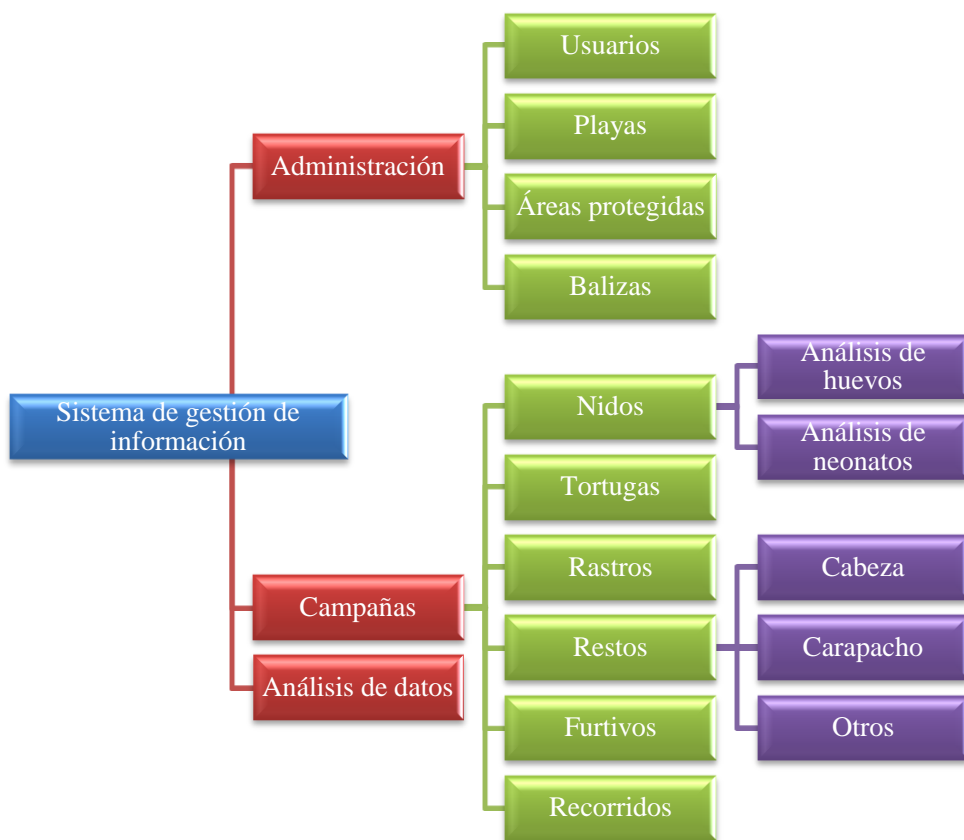
Nombre de la tabla	Descripción
<b>areaprotegida</b>	Registra las diferentes áreas en las que se realizan los estudios.
<b>playa</b>	Almacena la información de las playas en las que se realizan los recorridos, asocia cada playa a un área protegida.
<b>recorrido</b>	Registra los datos de cada recorrido realizado durante una campaña.
<b>rastro</b>	Contiene los datos de cada rastro que se identifica en las playas durante un recorrido.
<b>tortuga</b>	Contiene los datos de cada tortuga que se encuentra durante un recorrido nocturno. Incluye, entre otros, los datos morfológicos de las mismas.
<b>nidotortuga</b>	Registra los datos de los nidos que se detectan en las playas.
<b>análisishuevos</b>	Asociada a un nido concreto, esta tabla incluye los datos de los indicadores relacionados al análisis que se hace a los huevos luego de la eclosión, conjuntamente con los datos del análisis de neonatos permite calcular el éxito de eclosión y emergencia.
<b>análisisneonatos</b>	Asociada a un nido concreto, esta tabla incluye los datos de los indicadores relacionados al

	análisis que se hace a los neonatos luego de la eclosión.
<b>usuario</b>	Registra los datos de los usuarios entre ellos su rol en el sistema y contraseña cifrada.
<b>furtivo</b>	Contiene la información relacionada a las personas, embarcaciones y cazadores en general que de manera ilegal se encuentran en las playas de anidamiento.
<b>restotortuga</b>	Contiene los datos comunes a cualquier tipo de resto de tortuga que se identifican en los recorridos.
<b>cabeza</b>	Se especializa en los restos de tipo cabeza.
<b>carapacho</b>	Se especializa en los restos de tipo carapacho.
<b>otrosrestos</b>	Almacena la información de restos de otro tipo identificado durante los recorridos.
<b>deformacionesdetectadas</b>	Registra para cada deformación las cantidades de casos encontrados.
<b>localizacion</b>	Esta tabla contiene la localización de los nidos puede ser por baliza o por GPS <sup>8</sup> .
<b>baliza</b>	Esta tabla incluye los datos de las balizas que marcan cada zona en las que se han dividido las playas.

<sup>8</sup> Sistema de posicionamiento global.

## Estructura del sistema propuesto

La solución propuesta consta de tres módulos fundamentales como se muestra en la Ilustración 7: *Administración*, *Campañas* y *Análisis de datos*. Si bien los dos primeros son esenciales para el funcionamiento del sistema pues se encargan de la gestión de todos los datos de interés, es el módulo *Análisis de datos* el que constituye el mayor aporte de la presente investigación al permitir a los usuarios del sistema propuesto, el análisis y visualización de la información.



**Ilustración 7 Estructura del sistema propuesto**

El módulo *Administración* se encarga de la gestión de usuarios, áreas protegidas, playas y balizas. Está disponible para todos los usuarios aunque las tareas de creación, edición y eliminación de elementos están activas solo para los usuarios con rol de administrador.

El módulo *Campañas* gestiona los elementos relacionados con cada una de las campañas que se realizan en los estudios: recorridos, tortugas, rastros, restos, nidos y furtivos. Permite realizar el análisis de huevos y neonatos a cada nido así como el registro de los diferentes tipos de restos.

En el módulo *Análisis de datos* convergen un grupo de funcionalidades que permiten al usuario obtener y visualizar información sobre el comportamiento de ciertos indicadores a partir de los datos históricos registrados.

### **Cálculo del éxito de eclosión y emergencia**

La evaluación del éxito de una incubación es un proceso de dos pasos que consisten en determinar el éxito de eclosión y de emergencia. El éxito de eclosión se refiere al número de crías que eclosionan o rompen su cascarón (igual al número de cascarones vacíos en el nido); el éxito de emergencia se refiere al número de crías que alcanzan la superficie de la playa (igual al número de cascarones menos el número de crías vivas y muertas dentro del nido). El éxito de eclosión es a menudo un uno por ciento o más, por encima del éxito de emergencia. Ambos, éxito de eclosión y emergencia deberán ser reportados cuando se presentan datos sobre el éxito de incubación (Miller, 2000).

$$\text{Éxito de eclosión} = \frac{C}{C+HSDA+HNE+ETNE+D} \cdot 100 \quad (1)$$

$$\text{Éxito de emergencia} = \frac{C - (V+M)}{C+HSDA+HNE+ETNE+D} \cdot 100 \quad (2)$$

- **C** = Cascarones en el nido → Número de cascarones vacíos contados (mayor que el 50% completo).
- **V** = Vivas dentro del nido → Crías vivas entre los cascarones (no aquellas en el cuello del nido).
- **M** = Muertas en el nido → Crías muertas fuera de su cascarón.

- **HSDA**= Huevos sin desarrollo aparente → Huevos no eclosionados, sin un embrión evidente.
- **HNE** = Huevos no eclosionados → Huevos no eclosionados con embrión evidente (excluyendo los ETNE).
- **ETNE**= Embriones a término no eclosionados → Embriones aparentemente a término, no eclosionados dentro de un cascarón o huevos rotos por el embrión (crías con cierta cantidad de yema externa).
- **D** = Depredados → Cáscaras abiertas, casi completas, conteniendo residuos de huevo.

## Visualización de datos

Mejorar la forma en que las herramientas informáticas muestran la información a sus usuarios constituye un elemento clave en el éxito de estas. La visualización de datos pretende explicar de manera comprensible las relaciones de significado, causa y dependencia que se pueden encontrar entre las grandes masas abstractas de información que generan los procesos científicos y sociales. Se define la visualización de datos como el estudio de la representación visual de los datos, lo que significa información que ha sido abstraída de alguna forma esquemática, incluidos los atributos o variables para las unidades de información (Friendly, 2009).

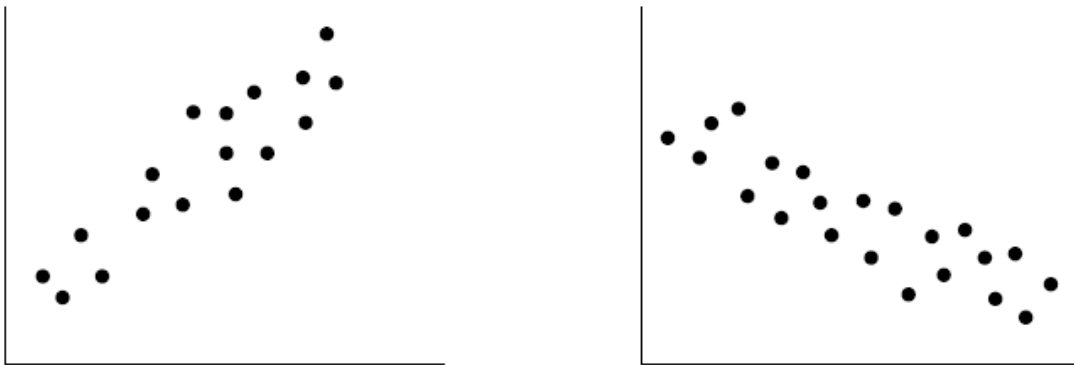
El objetivo principal de la visualización de datos es comunicar información de manera clara y eficaz a través de medios gráficos (Friedman, 2008). Esto no significa que la visualización de datos tiene que parecer aburrida para ser funcional o extremadamente sofisticada para lucir bella. Para transmitir ideas de manera efectiva, tanto su forma estética como funcionalidad deben ir de la mano y proporcionar información mediante la comunicación de sus aspectos claves de una manera más intuitiva. Sin embargo, los diseñadores a menudo fallan en alcanzar un equilibrio entre forma y función, creando magníficas visualizaciones de datos que no logran cumplir su objetivo principal: comunicar la información.

## Herramientas para la visualización y análisis de datos

### Gráfico de dispersión

Un gráfico de dispersión es uno de los métodos gráficos más eficaces para determinar si existe una relación, patrón o tendencia entre dos atributos numéricos. Para construir un gráfico de dispersión cada par de valores se trata como un par de coordenadas en un sentido algebraico y se representa como puntos en el plano (Han and Kamber, 2006). El gráfico de dispersión es un método útil para proporcionar un primer vistazo a los datos de dos variables, para ver grupos de puntos y valores atípicos o para explorar la posibilidad de relaciones de correlación.

Estos gráficos pueden mostrar que existen relaciones de correlación positiva, negativa o nula. En la Ilustración 8 se muestran ejemplos de correlaciones positivas y negativas entre dos atributos en dos conjuntos de datos diferentes.



**Ilustración 8** Los gráficos de dispersión se pueden utilizar para encontrar correlaciones positivas (izquierda) o negativas (derecha) entre los atributos.

### Histogramas

Es un método gráfico para resumir la distribución de un atributo dado. Un histograma de un atributo  $A$  divide la distribución de datos de  $A$  en subconjuntos disjuntos o cubos. Típicamente, la anchura de cada cubo es uniforme. Cada cubo está representado por un rectángulo cuya altura es igual a la cantidad o a



la frecuencia relativa de los valores. Si  $A$  es categórico, se dibuja un rectángulo para cada valor conocido de  $A$ , y el gráfico resultante se conoce comúnmente como un gráfico de barras. Si  $A$  es numérico, se prefiere el término histograma.

### Gráficos circulares

Para mostrar la caracterización de los datos<sup>9</sup>, los gráficos circulares divididos en sectores ilustran la proporción numérica de una clase de datos. En un gráfico circular, la longitud del arco de cada sector (y en consecuencia su ángulo central y el área) es proporcional a la cantidad que representa.

Las herramientas anteriores constituyen un elemento fundamental para los usuarios del sistema. A partir de los datos gestionados es posible utilizar los diagramas de dispersión, histogramas o gráficos de pastel con el objetivo de visualizar el comportamiento de los datos en un contexto determinado.

### Splines

En las matemáticas, una *spline* es una función polinómica lo suficientemente regular definida por partes y que posee un alto grado de suavidad en los lugares donde las piezas polinomiales conectan en puntos conocidos como nudos (Judd, 1998). Lo anterior no es otra cosa que un gráfico de líneas que traza una curva ajustada a través de cada punto de datos de una serie. En los problemas de interpolación se utiliza a menudo la interpolación mediante *splines* porque da lugar a resultados similares requiriendo solamente el uso de polinomios de bajo grado, evitando así las oscilaciones, indeseables en la mayoría de las aplicaciones, encontradas al interpolar mediante polinomios de grado elevado.

---

<sup>9</sup> Se entiende por caracterización de datos el resumen de las características generales o funciones de una clase de datos.

### Comportamiento del éxito de eclosión y emergencia

La ecuación (1) permite calcular el éxito de eclosión de un nido a partir de los datos que se registran luego de realizar un análisis de huevos. Este valor es útil para determinar a nivel de nidos, áreas protegidas o especies el comportamiento del indicador. Similar comportamiento es necesario para el éxito de emergencia descrito en la ecuación (2). Para ambos criterios se realiza un análisis de la dispersión de los datos.

Por otro lado, es necesario obtener las frecuencias relativas de estos indicadores en las diferentes áreas protegidas en estudio. En ambos casos es necesario que los usuarios puedan descomponer estos resultados para ciertos contextos, dígame: áreas protegidas, zonas de la playa, especies y rangos de fechas.

Al retomar las ecuaciones (1) y (2) sobre lo elementos anteriores, para un contexto determinado, el éxito de eclosión y de emergencia se calcularía como:

$$\text{Éxito de ec} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{Ci}{Ci+HSDAi+HNEi+ETNEi+Di} \cdot 100 \right) \quad (3)$$

$$\text{Éxito de em} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{Ci - (Vi+Mi)}{Ci+HSDAi+HNEi+ETNEi+Di} \cdot 100 \right) \quad (4)$$

Donde  $n$  se refiere al total de nidos registrados que coinciden con un contexto o la combinación de estos y que son de interés para los usuarios del sistema.

### Comportamiento del fibropapiloma por especies

El fibropapiloma<sup>10</sup> como enfermedad que provoca graves consecuencias en los individuos afectados, resulta un elemento que debe ser controlado en las tortugas que se estudian y registran en el sistema propuesto. Por ende es de

---

<sup>10</sup> El fibropapiloma se caracteriza por la aparición de múltiples tumores cutáneos de naturaleza fibroepitelial en cuello, conjuntiva ocular, extremidades, cola, regiones axilares e inguinales, caparazón y plastrón

gran relevancia que exista una funcionalidad que permita conocer el comportamiento de este indicador y que además los usuarios puedan acotarlo por playas o áreas protegidas.

Lo anterior se formaliza en la propuesta a partir de un grupo de sentencias para determinar las frecuencias absolutas acumuladas del padecimiento en los ejemplares estudiados por cada una de las especies.

### **Comportamiento de los datos morfológicos por especies**

De cada ejemplar de tortuga que se registra en el sistema, se toman los datos morfológicos: ancho curvo y recto y largo curvo y recto. Estas características permiten analizar el comportamiento de las poblaciones de las distintas especies que anidan en las costas cubanas. Al igual que en los casos anteriores resulta necesario contar con una funcionalidad que permita determinar por cada especie, la cantidad de ejemplares registrados y el valor de los datos morfológicos que como promedio se ha registrado para esa especie.

A partir de una cuantificación previa del número de ejemplares de cada especie se determina la media aritmética<sup>11</sup> como medida de tendencia central de cada una de las características (largo recto, largo curvo, ancho recto y ancho curvo) en ellos.

### **Distribución quincenal de la anidación por especies y fechas.**

Determinar cualquier variación en la temporada de anidación resulta sumamente importante para los investigadores de este proyecto. Por ello es necesario obtener la distribución de las frecuencias absolutas de anidación por quincena y por especie, a partir de las fechas de la puesta de cada nido registrado:

---

<sup>11</sup> Según el diccionario de la Real Academia Española es el número que resulta al efectuar una serie determinada de operaciones con un conjunto de números y que, en determinadas condiciones, puede representar por sí solo a todo el conjunto.

$$f = n_i \tag{5}$$

Donde  $n_i$  se corresponde al número de nidos registrados para la quincena  $i$ . En este caso el usuario debe tener la posibilidad de acotar el resultado obtenido a un año determinado o a una especie concreta.

### **Distribución quincenal de los avistamientos de tortugas por especie y fechas.**

De forma similar se debe proceder a determinar la distribución de las frecuencias absolutas de avistamientos en las diferentes playas durante los recorridos realizados. Si se aplica la ecuación (5) a este contexto el valor de  $n_i$  se corresponde al número de tortugas registradas para la quincena  $i$ .

### **Variación temporal de la anidación.**

En el caso de los nidos existen dos indicadores importantes que pueden ser tomados como punto de partida para conocer la variación temporal de la anidación (entiéndase el número de nidos estudiados por cada campaña realizada): la fecha de la puesta del nido o la fecha de realización del recorrido en el cual fue detectado el nido. Una funcionalidad que permita a los usuarios obtener esta información mediante una gráfica *spline* es necesaria para determinar el número de nidos registrados por área protegida y especie.

### **Distribución de la anidación por áreas protegidas y playas.**

La distribución quincenal de la anidación por especies y fechas permite caracterizar, desde el punto de vista temporal, las temporadas de anidación para cada campaña que se estudia. Para obtener una mejor descripción de cada periodo es importante obtener un resumen que muestre de cada área protegida y playa cuántos nidos se encuentran registrados de cada especie, así como los totales correspondientes.

## **Conclusiones parciales**

La propuesta descrita en el presente capítulo toma como punto de partida la información recopilada durante los recorridos diurnos y nocturnos que se realizan dentro de la monitorización a las tortugas marinas en las playas de Cuba. Esta propuesta se basa en dos componentes fundamentales desde el punto de vista de la funcionalidad: la gestión de la información a partir de los datos crudos que se introducen en el sistema y el análisis que se realiza sobre los mismos, lo cual constituye el mayor aporte de la investigación desarrollada.

En este capítulo se describen los elementos necesarios para determinar el éxito de eclosión y de emergencia como indicadores claves para establecer el éxito de la incubación y con ello obtener una caracterización más completa de la temporada de anidación. Se define además cómo aplicar los indicadores anteriores a otros niveles más allá de un nido en concreto y utilizarlos a nivel de las playas y sus zonas, áreas protegidas, especies y acotarlas a un periodo de tiempo concreto.

Por último se detallan las herramientas para la visualización de la información a partir del análisis de la dispersión de datos, comparación de frecuencias relativas o absolutas de varios indicadores de interés. La aplicación de estas utilidades para visualizar la información que el sistema es capaz de gestionar atribuye a este un valor agregado que lo sitúa por encima de las herramientas estudiadas.

## Capítulo III. Discusión de los resultados

El sistema desarrollado parte de la estructura presentada en la Ilustración 7. Para obtener una mejor usabilidad y mantenimiento la herramienta se concibió en tres módulos, cada uno con funcionalidades estrechamente relacionadas.

### Módulo Administración

El módulo *Administración* permite la gestión de varios elementos que solo los administradores del sistema podrán ejecutar: usuarios, áreas protegidas, playas y balizas. Los usuarios con rol de especialista solo tienen disponibles las funcionalidades para consultar estos datos.



Esta sección permite a los administradores gestionar los datos de los usuarios del sistema.  
16 usuarios registrados

Listar todos | Insertar nuevo  
Fidel Martínez García  
Marcel Puentes Rojas  
Magday Santos Jiménez



Esta sección permite a los administradores gestionar los datos de las áreas protegidas en estudio.  
8 sitios registrados

Listar todas | Insertar nueva  
Guanahacabibes  
San Felipe  
Sur de la Isla de la Juventud



Esta sección permite a los administradores gestionar los datos de las playas de anidamiento.  
12 playas registradas

Listar todas | Insertar nueva  
Real  
Juan García  
El Manchado

#### Ilustración 9 Panel de inicio para el módulo de Administración

Si bien la sección destinada a la gestión de usuarios no constituye un elemento de suma relevancia dentro de la información relacionada a las tortugas marinas, sí fue necesario incluirla en el sistema como un requisito para garantizar la seguridad de la información, de modo que cada usuario pueda acceder hasta donde su rol lo permita. Disponer de estos datos en el sistema facilita una información más acertada de los responsables en el control de los recorridos realizados.

La gestión de áreas protegidas, playas y balizas es responsabilidad de los administradores. El hecho de tenerlas previamente gestionadas en el sistema facilita el trabajo de los especialistas a la hora de crear recorridos, registrar tortugas, nidos, rastros o alguna incidencia pues el paso se reduce a seleccionar el elemento de interés mientras el sistema restringe las opciones de

playas al área seleccionada al igual que las opciones de balizas a la playa elegida.

## Módulo Campañas

	Desde esta sección se gestionan los datos de los diferentes recorridos realizados hasta la fecha. 27 recorridos registrados <a href="#">Listar todos</a>   <a href="#">Insertar nuevo</a> 18/05/2013 - 11 participantes 08/06/2013 - 11 participantes 08/07/2013 - 11 participantes		Desde esta sección se gestionan los datos de los ejemplares de tortuga identificados en cada recorrido. 40 tortugas registradas <a href="#">Listar todas</a>   <a href="#">Insertar nueva</a> HV131 - Caguama HV265 - Carey HV312 - Carey		Desde esta sección se gestionan los datos de los nidos identificados en cada recorrido. 36 nidos registrados <a href="#">Listar todos</a>   <a href="#">Insertar nuevo</a> 66 - Golfina 08/05/2013 6 - Tinglado 18/05/2013 7 - Tinglado 18/05/2013
	Esta sección permite la gestión de los datos de los furtivos identificados en las playas de anidación. 4 furtivos registrados <a href="#">Listar todos</a>   <a href="#">Insertar nuevo</a> 1 - Campamento 08/05/2013 1 - Campamento 08/05/2013 5 - Embarcación 08/05/2013		Esta sección permite la gestión de los datos de los restos identificados en las playas de anidación. 5 restos registrados  3 restos de cabeza 1 restos de carapacho 1 restos de otros tipo		Esta sección permite la gestión de los datos de los rastros identificados en las playas de anidación. 9 rastros registrados <a href="#">Listar todos</a>   <a href="#">Insertar nuevo</a> 7 - Caguama 08/07/2013 15 - Tortuga verde 08/05/2013 65 - Tinglado 07/09/2013

**Ilustración 10** Panel de inicio para el módulo Campañas

El módulo *Campañas* gestiona los elementos relacionados con los estudios que se realizan: recorridos, tortugas, rastros, nidos e incidencias. Estas últimas a partir de la detección de restos de tortugas o la presencia de furtivos. Permite realizar a cada nido el análisis de huevos y neonatos y el registro de las anomalías detectadas en estos últimos.

### Registro de tortugas

El registro de una tortuga está asociado a un área protegida, una playa y un recorrido estos datos se validan por el sistema antes de ser guardados en la base de datos a diferencia de lo que ocurría anteriormente con las hojas de cálculo en Excel.

Nombre AP	Temporada	Playa	Recorrido						Tortuga								
			Fecha	Hora inicio	Hora final	Responsable	Hora Encuentro con tortuga	Fase Lunar	Marea	Estado del Tiempo	LC	LR	AC	AR	Fibropapilomas	Número de Marca	
SF	2010-11	Siju	30/07/2010	07:20	11:10	Daniel			A	D	83		68				
SF	2010-11	Siju	30/07/2010	07:20	11:10	Daniel			V	N	87		62				CB 1221
SF	2010-11	Siju	30/07/2010	07:20	11:10	Daniel	12:47		A	Of	92		74.5				CB 1222
Guanahacabibes	2010-11	Perjuicio	06-ago				2:30	CM	baja	D	91.00		69.00			no	
Guanahacabibes	2010-11	La Barca	11-jul.				0:10	LN		D	92	89	88	68	no		HV1183
Guanahacabibes	2010-11	La Barca	31-jul.				0:30	CM	alta	D	92	88	88	70	no		HV1183
Guanahacabibes	2010-11	La Barca	9-ago.				2:30	LN	baja	N	91	88	88	70	no		HV1183
Guanahacabibes	2010-11	La Barca	13-ago				3:50	CC	baja	D	77.50	100.00	88.00	43.00	no		HV1195
Guanahacabibes	2010-11	Calet Piojo	25-jul.				23:00	LL		N	92	86	82	68	no		HV1163
Guanahacabibes	2010-11	Calet Piojo	26-jul.				22:22	LL		D	90	84	75	67	no		HV1166
Guanahacabibes	2011-12	La Barca	19-jul.				23:10			D	78.00	94.00	50.00				

**Ilustración 11 Registro de datos de tortugas en hojas de cálculos en Excel**

Como se muestra en la Ilustración 11 si en un mismo recorrido se identifican varias tortugas es necesario registrar para cada una de ellas los datos situacionales del recorrido. La Ilustración 12 muestra el formulario de entrada de datos para el registro de tortugas marinas en el sistema. En este caso se reduce significativamente el tiempo pues las áreas, playas, balizas y los recorridos, se gestionan una sola vez y luego se selecciona elemento deseado.



Área protegida

Playa

Recorrido

Incidencia

Marca

Fibropapiloma

Ancho recto

Ancho curvo

Largo recto

Largo curvo

Imagen

Hora de encuentro  :

Hora descenso  :

Especie

Acción

**Ilustración 12** Formulario para el registro de una tortuga

### Registro de nidos

En el caso de los nidos el sistema introduce también algunas mejoras. La primera de ellas está relacionada a la localización del nido. Para evitar errores de precisión se toma la localización por baliza en lugar de por GPS, teniendo en cuenta que la precisión de estos últimos puede ser de  $\pm 10$  metros y en ese espacio puede existir un número considerable de nidos.

Al tener todas las balizas de una playa gestionadas previamente se facilita la localización del nido al seleccionar la baliza más cercana y la distancia a la que el nido se encuentra de la misma. Por otro lado en las planillas para la toma de datos la información relacionada a la ubicación por baliza introducía una dificultad al registrarse en la forma [#baliza.distancia] complejizando cualquier análisis posterior. Producto de la normalización de la base de datos, estos valores se descomponen naturalmente en otros dos como se muestra en Ilustración 13.



Formulario parcial para el registro de los nidos. El formulario contiene los siguientes campos:

- Área protegida: Guanahacabibes (seleccionado)
- Playa: Playa Sur (seleccionado)
- Recorrido: Recorrido1 (seleccionado)
- Baliza: Playa Sur - Baliza1 (seleccionado)
- Distancia a la baliza: 45
- Número: 643

**Ilustración 13** Formulario parcial para el registro de los nidos

Relacionado con los nidos, el sistema introduce otro elemento de interés y es el cálculo automático del éxito de eclosión y emergencia para aquellos nidos a los que se ha realizado análisis de huevos.

Al realizar el análisis a los neonatos se resuelve la dificultad descrita en la introducción de esta investigación, relacionada a las deformaciones registradas de la forma que se muestra en la Tabla 1. Para ello se desagregan los dos valores en campos diferentes y a continuación para cada tipo de deformación identificada se asocia al nido el número de casos detectados como se muestra en la Ilustración 14.

Deformación	Cantidad de casos	Acción
Ausencia de pigmentos	15	<button>Eliminar</button>
Ausencia de extremidades	9	<button>Eliminar</button>
Conchas supernumerarias	18	<button>Eliminar</button>
Malformaciones del carapacho	1	<button>Eliminar</button>

Deformación

Cantidad de casos

Aceptar Atrás

**Ilustración 14** Gestión de anomalías en el análisis de neonatos

### Gestión de incidencias

La presencia de campamentos no autorizados y/o embarcaciones en las playas así como restos de tortugas o tortugas vivas amarradas constituyen incidencias que deben registrarse. El sistema mejora la gestión de esta información al brindar la posibilidad de asociar estos elementos a una incidencia que se haya creado previamente.

La visualización de estas incidencias se mejora sustancialmente al permitirle al usuario agrupar cada uno de los elementos que la componen en las categorías: furtivos, tortugas vivas, restos de cabeza, restos de carapacho y otros restos. La Ilustración 15 muestra los datos principales de una evidencia, así como los datos de los restos de carapacho incluidos. Los datos de los elementos restantes se muestran ocultos, hasta tanto el usuario los muestre.

Número	3240
Área protegida	Guanahacabibes
Playa	Playa Sur
Fecha	08/05/2013

Furtivos: 3

Restos de cabezas: 2

Restos de carapachos: 1

Largo recto	Largo curvo	Estado	Especie
34	45	Frescos	Carey

Otros restos: 1

Tortugas vivas: 1

Volver al listado Editar Eliminar

Ilustración 15 Visualización de datos de incidencias

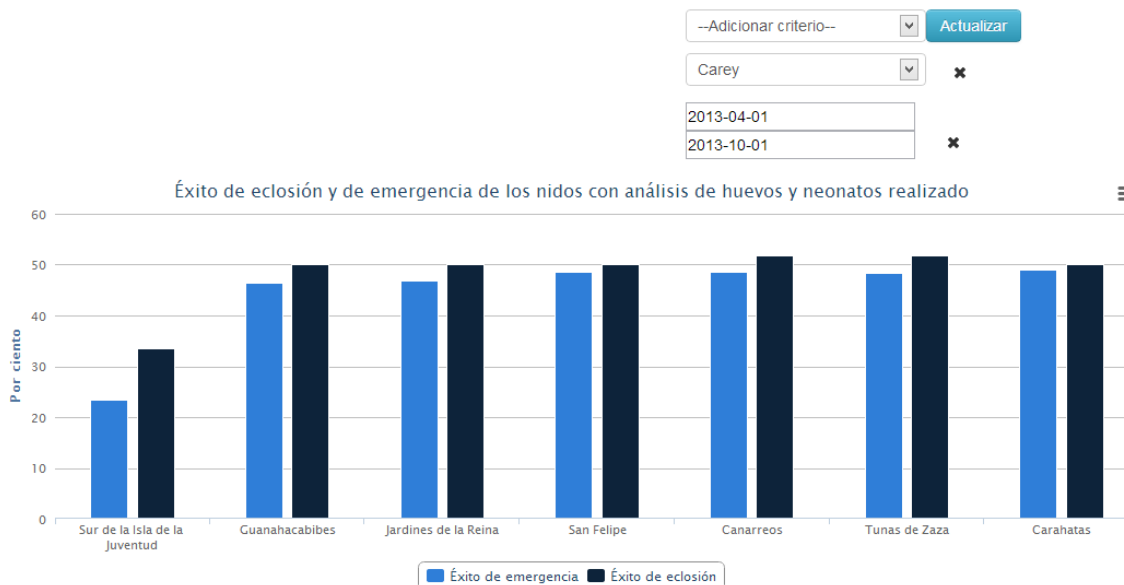
## Módulo Análisis de datos

Como se ha expresado anteriormente el módulo *Análisis de datos* ofrece un grupo de funcionalidades que permiten al usuario obtener y visualizar información sobre el comportamiento de ciertos indicadores a partir de los datos históricos registrados.

Para ilustrar la utilidad de este módulo en este epígrafe se toma como base una muestra de cuarenta registros de tortugas y otros treinta de nidos existentes en las planillas de monitoreo de las diferentes temporadas entre los años 2010-

2013. Ello permite evaluar la eficacia del sistema en el procesamiento de la información.

La Ilustración 16 muestra el resultado del procesamiento que realiza el sistema para determinar por cada área protegida el valor del éxito de eclosión y emergencia. El sistema ofrece la posibilidad de ajustar a un periodo de tiempo la información obtenida, así como mostrar solo los resultados relacionados con una especie en particular. En relación al trabajo que se realizaba anteriormente esto constituye una ventaja significativa para los usuarios de la aplicación.



**Ilustración 16 Comportamiento del éxito de eclosión y emergencia por áreas**

Es importante destacar que todos los gráficos generados ofrecen la posibilidad de ser exportados en varios formatos<sup>12</sup>.

La Ilustración 17 muestra la distribución que genera el sistema de las frecuencias de nidos durante la temporada seleccionada y para la especie que el usuario indique. Por defecto se cargan los valores de todas las especies y de

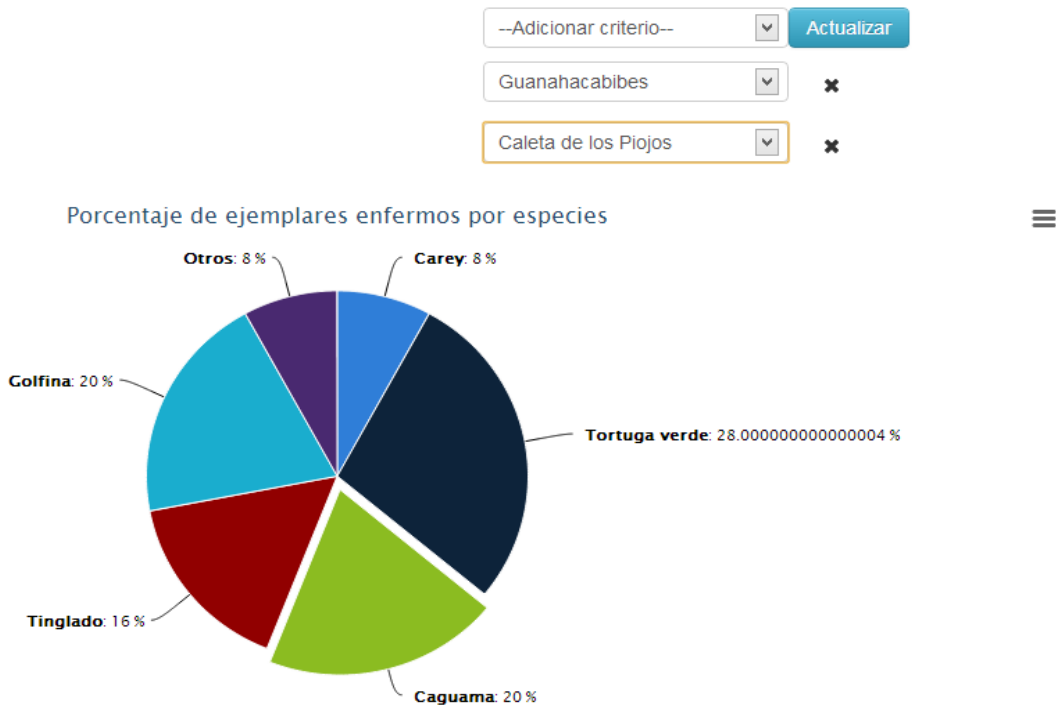
<sup>12</sup> Como imagen JPEG y PNG, como documentos PDF o como gráficos vectoriales SVG

la temporada actual. Para ello se fragmenta el periodo en quincenas desde la primera quincena de abril hasta la última de marzo del año siguiente.



**Ilustración 17 Distribución quincenal de la anidación en la temporada 2013**

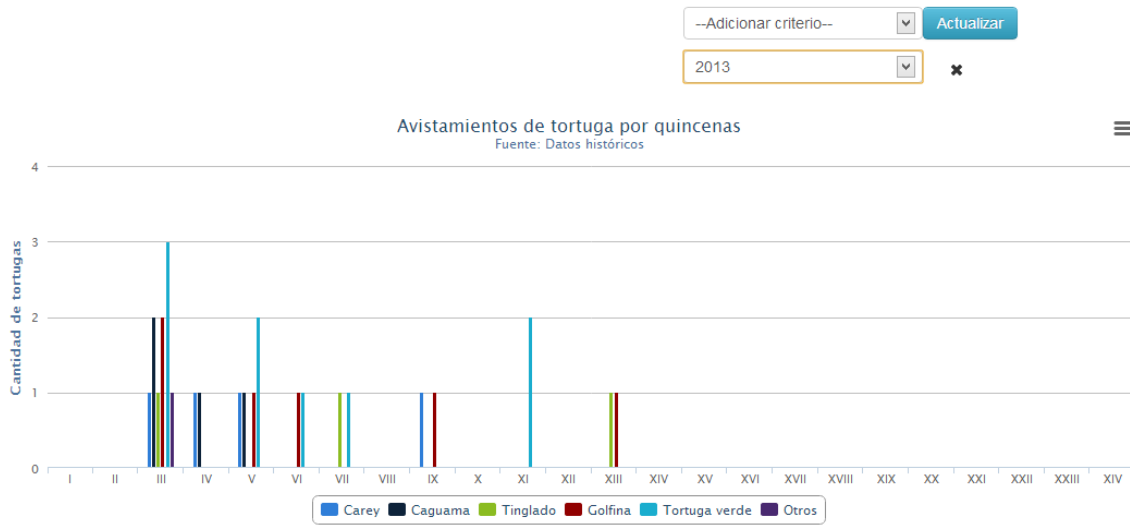
En relación al comportamiento del fibropapiloma por especies la Ilustración 18 muestra el resultado que obtiene el sistema al determinar de cada especie el número de individuos enfermos.



**Ilustración 18 Comportamiento del fibropapiloma por especies**

En este caso se muestra el porcentaje de individuos enfermos del total que se encuentra registrado en el sistema. Se ofrece al usuario la posibilidad de acotar el resultado a un área y una playa específica.

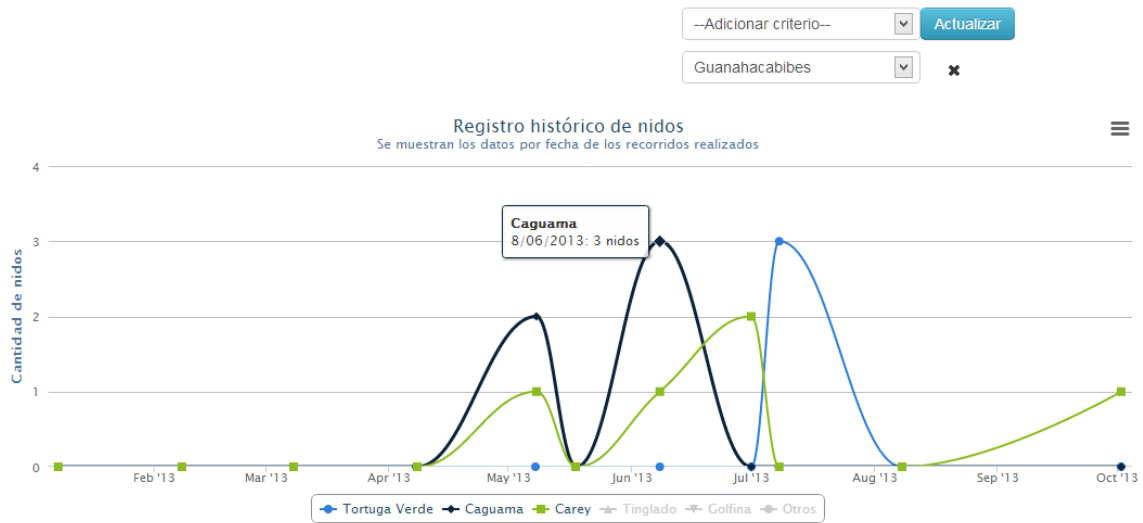
Al igual que la distribución de la anidación el sistema ofrece la posibilidad de determinar y visualizar, de forma sencilla, la distribución de las frecuencias de los encuentros con tortugas por cada quincena de las diferentes temporadas. En este caso el sistema permite desagregar este resultado por especies mostrando en un histograma esta información.



**Ilustración 19 Distribución quincenal de los encuentros con tortugas**

Previo al desarrollo del sistema, obtener una representación gráfica de la variación temporal de la anidación era una tarea sumamente compleja. Procesar la fecha de la puesta de cada nido o la fecha del recorrido cuando el dato anterior no existiera, se hacía cada vez más difícil a medida que el número de registros aumentaba. En contraste el sistema propuesto permite a sus usuarios, mediante sencillas interacciones, obtener la información deseada a nivel nacional o para un área determinada. La Ilustración 20 muestra la variación temporal de la anidación para Guanahacabibes entre febrero y octubre de 2013.





**Ilustración 20 Variación temporal de la anidación en Guanahacabibes**

Para ofrecer mayor información con relación a la distribución de la anidación desde el punto de vista espacial se generan otros reportes que muestran para cada área protegida y playa los totales de nidos desglosados por especies en estudio. Del mismo modo esta información puede ser acotada a un periodo de tiempo determinado.

Área protegida	Playa	Especies						Total de nidos
		Carey	Tortuga verde	Caguama	Tinglado	Golfina	Otros	
Sur de la Isla de la Juventud	Playa larga	0	2	1	1	0	0	4
Jardines de la Reina	Las Cruces	1	1	2	0	0	0	4
Jardines de la Reina	El Manchado	0	0	0	0	0	0	0
Canarreos	Rosario	0	0	1	1	0	0	2
Tunas de Zaza	Cayos Tunas	0	0	0	0	1	0	1
Cayo Cruz	Quebrada	0	0	0	0	0	0	0
Carahatas	Obispo	0	1	0	0	1	0	2
Guanahacabibes	Playa de Antonio	1	0	0	0	0	0	1
Guanahacabibes	Caleta de los Piojos	4	3	5	2	3	1	18
San Felipe	Juan García	0	0	0	0	0	0	0
San Felipe	Real	0	0	1	0	0	0	1
San Felipe	Sijú	1	1	0	1	0	0	3
Total		7	8	10	5	5	1	36

**Ilustración 21 Distribución de la anidación por playas y especies**

## Validación de la información

El sistema desarrollado incluye un grupo de elementos para validar los datos que maneja. Entre las principales validaciones que se realizan para garantizar la integridad y validez de los datos se puede mencionar:

- Validación de datos obligatorios y opcionales. En las entidades que así lo requiere se han establecido un grupo de datos como obligatorios u opcionales de acuerdo al dominio del problema.
- Validación de formato de datos. Se validan algunos datos para que cumplan con el formato correcto: fechas, carnet de identidad, correo, datos numéricos, entre otros.
- Validación de integridad referencial de los datos. Existen varias entidades que guardan relaciones entre ellas: nido, tortuga y rastro por ejemplo, están asociadas a un recorrido y este a una playa que se encuentra en una de las áreas protegidas. El sistema mediante

peticiones AJAX<sup>13</sup> carga a demanda las playas de un área seleccionada. Al seleccionar una playa se muestran los recorridos y las balizas de esta en los casos en que procede.

### Pruebas de software

El sistema desarrollado fue validado mediante la aplicación de pruebas por parte de la entidad Calisoft<sup>14</sup>, con el objetivo de identificar y corregir los fallos de la implementación. Para la realización de las mismas fue trazada una estrategia de prueba.

Para el desarrollo de la pruebas como parte de la estrategia definida se decidió aplicar a nivel de sistema el método de caja negra utilizando la técnica de partición de equivalencia.

El resultado de las pruebas se muestra en la Tabla 5:

**Tabla 5 Resultado de las pruebas funcionales**

Artefacto	Versión	Tipos de pruebas realizadas	Cantidad de iteraciones	Estado Final	Fecha de liberación
Software	1.0	Pruebas Funcionales	Tres iteraciones y Prueba Final	Sin no conformidades	12/12/2013

<sup>13</sup> AJAX, acrónimo de Asynchronous JavaScript And XML, es una técnica de desarrollo web para crear aplicaciones interactivas o RIA (Rich Internet Applications). Estas aplicaciones se ejecutan en el cliente, es decir, en el navegador de los usuarios mientras se mantiene la comunicación asíncrona con el servidor en segundo plano. De esta forma es posible realizar cambios sobre las páginas sin necesidad de recargarlas, mejorando la interactividad, velocidad y usabilidad en las aplicaciones.

<sup>14</sup> Centro Nacional de Calidad de Software

## Impacto social

La investigación desarrollada y el sistema que se ha obtenido como resultado ofrecen ciertas ventajas a los especialistas e investigadores del programa para la conservación de las tortugas marinas:

- Está en correspondencia con el interés nacional de avanzar en la informatización de la sociedad cubana, utilizando para ello tecnologías libres.
- Se da cumplimiento al lineamiento 133 de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución que plantea: *Sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social. Priorizar estudios encaminados al enfrentamiento al cambio climático y, en general, a la sostenibilidad del desarrollo del país. Enfatizar la conservación y uso racional de recursos naturales como los suelos, el agua, las playas, la atmósfera, los bosques y la biodiversidad, así como el fomento de la educación ambiental.*
- Los organizadores del proyecto contarán con un sistema que agrupa toda la información nacional centralizada y actualizada para evaluar el estado de conservación de las tortugas marinas en Cuba.
- Los especialistas de las áreas protegidas tendrán la posibilidad de realizar análisis de la información que poseen sobre los principales riesgos que afectan las zonas de anidamiento y por ende desarrollar acciones para mitigarlos.

## Conclusiones parciales

Los resultados descritos en el presente capítulo muestran cómo el sistema propuesto gestiona la información necesaria para conocer en cualquier momento el estado de los diferentes indicadores incluidos en el protocolo para el monitoreo de tortugas marinas. La gestión de la información a partir de los datos crudos que se introducen en el sistema permite el análisis posterior que

se realiza sobre los mismos, lo cual constituye el mayor aporte de la investigación desarrollada.

Las herramientas utilizadas para visualizar la información que se obtiene a partir de los registros de datos crudos proveen a los usuarios de los medios necesarios para caracterizar desde diferentes puntos de vista las temporadas de anidación, así como el estado de las diferentes especies de tortugas marinas en Cuba.

## **Conclusiones**

Al finalizar la investigación se arribaron a las siguientes conclusiones:

- El estudio realizado a los sistemas de gestión de información aplicados a la monitorización de tortugas marinas evidenció la ausencia de un enfoque integral en los mismos para abarcar la totalidad de los indicadores contemplados en el protocolo cubano.
- Se detallaron los requerimientos funcionales del sistema propuesto que constituyeron la base para el desarrollo del mismo.
- Se desarrolló un sistema de gestión de información ambiental para automatizar el análisis de datos en el proyecto nacional Archipiélagos del Sur que contribuye con el proceso de mejoras del control y la evaluación del estado de conservación de tortugas marinas en Cuba, siendo además el primero en Cuba.
- Se hicieron pruebas de sistema y las no conformidades detectadas fueron resueltas en tres iteraciones.
- El cliente quedó satisfecho con el sistema desarrollado que le permite solucionar un grupo de problemas existentes en el Programa cubano de tortugas marinas que se desarrolla como parte del proyecto Archipiélagos del Sur.

## **Recomendaciones**

Para aumentar la utilidad y alcance de los resultados obtenidos se proponen las siguientes recomendaciones.

- Valorar la posibilidad de desarrollar un marco de trabajo con herramientas como Weka y Pentaho para mejorar la pertinencia de la información que se obtiene.
- Elevar el número de reportes con otros tipos de estadísticas.
- Incluir un Sistema de Información Geográfica (SIG por sus siglas) para la gestión de las balizas y por consiguiente la ubicación de los nidos y rastros de tortugas.
- Integrar la gestión de la información de programas restantes.

## Referencias bibliográficas

- ACKOFF, R. L. 1993. Presentation at the Systems Thinking in Action. *Systems Thinking in Action*. Cambridge, Massachusetts.
- AGUILAR F., S. 1997. *El reto del medio ambiente: conflictos e intereses en la política medioambiental europea.*, Madrid, Alianza Editorial, D.L.
- AZANZA, J. 2009. *Estrategia reproductiva de la tortuga verde, Chelonia mydas, (Testudines, Cheloniidae) y su impacto en la estructura genética de áreas de anidación del occidente del archipiélago cubano*, La Habana.
- AZANZA, J., GARCÍA O. GONZÁLEZ, L. & GÓMEZ PEREDA, C. 2009. Informe Técnico con los resultados de la doceava temporada del Proyecto Universitario para el Estudio y Conservación de las tortugas marinas en Guanahacabibes.
- AZANZA, J., RUISANCHEZ, Y., IBARRA, M. E., RUIZ, A., LUIS, C. Y. & RÍOS, D. 2006. Indicadores del éxito reproductivo de la Tortuga Verde (*Chelonia Mydas*) en tres playas de la península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. *Investigaciones Marinas*.
- BUITRAGO, J. 2005. Rol de Tortugas Marinas en Ecosistemas. *Sitio web de la Asociación de Voluntarios para el Servicio en Áreas Protegidas* [Online]. Available: <http://www.asvocr.org/pdfs/roldetortugasenecosistemas.pdf>.
- CAPOTE, R. P., GUZMÁN, J. M. & J., L. 2005. *Fragmentación de Vegetación en el Archipiélago Cubano: Conservación de Diversidad Biológica y Mitigación de Cambios Globales en Áreas Protegidas*. [Online]. La Habana.
- CASTRO RUZ, F. 1995. Discursos de Fidel. *Portal Cuba* [Online]. Available: <http://www.cuba.cu/gobierno/discursos/1995/esp/f060895e.html> [Accessed Agosto 6].
- CITMA. 2000. Panorama Ambiental de Cuba. *Portal del Medioambiente en Cuba* [Online]. Available: <http://www.medioambiente.cu/panorama/conclusiones.htm>.
- CITMA 2006. Estrategia ambiental nacional.
- CNAP 2013. Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- COMISIÓN EUROPEA, D. D. C. 2012. *Síntesis de la legislación de la UE* [Online]. Available: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/general\\_provisions/128204\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/general_provisions/128204_es.htm) 2013].
- FRIEDMAN, V. 2008. Data Visualization and Infographics. *Smashing Magazine*.
- FRIENDLY, M. 2009. Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization. Universidad de York.
- GERRODETTE, T. & TAYLOR, B. T. 1999. Estimating population size. *Research and management techniques for the conservation of sea turtles*. [Online], 4.
- GIRONDOT, M., RIVALAN, P., WONGSOPAWIRO, R., BRIANE, J.-P., HULIN, V., CAUT, S., GUIRLET, E. & GODFREY, M. H. 2006. Phenology of marine turtle nesting revealed by statistical model of the nesting season. *BMC Ecology*, 6.
- GODGENGER, M. C., BRÉHERET, N., BAL, G., N'DAMITÉ, K., GIRARD, A. & GIRONDOT, M. 2009. Nesting estimation and analysis of threats for Critically Endangered leatherback *Dermochelys coriacea* and Endangered olive ridley *Lepidochelys olivacea* marine turtles nesting in Congo. *Fauna & Flora International*, 43, 556–563.
- HAN, J. & KAMBER, M. 2006. *Data Mining: Concepts and Techniques*, Estados Unidos, Morgan Kaufmann, Elsevier Inc.



## Bibliografía

- HANSEN, K. E., JOHNSON, J. H. & WILLIAMS, T. A. 1977. Development of an on-line management information system for community mental health centers. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, IX, 5.
- HAYS, G. C. 2004. Good news for sea turtles. *Trends Ecol. Evol*, 19, 349–351.
- HEITHAUS, M., WIRSING, A., THOMSON, J. & BURKHOLDER, D. 2008. A review of lethal and non-lethal effects of predators on adult marine turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 356, 9.
- IBARRA, M. E., DÍAZ- FERNÁNDEZ, R., KONNOROV, A. N., AZANZA, J., VALDÉS, J. A., ESPINOSA, G. & ROBERTO, J. P. 2002. Project update: university project for the study and conservation of Cuban sea turtles. *Marine Turtle Newsletter*. Marine Turtle Newsletter.
- INGRAM, D. 2013. What Is a Management Information System? *The Houston Chronicle*.
- JUDD, K. L. 1998. *Numerical Methods in Economics*, MIT Press.
- KRISHNAN, A. N., BARIDALYNE, YADAV, K., SINGH, S. & GUPTA, V. 2010. Evaluation of computerized health management information system for primary health care in rural India. *BMC Health Services Research*, X.
- MILLER, J. D. 2000. Determination of clutch size and hatching success. *Research and management techniques for the conservation of sea turtles* [Online]. Available: <http://mtsg.files.wordpress.com/2010/07/21-determining-clutch-size-and-hatching-success.pdf>.
- MONCADA G, F., NODARSE ANDREU, G., AZANZA RICARDO, J., MEDINA CRUZ, Y. & FORNEIRO MARTÍN-VIAÑA, Y. 2011. Principales áreas de anidación de las tortugas marinas en el archipiélago cubano. La Habana: Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente.
- REUTEMANN, P., PFAHRINGER, B. & FRANK, E. 2004. Proper: A Toolbox for Learning from Relational Data with Propositional and Multi-Instance Learners. *17th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence*. 17th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence.
- SCHROEDER, B. & MURPHY, S. 1999. Population surveys (ground and aerial) on nesting beaches. *Research and management techniques for the conservation of sea turtles* [Online].
- SILVER, M. S., MARKUS, M. L. & BEATH, C. M. 1995. The information technology interaction model: a foundation for the MBA core course. *MIS Q.*, 19, 361-390.
- TIM, U. D. C. S. C. 2013. *What is Information Systems Management (ISM)?* [Online]. Available: <http://tim.soe.ucsc.edu/undergraduates> 2013].
- TROËNG, S. & RANKIN, E. 2005. Long-term conservation efforts contribute to positive green turtle *Chelonia mydas* nesting trend at Tortuguero, Costa Rica. *Biological Conservation*, 121, 111-116.
- UICN. 2010. *IUCN Red List of Threatened Species*. [Online]. Available: <http://www.iucnredlist.org/>.
- UICN, U. I. P. L. C. D. L. N. 2013. *Bases de datos para la conservación* [Online]. Available: <http://www.iucn.org/es/recursos/herramientas/datos/> 2013].
- VALES, M. A. & ÁLVAREZ, A. L. M. Y. A. Á. 1998. *Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica en la República de Cuba*, Madrid, CESYTA.
- VILAMAJÓ, D., VALES, M. A., CAPOTE, R. P., SALABARRÍA, D. & MENÉNDEZ, J. M. 2002. *Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica y Plan de Acción en la República de Cuba*, La Habana, Academia.

## Bibliografía

- VINKOS, T. S. A. D. C. V. 2013. *Vinkos, Estrategias de negocio* [Online]. Available: <http://vinkos.com/pentaho.html> 2013].
- WALLACE, B., DIMATTEO, A., HURLEY, B., FINKBEINER, E. & BOLTEN, A. 2010. Regional Management Units for marine turtles: A novel framework for prioritizing conservation and research across multiple scales. *PLoS ONE*. Public Library of Science.
- WALLACE, B. P., CHALOUPKA, M., DIMATTEO, A., ECKERT, S., GIRONDOT, M., HUTCHINSON, B. J., LIMPUS, C., MARCOVALDI, M. A., MAST, R. B., PILCHER, N. J. & SEMINOFF, J. 2011. Estándares de datos mínimos para el monitoreo de las playas de anidación de las tortugas marinas. 1 ed.
- WRIGHT, S. 2010. *Hilton Head Island sees record sea turtle nesting season* [Online]. Available: <http://www.blufftontoday.com/news/2010-08-06/hilton-head-island-sees-record-sea-turtle-nesting-season>.
- WWF 2013. Tortugas marinas. *World Wildlife Fund(WWF) Centroamérica*. WWF.

## Anexos

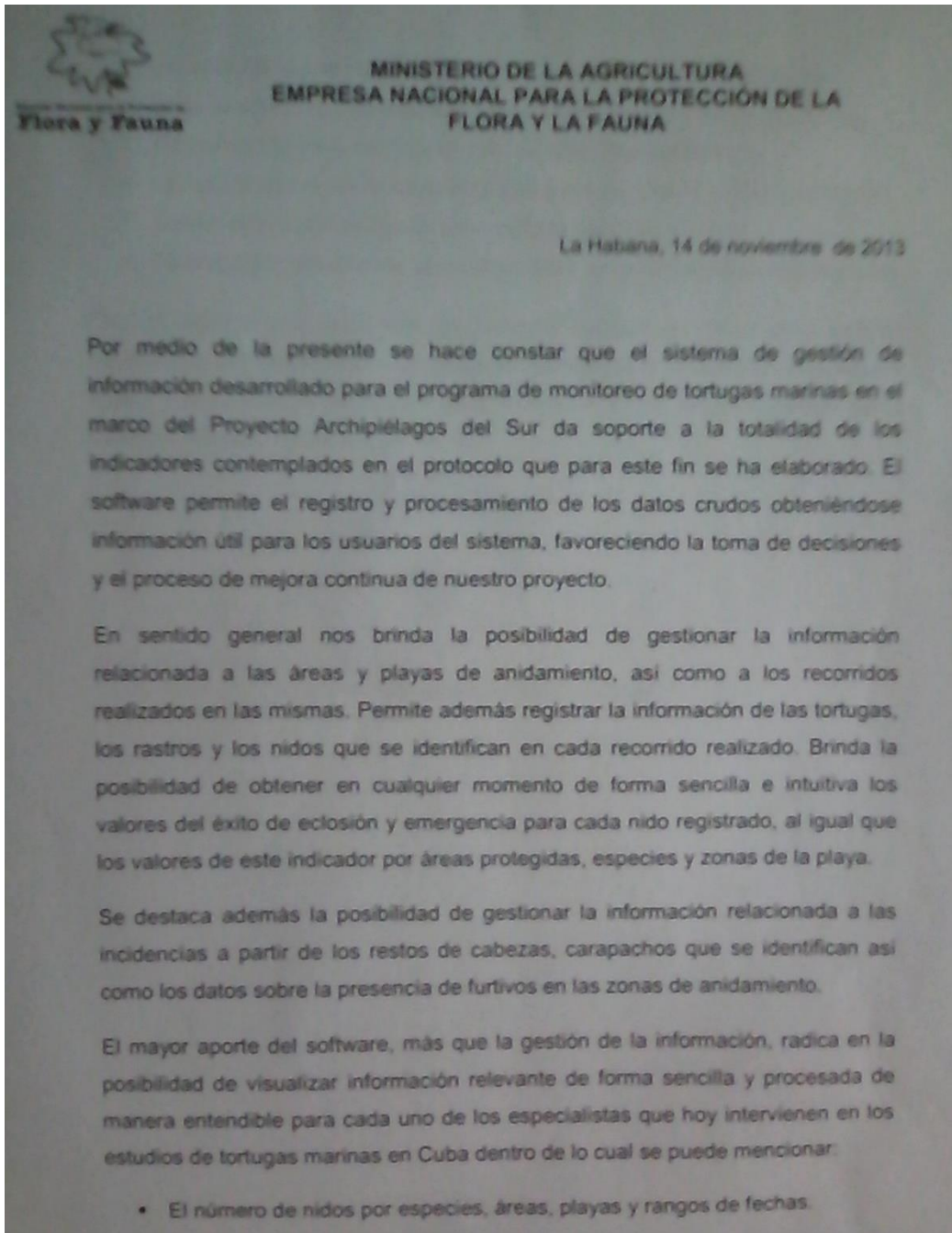
### Anexo 1 Nomencladores en la base datos

Tabla 6 Nomencladores de la base de datos

Nomencladores	
<b>depredador</b>	Especifica las opciones de depredadores de nidos
<b>nacciontortuga</b>	Especifica las opciones de las acciones que realizan las tortugas en la playa
<b>ncondicionnido</b>	Especifica las opciones de las condiciones en que puede encontrarse el nido.
<b>ncondicionrastro</b>	Especifica las opciones de las condiciones en que puede encontrarse el rastro.
<b>ndireccionrastro</b>	Especifica las opciones de dirección de un rastro.
<b>nespecie</b>	Especifica las especies de tortuga.
<b>nestadomar</b>	Especifica las opciones del estado del mar.
<b>nestadorestos</b>	Especifica las opciones de las condiciones en que pueden encontrarse los restos de tortuga encontrados.
<b>nestadotiempo</b>	Especifica las opciones de las condiciones del tiempo.
<b>nfaselunar</b>	Especifica las fases de la luna.
<b>Nmarea</b>	Especifica las opciones del estado de la marea.

<b>ntipodeformacion</b>	Especifica los tipos de deformaciones.
<b>ntipofurtivo</b>	Especifica los tipos de furtivos en que pueden encontrarse en las playas.
<b>ntiporastro</b>	Especifica los tipos de rastros que pueden identificarse en las playas.
<b>nzonaplaya</b>	Registra los datos de las zonas de la playa en la que las tortugas pueden construir sus nidos.

## Anexo 2 Acta de aceptación del programa de tortugas marinas



- Variación temporal de la anidación por especies y *áreas protegidas*.
- Éxito de eclosión y emergencia por especies, fechas y *áreas protegidas*.
- Datos morfológicos de tortugas por las diferentes especies.
- Comportamiento del fibropapiloma por especies, *playas* y *áreas protegidas*.
- Distribución quincenal de la anidación por especies y años
- Distribución quincenal de los avistamientos de tortugas por especies y años.

Para el equipo que monitorea las tortugas marinas en Cuba este sistema constituye una herramienta cuya aplicación contribuirá al proceso de mejoras del control y la evaluación del estado de conservación de las tortugas marinas como parte del proyecto Archipiélagos del Sur.



MSc. Yanet Fomeiro Manó Viana  
Coordinadora del Programa Cubano de Tortugas Marinas  
Empresa Nacional Flora y Fauna