



**Recolección móvil de datos de especies introducidas  
en las islas Galápagos con dispositivos móviles  
inteligentes.**

Maestría en Geomática  
con mención en Ordenamiento  
Territorial

**Autor:** Javier Andrés García Galarza

**Directora:** PhD. Daniela Ballari

**Cuenca, Ecuador**

**2014**

## **DEDICATORIA**

A mi amada esposa María Rosa.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Daniela Ballari profesora de la maestría y directora de esta tesis por su generosidad, orientación y motivación para la culminación de este trabajo.

A todos los profesores y compañeros de la maestría quienes enriquecieron este proceso con sus conocimientos.

A mi familia, fuente de apoyo incondicional.

## RESUMEN

Los esfuerzos que las instituciones del archipiélago de Galápagos han realizado en acciones de monitoreo, de control o erradicación, han sido inmensos. En el Plan de Manejo de las islas Galápagos se establece como una de sus líneas de acción prioritarias la importancia de erradicar las especies invasoras de los ecosistemas insulares y marinos de Galápagos mediante el control permanente de plagas introducidas de gran distribución. Actualmente, el monitoreo y alerta de especies introducidas se realiza en campo mediante formularios impresos por parte de los guardaparques. Sin embargo, esto presenta varias limitaciones. Los datos son entregados con meses de retraso después de haber realizado la observación; el material sufre deterioro debido a su manipulación en el campo, lo cual dificulta la interpretación de los datos; se carece de un sistema de base de datos estructurada donde registrar y almacenar la información; se cometen errores en el tipiado de los formularios en papel a algún medio digital; y principalmente no se realiza un registro fotográfico de la especie y de la ubicación geográfica del lugar en donde se realiza la observación. Por ello esta tesis tiene como objetivo diseñar y desarrollar un sistema de recolección de datos en campo para monitoreo de especies introducidas en el Parque Nacional Galápagos (PNG) mediante dispositivos móviles inteligentes, la cual permita automatizar y agilizar los procesos existentes de captura de información. Adicionalmente, también se desarrolla la integración de este sistema con una Infraestructura de Datos Espaciales para posibilitar el acceso democratizado a los datos capturados.

### **Palabras Clave:**

Recolección móvil de datos, Open Data Kit (ODK), especies introducidas.

**ABSTRACT**

The institutions in the Galapagos Archipelago have made immense efforts to monitor, control or eradicate introduced species. One of the priority actions within the Management Plan of the Galapagos Islands is the importance of eradicating species that invade the island and marine ecosystems by means of the permanent control of wide-range introduced pests.

Currently, monitoring and alerting of introduced species is done through paper forms used by rangers. However, this has several limitations. The data are delivered with a delay of months after the observation was made; the material undergoes deterioration due to handling, which makes the interpretation of the data very difficult.

Additionally, there is a lack of a structured database system where to record and store information; mistakes are made at the moment of typing the paper or digital forms; and mainly there is no photographic record of the species and geographical location of the place where the observation is performed.

Therefore, this thesis aims to design and develop a data collection system for monitoring introduced species in the Galapagos National Park (GNP) by smart mobile devices, which allow automate and speed-up the existing processes to capture information.

Furthermore, this system is also integrated with a Spatial Data Infrastructure to enable democratized access to data collection.

**Keywords:** Mobile Data Collection, Open Data Kit (ODK), introduced species.



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

## INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT .....	iii
INDICE DE CONTENIDOS .....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INTRODCUCCION .....	10
1. MARCO TEÓRICO .....	13
1.1. Información Geográfica Voluntaria y SIG Participativo .....	13
1.2. Infraestructuras de Datos Espaciales y Geo Servicios Web .....	15
1.3. Recolección de Datos con Dispositivos Móviles Inteligentes.....	16
1.3.1. Sensores .....	19
1.3.2. Técnicas de Posicionamiento en los Dispositivos Móviles .....	20
1.4. Plataforma Open Data KIT (ODK) .....	22
1.4.1. ODK Build y XLSForms .....	24
1.4.2. ODK Aggregate .....	25
1.4.3. ODK Collect.....	26
2. MÉTODO.....	27
Arquitectura del Sistema .....	27
2.1. PARTE 1: Sistema de recolección móvil de datos.....	28
2.1.1. Instalación de ODK Aggregate.....	28
2.1.2. Instalación y configuración de ODK Collect en los dispositivos móviles.....	30
Instalación y Configuración .....	30
Procedimiento de Recolección de Datos.....	30
2.1.3. Diseño e implementación de formularios. ....	32
2.1.3.1. Formulario de Monitoreo de Hormigas .....	33
2.1.3.2. Formulario de Monitoreo de Plantas Introducidas .....	35
2.2. PARTE 2: Integración con Infraestructuras de Datos Espaciales. ....	36
2.2.1. Articulación con Geoserver.....	36
Proceso de integración con Geoserver .....	36
2.2.2. Representación de los datos en línea. ....	39
2.2.2.1. Heatmap .....	39
2.2.2.2. Point Stracker .....	41
2.2.3. Implementación del Geoportal.....	43

2.2.4. Visualización espacio-temporal 3D de los datos con Google Earth.....	44
3. RESULTADOS .....	45
3.1. Sistema de recolección móvil de datos.....	45
3.1.1. ODK Aggregate .....	45
3.2. Formularios implementados .....	47
3.2.1. Formulario de monitoreo de Hormigas.....	47
3.2.2. Formulario de monitoreo de Plantas Introducidas .....	50
3.3. Integración con Infraestructuras de Datos Espaciales .....	52
3.3.1. Publicación de servicios OWS .....	52
3.3.2. Representación de los datos en línea .....	55
Heatmap .....	55
Point Stracker .....	56
3.3.3. Geoportal.....	57
3.3.4. Visualización espacio-temporal 3D de los datos con Google Earth.....	61
4. CONCLUSIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS.....	69
Anexo 1: Formulario de Monitoreo de Hormigas / Archivo XML.....	69
Anexo 2: Formulario de Monitoreo de Plantas Introducidas / Archivo XML.....	74

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tendencia del mercado de Teléfonos Móviles .....	17
Figura 2: Ejemplo de un formulario en papel.....	18
Figura 3: Sensores del dispositivo móvil iPhone 4s .....	19
Figura 4: Componentes de la plataforma Open Data Kit. ....	24
Figura 5: Arquitectura tecnológica propuesta. ....	28
Figura 6: Configuración de la aplicación móvil ODK Collect.....	31
Figura 7: Pantalla principal de la aplicación ODK Collect.....	31
Figura 8: Enviar formularios recolectados al servidor.....	32
Figura 9: Formulario para monitoreo de hormigas utilizado por la DPNG.....	34
Figura 10: Equipo de campo realizando observaciones .....	34
Figura 11: Formulario de monitoreo de plantas introducidas.....	35

Figura 12: Script de creación de la vista en la base de datos.....	37
Figura 13: Salida de la consulta SQL.....	38
Figura 14: Archivo SLD del estilo de capa Heatmap.....	41
Figura 15: Archivo SLD para el estilo de transformación tipo Stracker.....	42
Figura 16: Vista tabular de las observaciones del formulario de hormigas.....	45
Figura 17: Gestión de formularios en ODK Aggregate.....	46
Figura 18: Gráfico de clasificación por especies de formulario de monitoreo de plantas..	46
Figura 19: Gráfico de barras de observaciones de plantas por abundancia.....	46
Figura 20: Formulario Hormigas, pantalla inicial.....	47
Figura 21: Formulario Hormigas, seleccionar isla.....	47
Figura 22: Formulario hormigas, lugar de la observación.....	47
Figura 23: Formulario hormigas, hora inicial y final de la observación.....	48
Figura 24: Total de Pheidole megacephala.....	48
Figura 25: Total Cardiocondyla emery.....	48
Figura 26: Total de Solenopsis geminata.....	48
Figura 27: Total del Tapinoma melanocephalum.....	48
Figura 28: Total de Monomorium.....	48
Figura 29: Total de Endémica.....	49
Figura 30: Formulario hormigas, observaciones.....	49
Figura 31: Formulario hormigas, registro fotográfico.....	49
Figura 32: Formulario hormigas, registro de coordenadas GPS.....	49
Figura 33: Formulario hormigas, guardar formulario y salir.....	49
Figura 34: Formulario plantas, pantalla inicial.....	50
Figura 35: Formulario plantas, seleccionar isla.....	50
Figura 36: Formulario plantas, lugar de la observación.....	50
Figura 37: Formulario plantas, seleccionar la especie.....	51
Figura 38: Formulario plantas, seleccionar la abundancia.....	51
Figura 39: Formulario plantas, tipo de control.....	51
Figura 40: Formulario plantas, control químico.....	51
Figura 41: Formulario plantas, observaciones.....	51
Figura 42: Formulario plantas, registro fotográfico.....	51
Figura 43: Formulario plantas, adquisición de coordenadas GPS.....	52
Figura 44: Formulario plantas, registro de coordenadas GPS.....	52
Figura 45: Formulario plantas, grabar formulario y salir.....	52

Figura 46: Pantalla inicial de la instancia Geoserver instalada.....	53
Figura 47: Geoserver - Previsualización y descarga de capas.....	54
Figura 48: Capa de monitoreo de plantas visualizado en QGis mediante servicio WFS... 55	
Figura 49: Representación Heatmap para la capa de monitoreo de hormigas .....	56
Figura 50: Representación point stracker para la capa de monitoreo de hormigas .....	57
Figura 51: Geoportal - pestaña "Mapa" .....	58
Figura 52: Geoportal - pestaña "Servidor de Mapas" .....	58
Figura 53: Geoportal - pestaña "Datos Recolectados" .....	58
Figura 54: Geoportal - Consulta de datos de punto de monitoreo .....	59
Figura 55: Geoportal - Consulta espacial, observaciones que intersectan el área indicada .....	60
Figura 56: Geoportal - Herramientas de medición.....	60
Figura 57: Geoportal - Visualizador 3D .....	61
Figura 58: Geoportal - Visualización espacio-temporal con Google Earth.....	62

Javier Andrés García Galarza  
Daniela Ballari  
Noviembre, 2014.

## **Recolección móvil de datos de especies introducidas en las islas Galápagos con dispositivos móviles inteligentes.**

### **INTRODUCCION**

En el año 1535 se descubrieron las islas Galápagos. A partir de ese momento y con el inicio de las actividades humanas, comenzó su proceso de degradación, debido, especialmente, al efecto que las especies introducidas provocaron en un ambiente en donde las especies indígenas evolucionaron sin la presencia de grandes depredadores. Desde el descubrimiento de las islas, hasta la actualidad, se han registrado 36 especies de vertebrados, de las cuales se han interceptado 6 y se han establecido 30 entre las cuales están: 13 mamíferos, 10 aves, 4 reptiles, 2 anfibios y una especie de pez. En cuanto a invertebrados, se han registrado 543 especies, de las cuales se estima que 55 poseen las características de causar impactos severos a las islas. En cuanto a plantas introducidas por el ser humano: unas 750 plantas vasculares han sido introducidas por personas a Galápagos, alrededor del 90% de ellas deliberadamente desde el descubrimiento de las islas (Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2009). Es así como actualmente las especies invasoras representan una de las mayores amenazas para la naturaleza de Galápagos (Fundación Charles Darwin, 2007).

Los esfuerzos que las instituciones del archipiélago de Galápagos han invertido en acciones de monitoreo, de control o erradicación, han sido inmensos. El Plan de Manejo de las Islas Galápagos establece como una de sus líneas de acción prioritarias el control y erradicación de especies introducidas, mediante el “Programa 1.1. Conservación y Restauración de la Eco diversidad, Biodiversidad y Geo diversidad de Galápagos” (“Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos,” 2005). En donde una de sus directrices es “La importancia de erradicar las especies invasoras de los ecosistemas insulares y marinos de Galápagos” mediante el control permanente de plagas introducidas de gran distribución (Parque Nacional Galápagos, 2009). En ciertos casos se han implementado acciones concretas para lograr la erradicación de una o varias especies. Los esfuerzos de control y erradicación de animales introducidos se centran en aquellas especies más

agresivas, así como las más recientes (Fundación Charles Darwin, 2007). Sin embargo, la mayoría de los recursos se enfocan en las acciones de mitigación de los efectos que los organismos introducidos provocan (Parque Nacional Galápagos, 2009).

La Dirección de Ecosistemas de la Dirección del Parque Nacional Galápagos (PNG) a través del Programa de monitoreo y alerta de especies introducidas realiza recolección de datos en campo mediante formularios impresos, los cuales son levantados por guardaparques que tienen el conocimiento necesario para la identificación de las diferentes especies objetivo. Sin embargo, es necesario agilizar el proceso de recolección de datos en campo para detectar lo antes posible nuevas especies invasoras y monitorear la expansión geográfica de las ya presentes. Además, es necesario evitar el uso combinado de formularios impresos para la recolección de los datos y un dispositivo GPS para registrar la ubicación (Mu'ammam, 2007) ya que se pueden generar errores en momento de integrar los dos datos, inclusive en algunos casos el dato de localización se lo realiza en el mismo lugar de la observación anotando en el formulario las coordenadas ofrecidas por el dispositivo de localización. Finalmente, el tiempo necesario para integrar los datos recolectados pueden ser considerables, y en muchos de los casos necesitan que el personal tenga conocimientos sobre herramientas que permitan esta labor, lo que conlleva al que el proceso de los datos es realizado dos veces para disminuir los errores, a coste de aumentar los tiempos (Lopez, 2004).

En la actualidad, el uso de teléfonos inteligentes con funcionalidades de posicionamiento a través de dispositivos GPS se ha vuelto muy popular (Lane et al., 2010), y en especial los que incorporan el sistema operativo Android, que es un sistema de código abierto para dispositivos móviles, que permite el desarrollo de aplicaciones para esta plataforma. Estos posibilitan la captura móvil de datos y en una forma estructurada, integran el completado de datos alfanuméricos por parte del usuario con imágenes y datos de localización GPS, reducen el tiempo general de captura de información y eliminan el consumo de papel (Frances Jeffrey-Coker, 2010) y los datos pueden ser automáticamente descargados en una base de datos sin recurrir a errores de transcripción (Zhang et al., 2012).

Es así que esta tesis se propone mostrar los beneficios del uso de dispositivos móviles como una herramienta para mejorar la recolección y monitoreo de especies introducidas

en las islas Galápagos, frente a procesos tradicionales basados en formularios en hojas de papel con la subsecuente transcripción a sistemas informáticos.

## **PROBLEMÁTICA**

La Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) junto con la Fundación Charles Darwin (FCD) desde hace varios años realizan monitoreo y recolección de especies invasoras. (Fundación Charles Darwin, 2007). El monitoreo y alerta de especies introducidas se lo realiza en formularios impresos de las observaciones realizadas en el campo por los guardaparques y personal de la DPNG, datos que tardan meses en ser enviados para su procesamiento y consiguiente toma de decisiones.

Debido a que el monitoreo de especies introducidas se lo realiza en campo, se tienen varios inconvenientes:

- Desfase en tiempo desde que el monitoreo es realizado hasta que los datos son digitalizados, procesados y analizados. Una causa de esto es que el levantamiento de la información es en soporte papel y el desfase ocasionado puede ser de varios meses.
- Dificultad para analizar la información porque los datos, una vez digitalizados, se almacenan en hojas de Excel, Access o documentos de texto. Es decir se carece de un sistema de información o bases de datos geográfica que den soporte al análisis de los datos.
- Inadecuada georeferenciación espacial. En algunos de los casos, la información incluye referencias geográficas en forma topónimos o de coordenadas geográficas (latitud y longitud). Sin embargo, dicha información geográfica no ha sido adecuadamente gestionada, almacenada, ni representada por lo que actualmente no es posible realizar análisis espaciales con esta información.
- El material en soporte papel sufre deterioro debido a su manipulación en el campo, lo cual dificulta la interpretación de los datos.
- Existen errores en el llenado de los formularios y en su posterior digitalización a hojas de Excel.
- No se realiza un registro fotográfico de la especie y de la ubicación geográfica del lugar en donde se realiza la observación.

## **OBJETIVO**

Diseñar y desarrollar los componentes de entrada y salida para la recolección de datos en campo para el monitoreo de especies introducidas en el Parque Nacional Galápagos (PNG) mediante dispositivos móviles inteligentes.

### **1. MARCO TEÓRICO**

Este apartado describe el marco conceptual de este trabajo, se revisará cómo el fenómeno llamado Información Geográfica Voluntaria, Sistemas de Información Geográficos participativos toman ventaja de las nuevas tecnologías para que diferentes actores se involucren en la recolección de datos con fines científicos y de investigación. Esta información espacial toma gran valor mediante su publicación a través de servicios web geoespaciales libres como son los servicios OGC que se revisará brevemente, y por último se analizará cómo los dispositivos móviles inteligentes se convierten en herramientas importantes para la recolección de datos en campo registrando datos alfanuméricos, localización, fotos, videos, sonidos, etc. mediante los sensores integrados a ellos.

#### **1.1. Información Geográfica Voluntaria y SIG Participativo**

El desarrollo de tecnologías Web 2.0 y GeoWeb 2.0 ha permitido la rápida evolución de un fenómeno llamado Información Geográfica Voluntaria o por sus siglas en inglés VGI (Volunteered Geographic Information) que ha marcado una transformación profunda en cómo el conocimiento geográfico es producido y compartido. Los ciudadanos que no son expertos en Sistemas de Información Geográfica, Cartografía y materias afines se convierten en actores importantes contribuyendo con información geográfica en varias temáticas (Milano, 2013). El término VGI fue acuñado por primera vez por Goodchild en (Goodchild, 2007), en donde el autor compara a la humanidad como “una gran colección de sensores móviles inteligentes” capaces de registrar una rica cantidad de información geográfica.

Existen varios ejemplos de VGI en diferentes temáticas como: ambientales, meteorológicas, astronómicas, cobertura y uso del suelo, etc. Entre los proyectos más conocidos podemos notar Geo-Wiki, OpenStreetMaps, Mappiness, NoiseTube, entre muchos otros.

Un tipo de VGI que ha tomado gran importancia en el ámbito de investigación y la ciencia es la llamada Citizen Science (CS) o Ciencia Ciudadana, definida como un conjunto de actividades científicas en las cuales ciudadanos no científicos participan voluntariamente en recolección de datos, análisis y diseminación de un proyecto científico, donde la Internet y los dispositivos móviles inteligentes juegan un rol determinante (Silvertown, 2009). La CS tiene un gran campo de aplicaciones prácticas, de éstas las que implican recolección de información con datos de localización como parte integral de su actividad las podemos llamar Geographical Citizen Science (GCS) como punto de intersección entre VGI y CS (Haklay, 2012).

Otro tipo de VGI es el relacionado con la idea de Sistemas de Información Geográfica Participativos o PPGIS (Public Participation GIS) que nació en 1996 en el Centro Nacional de Información Geográfica y Análisis (“National Center for Geographic Information and Analysis” ) con el objetivo de llevar las prácticas de los SIG a nivel local con el fin de promover el conocimiento, y la participación en la toma de decisiones. Los PPGIS utilizan herramientas para involucrar la participación ciudadana desde una perspectiva local mediante el uso, acceso y generación de información geográfica en forma participativa (Sieber, 2006) lo que permite influenciar y transparentar los procesos de gobierno local.

Los procesos de PPGIs han sido posibles por la adopción de la GeoWeb 2.0 y VGI, con la proliferación de la Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) que democratizan la distribución y uso de la información geográfica mediante estándares y servicios, y la implementación de geo-portales y herramientas web y móviles que permiten la generación de información geográfica participativa de los ciudadanos. Las aplicaciones geoespaciales que antes estaban restringidas a expertos e instituciones ahora son generadas y usadas por una gran y heterogénea cantidad de neo geógrafos.

## **1.2. Infraestructuras de Datos Espaciales y Geo Servicios Web**

La Web 2.0 y GeoWeb 2.0 han cambiado rápidamente la forma en la que la información geográfica es producida, compartida y consumida (Milano, 2013). En varios ámbitos ha crecido la necesidad de integrar la información geográfica con aplicaciones web llamadas Web Mapping Applications. En éste contexto las Infraestructuras de Datos Espaciales juegan un rol de gran importancia, una IDE se define como “un conjunto de normas, políticas y estándares cuya finalidad es la publicación y representación en internet de datos, metadatos y servicios de forma estándar, garantizando la interoperabilidad de estos permitiendo el acceso a dicha información de una forma rápida y oportuna” (Pacheco, 2013).

Las IDE son iniciativas que pretenden crear un ambiente en el cual todos los actores colaboran e interactúan articuladamente para compartir y facilitar el descubrimiento, acceso y uso de la información geográfica, permitiendo una reducción de recursos, tiempo y esfuerzos en la generación y mantenimiento de los datos. Uno de los componentes de una IDE son los estándares tecnológicos que nos permiten compartir y acceder a la información geográfica con un objetivo en mente: la interoperabilidad. Estos estándares se crean a través especificaciones de documentos técnicos que son implementados por diferentes desarrollos de software o servicios, abiertos o privados. La implementación de estos servicios garantiza la interoperabilidad con proveedores que implementen el estándar.

Los estándares adoptados por la mayoría de IDE son los establecidos por el Open Geospatial Consortium (OGC), mediante la disponibilidad de estos servicios web online se facilita el uso, visualización y descarga de la información geográfica independientemente de la tecnología que el usuario final utilice, como pueden ser a través de un geoportal web, una aplicación para dispositivos móviles, un software SIG de escritorio y para diferentes usos como descarga de la información, visualización, análisis espacial, etc.

A continuación se revisará el conjunto de estándares OGC denominados Web Services (OWS) que son los estándares creados para el uso a través de servicios web que se va a implementar en este trabajo para la publicación de la información recolectada con los dispositivos móviles, con el objetivo de diversificar el uso y análisis de los datos. La

operación de estos servicios son accedidos mediante el protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol) requerido mediante una llamada URL (Uniform Resource Locators).

- a) **Servicios WMS (Web Map Service).**- provee una interfaz de comunicación para generar imágenes de mapas georreferenciadas desde varias fuentes, el resultado de una consulta a éste servicio es un archivo de imagen digital adaptado para la visualización en un computador. La especificación del estándar se puede ver en <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>.
  
- b) **Servicios WFS (WFS).**- provee una interfaz de entrega de datos definiendo interfaces de operaciones de acceso y manipulación de datos, gracias a los servicios WFS los usuarios y servicios pueden consultar, editar y descargar los datos geográficos en varios formatos como GML, ESRI Shape File, KML, GeoJson, CVS, GeoRss, XML, etc. La especificación del estándar se puede ver en <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>.
  
- c) **Web Coverage Service (WCS).**- permite el acceso a la información geográfica en forma de coberturas, es decir en formato raster con datos espacio/tiempo de un fenómeno asociado. La especificación del estándar se puede ver en <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>.

### 1.3. Recolección de Datos con Dispositivos Móviles Inteligentes.

La tecnología móvil ha transformado la forma en la que vivimos, no solo se ha convertido en un herramienta que facilita las comunicaciones telefónicas, sino también en una importante red de aplicaciones colaborativas y sensores integrados, este desarrollo ha permitido que los costes y accesibilidad a dispositivos móviles inteligentes sean cada vez más bajos, lo cual nos ofrece una gran oportunidad para su uso en recolección móvil de datos en entornos de bajos recursos y de baja cobertura.

La recolección de datos es clave en varios escenarios de investigación como observaciones medioambientales, encuestas socioeconómicas, catalogación medioambiental, cobertura de desastres naturales, gestión de riesgos, evaluaciones clínicas in-situ, en donde la recolección de datos mediante dispositivos móviles ha abierto

nuevas oportunidades para automatizar procedimientos en una manera efectiva y de bajos recursos.

En el 2013 el 54% de las adquisiciones de teléfonos en el mercado global fueron de teléfonos inteligentes frente a teléfonos móviles convencionales y se espera que para el 2016 los teléfonos inteligentes representen el 67.4% del total del mercado, como se muestra en la siguiente figura: (“Smartphones See Accelerated Rise to Dominance”)



*Source: IHS iSuppli Research, August 2012*

Figura 1: Tendencia del mercado de Teléfonos Móviles (“Smartphones See Accelerated Rise to Dominance”)

Los procedimientos tradicionales de recolección de datos basados en formularios impresos complementados con uso de dispositivos GPS para obtener la posición de la observación y/o cámaras fotográficas toman mucho tiempo y son susceptibles a errores, lo que representa problemas en la calidad y consistencia de los datos, debido a la separación de la actividad de recolección de los datos y la de sistematización (Mu’ammar, 2007). También requiere un esfuerzo extra el hecho de mantener una relación entre el registro fotográfico de la observación con su correspondiente registro digital del formulario ingresado.

Otros problemas relacionados a la recolección de datos en forma tradicional:

- Los formularios impresos requieren el recurso de papel e impresión necesario, y no se pueden realizar cambios en el formato de una manera ágil.
- Se necesita contar con un mecanismo de sistematización de los formularios, mediante hojas de cálculo o desarrollo de un sistema adecuado a la necesidad.
- Respecto a la ubicación de la observación, los formularios muchas de las veces solicitan una ubicación referencial como nombre del sector, pueblo, etc., o se complementa con el uso de un dispositivo GPS en el que se anota las coordenadas manualmente o mediante un pos procesamiento.

Figura 2: Ejemplo de un formulario en papel

El uso de dispositivos móviles inteligentes solucionan los problemas antes mencionados integrando el procedimiento de recolección de datos en campo en un solo procedimiento, combinando la facilidad de entrada de información mediante la pantalla táctil del dispositivo y el sensor GPS y la cámara. Así, se tienen dos beneficios fundamentales con ésta tecnología: datos de calidad y reducción de recursos (tiempos y costos).

La calidad de los datos recolectados mejora gracias a las siguientes características:

- Los formularios son diseñados dinámicamente, y permiten cambios de manera ágil.
- Permite realizar validaciones de campos obligatorios y tipos de datos (fecha, listas, números, texto)
- Los datos de ubicación son recolectados automáticamente por el sensor GPS del dispositivo.

- Se puede realizar el registro de audio, video o fotográfico, de la observación mediante el dispositivo y vincular automáticamente al formulario.
- La sistematización de los formularios se realiza de manera automática, eliminando en este proceso la posibilidad de errores humanos.
- Se obtienen los datos inmediatamente en un sistema centralizado para visualización, y uso por ejemplo para realizar análisis espacial.

### 1.3.1. Sensores

Los dispositivos móviles han madurado como plataformas computacionales, y han adquirido funcionalidades avanzadas. Estos avances han estado a la par con la introducción de nuevos sensores, por ejemplo el acelerómetro es un sensor común en los dispositivos móviles modernos y ayudan a mejorar la experiencia de usuario, junto con la cámara son usados para automáticamente determinar la orientación en la que el usuario está sosteniendo el dispositivo y usa esta información para re-orientar la pantalla. La figura 3 muestra los sensores más comunes que se encuentran en los dispositivos móviles modernos.



Figura 3: Sensores del dispositivo móvil iPhone 4s (Lane et al., 2010)

Entre los sensores más comunes se encuentran el giroscopio, brújula digital, acelerómetro, sensor de proximidad, sensor de luz ambiental, y otros más convencionales como cámaras posterior y frontal, micrófono, GPS, WIFI Bluetooth entre otros.

Para el objeto de este estudio, los sensores que se van a usar son el sensor GPS para la recolección de la posición de la observación en campo, la cámara posterior para realizar un registro fotográfico de la observación, y la entrada de teclado del dispositivo para completar el formulario en pantalla.

### 1.3.2. Técnicas de Posicionamiento en los Dispositivos Móviles

Existen tres principales escenarios de posicionamiento en los dispositivos móviles: mediante el sensor GPS (Defense, 2014), WPS(Wireless Position Service)(Keikhosrokianii, 2013) y Cell-ID (Red de telefonía celular)(Trevisani & Vitaletti, 2004) (Tabla 1).

**a) Global Positioning System (GPS).** Es un Sistema de navegación satelital que provee información de localización y tiempo en cualquier lugar del planeta mediante 4 o más señales de satélites GPS. La tecnología GPS ofrece altos niveles de precisión, pero debido a la distancia entre el dispositivo receptor y los satélites se necesita un tiempo considerable para establecer la conexión, éste problema es atenuado mediante el uso de GPS Asistido (aGPS), que usa redes celulares o internet para obtener rápidamente el almanaque de satélites, las efemérides y el estado de la constelación, lo que permite reducir los tiempos de conexión. En una conexión GPS normal estos datos tardan aproximadamente unos 15 minutos en ser transmitidos al receptor, y es válida por un máximo de 180 días (Defense, 2014).

El almanaque puede ser obtenido desde cualquier satélite de la constelación y permite al receptor determinar cuáles son los siguientes satélites que debe consultar, una vez que la señal del satélite es obtenida, el receptor GPS descarga los datos de las efemérides. Cuando el receptor tenga una copia completa de las efemérides de tres satélites ejecutará varios algoritmos para determinar la posición.

La tecnología GPS puede considerarse en la historia humana como el primer sistema el cual permite la localización directa de posiciones en la superficie de la tierra (Goodchild, 2007)

**b) WPS – Sistema de Posicionamiento basado en WIFI (WPS).** WPS mantiene una extensa base de datos de puntos de acceso (APs) WiFi con sus ubicaciones geográficas.

La información de la localización geográfica de los APs puede ser asociada manualmente o de una manera automatizada recuperando la localización GPS de dispositivos conectados y asociando esta información con el AP. Una vez que un dispositivo esté al alcance del AP realiza un requerimiento de conexión al SSID (Service Set Identifier) del AP, los servidores WPS mediante varias técnicas determinan la localización y esta localización es retornada al dispositivo (Keikhosrokianii, 2013).

Los servicios WPS trabajan muy bien en términos de eficiencia de energía pero no tienen alta disponibilidad, este esquema limita su uso a la disponibilidad de infraestructura de APs.

**c) Posicionamiento Cell-ID.** En el posicionamiento Cell-Id, un dispositivo móvil obtiene su localización geográfica de una estación base (Base Transceiver Station - BTS), con un error proporcional a la intensidad de señal en una célula. El dispositivo móvil puede estimar su ubicación debido a que la BTS periódicamente distribuye su Cell-Id (Identificado de célula o celda) junto con su ubicación. Una vez que esta información está disponible en el dispositivo, éste puede usar la ubicación de la BTS como su propia ubicación con un error calculado por un modelo de propagación observando la diferencia de tiempo entre la entrega recepción de un mensaje entre el receptor y la BTS para estimar la distancia (Trevisani & Vitaletti, 2004).

En la técnica Cell-Id debemos tomar en cuenta que el tamaño de celda podría ser muy largo en especial en zonas rurales donde la densidad de las torres celulares es muy baja, una torre celular por lo general es capaz de servir en un radio de 5km.

Positioning method	Accuracy	Energy efficiency	Equipment availability	Service limitations
GPS	High (within 10 m)	Low	Low	Indoor and canyon
WPS	Moderate (within 50 m)	Moderate	High	Coarse AP density area
Cell-ID Positioning	Low (within 5 Km)	High	Moderate	Rural area

Muchas de las aplicaciones para dispositivos móviles inteligentes usan una combinación de estas técnicas de posicionamiento, dependiendo de la disponibilidad de uno u otro servicio y realizar un balance entre consumo de energía, precisión de la localización y tiempo necesario para obtener los datos de localización (Paek, Kim, & Govindan, 2010; Bareth & Kupper, 2011).

Tomando en cuenta que este trabajo se centra en observaciones de campo en las Islas Galápagos donde no se tiene cobertura de servicio WPS y muy baja cobertura de redes celulares la técnica de posicionamiento que utilizaremos será mediante el dispositivo GPS del dispositivo. Sin embargo es de mucha utilidad que los guardaparques y personal que realizará la observación realice una conexión aGPS en un lugar con cobertura de redes WPS o celulares, para que el dispositivo GPS del equipo pueda descargar el almanaque GPS e información de las efemérides para reducir los tiempos de localización en campo.

#### 1.4. Plataforma Open Data KIT (ODK)

La necesidad de organizaciones de recolectar datos SIG usando dispositivos móviles y visualizarlos en Internet está incrementando rápidamente. La mayor razón es la facilidad de uso para la recolección de los datos por el usuario final y la ágil distribución de los datos a nivel mundial (Browing, 2011).

En (Browing, 2011) el autor realiza un análisis de las alternativas para recolección de datos con dispositivos móviles, en primer lugar revisa las aplicaciones existentes como ODK, EpiCollect, ArcGIS Mobile Solutions y también analiza escenarios de desarrollo de una aplicación nativa para plataformas iOS y Android, el autor detalla beneficios y debilidades de cada alternativa.

Las razones por las que se consideró utilizar la plataforma ODK frente a otras alternativas como solución para la recolección móvil de datos para este trabajo son: Open source,

proporciona una solución completa desde la creación de los formularios, aplicación de recolección y manejo de datos en el servidor, soporta recolección de datos off-line, formularios sofisticados con atributos multimedia y localización, ofrece varios escenarios de implementación, la facilidad de instalación y uso, y la rapidez con la que se pueden implementar formularios de acuerdo a la necesidad de la DPNG.

La plataforma ODK para este trabajo ofrece una solución ideal, ya que puede implementarse en varios escenarios y configuraciones de acuerdo a diferentes necesidades, se puede usar los componentes de la plataforma por separado, lo que la convierte en una herramienta versátil e interoperable, prácticamente los costos de implementación se acercan a cero, en el proceso de diseñar el formulario, la herramienta de recolección de datos y el sistema de visualización y almacenamiento de los datos la curva de aprendizaje para el usuario final es muy baja y mediante interfaces sencillas y amigables.

La plataforma Open Data Kit (ODK) diseñada por un grupo de la Universidad de Washington en colaboración con Google, es una herramienta de recolección de datos mediante formularios personalizables que pueden ser creados usando software y herramientas las cuales son completamente gratuitas y se ejecutan en la plataforma Android (“Open Data Kit,” 2014).

ODK fue diseñada bajo las siguientes premisas: a) desarrollada en componentes modulares, lo que permite que sea fácilmente extendida y modificada de acuerdo a las necesidades específicas de un proyecto, b) debe ser open source y basada en estándares abiertos, c) desarrollada con tecnología de última generación, y d) facilitar evolucionar en el tiempo.

Esta plataforma se utilizará para sustituir los formularios tradicionales utilizados por la DPNG para el monitoreo y recolección de especies introducidas, por una aplicación para dispositivos móviles basados en Android que permitan la recolección de datos en campo, y que adicional a los campos especificados en estos formularios, la aplicación sea capaz de obtener los datos del dispositivo GPS y cámara fotográfica del equipo utilizado.

La plataforma ODK consiste en tres componentes principales que describiremos a continuación (Figura 4):

- ODK Build y XLSForm, para diseñar y crear los formularios.
- ODK Collect, para recolectar los datos en dispositivos móviles.
- ODK Aggregate, para manejar los datos recolectados en el servidor.

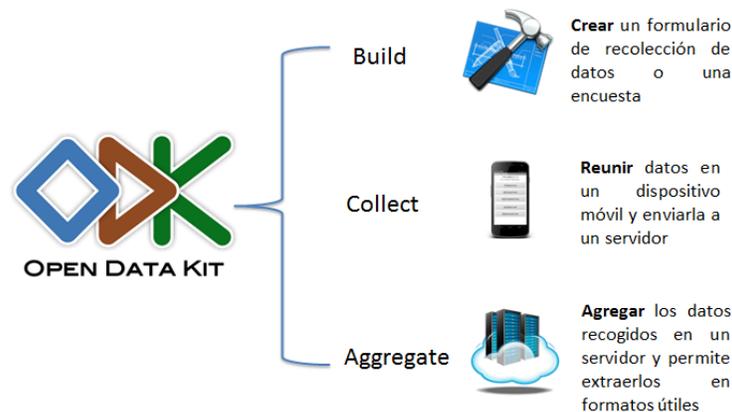


Figura 4: Componentes de la plataforma Open Data Kit.

#### 1.4.1. ODK Build y XLSForms

Para el despliegue de los formularios en la plataforma, ODK hace uso del estándar abierto XForms del W3C (World Wide Web Consortium, 2009), que es un estándar basado en XML para representación de formularios, lo que permite que podamos generar los formularios con cualquier aplicación que implementa el estándar XForms. La especificación del estándar se puede ver en <http://www.w3.org/MarkUp/Forms/>.

Los tipos de entradas de datos soportados por la plataforma son: texto, números (enteros o decimales), fecha, localización, multimedia (imagen, audio o video), código de barras, y lista de selección. Cada entrada tiene propiedades como: título, ayuda, longitud, etc. también se puede agregar valores por defecto, determinar campos obligatorios o campos de solo lectura.

Para realizar el diseño e implementación de los formularios en el estándar XForms contamos con algunas alternativas: desarrollar los formularios mediante un editor de texto

siguiendo el estándar XForms, también podemos utilizar una herramienta de interfaz gráfica para diseñar los formularios de manera fácil como ODK Build o PurcForms, o utilizar el formato XLSForm que es una herramienta que permite desarrollar los formularios en una hoja de cálculo de Excel y permite diseñar formularios más complejos. Para personalizar los formularios o realizar cambios se puede editar los archivos XML generados con cualquier herramienta mediante un editor de texto.

#### **1.4.2. ODK Aggregate**

ODK Aggregate es el componente en el servidor, que consiste en una herramienta desarrollada en JAVA para almacenar y gestionar los datos recolectados y también administrar permisos y usuarios. Implementa el estándar XForms lo que permite cargar a la plataforma los formularios desarrollados en este estándar y los pone a disposición de los dispositivos móviles para su descarga mediante interacción con una aplicación como puede ser ODK Collect, o cualquier aplicación que cumpla los estándares de cliente OpenROSA.

ODK Aggregate provee también al usuario interfaces de visualización de los datos recolectados mediante reportes, gráficos y mapas, y opciones para exportar los datos a formatos csv, json y kml.

ODK Aggregate está diseñado para ser desplegado en un servidor de aplicaciones JAVA estándar, su arquitectura permite varios escenarios de implementación de acuerdo a las necesidades de cada proyecto como se revisa a continuación:

La primera posibilidad es desplegar la aplicación mediante servicios en la nube en la modalidad de Plataforma como Servicio (PaaS) como Google Ap Engine o Amazon EC2, escenario ideal para organizaciones que no cuentan con infraestructura tecnológica y recursos humanos que permitan una administración de la base de datos y la plataforma.

La segunda posibilidad es desplegar la aplicación localmente en infraestructura propia, para lo cual el requerimiento mínimo es contar con un equipo dedicado como servidor con una buena conexión a Internet en el que se instalará un servidor de aplicaciones JAVA y un servidor de base de datos (MySQL, PostgreSQL). Esta arquitectura es ideal para

organizaciones con políticas de privacidad de los datos, y que requieran un control y acceso total a los datos y plataforma.

También está disponible en la página web oficial de ODK la descarga de una máquina virtual pre-configurada que permite desplegar fácilmente y en un corto tiempo un servidor con la aplicación instalada y puede ser ejecutada en cualquier computador o infraestructura.

### **1.4.3. ODK Collect**

ODK Collect es la aplicación para dispositivos móviles con el sistema operativo Android, la cual se ha convertido la plataforma más popular en dispositivos móviles y está ampliamente difundido en el mercado. Los dispositivos con plataforma Android soportan interfaz de usuario mediante pantallas táctiles, manejo de múltiples sensores integrados al dispositivo y adicionalmente los dispositivos modernos tienen gran capacidad de procesamiento, relativamente larga vida de la batería y una buena relación calidad/precio.

ODK Collect puede ser descargado directamente desde el manejador de aplicaciones de Android “Google Play” o directamente descargando el paquete de la aplicación Android “Application Package File (APK)” desde <http://opendatakit.org/downloads/downloadinfo/odk-collect-apk>. Una vez que se descarga e instala la aplicación, se necesita realizar un sencillo paso de configuración antes de iniciar el proceso de recolección de la información que consiste en especificar la dirección del servidor ODK Aggregate. Para esto se accede al menú de configuración de la aplicación y se especifica la URL del servidor y de ser necesarias las credenciales de usuario. Luego de esta configuración se puede proceder a descargar los formularios e iniciar la recolección de datos.

## 2. MÉTODO

A continuación se describe la implementación de la solución de recolección móvil de datos de especies introducidas. Esta se divide en dos partes principales. La primera consiste en el sistema de recolección móvil en sí, y la segunda en la integración de este sistema con una Infraestructura de datos espaciales mediante la implementación de servicios OWS.

### Arquitectura del Sistema

Uno de los objetivos planteados en este trabajo es la publicación de los datos recolectados mediante servicios OGC para uso y descarga de una manera interoperable. Por esta razón el escenario de implementación elegido es el despliegue en un servidor local, que posee las ventajas de tener el control total sobre las bases de datos y manejo de las aplicaciones que se puedan alojar en este servidor, bajos costes de mantenimiento en contraste a costos que representarían contar con un servicio en la nube.

La Figura 5 presenta un esquema de los componentes de la solución propuesta en este trabajo, dividida en componentes al lado del servidor y componentes al lado del cliente.

Al lado del servidor se encuentran los componentes: ODK Aggregate para el manejo de formularios y administración de los datos recolectados. El gestor de base de datos MySQL para el almacenamiento de los datos, y el servidor de mapas Geoserver para la publicación de servicios OWS.

Al lado del cliente se tiene la aplicación ODK Collect para la recolección de datos en campo con dispositivos móviles inteligentes, un Geoportal desarrollado con la librería GetSDI Geoportal para el acceso, consulta y descarga de la información desde un navegador web, y el sistema de visualización 3D Google Earth para la visualización espacio-temporal de los datos recolectados en un ambiente 3D. También al lado del cliente se cuenta con los Sistemas de Información Geográficos que consumirán los servicios WMS y WFS permitiendo ampliar el uso de la información.

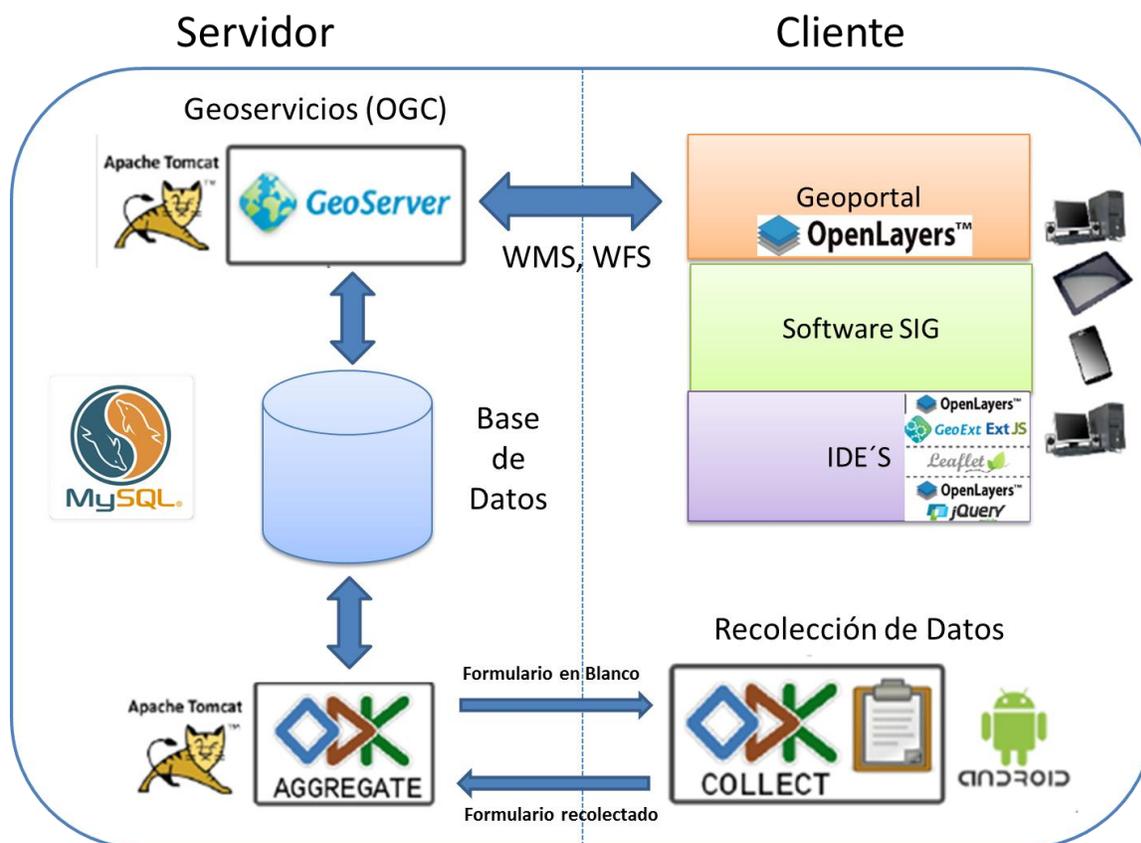


Figura 5: Arquitectura tecnológica propuesta.

## 2.1. PARTE 1: Sistema de recolección móvil de datos

En esta sección en primer lugar se analiza la arquitectura de implementación de los componentes de la plataforma ODK de acuerdo a las necesidades del PNG, seguido se revisa el procedimiento de recolección de datos con los dispositivos móviles, y por último el diseño e implementación de los formularios en el sistema.

### 2.1.1. Instalación de ODK Aggregate

Como ya se mencionó, ODK Aggregate es la herramienta al lado del servidor que tiene las siguientes funcionalidades:

- Proveer los formularios a la aplicación para dispositivos móviles.
- Cargar los datos recolectados por los dispositivos móviles, y gestionar estos datos.

- Visualizar los datos recolectados usando reportes, gráficos y mapas.
- Exportar los datos recolectados en formatos CSV, JSON y KML.
- Y la posibilidad de publicar los datos a sistemas externos como Google Spreadsheets o Google Fusion Tables.

El equipo usado para el presente trabajo es un servidor dedicado con sistema operativo Linux CENTOS 5.9, con un procesador Intel Core 2 Duo, y 4GB de memoria RAM.

Para la instalación se ha seguido la documentación de la página oficial de la plataforma (<https://opendatakit.org/use/aggregate/tomcat-install/>) en donde se explica claramente los pasos necesarios para instalar y desplegar la aplicación en sus diferentes escenarios de uso. En este trabajo los pasos seguidos para la instalación son los siguientes:

Instalación de prerequisites del sistema:

- 1- Instalar JAVA 7.
- 2- Configuración de las variables de entorno para la versión de java instalada.
- 3- Descarga e instalación el servidor de aplicaciones Tomcat 6, en el presente trabajo el puerto que usará nuestro servidor será 8088 mediante el protocolo HPPT. No se ha configurado un protocolo seguro HTTPS, pero es recomendable en ambientes de producción.
- 4- Configuraciones de red necesarias para que el servidor sea visible desde Internet. Para este trabajo el servidor se ha configurado para que sea accedido mediante el dominio: galapagospn.com.
- 5- Instalación del servidor de base de datos MySQL 5.
- 6- Descarga e instalación en Tomcat de la librería mysql-connector-java, que permitirá a la aplicación interactuar con nuestra base de datos.

Instalación del componente ODK Aggregate:

- 1- Descarga del instalador ODK-Aggregate para la plataforma adecuada, al momento de realizar este trabajo la última versión es la 1.4.4 desde la página de descargas (<https://opendatakit.org/downloads/>).

Este instalador en realidad no instala nada en el computador local, sino que es un asistente que guía al usuario para la configuración de la plataforma con los parámetros de instalación del servidor Tomcat, base de datos y dirección del

servidor que en nuestro caso es <http://galapagospn.com:8088>. El resultado de este instalador es un archivo .WAR para el despliegue de la aplicación y un archivo .SQL para la creación del esquema de base de datos.

- 2- Ejecución del script de generación de la base de datos.
- 3- Despliegue de la aplicación (archivo .WAR) en el servidor de aplicaciones Tomcat6.

### **2.1.2. Instalación y configuración de ODK Collect en los dispositivos móviles**

A continuación se revisa el procedimiento para la instalación de la aplicación ODK Collect en los dispositivos móviles y el procedimiento de recolección de datos con la herramienta propuesta.

#### **Instalación y Configuración**

La aplicación ODK Collect puede ser descargada e instalada desde el repositorio de aplicaciones Google Play o descargada e instalada directamente en el dispositivo descargando el paquete de la aplicación APK desde la página de descargas de la plataforma ODK.

#### **Procedimiento de Recolección de Datos**

Una vez que la aplicación ha sido instalada en el dispositivo se requiere configurar la aplicación para que se conecte con el servidor ODK Aggregate configurado. Así se estará en condiciones de descargar los formularios disponibles y enviar los formularios que son completados con las observaciones en campo. Para configurar la aplicación accedemos al menú de opciones y actualizamos los parámetros con los del servidor. Para el caso del servidor implementado en este trabajo el parámetro URL deberá ser: <http://galapagospn.com:8088/ODKAggregate> y se debe especificar también el nombre de usuario y contraseña, aunque estos últimos son parámetros opcionales (Figura 6).

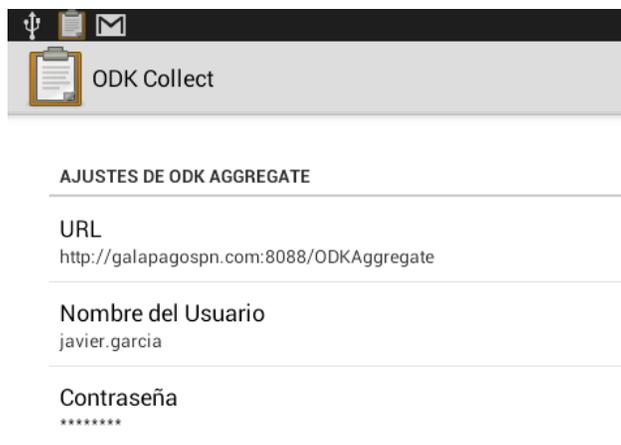


Figura 6: Configuración de la aplicación móvil ODK Collect.

Ahora el dispositivo está listo para descargar los formularios y la recolección de datos. La pantalla principal de la aplicación se muestra en la Figura 7. Para descargar los formularios desde el servidor se utiliza la opción “Obtener formulario en Blanco”, también se puede utilizar la opción “Borrar Formularios Guardados” para eliminar formularios descargados. Esta opción es de utilidad cuando se ha realizado algún cambio en la estructura de un formulario.



Figura 7: Pantalla principal de la aplicación ODK Collect.

Para iniciar el proceso de recolección de datos se utiliza la opción “Llenar Nuevo Formulario”. Se inicia el proceso de registro de la información, se realiza el registro fotográfico, se ingresa los datos requeridos por el formulario como el número de especímenes encontrados, número de machos y hembras, se identifica la especie y otros

datos específicos de cada formulario, se realiza el registro fotográfico, se registra la localización y se finaliza guardando el formulario en la memoria del dispositivo. Este proceso de recolección de datos puede realizarse de manera off-line, es decir sin necesidad de conexión a internet.

Una vez que se ya han realizado las observaciones y se grabaron en el dispositivo, las mismas están listas para cargar al servidor. Este procedimiento se debe realizar cuando el usuario tenga acceso a una red con conexión a Internet, que puede ser mediante acceso a una red WiFi o red de telefonía móvil. El procedimiento es acceder a la opción “Enviar Formulario Finalizado” y la aplicación mostrará una lista de los formularios recolectados que están guardados y listos para ser enviados. Finalmente el usuario al pulsar el botón “Enviar Finalizados” cargará al servidor los datos recolectados (Figura 8).



Figura 8: Enviar formularios recolectados al servidor.

### 2.1.3. Diseño e implementación de formularios.

Como se mencionó anteriormente, la plataforma ODK hace uso del estándar XForms para la representación de los formularios. XForms es un modelo Vista-Controlador basado en el formato XML, el cual fue desarrollado por el World View Consortiim (W3C) para

superar las limitaciones de formularios tradicionales en HTML que no distinguen entre el contenido y la presentación de un formulario. XForms, en cambio, es compuesto por dos partes, el modelo, que describe la lógica, y los datos y la interfaz, que define la presentación al usuario.

XForms al ser un estándar es capaz de trabajar con una variedad de interfaces que pueden interpretar y mostrar el formulario, esto permite también contar con varias opciones para diseñar los formularios, entre las más conocidas tenemos: ODK Build (<https://opendatakit.org/use/build/>), XL2Form (<http://xls2xform.opendatakit.org/>), Vellum (<http://xforms.dimagi.com/>), Kobo (<http://www.kobotoolbox.org/>), PurcForms (<https://code.google.com/p/purcforms/>). Todas estas herramientas ofrecen una interfaz de usuario amigable para generar los formularios y pueden ser transformados y exportados en formato XML o Excel. Para este trabajo se han implementado los formularios usados por la DPNG mediante la herramienta ODK Build. Se generó los archivos XML y en algunos casos se utilizó un editor de texto para realizar modificaciones puntuales directamente sobre el archivo XML.

Para probar la implementación de la plataforma propuesta se implementaron dos formularios de monitoreo de especies introducidas que utiliza la DPNG: Formulario de Monitoreo de Hormigas y Formulario de Monitoreo de Plantas Introducidas cuya implementación se revisa continuación.

#### **2.1.3.1. Formulario de Monitoreo de Hormigas**

La metodología implementada por la DPNG y desarrollada junto a la Fundación Charles Darwin, consiste en dividir el sitio a monitorear en transeptos de 200 metros de separación uno de otro. Los guardaparques recorren los transeptos colocando un palillo con mantequilla de maní como cebo atrayente cada 50 metros. Luego de una hora, los guardaparques recogen los cebos, toman muestras de las hormigas encontradas y registran el formulario con el hallazgo.

Para el formulario de monitoreo de hormigas, se ha identificado los siguientes atributos (Figura 9):

- Fecha de la observación.

- Isla
- Lugar
- Personal
- Hora de inicio
- Hora final
- Número de hormigas de la especie: *Wasmannia auropunctata*
- Número de hormigas de la especie: *Pheidole megacephala*
- Número de hormigas de la especie: *Solenopsis geminata*
- Número de hormigas de la especie: *Cardiocondyla emery*
- Número de hormigas de la especie: *Tapinoma melanocephalum*
- Número de hormigas de la especie: *Monomorium*
- Número de hormigas de la especie: Endémica
- Registro fotográfico
- Observaciones
- Coordenadas GPS

DIRECCIÓN DEL PARQUE NACIONAL GALAPAGOS  
 DIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS  
 MONITOREO DE HORMIGAS

RCH: \_\_\_\_\_ SIA: \_\_\_\_\_ IFO: \_\_\_\_\_  
 INVASORAS: \_\_\_\_\_

	NOVA DENICO				NOVA NINE			
NOVA	1	2	3	4	1	2	3	4
1	21	21	21	21	21	21	21	21
2	22	22	22	22	22	22	22	22
3	23	23	23	23	23	23	23	23
4	24	24	24	24	24	24	24	24
5	25	25	25	25	25	25	25	25
6	26	26	26	26	26	26	26	26
7	27	27	27	27	27	27	27	27
8	28	28	28	28	28	28	28	28
9	29	29	29	29	29	29	29	29
10	30	30	30	30	30	30	30	30
11	31	31	31	31	31	31	31	31
12	32	32	32	32	32	32	32	32
13	33	33	33	33	33	33	33	33
14	34	34	34	34	34	34	34	34
15	35	35	35	35	35	35	35	35
16	36	36	36	36	36	36	36	36
17	37	37	37	37	37	37	37	37
18	38	38	38	38	38	38	38	38
19	39	39	39	39	39	39	39	39
20	40	40	40	40	40	40	40	40
21	41	41	41	41	41	41	41	41
22	42	42	42	42	42	42	42	42
23	43	43	43	43	43	43	43	43
24	44	44	44	44	44	44	44	44
25	45	45	45	45	45	45	45	45
26	46	46	46	46	46	46	46	46
27	47	47	47	47	47	47	47	47
28	48	48	48	48	48	48	48	48
29	49	49	49	49	49	49	49	49
30	50	50	50	50	50	50	50	50
31	51	51	51	51	51	51	51	51
32	52	52	52	52	52	52	52	52
33	53	53	53	53	53	53	53	53
34	54	54	54	54	54	54	54	54
35	55	55	55	55	55	55	55	55
36	56	56	56	56	56	56	56	56
37	57	57	57	57	57	57	57	57
38	58	58	58	58	58	58	58	58
39	59	59	59	59	59	59	59	59
40	60	60	60	60	60	60	60	60
41	61	61	61	61	61	61	61	61
42	62	62	62	62	62	62	62	62
43	63	63	63	63	63	63	63	63
44	64	64	64	64	64	64	64	64
45	65	65	65	65	65	65	65	65
46	66	66	66	66	66	66	66	66
47	67	67	67	67	67	67	67	67
48	68	68	68	68	68	68	68	68
49	69	69	69	69	69	69	69	69
50	70	70	70	70	70	70	70	70
51	71	71	71	71	71	71	71	71
52	72	72	72	72	72	72	72	72
53	73	73	73	73	73	73	73	73
54	74	74	74	74	74	74	74	74
55	75	75	75	75	75	75	75	75
56	76	76	76	76	76	76	76	76
57	77	77	77	77	77	77	77	77
58	78	78	78	78	78	78	78	78
59	79	79	79	79	79	79	79	79
60	80	80	80	80	80	80	80	80

W= *Wasmannia auropunctata*    F= *Pheidole megacephala*    S= *Solenopsis geminata*  
 C= *Cardiocondyla emery*    T= *Tapinoma melanocephalum*    M= *Monomorium*  
 E= Endémica

Figura 9: Formulario para monitoreo de hormigas utilizado por la DPNG.



El equipo de campo tomando datos en Marchena. Foto: Helmuth Rogg

Figura 10: Equipo de campo realizando observaciones, Fuente: <http://www.hear.org/galapagos/invasoras/temas/manejo/invertebrados/proyectos/hormigas.htm>

El archivo XML generado para el formulario de monitoreo de hormigas se documenta en el Anexo 1. Una vez que el formulario es generado y validado, se procede a subirlo a la

instancia de ODK Aggregate junto con las imágenes necesarias, y finalmente se procede a descargar el formulario en blanco en el dispositivo móvil para su utilización.

### 2.1.3.2. Formulario de Monitoreo de Plantas Introducidas

Para el formulario de monitoreo de plantas introducidas, se han identificado los siguientes atributos (Figura 11):

- Fecha de la observación.
- Isla
- Lugar
- Personal
- Tipo de Especie
- Abundancia (Alta >80%, Media 50%, Baja <30%)
- Tipo de Control: Manual, Químico, Monitoreo
- Observaciones
- Registro Fotográfico
- Coordenadas GPS



Parque Nacional  
GALÁPAGOS  
Ecuador



DIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS



Ministerio  
del Ambiente

DIRECCION DEL PARQUE NACIONAL GALAPAGOS  
DIRECCION DE ECOSISTEMAS  
MONITOREO Y CONTROL DE PLANTAS INTRODUCIDAS

Nombre del personal: .....

Fecha:..... Isla:..... Sitio:.....

Área de monitoreo y/o controlada	Coordenadas Geográficas	Especie	Abundancia			Tipo de control			Observaciones
			A	M	B	Manual	Químico	Monitoreo	

A= Alta + 80%      M= Media 50      B= Baja -30%

Figura 11: Formulario de monitoreo de plantas introducidas.

El archivo XML generado para el formulario de monitoreo de plantas introducidas se documenta en el Anexo 2. Una vez que el formulario es generado y validado, se procede a subirlo a la instancia de ODK Aggregate junto con las imágenes necesarias, y finalmente se procede a descargar el formulario en blanco en el dispositivo móvil para su uso.

## **2.2. PARTE 2: Integración con Infraestructuras de Datos Espaciales.**

En este apartado se revisará la articulación de la plataforma ODK con el servidor de mapas Geoserver que permitirá publicar los datos de las observaciones mediante servicios OWS que posibilitan la integración con IDE's, seguido se revisará el procedimiento para la implementación de un geoportal como interfaz para la visualización y descarga de los servicios, y por último la visualización espacio-temporal de las observaciones cargadas en el sistema.

### **2.2.1. Articulación con Geoserver**

Geoserver es un servidor de mapas e información geográfica desarrollado en JAVA con una gran comunidad de usuarios y desarrolladores. Provee implementación de servicios OGC como WMS, WFS y WCS. La ventaja de usar Geoserver para este trabajo es que se puede desplegar mediante el mismo servidor de aplicaciones que se usa para ODK Aggregate, además de ser un software con una interfaz muy amigable al usuario, y con un muy buen rendimiento.

Geoserver publica los datos en forma de servicios OWS, que permitirá visualizar y descargar los datos desde un geoportal al lado del cliente y definir estilos para la representación de los datos de acuerdo a los valores de los atributos.

Para instalar Geoserver se descarga el paquete .WAR para desplegar en el servidor Tomcat. Una vez copiado el archivo a la carpeta de despliegue en el servidor Tomcat se accede a la interfaz de administración en desde <http://galapagospn.com:8088/geoserver/>.

### **Proceso de integración con Geoserver**

El siguiente paso es acceder a los datos cargados en ODK Aggregate desde Geoserver para su publicación. Para este procedimiento se necesita conectar directamente a la base

de datos de la instancia de ODK Aggregate que se instaló anteriormente, y crear un almacén de datos en Geoserver que acceda a los datos que se quiere publicar. A continuación se detallan los pasos requeridos.

El primer paso es generar una consulta en la base de datos para cada formulario. Cuando se carga un formulario de ODK Aggregate se representa en tablas en la base de datos en este caso MySQL. La tabla en la que se guardan los campos alfanuméricos y de posición se denomina “NOMBRE\_DE\_FORMULARIO\_CORE” donde “NOMBRE\_DE\_FORMULARIO” representa el nombre del formulario especificado en el archivo XML que se cargó a ODK Aggregate. También se crean tablas para almacenar los archivos de imagen de las observaciones cuyos nombres finalizan en \_FOTO y adicionalmente si el formulario contiene algún tipo de dato de opción múltiple se crea una tabla para éste campo cuyo nombre finaliza en \_MULTI.

Para facilitar la ejecución de la consulta que se ha estructurado por cada formulario se crea una vista en la base de datos. La consulta genera una columna de tipo geometría que es la que utiliza Geoserver para publicar como geo servicio web. La Figura 12 muestra el comando SQL que se utilizó para crear la vista SQL en la base de datos. Nótese que mediante la función POINT() se convierte los datos de latitud y longitud de la observación en un atributo de tipo geometría llamado “geo”.

```

1 create view roedores as
2 select
3     MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`INICIO` AS `fecha`,
4     MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`LOC_LAT` AS `lat`,
5     MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`LOC_LNG` AS `lon`,
6     MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`LOC_ALT` AS `altura`,
7     MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`ROEDORES_R_TOTAL` AS `total`,
8     MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`ROEDORES_R_MACHOS` AS `total_machos`,
9     MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`ROEDORES_R_HEMBRAS` AS `total_hembras`,
10    MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`TIPO_TRAMPA` AS `TIPO_TRAMPA`,
11    MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`ESPECIE` AS `ESPECIE`,
12    MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`ESTADO_CEB0` AS `ESTADO_CEB0`,
13    MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`LUGAR` AS `LUGAR`,
14    MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`OBSERVACIONES` AS `OBSERVACIONES`,
15    MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`DEVICE` AS `DEVICE`,
16    point(MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`LOC_LNG`,MONITOREO_DE_ROEDORES_CORE.`LOC_LAT`) AS `geo`,
17    concat(utf8' | uuid:0790b6a-8ba7-49ef-ab09-8b7e9904020   |
| 100    | 2014-09-28<br>17:46:35 | -2.8835514853 | -79.0494185127 | 2881.4000000000 | 1     | 1            | 0             | trampa_a    | Rata negra (Rattus rattus) | no_consumido | Trabajo | Prueba        | 358020058083734 | C-C-jASAU7mJfA |  | uuid:db44ad48b0e-4208-a9cb-8932e0d279e    |
| 100    | 2014-11-08<br>12:15:30 | -2.8834918000 | -79.0494050000 | 0.0000000000    | 1     | 1            | 0             | trampa_a    | Rata negra (Rattus rattus) | na           | Casa    |               | 358020058083734 | E-sjJASAUe8dA  |  | uuid:7a3daf17-be25-40f6-80c8-4a28bb7580f5 |

Figura 13: Salida de la consulta SQL.

Como segundo paso, desde la interfaz de administración de Geoserver se realizó lo siguiente:

- Se creó un espacio de trabajo para organizar los almacenes de datos y capas que se usará en este proyecto, el espacio de trabajo se lo llamó “PNG”.
- Se creó un almacén de datos del tipo MySQL, para esto se descargó la extensión para que Geoserver sea capaz de interactuar bases de datos MySql, y en los parámetros de configuración se debe proporcionar los datos del servidor, puerto, nombre de usuario y contraseña de un usuario con privilegios de acceso a la base de datos.
- Se creó una nueva capa en la opción “Create new sql view” en la que la sentencia sql será la consulta a la vista que se generó anteriormente de la siguiente forma: “select \* from nombre\_vista”. Los atributos se cargarán automáticamente así como se identificará automáticamente el campo de geometría. Es importante que se seleccione un campo como identificador ya que MySql no genera un identificador único para los resultados de una vista, si el caso sería una conexión directa a una tabla con clave primaria o desde una base de datos PostgreSQL no sería necesario.
- Por último se deshabilitó la opción de “Tile Caching” de la capa creada, de esta forma cada requerimiento que se realice a la capa desde Geoserver mostrará las últimas observaciones cargadas en el sistema. Para comprobar que todo está correcto se utiliza la herramienta “Visualización de Capas” y se comprueban los resultados.

Realizados los pasos anteriores se tienen disponibles los datos recolectados de los diferentes formularios cargados en el sistema mediante servicios WMS y WFS, los cuales serán de mucha utilidad para su visualización en el geoportal. También serán de utilidad en Sistemas de Información Geográfica que junto con otra información temática servirá al personal técnico de la DNPG para realizar análisis espacial y posterior toma de decisiones para realizar las actividades de control y exterminación.

## **2.2.2. Representación de los datos en línea.**

La información en el sistema es accedida desde la base de datos en forma de geometría de tipo punto a través de la vista generada, lo que nos permite una visualización espacial de la distribución de la localización de los puntos, y consulta de la información tabular y fotográfica registrada en la observación. Esta información puede ser complementada por otras formas de representación. Una adecuada representación de los datos permitirá visualizar mediante técnicas de análisis espacial lugares en donde la concentración y número de observaciones sean elevados, y permitirá a los técnicos de la DPNG tomar decisiones para ejecutar las actividades de control de especies.

Los datos recolectados para el monitoreo de especies introducidas son muy dinámicos, ya que regularmente los guardaparques de la DPNG tendrían que realizar la actividad de enviar al servidor la información recolectada. De esta forma las técnicas de representación de los datos planteadas tienen que realizarse en línea, es decir para ser calculadas y actualizadas automáticamente de acuerdo a las observaciones registradas.

Para lograr este objetivo utilizaremos la funcionalidad “Rendering Transformations” que está implementada en la extensión de Geoserver: Web Process Service (WPS). En este trabajo se implementaron dos transformaciones Vector a Ráster: “Heatmap” y Vector a Vector: “Point Stacker” que se describen a continuación:

### **2.2.2.1. Heatmap**

La transformación de representación Heatmap visualiza un conjunto de datos como una superficie de mapa de calor o densidad de superficie. La imagen es generada dinámicamente y es muy útil para visualizar datos dinámicos como las observaciones de especies introducidas.

La implementación es creada configurando los estilos de la capa agregando la etiqueta <Transformation> al elemento <FeatureTypeStyle> en el estilo SLD de la capa, se puede especificar un atributo de peso pasando como parámetro “weightAttr”. En el caso de este

estudio el campo de peso que se usa es el que representa el total de individuos de la especie que ha sido observada.

El archivo de salida de la transformación es un archivo raster de una sola banda, cada pixel tiene un valor en el rango de 0..1 que mide la densidad del pixel relativo a el resto de la superficie.

Para esto se crea un archivo de estilo en Geoserver el cual servirá para aplicar a cualquiera de las capas del sistema. En la Figura 14 se muestra el contenido del archivo de estilo SLD en formato XML.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
2 <StyledLayerDescriptor version="1.0.0"
3   xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld StyledLayerDescriptor.xsd"
4   xmlns="http://www.opengis.net/sld"
5   xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
6   xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
7   xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
8   <NamedLayer>
9     <Name>Heatmap</Name>
10    <UserStyle>
11      <Title>Heatmap</Title>
12      <Abstract>A heatmap surface showing density</Abstract>
13      <FeatureTypeStyle>
14        <Transformation>
15          <ogc:Function name="gs:Heatmap">
16            <ogc:Function name="parameter">
17              <ogc:Literal>data</ogc:Literal>
18            </ogc:Function>
19            <ogc:Function name="parameter">
20              <ogc:Literal>weightAttr</ogc:Literal>
21              <ogc:Literal>total</ogc:Literal>
22            </ogc:Function>
23            <ogc:Function name="parameter">
24              <ogc:Literal>radiusPixels</ogc:Literal>
25              <ogc:Function name="env">
26                <ogc:Literal>radius</ogc:Literal>
27                <ogc:Literal>20</ogc:Literal>
28              </ogc:Function>
29            </ogc:Function>
30            <ogc:Function name="parameter">
31              <ogc:Literal>pixelsPerCell</ogc:Literal>
32              <ogc:Literal>10</ogc:Literal>
33            </ogc:Function>
34            <ogc:Function name="parameter">
35              <ogc:Literal>outputBBOX</ogc:Literal>
36              <ogc:Function name="env">
37                <ogc:Literal>vms_bbox</ogc:Literal>
38              </ogc:Function>
39            </ogc:Function>
40            <ogc:Function name="parameter">
41              <ogc:Literal>outputwidth</ogc:Literal>
42              <ogc:Function name="env">
43                <ogc:Literal>vms_width</ogc:Literal>
44              </ogc:Function>
45            </ogc:Function>
46            <ogc:Function name="parameter">
47              <ogc:Literal>outputHeight</ogc:Literal>
48              <ogc:Function name="env">
49                <ogc:Literal>vms_height</ogc:Literal>
50              </ogc:Function>
51            </ogc:Function>
52          </ogc:Function>
53        </Transformation>
54        <Rule>
55          <RasterSymbolizer>
56            <!-- specify geometry attribute of input to pass validation -->
57            <Geometry><ogc:PropertyName>geom</ogc:PropertyName></Geometry>
58            <Opacity>0.6</Opacity>
59            <ColorMap type="ramp">
60              <ColorMapEntry color="#FFFFFF" quantity="0" label="nodata" opacity="0"/>
61
62              <ColorMapEntry color="#4444FF" quantity=".1" label="Baja ocurrencia"/>
63              <ColorMapEntry color="#FF0000" quantity=".5" label="Media ocurrencia" />
64              <ColorMapEntry color="#FFFF00" quantity="1.0" label="Alta ocurrencia" />
65            </ColorMap>
66          </RasterSymbolizer>
67        </Rule>
68      </FeatureTypeStyle>
69    </UserStyle>
70  </NamedLayer>
71 </StyledLayerDescriptor>

```

Figura 14: Archivo SLD del estilo de capa Heatmap.

### 2.2.2.2. Point Stracker

Esta técnica de transformación de representación visualiza un conjunto de datos de puntos agrupando en un solo punto a los que se encuentran cerca. Esto produce mapas más fáciles de interpretar en situaciones en las que se dispone de varios puntos de observaciones cercanos unos de otros.

La implementación es creada configurando los estilos de la capa agregando la etiqueta <Transformation> al elemento <FeatureTypeStyle> en el estilo SLD de la capa.

La salida de la transformación es una capa tipo vector de puntos con el atributo “count” que representa el número de observaciones agrupadas en cada punto. En los procesos de monitoreo y control de especies introducidas los guardaparques realizan observaciones frecuentemente que son repetidas en lugares en donde ya se realizaron o muy cerca de ellas. Esta técnica permite una mejor visualización de los datos a diferentes escalas.

En la Figura 15 se observa el contenido el archivo de estilo SLD en formato XML para la representación Point Stracker.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
2 <StyledLayerDescriptor version="1.0.0"
3   xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld StyledLayerDescriptor.xsd"
4   xmlns="http://www.opengis.net/sld"
5   xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
6   xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
7   xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
8   <NamedLayer>
9     <Name>obs_stacked_point</Name>
10    <UserStyle>
11      <!-- Styles can have names, titles and abstracts -->
12      <Title>Observaciones</Title>
13      <Abstract>Agrupación de observaciones</Abstract>
14      <FeatureTypeStyle>
15        <Transformation>
16          <ogc:Function name="gs:PointStacker">
17            <ogc:Function name="parameter">
18              <ogc:Literal>data</ogc:Literal>
19            </ogc:Function>
20            <ogc:Function name="parameter">
21              <ogc:Literal>cellSize</ogc:Literal>
22              <ogc:Literal>30</ogc:Literal>
23            </ogc:Function>
24            <ogc:Function name="parameter">
25              <ogc:Literal>outputBBox</ogc:Literal>
26              <ogc:Function name="env">
27                <ogc:Literal>wms_bbox</ogc:Literal>
28              </ogc:Function>
29            </ogc:Function>
30            <ogc:Function name="parameter">
31              <ogc:Literal>outputWidth</ogc:Literal>
32              <ogc:Function name="env">
33                <ogc:Literal>wms_width</ogc:Literal>
34              </ogc:Function>
35            </ogc:Function>
36            <ogc:Function name="parameter">
37              <ogc:Literal>outputHeight</ogc:Literal>
38              <ogc:Function name="env">
39                <ogc:Literal>wms_height</ogc:Literal>
40              </ogc:Function>
41            </ogc:Function>
42          </ogc:Function>
43        </Transformation>
44        <Rule>
45          <Name>rule1</Name>
46          <Title>Observación</Title>
47          <ogc:Filter>
48            <ogc:PropertyIsLessThanOrEqualTo>
49              <ogc:PropertyName>count</ogc:PropertyName>
50              <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
51            </ogc:PropertyIsLessThanOrEqualTo>
52          </ogc:Filter>
53          <PointSymbolizer>
54            <Graphic>
55              <Mark>
56                <WellKnownName>triangle</WellKnownName>
57                <Fill>
58                  <CssParameter name="fill">#FF0000</CssParameter>
59                </Fill>
60              </Mark>
61              <Size>8</Size>
62            </Graphic>
63          </PointSymbolizer>
64        </Rule>
65      </Rule>
66      <Name>rule29</Name>
67      <Title>2-9 Observaciones</Title>
68      <ogc:Filter>
69        <ogc:PropertyIsBetween>
70          <ogc:PropertyName>count</ogc:PropertyName>
71          <ogc:LowerBoundary>v<

```

Figura 15: Archivo SLD para el estilo de transformación tipo Stracker.

### 2.2.3. Implementación del Geoportal.

El paso crucial para convertir simples procedimientos de recolección de datos en aplicaciones de ciencia ciudadana reales es la publicación y accesibilidad a los datos geoespaciales mediante una aplicación web de fácil uso (Milano, 2013), que permita al usuario final interesado en los datos recolectados la visualización y exportación en varios formatos.

Para la implantación del geoportal se utilizó la plataforma GetSDI Portal v.3 que es una aplicación de mapas para la web que permite visualizar, descargar, analizar, consultar, editar y dar estilos a múltiples fuentes de datos geoespaciales, constituye una solución simple y lista para usar para organizaciones que buscan la implementación de geoportales basados en estándares (“GetSDI Geoportal V3,” 2014).

Esta plataforma está desarrollada en PHP al lado del servidor y Javascript al lado del cliente. En este trabajo se publicó a través de un servidor web Apache Web Server con Php5.5.

Se realizaron configuraciones básicas en la plataforma como la dirección del servidor, cambio de logo, se estableció el idioma por defecto como el español y por último se especificó la dirección de los servicios WMS que se cargarán por defecto.

Las características y funcionalidades del Geoportal implementado son:

- Visualización, consulta y descarga de las capas de información generadas para el monitoreo de especies introducidas mediante servicios WMS y WFS.
- Integración de otras fuentes de información mediante servicios WMS y WFS.
- Consulta de los puntos de observaciones.
- Descarga en formatos: ShapeFile, Kml, GeoJson, Cvs, Tiff, Pdf y Svg.
- Visualización en 3d mediante Google Earth.
- Constructor de Consultas.
- Consultas espaciales.
- Medición de distancias.
- Ubicación de coordenadas.

- Múltiples sistemas de referencia espacial y proyecciones.

#### **2.2.4. Visualización espacio-temporal 3D de los datos con Google Earth.**

Los datos recolectados con los dispositivos móviles además de su componente espacial también tienen un componente temporal, que combinados con efectos de visualización pueden ser muy interesantes para revisar el comportamiento espacio-temporal de las especies invasoras.

La visualización de los datos en el formato KML a través de Google Earth es una excelente herramienta de animación para observar el comportamiento de las observaciones en el tiempo. Para esto es necesario realizar un sencillo paso en la estructura de archivos de la instancia de Geoserver.

En el directorio de instalación se ubica la ruta `%geoserver%/data/workspaces/nombre_workspace/nombre_capa` para cada capa que se quiere agregar la visualización espacio-temporal para los archivos KML. Dentro del directorio de la capa se crea un nuevo archivo de texto llamado `time.ftl` cuyo contenido debe ser `${fecha.value}` donde “fecha” representa el nombre del atributo que contiene la información temporal.

La visualización 3D espacio temporal también se la realiza en el visualizador integrado en el geoportal para las capas que han sido configuradas.

### 3. RESULTADOS

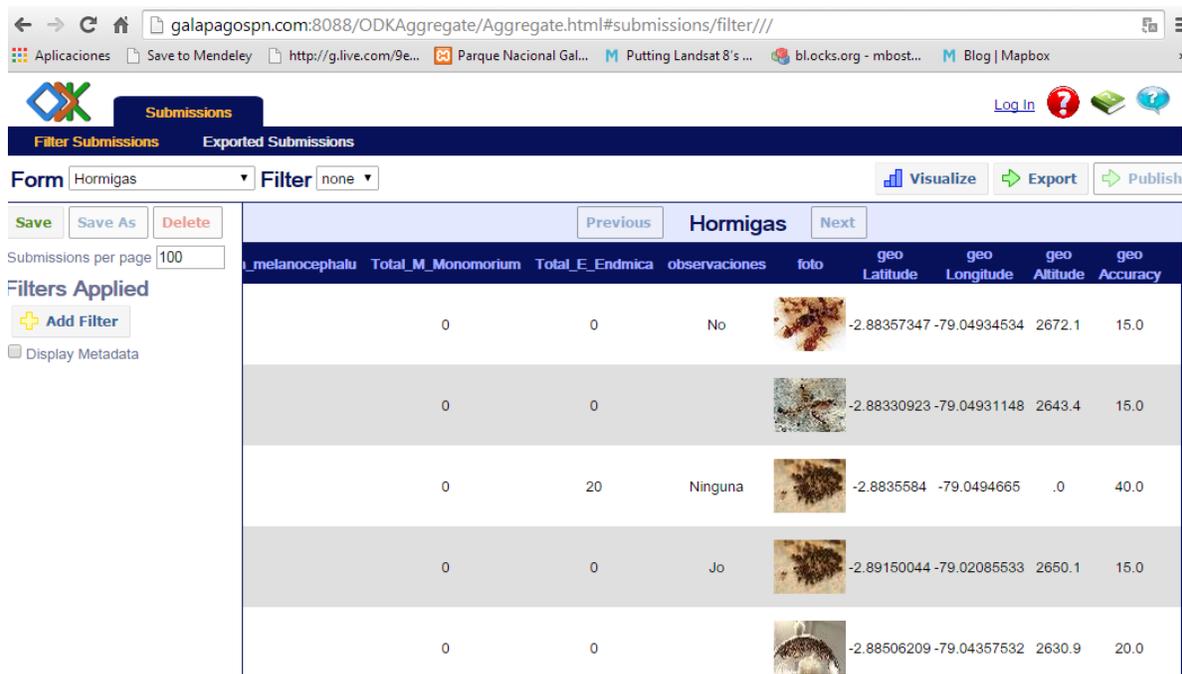
A continuación se presentan los resultados de la implementación de los diferentes componentes del sistema propuesto, en primer lugar los componentes de recolección móvil de datos mediante la plataforma ODK y la aplicación de los formularios diseñados, y en seguida los resultados de la implementación de los componentes de salida desarrollados.

#### 3.1. Sistema de recolección móvil de datos

El sistema de recolección móvil de datos se implementó mediante la plataforma ODK, a continuación se revisará los resultados del componente al lado del servidor y la implementación de los formularios propuestos.

##### 3.1.1. ODK Aggregate

La instancia de la aplicación ODK Aggregate se encuentra disponible para ser accedida mediante un navegador web a la dirección y puerto del servidor Tomcat instalado, en este caso se ha desplegado desde la dirección: <http://galapagospn.com:8088/ODKAggregate>. El resultado se observa en la figura 16.



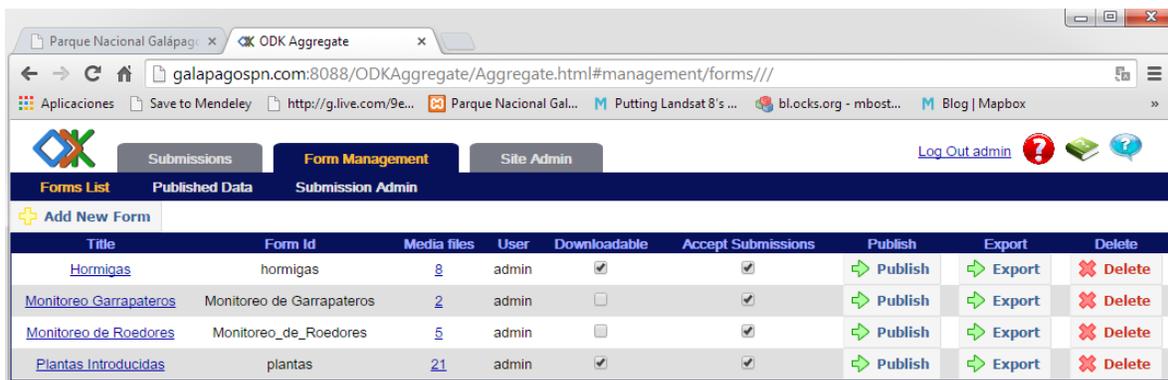
The screenshot shows the ODK Aggregate interface for the 'Hormigas' form. The table displays the following data:

| Species              | Total_M_Monomorium | Total_E_Endmica | observaciones | foto                                                                                 | geo Latitude | geo Longitude | geo Altitude | geo Accuracy |
|----------------------|--------------------|-----------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| <i>melanocephalu</i> | 0                  | 0               | No            |  | -2.88357347  | -79.04934534  | 2672.1       | 15.0         |
| <i>melanocephalu</i> | 0                  | 0               |               |  | -2.88330923  | -79.04931148  | 2643.4       | 15.0         |
| <i>melanocephalu</i> | 0                  | 20              | Ninguna       |  | -2.8835584   | -79.0494665   | .0           | 40.0         |
| <i>melanocephalu</i> | 0                  | 0               | Jo            |  | -2.89150044  | -79.02085533  | 2650.1       | 15.0         |
| <i>melanocephalu</i> | 0                  | 0               |               |  | -2.88506209  | -79.04357532  | 2630.9       | 20.0         |

Figura 16: Vista tabular de las observaciones del formulario de hormigas

ODK Aggregate tiene tres opciones principales: administración de formularios, administración del sitio y datos enviados.

La administración de formularios (Figura 17) muestra la lista de formularios que han sido cargados en el servidor, para cada formulario se tiene las opciones de publicar, exportar, eliminar, ver la estructura XML en el estándar XForms y ver los archivos multimedia relacionados a cada formulario.



| Title                                  | Form Id                   | Media files | User  | Downloadable                        | Accept Submissions                  | Publish                 | Export                 | Delete                 |
|----------------------------------------|---------------------------|-------------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| <a href="#">Hormigas</a>               | hormigas                  | 8           | admin | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <a href="#">Publish</a> | <a href="#">Export</a> | <a href="#">Delete</a> |
| <a href="#">Monitoreo Garrapateros</a> | Monitoreo de Garrapateros | 2           | admin | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <a href="#">Publish</a> | <a href="#">Export</a> | <a href="#">Delete</a> |
| <a href="#">Monitoreo de Roedores</a>  | Monitoreo de Roedores     | 5           | admin | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <a href="#">Publish</a> | <a href="#">Export</a> | <a href="#">Delete</a> |
| <a href="#">Plantas Introducidas</a>   | plantas                   | 21          | admin | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <a href="#">Publish</a> | <a href="#">Export</a> | <a href="#">Delete</a> |

Figura 17: Gestión de formularios en ODK Aggregate.

En la sección de datos enviados (Submissions) (Figura 16) se visualiza una tabla de todas las observaciones recolectadas para cada formulario en el sistema, también un resumen de los datos en gráficos de barras o torta (Figura 18 y Figura 19), o las observaciones en un mapa interactivo. También se tienen las opciones de exportar y publicar en otros sitios como Google Fusion Tables.

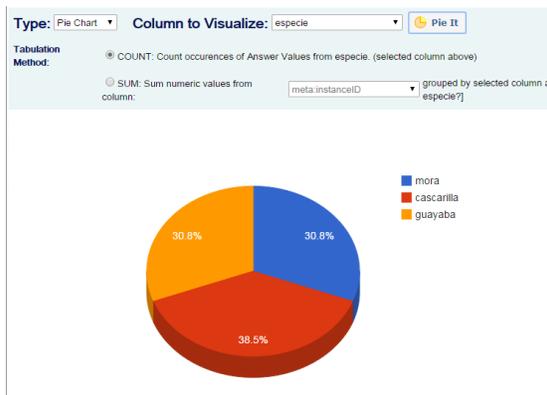


Figura 18: Gráfico de clasificación por especies de formulario de monitoreo de plantas.

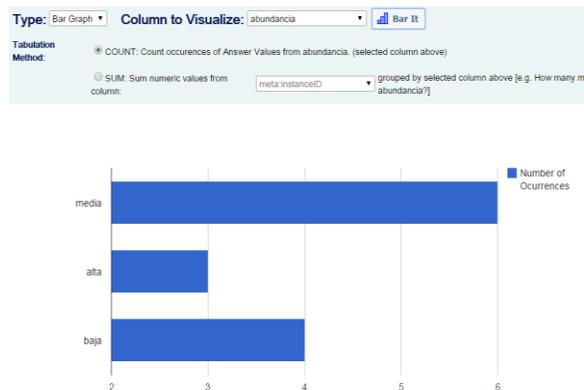


Figura 19: Gráfico de barras de observaciones de plantas por abundancia.

En la sección de administración del sitio se puede crear y manejar los usuarios para cuatro perfiles: a) Recolector de Datos, con permisos para descargar los formularios desde ODK Collect y enviar los formularios recolectados en campo al servidor, b) Visualizador de Datos, c) Administrador de Formularios, y d) Administrador del sitio.

### 3.2. Formularios implementados

A continuación se muestra el resultado de la implementación de los formularios propuestos, los formularios pueden ser descargados desde cualquier dispositivo móvil con sistema operativo Android configurado para interactuar con la instancia que se instaló para la DPNG en la dirección <http://galapagospn.com:8088/ODKAggregate>.

#### 3.2.1. Formulario de monitoreo de Hormigas

En las siguientes figuras se muestran las pantallas del procedimiento de monitoreo de hormigas capturadas desde el dispositivo móvil, el usuario final interactúa con la interfaz de la aplicación ODK Collect que solicita completar los campos diseñados en el formulario.



Figura 20: Formulario Hormigas, pantalla inicial



Figura 21: Formulario Hormigas, seleccionar isla

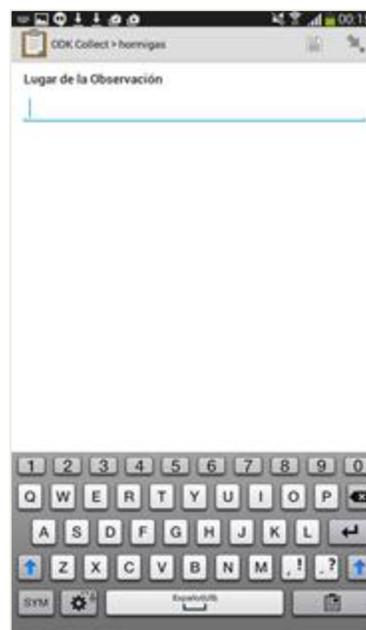


Figura 22: Formulario hormigas, lugar de la observación

ODK Collect > hormigas

Hora de la Observación

Hora de Inicio

|    |    |
|----|----|
| 14 | 04 |
| 15 | 05 |
| 16 | 06 |

Hora Final

|    |    |
|----|----|
| 14 | 54 |
| 15 | 55 |
| 16 | 56 |

Figura 23: Formulario hormigas, hora inicial y final de la observación

ODK Collect > hormigas

Total P (*Pheidole megagephala*)

45

Figura 24: Total de Pheidole megagephala

ODK Collect > hormigas

Total C (*Cardiocondyla emery*)

1

Figura 25: Total Cardiocondyla emery

ODK Collect > hormigas

Total S (*Solenopsis geminata*)

0

Figura 26: Total de Solenopsis geminata

ODK Collect > hormigas

Total T (*Tapinoma melanocephalum*)

1

Figura 27: Total del Tapinoma melanocephalum

ODK Collect > hormigas

Total M (*Monomorium*)

1

Copiado al portapapeles

Figura 28: Total de Monomorium



Figura 29: Total de Endémica

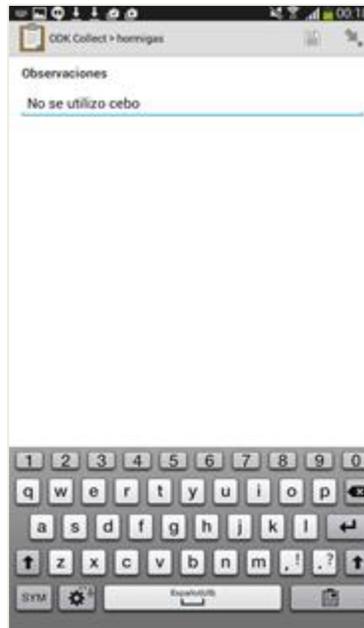


Figura 30: Formulario hormigas, observaciones



Figura 31: Formulario hormigas, registro fotográfico



Figura 32: Formulario hormigas, registro de coordenadas GPS



Figura 33: Formulario hormigas, guardar formulario y salir

### 3.2.2. Formulario de monitoreo de Plantas Introducidas

En la siguientes figuras se muestran las pantallas del procedimiento de monitoreo de plantas introducidas desde el dispositivo móvil, el usuario final interactúa con la interfaz de la aplicación ODK Collect que solicita completar los campos diseñados en el formulario.

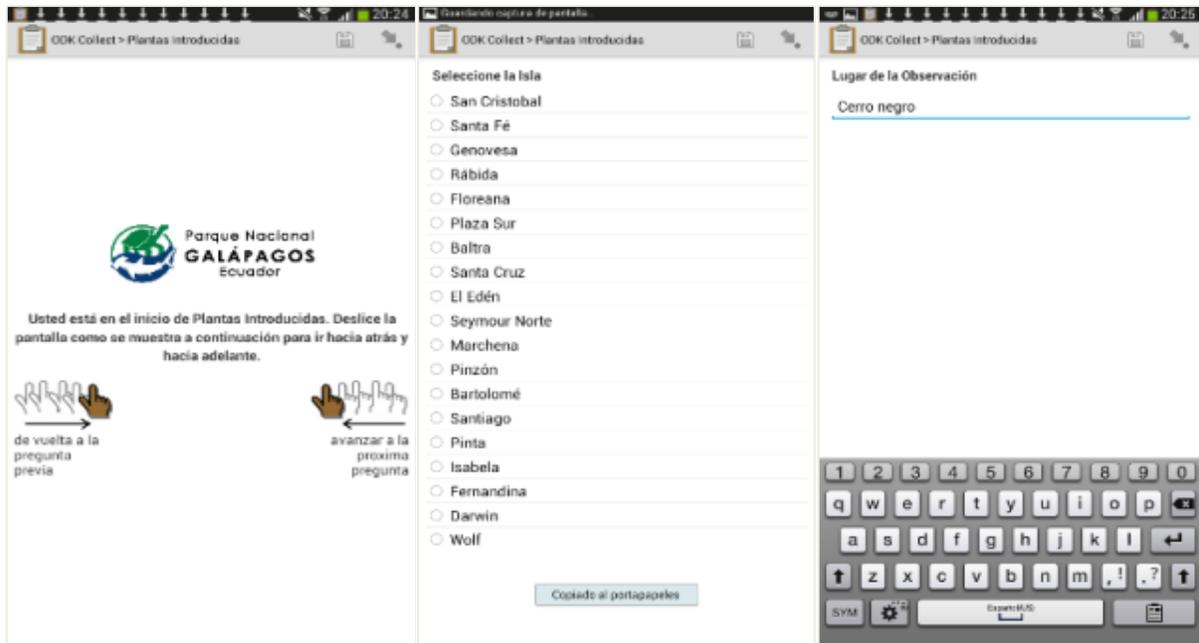


Figura 34: Formulario plantas, pantalla inicial

Figura 35: Formulario plantas, seleccionar isla

Figura 36: Formulario plantas, lugar de la observación



Figura 37: Formulario plantas, seleccionar la especie



Figura 38: Formulario plantas, seleccionar la abundancia

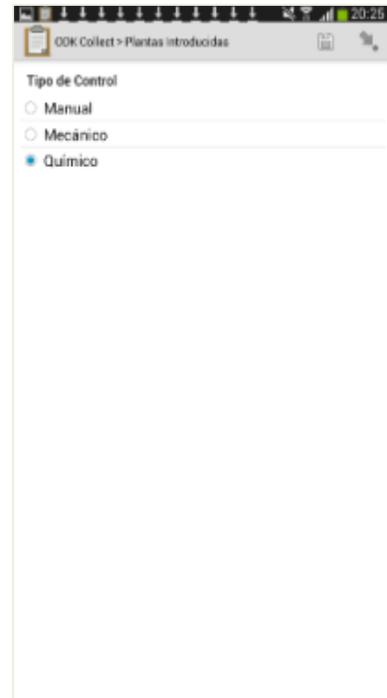


Figura 39: Formulario plantas, tipo de control



Figura 40: Formulario plantas, control químico

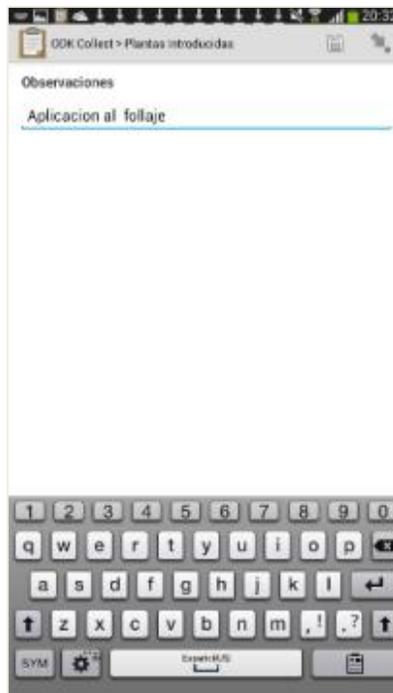


Figura 41: Formulario plantas, observaciones



Figura 42: Formulario plantas, registro fotográfico



Figura 43: Formulario plantas, adquisición de coordenadas GPS



Figura 44: Formulario plantas, registro de coordenadas GPS



Figura 45: Formulario plantas, grabar formulario y salir

### 3.3. Integración con Infraestructuras de Datos Espaciales

La integración de los datos recolectados con Infraestructuras de Datos Espaciales se realizó implementando servicios OWS con la herramienta Geoserver. Estos servicios permiten ampliar el uso de los datos por varias instituciones interesadas y en varios ámbitos como visualización en línea, dispositivos móviles, sistemas de información geográfica y otros.

#### 3.3.1. Publicación de servicios OWS

La integración realizada con Geoserver ha posibilitado publicar en la red los datos capturados en la plataforma ODK en varios formatos y servicios como imágenes estáticas, imágenes animadas, datos vectoriales, documentos para impresión, canales de suscripción de cambios, visualización 3D y 4D mediante KML, transformaciones de presentación en línea etc. Además Geoserver permite simbolizar los datos mediante estilos en formato SLD, filtrar, procesamiento. Geoserver utiliza los estándares OGC e implementa varias otras herramientas y protocolos.

Los servicios publicados mediante la integración de ODK con Geoserver son WMS, WFS, WCS, WPS, TMS, WMS-C y WMTS como se muestra en la Figura 46.

The screenshot displays the GeoServer web interface. At the top left, there is a logo for 'Parque Nacional GALÁPAGOS Ecuador'. Below it, a navigation bar includes 'Mapa', 'Datos Recolectados', and 'Servidor de Mapas(WMS/WFS)'. The main header area shows 'Identificado como admin.' and a 'Cerrar sesión' button. The central content area is titled 'Bienvenido' and contains the following information:

- Estado del servidor: 5 Capas (Agregar capas)
- Almacenes: 1 Almacenes (Agregar almacenes)
- Espacios de trabajo: 1 Espacios de trabajo (Agregar espacios de trabajo)

A warning message states: 'The master password for this server has not been changed from the default. It is highly recommended that you change it now. Change it'. Below this, it notes 'Strong cryptography available'.

At the bottom right, under 'Capacidades del servicio', it lists 'WCS 1.0.0'.

The left sidebar contains the following menu items:

- Servidor**
  - Estado del servidor
  - Logs de GeoServer
  - Información de contacto
  - Acerca de GeoServer
- Datos**
  - Previsualización de capas
  - Espacios de trabajo
  - Almacenes de datos
  - Capas
  - Grupos de capas
  - Estilos
- Servicios**
  - WCS
  - WFS
  - WMS
  - WPS
- Settings**

Figura 46: Pantalla inicial de la instancia Geoserver instalada

El usuario puede acceder a la previsualización de capas, en donde encontrará un listado de todas las capas disponibles en el sistema, brinda la funcionalidad de mostrar la capa en un visor web y descargar en varios formatos como se muestra en la Figura 47.

Parque Nacional GALÁPAGOS Ecuador

Mapa Datos Recolectados Servidor de Mapas(WMS/WFS)

### Previsualización de capas

Despliega todas las capas configuradas en GeoServer y proporciona una vista previa en varios formatos.

Resultados 1 a 9 (de un total de 9 ítems) Buscar

| Tipo | Nombre                                     | Título                                 | Formatos habituales | Todos los formatos |
|------|--------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------|
| •    | png:Hormigas                               | Hormigas                               | OpenLayers KML GML  | Seleccionar una    |
| •    | png:Plantas                                | Plantas                                | OpenLayers KML GML  | GeoTiff 8-bits     |
| •    | png:Hormigas_Pheidole_megacephala          | Hormigas_Pheidole_megacephala          | OpenLayers KML GML  | JPEG               |
| •    | png:Plantas_densidad                       | Plantas_densidad                       | OpenLayers KML      | KML (compressed)   |
| •    | png:Plantas_cont                           | Plantas_cont                           | OpenLayers KML      | KML (network link) |
| •    | png:Hormigas_densidad                      | Hormigas_densidad                      | OpenLayers KML      | KML (sencillo)     |
| •    | png:Hormigas_cont                          | Hormigas_cont                          | OpenLayers KML      | PDF                |
| •    | png:Hormigas_Pheidole_megacephala_densidad | Hormigas_Pheidole_megacephala_densidad | OpenLayers KML      | PNG                |
| •    | png:Hormigas_Pheidole_megacephala_cont     | Hormigas_Pheidole_megacephala_cont     | OpenLayers KML      | PNG 8bit           |

Resultados 1 a 9 (de un total de 9 ítems)

Figura 47: Geoserver - Previsualización y descarga de capas

En la Figura 48 se observa el uso de los datos recolectados por el formulario de monitoreo y control de plantas introducidas desde el sistema de información geográfica QGIS, los datos son invocados mediante el servicio WFS y aplicado estilos personalizados.

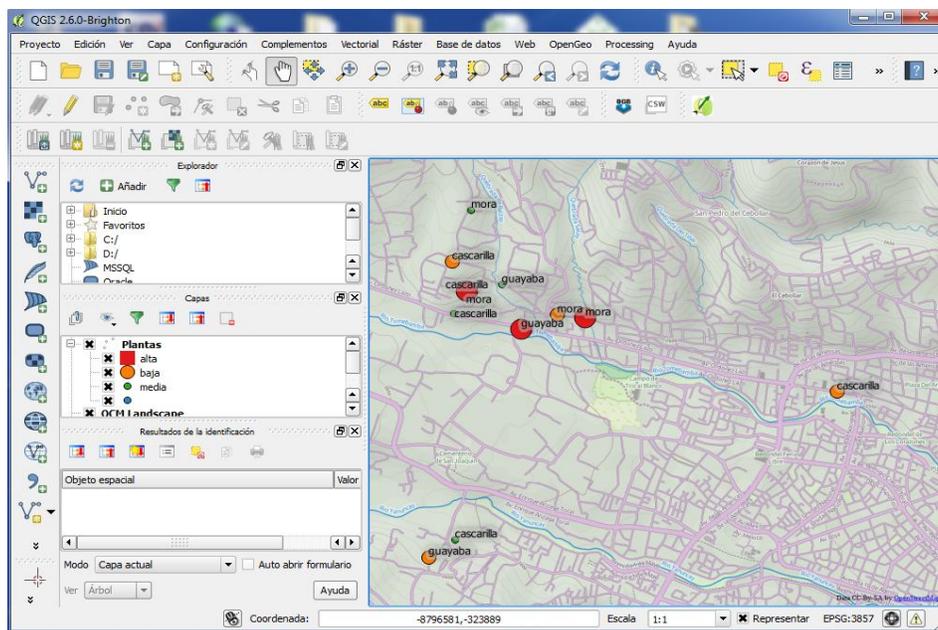


Figura 48: Capa de monitoreo de plantas visualizado en QGIS mediante servicio WFS

### 3.3.2. Representación de los datos en línea

Los datos recolectados para el monitoreo de especies introducidas son muy dinámicos, ya que regularmente los guardaparques de la DPNG tendrían que realizar la actividad de enviar al servidor la información recolectada. De esta forma las técnicas de representación son realizadas en línea, se calculan y actualizan automáticamente de acuerdo a las observaciones registradas. A continuación se revisan los resultados para las dos técnicas usadas en este trabajo.

#### Heatmap

La transformación de representación Heatmap visualiza un conjunto de datos como un mapa de calor o densidad de superficie. La imagen es generada dinámicamente y es muy útil para visualizar datos dinámicos como las observaciones de especies introducidas. En la Figura 49 se muestra el resultado de la aplicación de estilo Heatmap en la capa de monitoreo de hormigas.

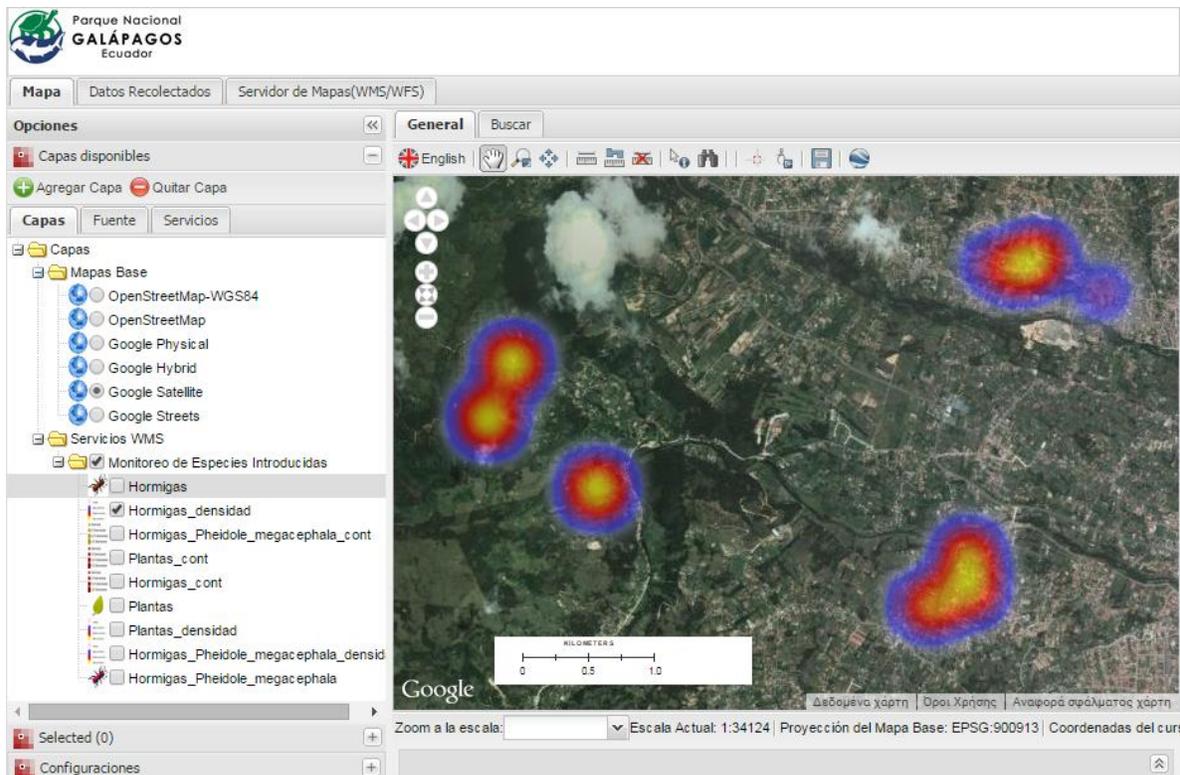


Figura 49: Representación Heatmap para la capa de monitoreo de hormigas

## Point Stracker

La salida de la transformación es una capa tipo vector de puntos con el atributo “count” que representa el número de observaciones agrupadas en cada punto. En los procesos de monitoreo y control de especies introducidas los guardaparques realizan observaciones frecuentemente que son repetidas en lugares en donde ya se realizaron o muy cerca de ellas. Esta técnica permite una mejor visualización de los datos a diferentes escalas. La Figura 50 muestra la visualización de la capa correspondiente al formulario de recolección de hormigas.

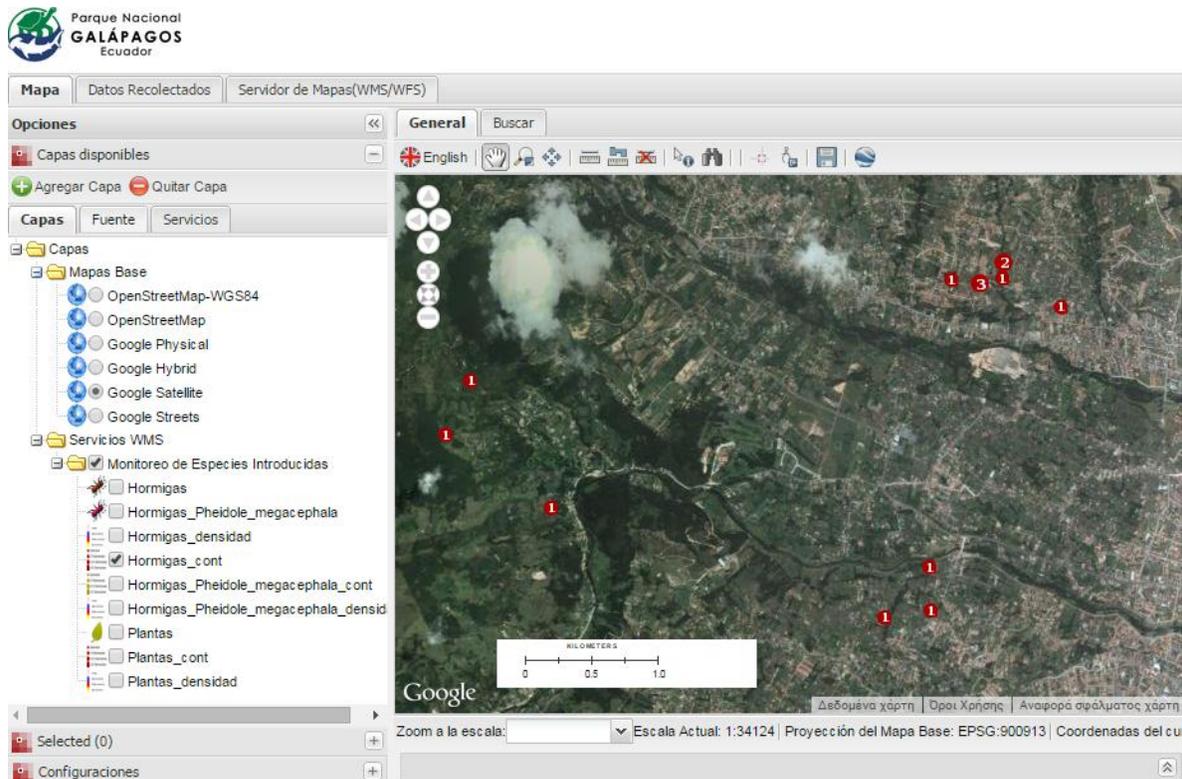


Figura 50: Representación point tracker para la capa de monitoreo de hormigas

### 3.3.3. Geoportal

El geoportal constituye el punto de acceso a los datos recolectados a través de Internet en diferentes formatos. El geoportal se accede desde la dirección <http://www.ubicaec.com/png-geoportal>. Se implementó tres pestañas principales (Figura 51): La primera denominada “Mapa” en donde el usuario cuenta con mapa interactivo y un listado de capas disponibles en forma de árbol, a las cuales puede aplicar estilos, transparencia, consultar, aplicar consultas espaciales, visualizar en 3D, medición de áreas o distancias, descargar los datos e integrar con otros servicios OWS añadiendo capas de distintas fuentes. La segunda pestaña es “Datos Recolectados” (Figura 52) muestra la pantalla inicial de la aplicación ODK Aggregate y permite acceso a los datos recolectados en forma tabular, y la tercera pestaña es “Servidor de Mapas” (Figura 53) accede a la instancia de Geoserver instalada, que permitirá al usuario el acceso a los servicios OGC para las capas disponibles.

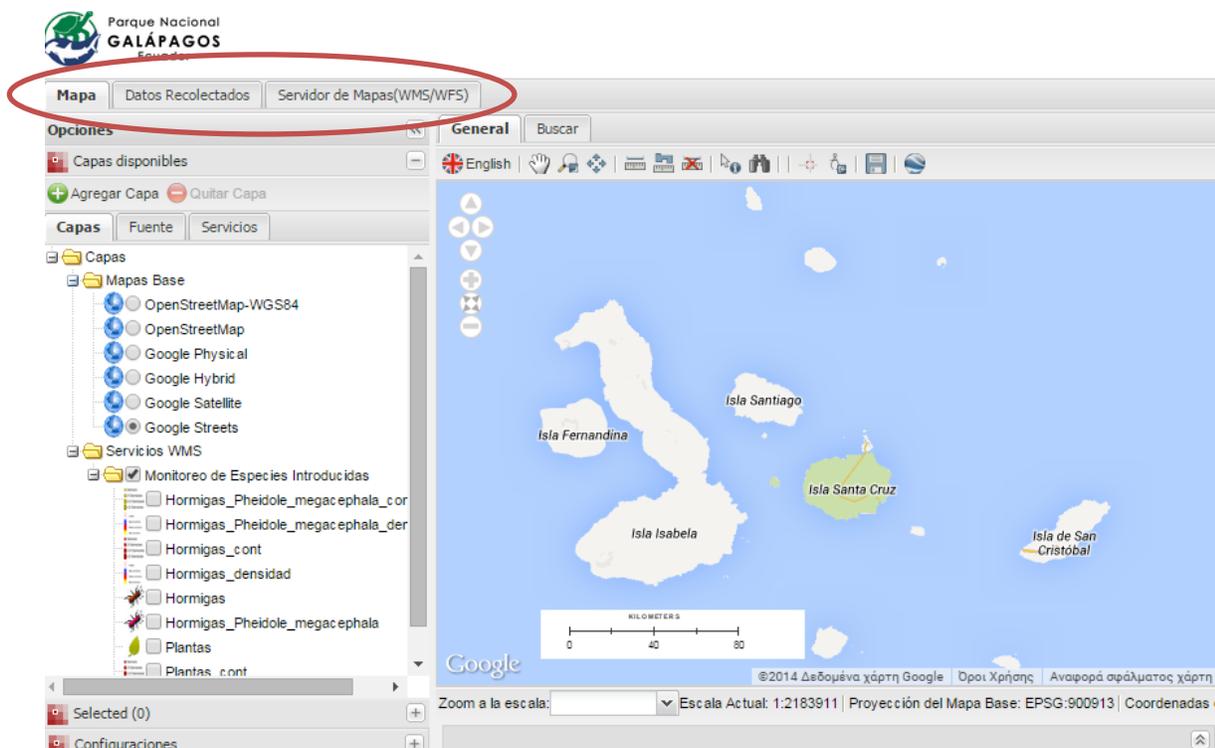


Figura 51: Geoportal - pestaña "Mapa"

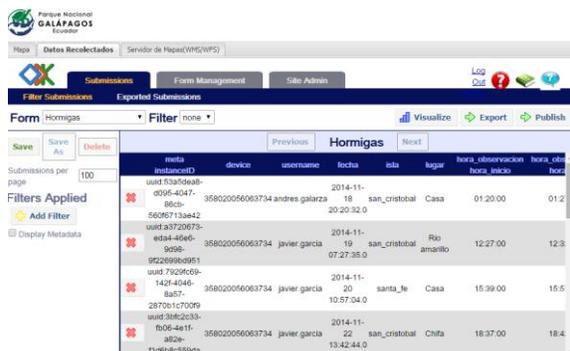


Figura 52: Geoportal - pestaña "Servidor de Mapas"

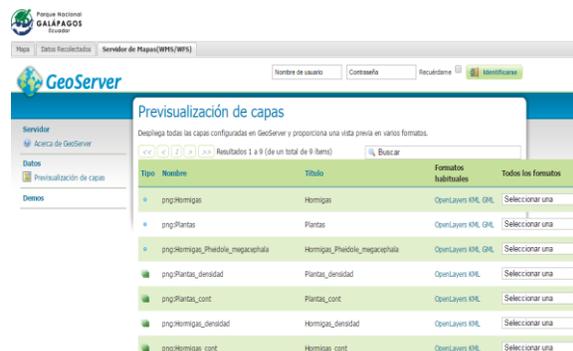


Figura 53: Geoportal - pestaña "Datos Recolectados"

Las principales funcionalidades implementadas en el geoportal son las siguientes:

- Visualización, consulta y descarga de las capas de información generadas para el monitoreo de especies introducidas mediante servicios WMS y WFS.
- Integración de otras fuentes de información mediante servicios WMS y WFS.
- Consulta de los puntos de observaciones.
- Descarga en formatos: ShapeFile, Kml, GeoJson, Cvs, Tiff, Pdf y Svg.

- Visualización en 3d mediante Google Earth.
- Constructor de Consultas.
- Consultas espaciales.
- Medición de distancias.
- Ubicación de coordenadas.
- Múltiples sistemas de referencia espacial y proyecciones.

A continuación se muestran algunas figuras que demuestran las funcionalidades disponibles en el geoportal desarrollado.

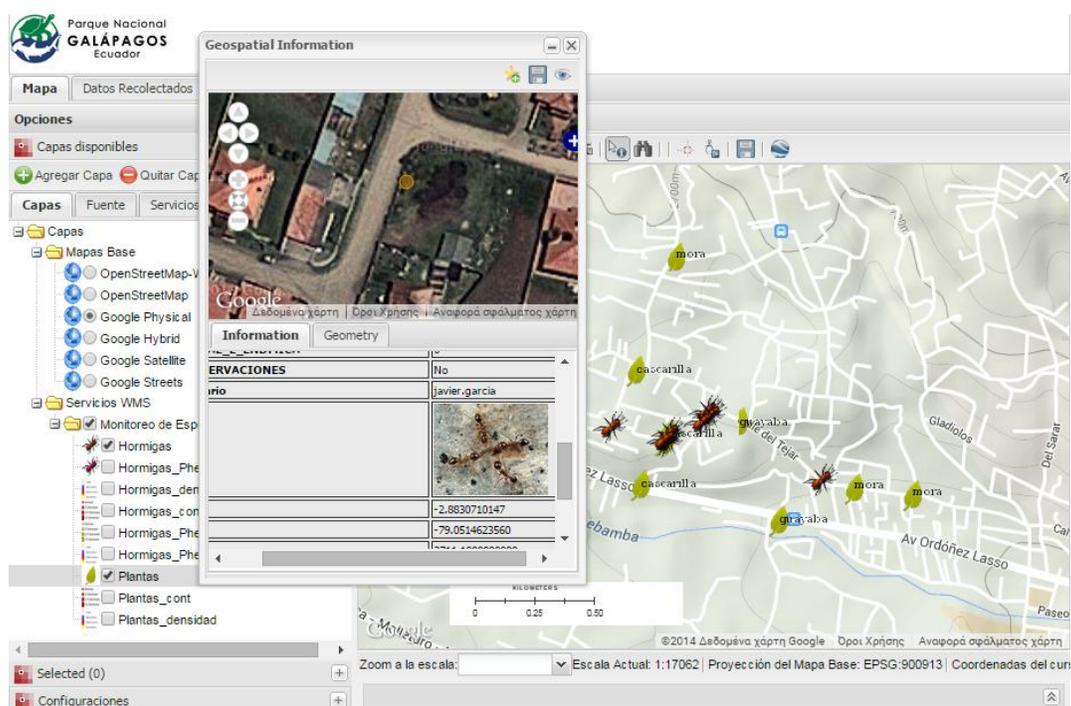


Figura 54: Geoportal - Consulta de datos de punto de monitoreo

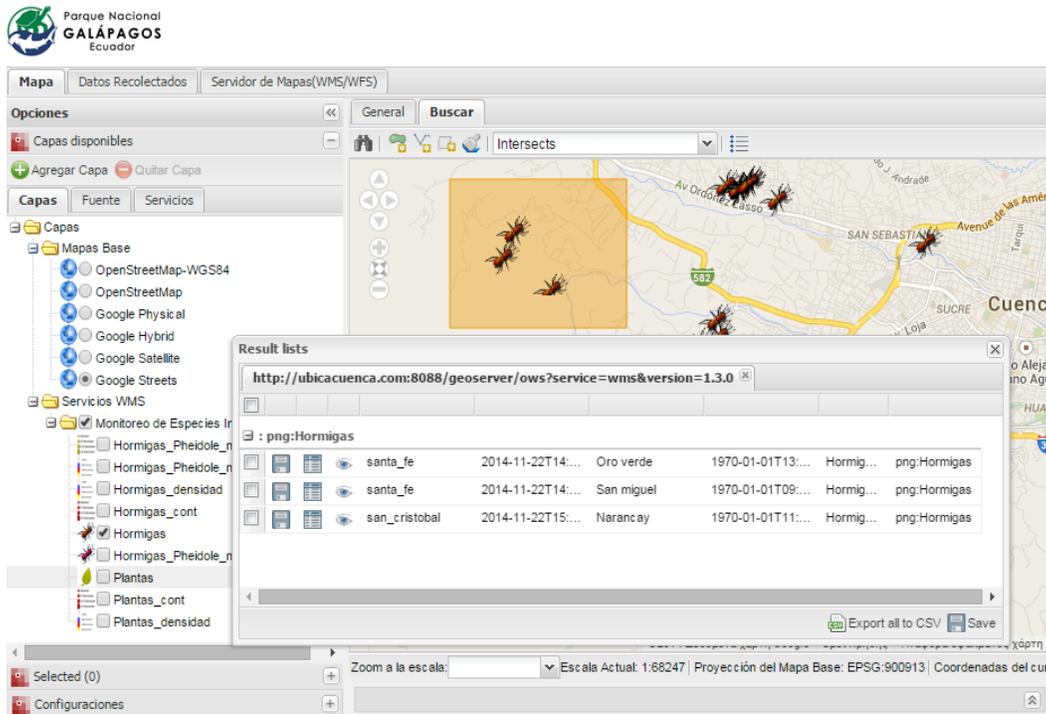


Figura 55: Geoportal - Consulta espacial, observaciones que intersectan el área indicada

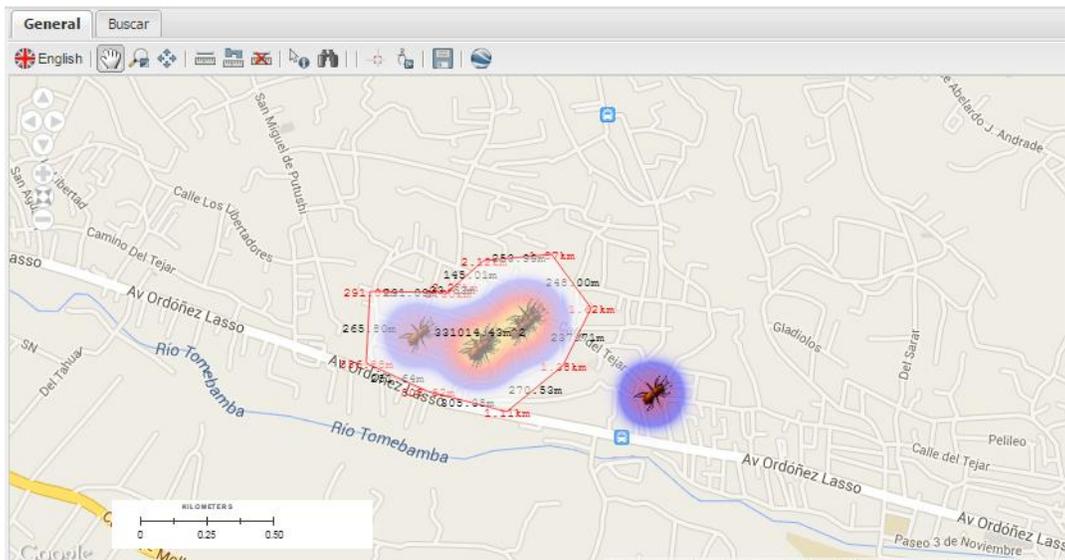


Figura 56: Geoportal - Herramientas de medición

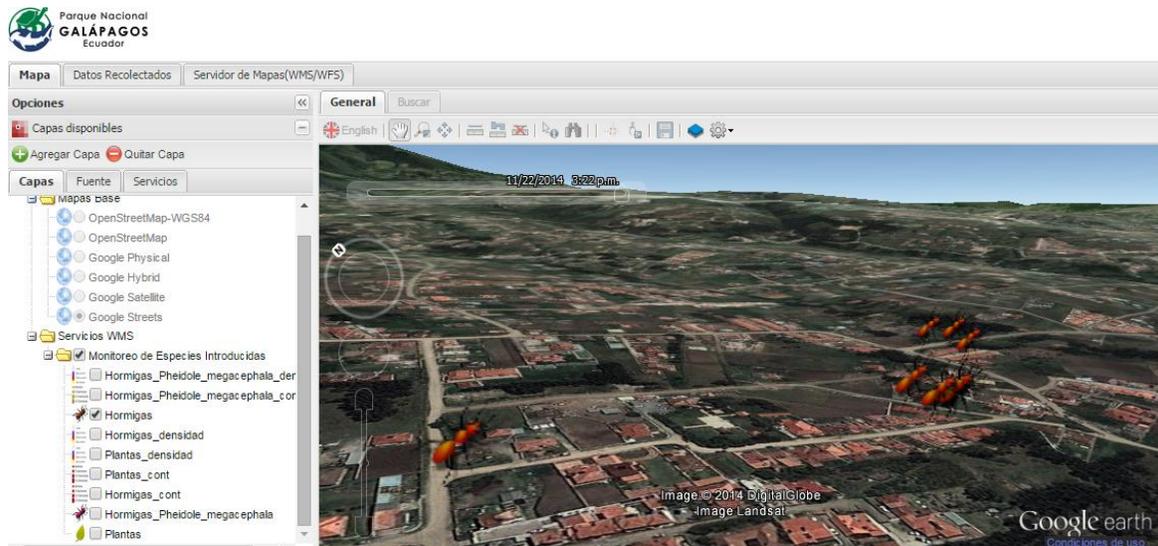


Figura 57: Geoportal - Visualizador 3D

### 3.3.4. Visualización espacio-temporal 3D de los datos con Google Earth

La visualización de los datos en el formato KML a través de Google Earth es una excelente herramienta de animación para observar el comportamiento de las observaciones en el tiempo. El usuario puede descargar la capa de interés en formato KML para visualizarla mediante Google Earth o también puede utilizar el visualizador 3D desde el geoportal, y realizar una visualización espacio temporal de los datos recolectados para el monitoreo de especies. La interfaz de usuario muestra en la parte superior izquierda un control de selección de fechas, donde el usuario podrá seleccionar una fecha o rango de fechas (Figura 58).

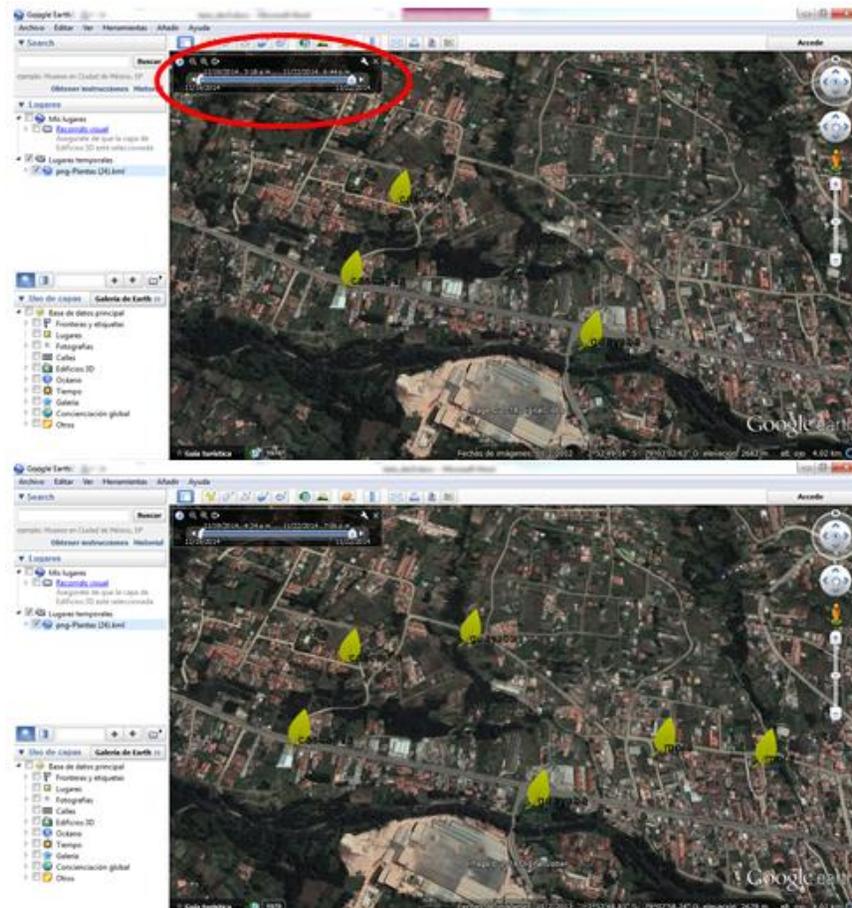


Figura 58: Geoportal - Visualización espacio-temporal con Google Earth

#### 4. CONCLUSIONES

El objetivo planteado en este trabajo ha sido el diseño e implementación de los componentes de entrada y de salida para el monitoreo de especies introducidas, aplicado a las Islas Galápagos. Esto se realizó a través de dos partes: la primera, con la implementación del sistema de recolección móvil de datos, y la segunda, con la integración de este sistema con servicios OGC para la integración con Infraestructuras de Datos Espaciales. Los datos recolectados en las observaciones realizadas en campo toman gran valor si son obtenidas con calidad y optimizando los tiempos de recolección y sistematización de los datos. Las ventajas frente al manejo tradicional de formularios impresos en papel permiten contar con información ordenada y en un formato digital, realizar con un solo dispositivo el registro fotográfico, alfanumérico y de localización, validar los campos requeridos para disminuir la posibilidad de errores humanos, entregar los datos recolectados de manera inmediatamente y de forma automatizada a un sistema que permite la visualización y descarga de los datos.

Por las características de las Islas Galápagos en donde la cobertura de telefonía celular se dispone solamente en las zonas urbanas, se optó por proporcionar el registro de la ubicación mediante el sensor GPS integrado al dispositivo móvil utilizado. Estas mediciones tienen una precisión de entre 5 y 30 metros. Una de las limitaciones que imponen el uso de estos sensores es que el uso prolongado reduce la carga de la batería del dispositivo que dependerá de la calidad del dispositivo utilizado, ante lo cual se podría solventar con la obtención de baterías extras o cargadores solares.

La plataforma Open Data Kit es un desarrollo de código abierto, mantenido por una gran comunidad de usuarios en colaboración con importantes instituciones que proporcionan un conjunto de herramientas que han permitido en este proyecto: a) Una ágil implementación de los formularios mediante el estándar XForms, b) La recolección de datos con dispositivos móviles con el sistema operativo Android, mediante una aplicación que se comunica con un servidor para descargar los formularios en blanco y cargar los formularios llenos con las observaciones en campo, y c) Un sistema al lado del servidor que permite cargar y mostrar las observaciones enviadas por los dispositivos móviles, manejar usuarios, y administrar los formularios del proyecto.

Se implementaron dos formularios piloto: “Formulario de Monitoreo de Hormigas” y “Formulario de Monitoreo y Control de Plantas Introducidas” diseñados por la Dirección

del Parque Nacional Galápagos, los cuales serán usados por guardaparques para iniciar tareas de monitoreo en varios lugares del archipiélago. En este momento la implementación se encuentra en un servidor de pruebas, pero se espera próximamente poder realizar la migración a la DPNG para que el sistema pueda comenzar a ser utilizado por los guardaparques.

Tomando en cuenta que las labores de monitoreo y control se las realizan articuladamente con varias instituciones ha sido importante en este trabajo proponer un mecanismo para compartir la información recolectada en campo con todas las instituciones y actores involucrados. Para esto se ha articulado la implementación de ODK con los servicios OGC como WMS y WFS que permiten ampliar el uso de la información. Esto se realizó integrando la plataforma ODK con el servidor de mapas Geoserver, éste servidor de mapas también ha permitido representar los datos recolectados automáticamente en mapas de densidad (Heatmap) y agrupar el número de observaciones en un punto (Point Stracker).

Para facilitar el acceso a los datos recolectados y los servicios OWS generados se implementó un Geoportal, en el que mediante un navegador web cualquier persona interesada pueda visualizar, consultar, descargar la información resultado del monitoreo, en este sistema también se han implementado funcionalidades como visualización en 3D, medidor de distancias, medidor de áreas, integración con otras fuentes de información mediante estándares WMS y WFS.

Los datos recolectados con los dispositivos móviles además de su componente espacial también tienen un componente temporal, que combinados con efectos de visualización 3D en el formato KML a través de Google Earth son una excelente herramienta de animación para observar el comportamiento de las observaciones en el tiempo.

La limitación más importante que se encontró en la arquitectura propuesta es que la aplicación para la recolección de datos por el momento solamente funciona bajo el sistema operativo Android, sin embargo se encuentra en fase Alfa de desarrollo la versión 2.0 de la plataforma ODK en la que la aplicación ODK Collect ya no es una aplicación Android nativa sino es una aplicación HTML5 que puede ser personalizada más fácilmente y desplegada en otras plataformas.

Como futuro trabajo en relación a la arquitectura propuesta se puede desarrollar un componente que automatice la integración entre las plataformas ODK y Geoserver, para facilitar la implementación por personal que no tenga conocimiento a nivel de bases de datos y gestión de servidores. Un interesante ámbito de investigación sería integrar otros tipos de sensores a las observaciones como lectores de códigos de barras, sensores ambientales, sensores de ruido, etc.

Este trabajo ha permitido demostrar la ventaja del uso de dispositivos móviles para el monitoreo y control de especies, que pueden ser aplicados a otros ámbitos y en otros lugares.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bareth, U., & Kupper, A. (2011). Energy-Efficient Position Tracking in Proactive Location-Based Services for Smartphone Environments. In *2011 IEEE 35th Annual Computer Software and Applications Conference* (pp. 516–521). IEEE.
- Browing, D. (2011). Mobile Solutions for GIS Data Collection and Display.
- Defense, D. of. (2014). Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard. Retrieved November 02, 2014, from <http://www.gps.gov/technical/ps/2008-SPS-performance-standard.pdf>
- Frances Jeffrey-Coker, M. B. and V. M. (2010). Open Data Kit: Implications for the Use of Smartphone Software Technology for Questionnaire Studies in International Development. Retrieved November 18, 2014.
- Fundación Charles Darwin. (2007). GALAPAGOS EN RIESGO Un Análisis Socioeconómico de la Situación Actual en el Archipiélago. Puerto Ayora, Santa Cruz, Islas Galápagos, Ecuador.
- GetSDI Geoportal V3. (2014). Retrieved November 11, 2014, from [http://www.getmap.gr/v2/eng/index.php?option=com\\_content&task=view&id=255&Itemid=554](http://www.getmap.gr/v2/eng/index.php?option=com_content&task=view&id=255&Itemid=554)
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221.
- Haklay, M. (2012). Citizen Science and Volunteered Geographic Information – overview and typology of participation. Retrieved November 08, 2014.
- Kaustubh Dhondge, Hyungbae Park, Baek-Young Choi, S. S. (2013). ECOPS: Energy-Efficient Collaborative Opportunistic Positioning for Heterogeneous Mobile Devices.
- Keikhosrokianii, N. M. P. (2013). Wireless Positioning Techniques and Location-Based Services: A Literature Review. Retrieved November 02, 2014.

- Lane, N., Miluzzo, E., Lu, H., Peebles, D., Choudhury, T., & Campbell, A. (2010). A survey of mobile phone sensing. *IEEE Communications Magazine*, 48(9), 140–150.
- Lopez, G. (2004). Systems Analysis for a Complex Survey Design Application for Mobile Data Collection in the Context of the Federal Government.
- Milano, P. D. I. (2013). MULTI-DIMENSIONAL GEOWEB PLATFORMS FOR CITIZEN SCIENCE AND CIVIC ENGAGEMENT.
- Mu'ammam, G. (2007). Embedding data quality in “ GPS-tagged ” field data.
- National Center for Geographic Information and Analysis. (n.d.). Retrieved November 08, 2014, from <http://www.ncgia.ucsb.edu/>
- Open Data Kit. (2014). Retrieved November 06, 2014, from <http://opendatakit.org/>
- Pacheco, D. (2013). Infraestructura de datos espaciales en dispositivos móviles inteligentes. Retrieved November 22, 2014.
- Paek, J., Kim, J., & Govindan, R. (2010). Energy-efficient rate-adaptive GPS-based positioning for smartphones. In *Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services - MobiSys '10* (p. 299). New York, New York, USA: ACM Press.
- Parque Nacional Galápagos. (2009). Conservación y restauración de ecosistemas insulares, El peligro de las especies invasoras. *Parque Nacional Galápagos*.
- Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos. (2005). Retrieved November 22, 2014.
- Sieber, R. (2006). Public Participation Geographic Information Systems: A Literature Review and Framework. *Annals of the Association of American Geographers*, 96(3), 491–507.
- Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(9), 467–71.

Smartphones See Accelerated Rise to Dominance. (n.d.). Retrieved November 01, 2014, from <http://www.cellular-news.com/story/56102.php>

Trevisani, E., & Vitaletti, A. (2004). Cell-ID Location Technique, Limits and Benefits: An Experimental Study. In *Sixth IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications* (pp. 51–60). IEEE.

Zhang, S., Wu, Q., van Velthoven, M. H., Chen, L., Car, J., Rudan, I., ... Scherpbier, R. W. (2012). Smartphone versus pen-and-paper data collection of infant feeding practices in rural China. *Journal of Medical Internet Research*, *14*(5), e119.

## ANEXOS

### Anexo 1: Formulario de Monitoreo de Hormigas / Archivo XML

```

<h:html xmlns="http://www.w3.org/2002/xforms" xmlns:h="http://www.w3.org/1999/xhtml"
xmlns:ev="http://www.w3.org/2001/xml-events" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:jr="http://openrosa.org/javarosa">
  <h:head>
    <h:title>Hormigas</h:title>
    <model>
      <instance>
        <data id="hormigas">
          <meta>
            <instanceID/>
          </meta>
          <device/>
          <username/>
          <fecha/>
          <isla/>
          <lugar/>
          <hora_observacion>
            <hora_inicio/>
            <hora_fin/>
          </hora_observacion>
          <Total_P_Pheidole_megacephala>0</Total_P_Pheidole_megacephala>
          <Total_W_Wasmannia_auropunctata>0</Total_W_Wasmannia_auropunctata>
          <Total_S_Solenopsis_geminata>0</Total_S_Solenopsis_geminata>
          <Total_C_Cardiocondyla_emery>0</Total_C_Cardiocondyla_emery>
          <Total_T_Tapinoma_melanocephalu>0</Total_T_Tapinoma_melanocephalu>
          <Total_M_Monomorium>0</Total_M_Monomorium>
          <Total_E_Endmica>0</Total_E_Endmica>
          <observaciones/>
          <foto/>
          <geo/>
        </data>
      </instance>
      <itext>
        <translation lang="eng">
          <text id="/data/isla:label">
            <value>Seleccione la Isla</value>
          </text>
          <text id="/data/isla:option0">
            <value>San Cristóbal</value>
          </text>
          <text id="/data/lugar:label">
            <value>Lugar de la Observación</value>
          </text>
        </translation>
      </itext>
    </model>
  </h:head>
  <body>
    <input type="text" id="/data/isla:label" value="Seleccione la Isla" />
    <input type="text" id="/data/isla:option0" value="San Cristóbal" />
    <input type="text" id="/data/lugar:label" value="Lugar de la Observación" />
  </body>
</h:html>

```

```
</text>
<text id="/data/hora_observacion:label">
  <value>Hora de la Observación</value>
</text>
<text id="/data/hora_observacion/hora_inicio:label">
  <value>Hora de Inicio</value>
</text>
<text id="/data/hora_observacion/hora_fin:label">
  <value>Hora Final</value>
</text>
<text id="/data/Total_W_Wasmannia_auropunctata:label">
  <value form="image">jr://images/w.jpg</value>
  <value>Total W (Wasmannia auropunctata)</value>
</text>
<text id="/data/Total_P_Pheidole_megacephala:label">
  <value form="image">jr://images/p.jpg</value>
  <value>Total P (Pheidole megacephala)</value>
</text>
<text id="/data/Total_S_Solenopsis_geminata:label">
  <value form="image">jr://images/s.jpg</value>
  <value>Total S (Solenopsis geminata)</value>
</text>
<text id="/data/Total_C_Cardiocondyla_emery:label">
  <value form="image">jr://images/c.jpg</value>
  <value>Total C (Cardiocondyla emery)</value>
</text>
<text id="/data/Total_T_Tapinoma_melanocephalu:label">
  <value form="image">jr://images/t.jpg</value>
  <value>Total T (Tapinoma melanocephalum )</value>
</text>
<text id="/data/Total_M_Monomorium:label">
  <value form="image">jr://images/m.jpg</value>
  <value>Total M (Monomorium )</value>
</text>
<text id="/data/Total_E_Endmica:label">
  <value form="image">jr://images/e.jpg</value>
  <value>Total E ( Endémica )</value>
</text>
<text id="/data/observaciones:label">
  <value>Observaciones</value>
</text>
<text id="/data/foto:label">
  <value>Foto</value>
</text>
<text id="/data/geo:label">
  <value>Geolocalización</value>
</text>
</translation>
</itext>
```

```

    <bind nodeset="/data/meta/instanceID" type="string" readonly="true()" calculate="concat('uuid:',
uuid())"/>
    <bind nodeset="/data/device" type="string" jr:preload="property" jr:preloadParams="deviceid"/>
    <bind nodeset="/data/username" type="string" jr:preload="property"
jr:preloadParams="username"/>
    <bind nodeset="/data/fecha" type="dateTime" jr:preload="timestamp"
jr:preloadParams="start"/>
    <bind nodeset="/data/isla" type="select1" required="true()"/>
    <bind nodeset="/data/lugar" type="string" required="true()"/>

    <bind nodeset="/data/hora_observacion/hora_inicio" type="time" required="true()"/>
    <bind nodeset="/data/hora_observacion/hora_fin" type="time" required="true()"/>
    <bind nodeset="/data/Total_P_Pheidole_megacephala" type="int"/>
    <bind nodeset="/data/Total_W_Wasmannia_auropunctata" type="int"/>

    <bind nodeset="/data/Total_S_Solenopsis_geminata" type="int"/>
    <bind nodeset="/data/Total_C_Cardiocondyla_emery" type="int"/>
    <bind nodeset="/data/Total_T_Tapinoma_melanocephalu" type="int"/>
    <bind nodeset="/data/Total_M_Monomorium" type="int"/>
    <bind nodeset="/data/Total_E_Endmica" type="int"/>
    <bind nodeset="/data/observaciones" type="string"/>
    <bind nodeset="/data/foto" type="binary" required="true()"/>
    <bind nodeset="/data/geo" type="geopoint"/>
</model>
</h:head>
<h:body>
  <select1 ref="/data/isla">
    <label>Isla</label>
    <item>
      <label>San Cristobal</label>
      <value>san_cristobal</value>
    </item>
    <item>
      <label>Santa Fé</label>
      <value>santa_fe</value>
    </item>
    <item>
      <label>Genovesa</label>
      <value>genovesa</value>
    </item>
    <item>
      <label>Rábida</label>
      <value>rabida</value>
    </item>
    <item>
      <label>Floreana</label>
      <value>floreana</value>
    </item>
    <item>

```

```
<label>Plaza Sur</label>
<value>plaza_sur</value>
</item>
<item>
  <label>Baltra</label>
  <value>baltra</value>
</item>
<item>
  <label>Santa Cruz</label>
  <value>santa_cruz</value>
</item>
<item>
  <label>El Edén</label>
  <value>el_edén</value>
</item>
<item>
  <label>Seymour Norte</label>
  <value>seymour_norte</value>
</item>
<item>
  <label>Marchena</label>
  <value>marchena</value>
</item>
<item>
  <label>Pinzón</label>
  <value>pinzon</value>
</item>
<item>
  <label>Bartolomé</label>
  <value>bartolome</value>
</item>
<item>
  <label>Santiago</label>
  <value>santiago</value>
</item>
<item>
  <label>Pinta</label>
  <value>pinta</value>
</item>
<item>
  <label>Isabela</label>
  <value>isabela</value>
</item>
<item>
  <label>Fernandina</label>
  <value>fernandina</value>
</item>
<item>
  <label>Darwin</label>
```

```

    <value>darwin</value>
  </item>
  <item>
    <label>Wolf</label>
    <value>wolf</value>
  </item>
</select1>
<input ref="/data/lugar">
  <label ref="jr:itext('/data/lugar:label')"/>
</input>

<group appearance="field-list">
  <label ref="jr:itext('/data/hora_observacion:label')"/>
  <input ref="/data/hora_observacion/hora_inicio">
    <label ref="jr:itext('/data/hora_observacion/hora_inicio:label')"/>
  </input>
  <input ref="/data/hora_observacion/hora_fin">
    <label ref="jr:itext('/data/hora_observacion/hora_fin:label')"/>
  </input>
</group>

<input ref="/data/Total_P_Pheidole_megacephala">
  <label ref="jr:itext('/data/Total_P_Pheidole_megacephala:label')"/>
</input>
<input ref="/data/Total_W_Wasmannia_auropunctata">
  <label ref="jr:itext('/data/Total_W_Wasmannia_auropunctata:label')"/>
</input>

<input ref="/data/Total_S_Solenopsis_geminata">
  <label ref="jr:itext('/data/Total_S_Solenopsis_geminata:label')"/>
</input>
<input ref="/data/Total_C_Cardiocondyla_emery">
  <label ref="jr:itext('/data/Total_C_Cardiocondyla_emery:label')"/>
</input>
<input ref="/data/Total_T_Tapinoma_melanocephalu">
  <label ref="jr:itext('/data/Total_T_Tapinoma_melanocephalu:label')"/>
</input>
<input ref="/data/Total_M_Monomorium">
  <label ref="jr:itext('/data/Total_M_Monomorium:label')"/>
</input>
<input ref="/data/Total_E_Endmica">
  <label ref="jr:itext('/data/Total_E_Endmica:label')"/>
</input>
<input ref="/data/observaciones">
  <label ref="jr:itext('/data/observaciones:label')"/>
</input>
<upload ref="/data/foto" mediatype="image/*">
  <label ref="jr:itext('/data/foto:label')"/>
</upload>

```

```

<input ref="/data/geo">
  <label ref="jr:itext('/data/geo:label')"/>
</input>
</h:body>
</h:html>

```

## Anexo 2: Formulario de Monitoreo de Plantas Introducidas / Archivo XML

```

<h:html xmlns="http://www.w3.org/2002/xforms" xmlns:h="http://www.w3.org/1999/xhtml"
xmlns:ev="http://www.w3.org/2001/xml-events" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:jr="http://openrosa.org/javarosa">
  <h:head>
    <h:title>Plantas Introducidas</h:title>
    <model>
      <instance>
        <data id="plantas">
          <meta>
            <instanceID/>
          </meta>
          <device/>
          <username/>
          <fecha/>
          <isla/>
          <lugar/>
          <condicion_clima/>
          <especie/>
          <abundancia/>
          <tipo_control/>
          <control>
            <tipo_herbicida/>
            <cantidad_herbicida/>
            <dosis_litro/>
            <litros_aplicados/>
          </control>
          <observaciones/>
          <foto/>
          <loc/>
        </data>
      </instance>
      <itext>
        <translation lang="eng">
          <text id="/data/isla:label">
            <value>Seleccione la Isla</value>
          </text>

          <text id="/data/lugar:label">
            <value>Lugar de la Observación</value>
          </text>
        </translation>
      </itext>
    </model>
  </h:head>
  <h:body>
    <input ref="/data/isla:label" type="text" value="Seleccione la Isla" />
    <input ref="/data/lugar:label" type="text" value="Lugar de la Observación" />
  </h:body>
</h:html>

```

```

</text>
<text id="/data/condicion_clima:label">
  <value>Condición Climática</value>
</text>
<text id="/data/especie:label">
  <value>Seleccione la especie</value>
</text>
<text id="/data/especie:option0">
  <value form="image">jr://images/mora.jpg</value>
  <value>Mora (Rubus, 5 variedades)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option1">
  <value form="image">jr://images/guayaba.jpg</value>
  <value>Guayaba (Psidium guajava)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option2">
  <value form="image">jr://images/cascarilla.jpg</value>
  <value>Cascarilla o Quinina (Cinchona pubescens)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option3">
  <value form="image">jr://images/cedrela.jpg</value>
  <value>Cedrela (Cedrela odorata)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option4">
  <value form="image">jr://images/supirosa.jpg</value>
  <value>Supirosa (Lantana camara)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option5">
  <value form="image">jr://images/sauco.jpg</value>
  <value>Sauco (Cestrum auriculatum)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option6">
  <value form="image">jr://images/maracuya.jpg</value>
  <value>Maracuyá (Passiflo)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option7">
  <value form="image">jr://images/pomarosa.jpg</value>
  <value>Pomarosa (Syzygium jambos)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option8">
  <value form="image">jr://images/hoja_del_aire.jpg</value>
  <value>Hoja del aire (Bryophyllum pinnatum)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option9">
  <value form="image">jr://images/pasto_elefante.jpg</value>
  <value>Pasto elefante (Pennisetum purpureum)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option10">
  <value form="image">jr://images/laurel.jpg</value>

```

```

    <value>Laurel (Cordia alliodora)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option11">
    <value form="image">jr://images/cabuya.jpg</value>
    <value>Cabuya (Furcraea hexapetala)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option12">
    <value form="image">jr://images/sauco_macho.jpg</value>
    <value>Sauco macho (Citharexylum gentryi-Verbenaceae)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option13">
    <value form="image">jr://images/tulipan_africano.jpg</value>
    <value>Tulipán africano (Sphatodea campanulata)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option14">
    <value form="image">jr://images/zaragoza.jpg</value>
    <value>Zaragoza (Aristolochia odoratissima)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option15">
    <value form="image">jr://images/higuerilla.jpg</value>
    <value>Higuerilla (Ricinus communis)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option16">
    <value form="image">jr://images/poleo.jpg</value>
    <value>Poleo (Hyptis pectinata)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option17">
    <value form="image">jr://images/saboya.jpg</value>
    <value>Saboya (Panicum maximum)</value>
</text>
<text id="/data/especie:option18">
    <value form="image">jr://images/floripondio.jpg</value>
    <value>Floripondio (Datura y Brugmansia spp)</value>
</text>
<text id="/data/abundancia:label">
    <value>Abundancia</value>
</text>
<text id="/data/abundancia:option0">
    <value>Baja (&lt;30%)</value>
</text>
<text id="/data/abundancia:option1">
    <value>Media (&gt;= 30% &lt;80% )</value>
</text>
<text id="/data/abundancia:option2">
    <value>Alta (&gt;80%)</value>
</text>
<text id="/data/tipo_control:label">
    <value>Tipo de Control</value>
</text>

```

```

<text id="/data/tipo_control:option0">
  <value>Manual</value>
</text>
<text id="/data/tipo_control:option1">
  <value>Mecánico</value>
</text>
<text id="/data/tipo_control:option2">
  <value>Químico</value>
</text>
<text id="/data/control:label">
  <value>Datos de Control Químico</value>
</text>
<text id="/data/control/tipo_herbicida:label">
  <value>Tipo de Herbicida Utilizado</value>
</text>
<text id="/data/control/cantidad_herbicida:label">
  <value>Cantidad Herbicida Utilizado</value>
</text>
<text id="/data/control/dosis_litro:label">
  <value>Dosis/Litro(mL)</value>
</text>
<text id="/data/control/litros_aplicados:label">
  <value>Litros Aplicados</value>
</text>
<text id="/data/observaciones:label">
  <value>Observaciones</value>
</text>
<text id="/data/foto:label">
  <value>Foto</value>
</text>
<text id="/data/loc:label">
  <value>Geo Localización</value>
</text>
</translation>
</itext>
<bind nodeset="/data/meta/instanceID" type="string" readonly="true()" calculate="concat('uuid:',
uuid())"/>
<bind nodeset="/data/device" type="string" jr:preload="property" jr:preloadParams="deviceid"/>
<bind nodeset="/data/username" type="string" jr:preload="property"
jr:preloadParams="username"/>
<bind nodeset="/data/fecha" type="dateTime" jr:preload="timestamp"
jr:preloadParams="start"/>
<bind nodeset="/data/isla" type="select1" required="true()"/>
<bind nodeset="/data/lugar" type="string" required="true()"/>
<bind nodeset="/data/condicion_clima" type="string" required="true()"/>
<bind nodeset="/data/especie" type="select1" required="true()"/>
<bind nodeset="/data/abundancia" type="select1" required="true()"/>
<bind nodeset="/data/tipo_control" type="select1" required="true()"/>
<bind nodeset="/data/control/tipo_herbicida" type="string"/>

```

```
<bind nodeset="/data/control/cantidad_herbicida" type="string"/>
<bind nodeset="/data/control/dosis_litro" type="int"/>
<bind nodeset="/data/control/litros_aplicados" type="int"/>
<bind nodeset="/data/observaciones" type="string"/>
<bind nodeset="/data/foto" type="binary" required="true()"/>
<bind nodeset="/data/loc" type="geopoint" required="true()"/>
</model>
</h:head>
<h:body>
<select1 ref="/data/isla">
  <label ref="jr:itext('/data/isla:label')"/>
  <item>
    <label>San Cristobal</label>
    <value>san_cristobal</value>
  </item>
  <item>
    <label>Santa Fé</label>
    <value>santa_fe</value>
  </item>
  <item>
    <label>Genovesa</label>
    <value>genovesa</value>
  </item>
  <item>
    <label>Rábida</label>
    <value>rabida</value>
  </item>
  <item>
    <label>Floreana</label>
    <value>floreana</value>
  </item>
  <item>
    <label>Plaza Sur</label>
    <value>plaza_sur</value>
  </item>
  <item>
    <label>Baltra</label>
    <value>baltra</value>
  </item>
  <item>
    <label>Santa Cruz</label>
    <value>santa_cruz</value>
  </item>
  <item>
    <label>El Edén</label>
    <value>el_edén</value>
  </item>
  <item>
    <label>Seymour Norte</label>
  </item>
</select1>
</h:body>
</html>
```

```
<value>seymour_norte</value>
</item>
<item>
  <label>Marchena</label>
  <value>marchena</value>
</item>
<item>
  <label>Pinzón</label>
  <value>pinzon</value>
</item>
<item>
  <label>Bartolomé</label>
  <value>bartolome</value>
</item>
<item>
  <label>Santiago</label>
  <value>santiago</value>
</item>
<item>
  <label>Pinta</label>
  <value>pinta</value>
</item>
<item>
  <label>Isabela</label>
  <value>isabela</value>
</item>
<item>
  <label>Fernandina</label>
  <value>fernandina</value>
</item>
<item>
  <label>Darwin</label>
  <value>darwin</value>
</item>
<item>
  <label>Wolf</label>
  <value>wolf</value>
</item>
</select1>
<input ref="/data/lugar">
  <label ref="jr:itext('/data/lugar:label')"/>
</input>
<input ref="/data/condicion_clima">
  <label ref="jr:itext('/data/condicion_clima:label')"/>
</input>
<select1 ref="/data/especie">
  <label ref="jr:itext('/data/especie:label')"/>
  <item>
    <label ref="jr:itext('/data/especie:option0')"/>
```

```
<value>mora</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option1')"/>
  <value>guayaba</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option2')"/>
  <value>cascarilla</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option3')"/>
  <value>cedrella</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option4')"/>
  <value>supirosa</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option5')"/>
  <value>sauco</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option6')"/>
  <value>maracuya</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option7')"/>
  <value>pomarosa</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option8')"/>
  <value>hoja_del_aire</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option9')"/>
  <value>pasto_elefante</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option10')"/>
  <value>laurel</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option11')"/>
  <value>cabuya</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option12')"/>
  <value>sauco_macho</value>
```

```
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option13')"/>
  <value>tulipan_africano</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option14')"/>
  <value>zaragoza</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option15')"/>
  <value>higuerilla</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option16')"/>
  <value>poleo</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option17')"/>
  <value>saboya</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/especie:option18')"/>
  <value>floripondio</value>
</item>
</select1>
<select1 ref="/data/abundancia">
  <label ref="jr:itext('/data/abundancia:label')"/>
  <item>
    <label ref="jr:itext('/data/abundancia:option0')"/>
    <value>baja</value>
  </item>
  <item>
    <label ref="jr:itext('/data/abundancia:option1')"/>
    <value>media</value>
  </item>
  <item>
    <label ref="jr:itext('/data/abundancia:option2')"/>
    <value>alta</value>
  </item>
</select1>
<select1 ref="/data/tipo_control">
  <label ref="jr:itext('/data/tipo_control:label')"/>
  <item>
    <label ref="jr:itext('/data/tipo_control:option0')"/>
    <value>manual</value>
  </item>
  <item>
    <label ref="jr:itext('/data/tipo_control:option1')"/>
```

```
<value>mecanico</value>
</item>
<item>
  <label ref="jr:itext('/data/tipo_control:option2')"/>
  <value>quimico</value>
</item>
</select1>
<group appearance="field-list">
  <label ref="jr:itext('/data/control:label')"/>
  <input ref="/data/control/tipo_herbicida">
    <label ref="jr:itext('/data/control/tipo_herbicida:label')"/>
  </input>
  <input ref="/data/control/cantidad_herbicida">
    <label ref="jr:itext('/data/control/cantidad_herbicida:label')"/>
  </input>
  <input ref="/data/control/dosis_litro">
    <label ref="jr:itext('/data/control/dosis_litro:label')"/>
  </input>
  <input ref="/data/control/litros_aplicados">
    <label ref="jr:itext('/data/control/litros_aplicados:label')"/>
  </input>
</group>

<input ref="/data/observaciones">
  <label ref="jr:itext('/data/observaciones:label')"/>
</input>
<upload ref="/data/foto" mediatype="image/*">
  <label ref="jr:itext('/data/foto:label')"/>
</upload>
<input ref="/data/loc">
  <label ref="jr:itext('/data/loc:label')"/>
</input>
</h:body>
</h:html>
```