

Visualización de datos sobre la recolección de muestras de especies del reino Plantae del Museo Nacional de Costa Rica durante el periodo 1887 al 2020

Marcelo Vargas Lobo

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

Trabajo Final del Proyecto de Graduación para optar por
el grado académico de Licenciatura

Asesor Académico:
Ph.D. Yoselyn Walsh Zuñiga

Cartago, septiembre 2021

Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Diseño Industrial
Trabajo Final de Graduación_Licenciatura | 2 Semestre_2021

Trabajo Final de Graduación_Proyecto
Licenciatura Ingeniería en Diseño Industrial

Constancia de la Defensa

El Trabajo Final de Graduación presentado por el estudiante VARGAS LOBO MARCELO, carné 2013105075 para optar por el Título de Ingeniería en Diseño Industrial con grado académico Licenciado Universitario del Instituto Tecnológico de Costa Rica, titulado:

“Visualización de datos sobre la recolección de muestras de especies del reino Plantae del Museo Nacional de Costa Rica durante el periodo 1887 al 2020”

ha sido defendido el día 25 de noviembre del año 2021 ante el Tribunal Evaluador y su Profesor Asesor.

Yoselyn Walsh Zúñiga, Ph.D.
Profesor Asesor

Ivonne Madrigal Gaitan
Tribunal Evaluador 1

Josué Porras Fernández
Tribunal Evaluador 2

25 noviembre, 2021

Tabla de contenidos

1. Introducción.....	18
1.1. Definición del problema.....	18
1.2. Justificación.....	19
1.3. Objetivos del proyecto.....	20
1.4. Supuestos.....	21
1.5. Limitaciones.....	22
2. Marco teórico	23
2.1. Índices de conservación	23
2.1.1. Reino Plantae	25
2.2. Metas globales de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 27	
2.3. Museo nacional de Costa Rica.....	28
2.3.1. Estrategia de recolección del Museo Nacional de Costa Rica 28	
2.4. Estado del Arte	30
2.5. Análisis de referenciales	42
3. Marco Metodológico.....	56
3.1. Investigación.....	56
3.1. Ejecución	58
4. Desarrollo de la herramienta de visualización de datos.....	59
4.1. Definición del dominio	59
4.2. Recopilación de datos	60
4.3. Relaciones entre los datos	63
4.4. Preguntas objetivo	66
4.5. Análisis de paradigmas.....	69
4.6. Implementación de la visualización	75
4.6.1. Mapa de densidad (mapa de calor).....	76
4.6.2. Mapa de áreas.....	77
4.6.3. Mapa de puntos	79
4.7. Validación con dominio	82
5. Resultados y conclusiones.....	92
5.1. Resultados.....	92
5.2. Conclusiones	93
6. Referencias	96
7. Apéndices.....	98

Índice de tablas

Tabla 1 - Número de especies según grupo taxonómico. Fuentes: VI Informe SINAC.....	26
Tabla 2 - Resultados de análisis de referenciales	55
Tabla 3 - Tabla de necesidades de usuarios	60
Tabla 4 - Base de datos pública, reino Plantae Museo Nacional de Costa Rica	61
Tabla 5 - Base de datos privada, reino Plantae Museo Nacional de Costa Rica	61
Tabla 6 - Tabla de relación: Áreas protegidas - Muestras - Latitud y longitud.....	63
Tabla 7 - Tabla de relación: Áreas protegidas - Muestras - Muestras	64
Tabla 8 - Tabla de relación: Áreas protegidas - Muestras - Área protegida	64
Tabla 9 - Tabla de relación: Latitud y Longitud - Muestras - Tiempo.....	65
Tabla 10 - Tabla de relación: Elevación - Elevación - Muestras.....	65
Tabla 11 - Resultados de análisis de paradigmas	74
Tabla 12 - Tabla de escenarios y preguntas para pruebas con usuarios	82

Índice de figuras

Figura 1 - Gráfico de burbujas	11
Figura 2 - Mapa coroplético.....	12
Figura 3 - Mapa de burbujas.....	12
Figura 4 - Mapa de puntos	13
Figura 5 - Mapa de calor (Matriz).....	13
Figura 6 - Áreas de conservación, extensión terrestre y marina de Costa Rica.....	23
Figura 7 - Áreas clave para la biodiversidad y ASP en Costa Rica Fuentes: VI Informe SINAC.....	24
Figura 8 - Cambios en la cobertura boscosa del país entre 1940- 2010. Fuentes: Revista Vacío.....	25
Figura 9 - Estrategia de recolección del Museo Nacional de Costa Rica	29
Figura 10 - Distribución de registros botánicos en África tropical. Número de especímenes (a) y riqueza de especies observada (b) por unidades de muestreo	30
Figura 11 - Lاپso de la historia de la recolección botánica en África tropical. El mapa representa la fecha de la primera colección botánica realizada dentro de cada unidad de muestreo de 0,5 °. Las líneas discontinuas representan los límites de África.....	31
Figura 12 - - Distribución temporal de los esfuerzos de recolección. A Número de registros de herbario para África tropical por cortes de 5 años desde 1782 hasta 2015. B Evolución temporal del número promedio de especímenes por UM para todas las especies	31
Figura 13 - Patrón de riqueza de especies de plantas amenazadas en la llanura de Sanjiang	32
Figura 14 - - Patrón de riqueza de especies de plantas en peligro de extinción (a) y plantas vulnerables (b) y distribución de NNR en la llanura de Sanjiang	33
Figura 15 - Número de especies amenazadas en diferentes porcentajes de áreas cubiertas por NNR existentes.....	34
Figura 16 - Mapas de distancia a unidades de muestreo bien muestreadas (SU) “sampling units”.....	34
Figura 17 - Mediana del año en que se recolectaron las muestras...35	
Figura 18 - - Inventario de rigurosidad, los tonos más profundos de rojo indican áreas relativamente bien muestreadas.....	35
Figura 19 - - Diagrama de dispersión que relaciona la completitud del inventario y la mediana del año en el que se recolectaron las muestras.....	36
Figura 20 - Mapa de idoneidad del hábitat de la especie “Aethionema retsina” bajo las condiciones climáticas actuales basado en la base de datos climática de worldclim. Los puntos rojos indican las apariciones de Aethionema retsina con un umbral de binarización 0,998	37
Figura 21 - Mapas de consistencia bioclimática para Aethionema retsina. De izquierda a derecha: basado en la base de datos de worldclim; basado en la base de datos de CHELSA	38
Figura 22 - - A - Mapas globales de riqueza de especies nativas (N) B - Riqueza de especies antropogénicas (ASR) C - Riqueza de	

especies antropogénicas (ASR) en relación con N D - Pérdida total de especies antropogénicas (ASL) + aumento de especies antropogénicas (ASI) en relación con N E - ASL en relación con N F - ASI en relación con N G – ASL H – ASI I - invasiones de especies exóticas (IS), (J) IS relativo a nfigura 17 - A - Mapas globales de riqueza de especies nativas (N)	39
Figura 23 - A) Relaciones globales entre pérdida de especies antropogénicas (ASL) y de aumento (ASI) B) riqueza de especies antropogénicas (ASR) y nativas (N)	40
Figura 24 - Gráfico de diagrama de cuerdas (The point of no return)42	42
Figura 25 - Grafico de burbujas (Riesgo de afectación climático).....	44
Figura 26 - Gráfico diagrama de rayos de sol (10 Principales emisores)	46
Figura 27 - Gráfico de mapa de barras (Población en Manhattan)....	48
Figura 28 - Gráfico de mapa de burbujas (Fuentes de energía en EEUU)	50
Figura 29 - Gráfico de mapa de conexiones (Migración neta de país a país)	52
Figura 30 - Etapas de metodología propuesta	56
Figura 31 - Tipos de datos según agrupación establecida	62
Figura 32 - Muestras en un área específica.....	66
Figura 33 - Diversas familias en una misma área	67
Figura 34 - Misma familia en distintas áreas	67
Figura 35 - Muestras en un periodo determinado	68
Figura 36 - Mayor aglomeración de muestras por elevación	68
Figura 37 - Mapa coroplético.....	69
Figura 38 - Gráfico de burbujas	70
Figura 39 - Mapa de puntos	71
Figura 40 - Gráfico de área	71
Figura 41 - Gráfico de burbujas	72
Figura 42 - Mapa de densidad (mapa de calor).....	73
Figura 43 - Elementos de interacción de la visualización	76
Figura 44 - Visualización del mapa de denisdad	77
Figura 45 - Visualización del mapa coroplético de provincias	78
Figura 46 - Visualización del mapa coroplético de áreas de conservación	78
Figura 47 - Visualización del mapa coroplético de áreas protegidas	78
Figura 48 - Visualización del mapa coroplético de cantones	79
Figura 49 - Visualización del mapa de puntos.....	80
Figura 50 - Visualización del mapa de puntos con detalle por muestra	80
Figura 51 - Visualización de mapa de puntos con capa de cantones	81
Figura 52 - Detalle de mapa de densidad en la provincia de Heredia con la familia Araceae	83
Figura 53 - Detalle de mapa de puntos con las familias Melastomataceae, Passifloraceae, Apocynaceae en el área protegida Rincón de la Vieja.	85
Figura 54 – Detalle del mapa coroplético de áreas protegidas en el área de conservación Guanacaste de la familia Melastomataceae.	86
Figura 55 - Detalle del mapa coroplético de áreas protegidas en la provincia a de Puntarenas de la familia Burseraseae.	87
Figura 56 - Detalle de mapa de densidad en el rango de años 1980 a 1985.....	88
Figura 57 - Detalle del mapa coroplético de áreas protegidas con las áreas protegidas Rincón de la vieja y volcán tenorio en el rango de años del 2000 al 2021.	89

Figura 58 - Detalle de mapa de puntos en la provincia de Alajuela con el rango de elevación de 2300 y 2500 metros.90

Figura 59 - Detalle de mapa de densidad con una elevación mínima de 3000 metros.91

Figura 60 - Nuevo flujo de metodología optimizado mediante la implementación de la visualización94

Abreviaciones

KBA - Áreas Clave para la Biodiversidad

MIDEPLAN - Ministerio de Planificación Nacional Y
Político Económica

PBN - Política de Biodiversidad Nacional

PGCIB - Plataforma para la Gestión del Conocimiento y
de la Información en Biodiversidad

PRONAMEC - Programa de Monitoreo Ecológico

SIMOCUTE - Sistema Nacional de Monitoreo de
Cobertura y Uso del Territorio y Ecosistemas

SINAC - Sistema nacional de áreas de conservación

SNIT - Sistema Nacional de Información Territorial

Glosario

Áreas Clave para la Biodiversidad

Las Áreas Clave para la Biodiversidad (o KBA en inglés) son "sitios que contribuyen a la persistencia global de la biodiversidad", incluyendo el hábitat vital para especies de flora y fauna amenazadas en ecosistemas terrestres, agua dulce y marinos.

Áreas de conservación

Un área de conservación es un área protegida determinada al que se le ha otorgado alguna medida de protección legal a fin de mantener o preservar sus valores, ya sean características o formaciones naturales, o de patrimonio cultural.

Áreas protegidas

Un área protegida es "un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados" (UICN, 2008).

Altitud máxima y mínima

Rango de distancia vertical de un punto de la Tierra con respecto al nivel del mar.

Bases de datos

Las bases de datos están formadas por un conjunto de datos clasificados según un criterio y almacenados de manera física o digital con el fin de ser consultados y acceder a ellos de manera simple y rápida.

Big data

Consiste en conjuntos de datos cuyo tamaño, complejidad y velocidad de crecimiento dificultan su captura, gestión, procesamiento o análisis mediante tecnologías y herramientas convencionales, por lo que requieren ser procesados para su análisis, generalmente mediante una visualización de datos.

Biodiversidad

La biodiversidad, o diversidad biológica, es el conjunto de todos los seres vivos del planeta, el ambiente en el que viven y la relación que guardan con otras especies.

Clase

Es un grupo taxonómico que comprende varios órdenes de plantas o animales con muchos caracteres comunes.

Corredores biológicos

La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo define a un corredor biológico como “un espacio geográfico delimitado que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat, naturales o modificados, y asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos”.

Datos

Un dato es la representación de una variable que puede ser cuantitativa o cualitativa que indica un valor que se le asigna a las cosas y se representa a través de una secuencia de símbolos, números o letras.

Estos pueden ser o no jerárquicos y pueden ser relacionados entre ellos.

División

Es una categoría taxonómica que está entre el reino y la clase, y se utiliza para subdividir los reinos Plantae (plantas) y Fungi (hongos).

Ecosistema natural

Un ecosistema es el sistema formado por todas las comunidades naturales o conjuntos de organismos que viven juntos e interaccionan entre sí relacionados íntimamente con su respectivo ambiente. El ecosistema natural abarca los ecosistemas de los continentes, islas del mundo, y comprende una serie de sistemas de interacción abierta que incluye formas vivas como animales, plantas, mares y microorganismos, así como su ambiente abiótico: suelos, formaciones geológicas y constituyentes atmosféricos, lo mismo que sus actividades, interrelaciones, reacciones químicas, cambios físicos y demás fenómenos de cada uno.

Ecorregiones

Una gran unidad de tierra o de agua que contiene un conjunto geográficamente distintivo de especies, comunidades naturales y condiciones ambientales. A pesar de que los límites de las ecorregiones del mundo no son fijos, todas comparten una misma característica: todas abarcan un área dentro de la cual los procesos ecológicos y evolutivos interactúan entre sí.

Especie

Conjunto de organismos o poblaciones naturales capaces de entrecruzarse y producir descendencia fértil, aunque no con miembros de poblaciones pertenecientes a otras especies.

Especies endémicas

Una especie endémica son seres vivos, que incluyen tanto la flora como la fauna, cuya distribución se restringe a una determinada zona geográfica, ya sea una provincia, región, país o continente.

Especie en peligro de extinción

Una especie en peligro de extinción es una especie biológica que está en peligro de desaparecer (extinguirse), ya sea global o regionalmente. Esto puede deberse a la pérdida de hábitat, contrabando de ejemplares silvestres o acción de especies invasoras.

Estado de conservación

Es una medida de la probabilidad de que una especie continúe existiendo en el presente o en el futuro cercano, en vista no solo del volumen de la población actual, sino también de las tendencias que han mostrado a lo largo del tiempo

Familia

Es una unidad sistemática y una categoría taxonómica situada entre el orden y el género; o entre la super familia y la subfamilia si estuvieran descritas.

Género

Es un grupo de organismos que a su vez puede dividirse en varias especies (existen algunos géneros que son monoespecíficos, es decir, contienen una sola especie).

Gráficos de burbujas

Los gráficos de burbujas se utilizan normalmente para comparar y mostrar relaciones entre círculos etiquetados/categorizados, mediante el uso de posicionamiento y dimensiones. El cuadro general de los gráficos de burbujas puede utilizarse para analizar patrones/correlaciones.

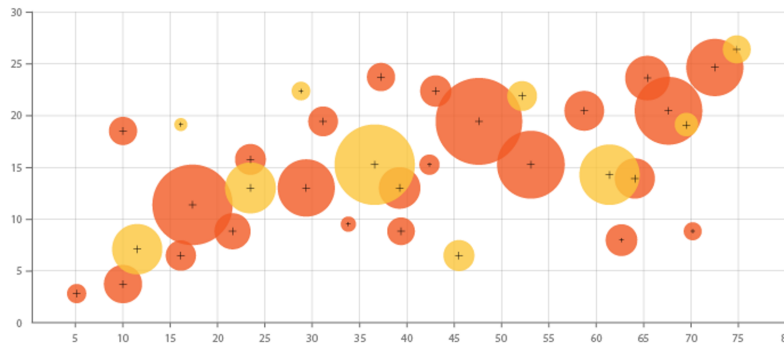


Figura 1 - Gráfico de burbujas

Hábitat

Es un término que hace referencia al lugar que presenta las condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal.

Latitud

La latitud es el ángulo que existe entre el plano del ecuador y un punto de la superficie de la tierra.

Longitud

Distancia angular medida entre el meridiano de origen o de Greenwich y el meridiano que pasa en el lugar.

Mapa coroplético

Los mapas coropléticos muestran áreas geográficas divididas o regiones que están coloreadas, sombreadas o modeladas en relación con una variable de datos. Esto proporciona una forma de visualizar valores sobre un área geográfica, que puede mostrar variaciones o patrones en la ubicación visualizada.

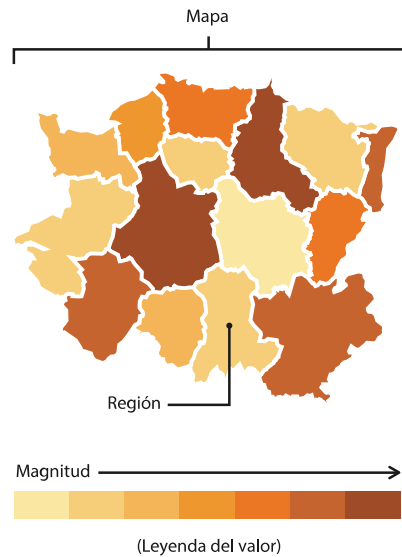


Figura 2 - Mapa coroplético

Mapa de burbujas

Con este mapa de datos, los círculos se muestran sobre una región geográfica designada con el área del círculo proporcional a su valor en el conjunto de datos. Los mapas de burbuja son buenos para comparar proporciones sobre regiones geográficas sin los problemas causados por el tamaño de área regional

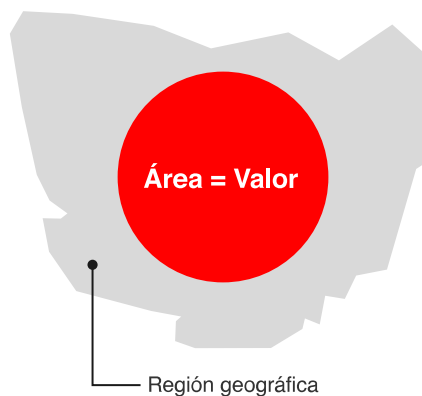


Figura 3 - Mapa de burbujas

Mapa de puntos

Los mapas de puntos son una forma de detectar patrones espaciales o la distribución de datos sobre una región geográfica, colocando puntos de igual tamaño sobre una región geográfica.

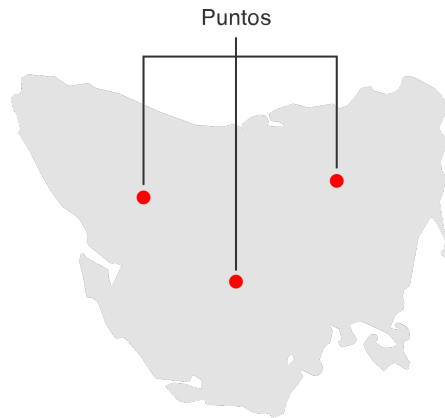


Figura 4 - Mapa de puntos

Mapa de calor

Los mapas de calor visualizan los datos a través de variaciones en el color. Los mapas de calor son buenos para mostrar la varianza a través de múltiples variables, revelando cualquier patrón, mostrando si las variables son similares entre sí y para detectar si existen correlaciones entre ellas.

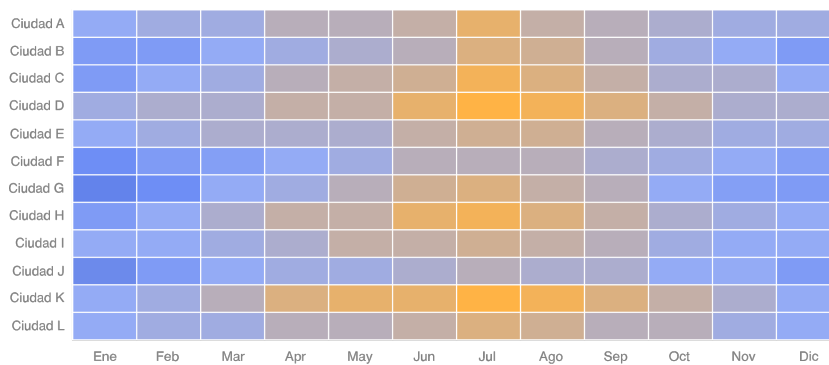


Figura 5 - Mapa de calor (Matriz)

Museo Nacional de Costa Rica

Según la Ley N°1542, de 1953, decreta en el artículo 1 que “El Museo Nacional de Costa Rica es el centro encargado de recoger, estudiar y conservar debidamente ejemplares representativos de la flora y fauna del país, y de los minerales de su suelo, así como de sus reliquias históricas y arqueológicas, y servirá como centro de exposición y estudio.”

Orden

Se refiere a un orden taxonómico, en el cual se establecen los organismos. Se encuentra entre la “clase” y la “familia”.

Paradigmas de visualización

Estos responden a la representación visual o gráfica de los datos. Estos pueden variar dependiendo del requerimiento que se desea responder. Según (Hernández-Castro y Monge-Fallas, 2016) estos se dividen en cuatro categorías, basados en si los datos son o no jerárquicos y si estos se relacionan o no.

Rango Taxonómico

Los taxones o rangos taxonómicos son los grupos en los que en biología se clasifica científicamente a los seres vivos, atendiendo a su semejanza y proximidad filogenética. Los principales, ordenados de menos a más inclusivos, son: especie, género, familia, orden, clase, filo o división, reino y dominio.

Reino

Un reino representa cada una de las grandes subdivisiones taxonómicas en las que se clasifican los seres vivos respecto a su parentesco evolutivo.

Reino Plantae

El reino plantae, o reino de las plantas, es el grupo de organismos pluricelulares, sin medios de desplazamiento y que producen su propio alimento.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)

Es una dependencia del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), creado mediante el artículo 22 de la Ley de la Biodiversidad N° 7788, de 1998. El SINAC es un concepto de conservación integral, que ofrece la posibilidad de desarrollar una gestión pública responsable, con la participación del Estado, la Sociedad Civil, la empresa privada, y de cada individuo del país interesado y comprometido con la construcción de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Tableau

Es una herramienta de visualización de datos utilizada en el área de la Inteligencia de negocios que simplifica los datos en bruto en un formato sencillo de entender.

Visualización de datos

Según el sitio web de tableau, la visualización de datos “es la representación gráfica de información y datos. Al utilizar elementos visuales como cuadros, gráficos y mapas, las herramientas de visualización de datos proporcionan una manera accesible de ver y comprender tendencias, valores atípicos y patrones en los datos.”

Resumen

El Museo Nacional de Costa Rica es una de las principales fuentes de información en materia de especies botánicas a nivel nacional. Sus registros, iniciados en 1848, incluyen muestras del 95% de las especies de plantas esperadas del país, las cuales corresponden a 500,000 ejemplares del reino Plantae. Actualmente, el museo cuenta con una metodología de recolección de especies que por sus características manuales y a falta de tecnologías de visualización, carece en cuanto a especificidad de información, sesgando así la toma de decisiones de futuras recolectas. Este proyecto propone una visualización de datos de las muestras recolectadas del reino Plantae por expertos del Museo Nacional de Costa Rica, para optimizar la metodología de recolección actual. La propuesta de visualización incorpora variables de tipo taxonómicas, de atributos, temporales y geográficas. Se pretende que con la nueva visualización los investigadores del Museo Nacional de Costa Rica tomen decisiones con mayor precisión y rapidez, para formar predicciones, prevenir cambios y realicen un optimizado manejo de los recursos, así como poder lograr una conservación de las especies más necesarias.

Palabras Clave:

Museo Nacional de Costa Rica, visualización de datos, reino Plantae, especies de plantas, áreas protegidas, áreas de conservación, recolección, muestras.

Abstract

The National Museum of Costa Rica is one of the primary sources of information on botanical species at the national level. Its records, begun in 1848, include 95% of the country's expected plant species, which correspond to 500,000 specimens from the Plantae kingdom. Currently, the museum has a single species collection methodology, which is based solely on geographic data. Therefore, decision-making regarding collection strategies is limited. This project proposes a strategy for data visualization of the samples collected from the Plantae kingdom by experts from the National Museum of Costa Rica. The information visualization proposal incorporates variables such as taxonomic characteristics, attributes, time ranges, and location to facilitate the creation of collection methodologies. This new visualization aims to contribute to processes developed by the researchers of the National Museum of Costa Rica, such as making predictions, preventing changes, carrying out optimized management of resources, and achieving conservation of the most necessary species.

Keywords:

National Museum of Costa Rica, data visualization, Plantae kingdom, plant species, protected areas, conservation areas, collection, samples.

1. Introducción

Este documento presenta la investigación realizada para el proyecto de graduación “Visualización de datos sobre la recolección de muestras de especies del reino Plantae del Museo Nacional de Costa Rica durante el periodo 1887 al 2020”, para obtener la Licenciatura en Ingeniería en Diseño Industrial del Tecnológico de Costa Rica. El proyecto consiste en una visualización de datos para investigadores y funcionarios del Museo Nacional de Costa Rica que facilite establecer metodologías de recolección de especies del reino Plantae basadas en datos de carácter taxonómico, atributos, rangos de tiempo o geográficos, con el objetivo de tomar decisiones, formar predicciones y brindar un manejo adecuado a las especies.

1.1. Definición del problema

Según el VI Informe del SINAC establece que:
"Uno de los factores institucionales asociados a la pérdida de biodiversidad o al desconocimiento de la dimensión de esta pérdida es la falta de información de biodiversidad para la toma de decisiones. De hecho, se ha reportado un rezago en cuanto al monitoreo de elementos de la biodiversidad particularmente sobre distribución y abundancia de especies exóticas e invasoras y sobre el estado poblacional de especies amenazadas y en peligro de extinción." [12]

Dicho lo anterior, es clave poder generar estrategias de recolección y así cubrir mayor rango de información, no solo basados en datos geográficos, sino en variables taxonómicas, temporales, ecológicas y características morfológicas.

Muchos esfuerzos se han elaborado para la retención y análisis de datos en cuanto a las especies que habitan en el país, algunas de las herramientas que se destacan son

la Plataforma para la Gestión del Conocimiento y de la Información en Biodiversidad (PGCIB), el Programa de Monitoreo Ecológico (PRONAMEC) y el Sistema Nacional de Monitoreo de Cobertura y Uso del Territorio y Ecosistemas (SIMOCUTE). Sin embargo, ninguna de estas herramientas ha concluido con su implementación. Es fundamental poder contar no sólo con información relevante si no también formas de poder expresar la información de manera eficiente y acorde con las necesidades y características de los usuarios.

Por lo que se ha llegado al siguiente hecho como problema de investigación:

El Museo Nacional de Costa Rica no cuenta con la posibilidad de establecer estrategias de recolección de especies del reino Plantae basadas en factores taxonómicos, geográficos o temporales de los datos almacenados, de una manera eficiente y acorde con las necesidades y características de los usuarios.

1.2. Justificación

Con este proyecto se pretende contribuir al Museo Nacional de Costa Rica en la creación de una estrategia de recolección de especies del reino Plantae basadas en factores taxonómicos, geográficos o temporales de los datos almacenados, de una manera eficiente y acorde con las necesidades y características de los usuarios. Estas estrategias mejorarían el proceso de generación de predicciones del comportamiento de las plantas. Las predicciones permitirán recopilar información y visualizar hechos del pasado y del presente, de tal forma que en el futuro sea posible prevenir cambios en el comportamiento de las especies. Finalmente, el proyecto pretende incentivar y crear un mejor y más apropiado manejo de los recursos y a su vez poder lograr una conservación de las especies que más lo requieran.

1.3. Objetivos del proyecto

El objetivo general del proyecto es diseñar una herramienta de visualización de datos para el Museo Nacional de Costa Rica que contribuya al análisis de las muestras recolectadas de especies del reino Plantae para la toma de decisiones de estrategias de recolección futuras. Los objetivos específicos son

1. **Identificar** datos recolectados por parte de los investigadores del museo para mejorar la eficiencia de la toma de decisiones de estrategias de recolección futuras.
2. **Definir** los paradigmas de visualización de información según las características de los datos para mejorar la eficiencia de la toma de decisiones de estrategias de recolección futuras.
3. **Implementar** la herramienta de visualización que permita el análisis de los datos para mejorar la eficiencia de la toma de decisiones de estrategias de recolección futuras.
4. **Validar** con los usuarios la herramienta de visualización de datos para mejorar la eficiencia de la toma de decisiones de estrategias de recolección futuras.

1.4. Supuestos

Capas geográficas

Se asume que las capas geográficas utilizadas en la visualización tales como las áreas de conservación, provincias, distritos y áreas protegidas que se obtienen del Instituto Geográfico Nacional y el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), contienen la información correcta y estandarizada.

Datos del Museo Nacional de Costa Rica

Para este proyecto se asume que las bases de datos del Museo Nacional de Costa Rica se encuentran con la información correcta y curada. Así como que la administración y mantenimiento de estos es el adecuado.

Dominio

Se asume que la información suministrada por las personas entrevistadas y para en las pruebas de la investigación, realizan comentarios desde una posición de expertís y conocimiento específico al tema de investigación.

Índices e información recabada

Se asume que las estadísticas, tablas, gráficos y demás información recabada por las entidades en estudio proveen la información correcta. Dentro de esta se incluye información del sitio web del Museo Nacional de Costa Rica, SINAC y MIDEPLAN.

1.5. Limitaciones

Control de capas geográficas

Se limita la edición de las capas geográficas utilizadas en la visualización como las áreas de conservación, provincias, distritos y áreas protegidas que se obtienen a partir del Instituto Geográfico Nacional y el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), dado que esta información depende únicamente a personas expertas en la materia.

Datos con información errónea

El manejo y administración de los datos contemplados en la investigación son estrictamente dependientes de las personas encargadas y los expertos en cuestión. No es opcional la modificación ni tratamiento de los mismos si estos presentan valores inadecuados.

Información en mapa

La información que se presenta en los mapas es producto de un visor gratuito que proporciona la herramienta de Tableau, por lo cual la información que este alberga no es modificable. Por ejemplo, los nombres como provincias, cantones, distritos, lugares de interés, calles y demás elementos que en este se presenten.

2. Marco teórico

2.1. Índices de conservación

Costa Rica es un país situado en América Central, con una extensión terrestre 51 100 km² y un mar territorial de 589 683 km². Costa Rica se encuentra entre los 20 países con mayor diversidad de especies a nivel mundial y es el hábitat de más de medio millón de especies [12]. Aún más, se calcula que el territorio costarricense cuenta con 6% de la biodiversidad a nivel mundial.

Con respecto a las características del territorio costarricense que potencia su diversidad, se calcula que más del 50% del territorio costarricense se encuentra cubierto de ecosistemas naturales, distribuidos en once grandes áreas de conservación en sus y ocho ecorregiones (Figura 1) [12]. Un 27% del territorio costarricense esta bajo su Sistema de Áreas Protegidas (SAP). Y otro porcentaje similar bajo una categoría de conservación participativa, como lo son los corredores biológicos [12].



Figura 6 - Áreas de conservación, extensión terrestre y marina de Costa Rica

En Costa Rica se han identificado 23 KBA (Áreas Clave para la Biodiversidad (KBA)) (Figura 2), son sitios que contribuyen significativamente a la persistencia de la biodiversidad que han sido identificados y acordados a escala global. El 74% de la superficie total de las KBA se encuentra conservado en el Sistema de Áreas Protegidas (SAP)

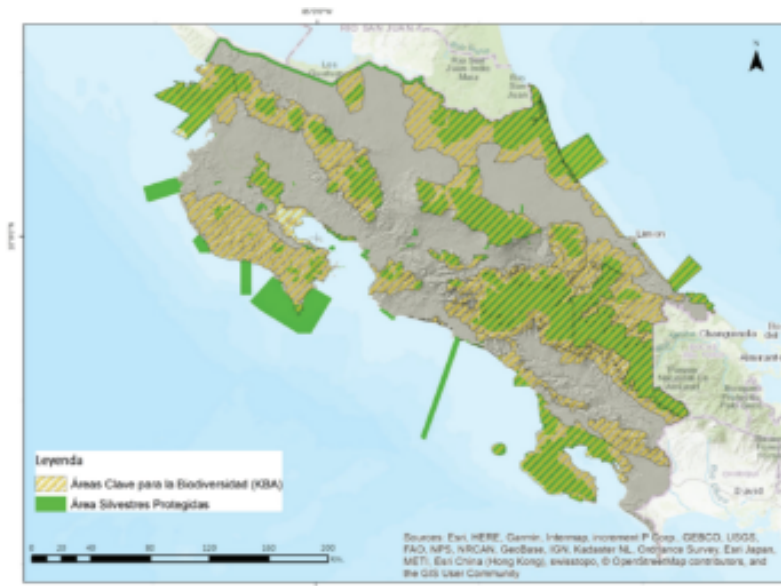


Figura 7 - Áreas clave para la biodiversidad y ASP en Costa Rica Fuentes: VI Informe SINAC

Además, presenta 4 zonas de alto endemismo: Isla del Coco, Golfo Dulce, Pacífico Central y las zonas altas de las cordilleras Central y Talamanca [7].

En general un 1,5% especies Costa Rica son endémicas, considerando los mamíferos, aves, reptiles, peces, anfibios y plantas.

Gracias a diferentes esfuerzos realizados, desde mediados de los años de 1980, Costa Rica viene disminuyendo progresivamente su tasa de deforestación y a su vez, recuperando la cobertura boscosa (Figura 3). A su vez, ha avanzado el conocimiento sobre la biodiversidad existente, especialmente en lo referente a especies, de las cuales se conoce hasta el momento cerca de un 17%, del medio millón que se cree existe en el país.

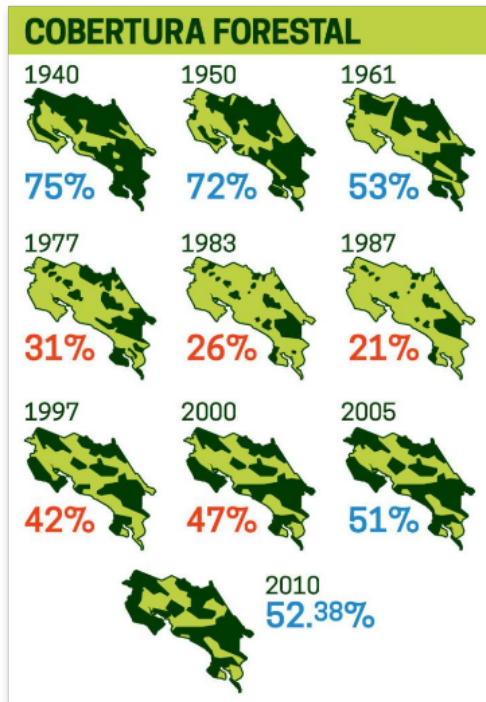


Figura 8 - Cambios en la cobertura boscosa del país entre 1940-2010.
Fuentes: Revista Vacío

2.1.1. Reino Plantae

El reino Plantae, también conocido como reino vegetal, es uno de los 5 reinos taxonómicos existentes (reino Animalia, reino Plantae, reino Fungi, reino Monera y reino Protista) y está formado por organismos multicelulares, que realizan la fotosíntesis. Incluye todas las plantas terrestres, acuáticas y algunas especies de algas. Según los últimos datos disponibles, en Costa Rica se han registrado un total de 121 693 especies en los principales grupos taxonómicos (Tabla 1), en donde aproximadamente 11,000 representan el reino de Plantae.

Grupo	# especies conocidas en el mundo	# especies esperadas para Costa Rica	# especies conocidas en Costa Rica (2009 - 2013)	# especies conocidas en Costa Rica (2015)	% especies registradas en Costa Rica respecto del total mundial (2015)
Musgos	16 236	s/d	s/d	s/d	s/d
Líquenes	17 000	s/d	s/d	1 337	7,86%
Plantas vasculares*	281 621	s/d	s/d	9 500	3,37%
Celenterados	10 080	s/d	s/d	252	2,50%
Anélidos	12 192	s/d	s/d	317	2,60%
Moluscos	51 167	s/d	s/d	2 149	4,20%
Crustáceos	49 318	s/d	s/d	1 085	2,20%
Equinodermos	6 939	s/d	s/d	229	3,30%
Invertebrados	1 359 365	s/d	s/d	103 491	7,61%
Vertebrados inferiores	60	2	1	s/d	s/d
Peces	19 056	1 600	1 187	1 729	9,07%
Reptiles	7 000	215	200	241	3,44%
Anfibios	8 613	230	239	201	2,33%
Aves	9 917	854	903	912	9,20%
Mamíferos	4 734	250	236	250	5,28%
Total	1 853 299	3 151	2 766	121 693	6,57%

*Grupo perteneciente al reino Plantae

Tabla 1 - Número de especies según grupo taxonómico. Fuentes: VI Informe SINAC

2.2. Metas globales de la Estrategia Nacional de Biodiversidad

Costa Rica ha puesto en marcha la Estrategia Nacional de Biodiversidad y su Plan de Acción 2016-2025. Esta se enmarca en la Política Nacional de Biodiversidad de Costa Rica 2015-2030 (PNB), y conjuntamente constituyen lo que MIDEPLAN define como el marco de Política Pública para la conservación, el uso sostenible y la distribución equitativa de los beneficios de la biodiversidad de Costa Rica.

El propósito del plan se enfoca en:

1. Mejorar las condiciones y resiliencia de la biodiversidad, salvaguardando la integridad de los ecosistemas, las especies y la diversidad genética.
2. Promover el desarrollo económico, socialmente inclusivo y ambientalmente sostenible, potenciando oportunidades y reduciendo los efectos negativos sobre la biodiversidad.
3. Fortalecer la participación social en la gestión de la biodiversidad y la distribución justa y equitativa de sus beneficios, y reducir la vulnerabilidad de poblaciones menos favorecidas, donde hay ecosistemas esenciales amenazados y de alto valor ecológico.
4. Mejorar la eficiencia y eficacia de la gestión intersectorial e institucional vinculada a la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

2.3. Museo nacional de Costa Rica

El Museo Nacional de Costa Rica forma parte de la iniciativa de la Estrategia Nacional de Biodiversidad dada su contribución como preservador y punto de la verdad en materia de información en cuanto a miles de especies reportadas a lo largo y ancho del país. En aproximadamente 200 años, investigadores y colaboradores de la institución han recolectado muestras en la mayoría del territorio nacional.

Sus registros incluyen el 95% de las especies de plantas esperadas del país y cuenta con alrededor de 500,000 ejemplares correspondientes al reino Plantae cuyo registro inicia a partir del año 1848 hasta la actualidad [8]. Además, este es el registro más antiguo, amplio y completo de la biodiversidad de plantas en el país.

Sin embargo, la dificultad de interpretación de la información dificulta la toma de decisiones en materia de recolección de datos y obstaculiza la contribución del Museo Nacional a la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Por ejemplo, uno de los principales puntos de dolor recae en que no existe una forma de poder determinar estrategias de recolección basadas en características taxonómicas, geográficas y temporales.

2.3.1. Estrategia de recolección del Museo Nacional de Costa Rica

Para la obtención de los ejemplares, el museo cuenta con la siguiente estrategia de recolección (Ilustración 1). Como primer punto, la persona encargada de velar por los registros digitales exporta la información de la base de datos; esta información es depurada y se carga en un visor para mostrarla en gráficos básicos. A partir de esto se observan cuáles son las áreas con menos registros y se definen las prioridades a tomar en consideración. Por ejemplo, si las áreas en cuestión son o no áreas protegidas. Se toma una decisión sobre el área a visitar. Mediante un proceso manual de selección, se descarga e imprime un registro con todas las familias de dicha área para analizar durante la recolecta y se define la logística, como la fecha, la alimentación, el transporte y demás.



Figura 9 - Estrategia de recolección del Museo Nacional de Costa Rica

Si bien la estrategia actual de recolección otorga la posibilidad de tomar decisiones a la hora de realizar recolectas, esta presenta ausencia de factores claves para la toma de decisiones, sesgando hasta cierto punto la información que se puede recabar.

2.4. Estado del Arte

Se realizó un estudio del estado del arte con el objetivo de identificar proyectos de relevancia y relacionados al tema en presentación, que al analizarse sea posible obtener conclusiones que aporten al desarrollo de la investigación.

2.4.1. Explorando la diversidad florística de África tropical

Como primer caso, se contempla el artículo científico “Explorando la diversidad florística de África tropical” en donde su objetivo explica cómo los patrones de distribución de la biodiversidad son fundamentales y requisito previo para la conservación eficaz y la utilización sostenible de la diversidad biológica. Este conocimiento es cada vez más urgente ya que la biodiversidad responde a los efectos continuos del cambio climático global. En ninguna parte es esto más agudo que en África tropical, rica en especies, donde se sabe tan poco sobre la diversidad de plantas y su distribución.

En el estudio se utiliza el mapa coroplético para mostrar los resultados de la distribución de registros botánicos de África tropical, en donde a mayor volumen de datos mayor el uso de una paleta cromática cálida.

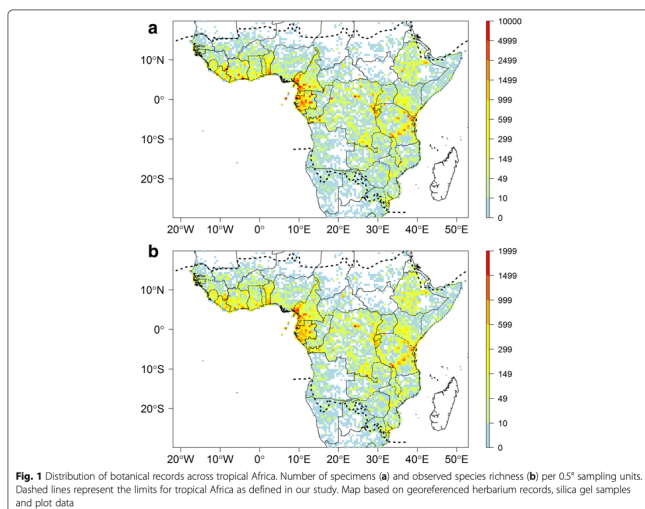


Figura 10 - Distribución de registros botánicos en África tropical. Número de especímenes (a) y riqueza de especies observada (b) por unidades de muestreo

De la misma manera que el caso anterior, se muestra el mapa coroplético para ilustrar la recolección botánica en el tiempo de África tropical, en donde cada color representa un año de recolección de las muestras, mostrando las muestras recolectadas más recientes mediante una cromática de tonalidades cálidas.

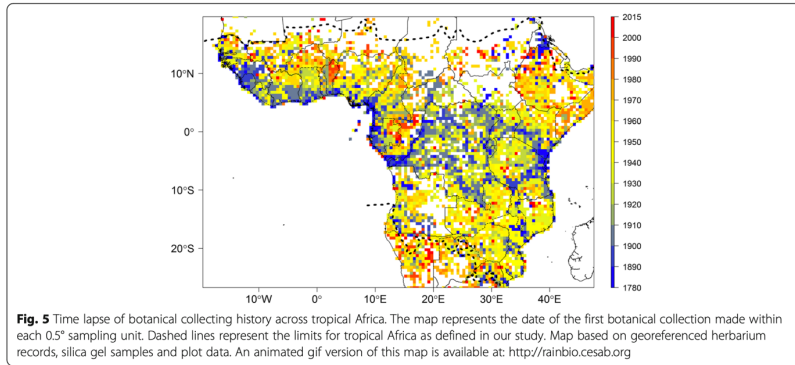


Figura 11 - Lapso de la historia de la recolección botánica en África tropical. El mapa representa la fecha de la primera colección botánica realizada dentro de cada unidad de muestreo de 0,5 °. Las líneas discontinuas representan los límites de África

Como parte del estudio se realizan gráficos adicionales con el propósito de visualizar información específica sobre preguntas de interés que se desean responder, en este caso en particular sobre la cantidad de recolecciones en periodos de años y la evolución de estas en el tiempo como bien se puede observar en la figura 3

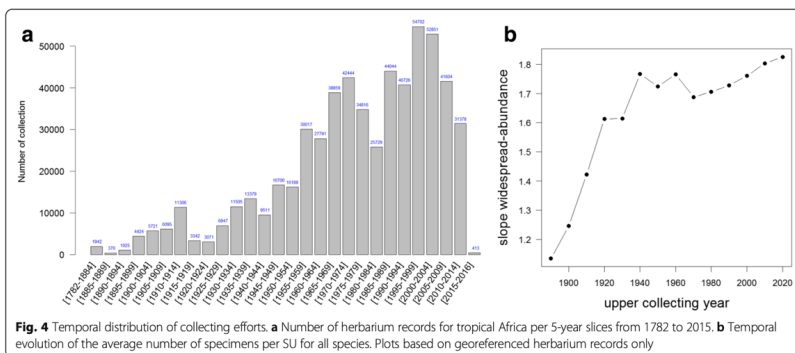


Figura 12 - - Distribución temporal de los esfuerzos de recolección. a Número de registros de herbario para África tropical por cortes de 5 años desde 1782 hasta 2015. b Evolución temporal del número promedio de especímenes por UM para todas las especies

2.4.2. Plantas amenazadas en China Sanjiang Plain: distribuciones de puntos calientes y análisis de brechas

En este segundo estudio habla acerca de la rápida disminución de diversidad en China causada por la respuesta del cambio climático. En él se pretende poder identificar la distribución de puntos críticos y las brechas de conservación de especies amenazadas. El objetivo es poder realizar un análisis de las brechas y estado de conservación de las plantas vulnerables y en peligro de extinción.

Como parte del estudio se genera un mapa de densidad con el propósito de mostrar la proporción de “riqueza de especies”, a lo que se refiere como el porcentaje de diversidad de especies en un área determinada.

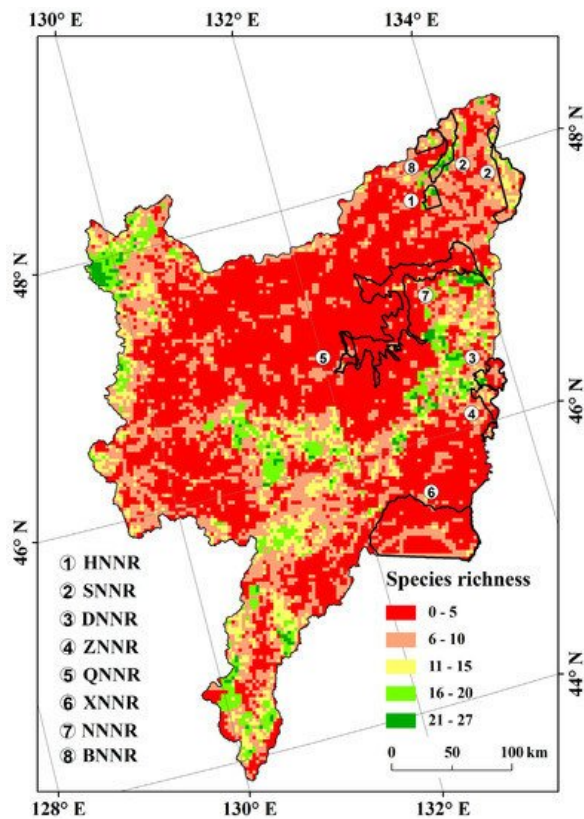


Figura 13 - Patrón de riqueza de especies de plantas amenazadas en la llanura de Sanjiang

Adicionalmente, se muestran variaciones del mismo mapa, de igual manera de densidad, con el objetivo de poder visualizar la distribución de especies que se encuentran en peligro de extinción (a) y en estado de vulnerabilidad (b) para así conocer el porcentaje de protección que se está llevando a cabo por las NNR (National Nature Reserve) o Reserva Natural Nacional por sus siglas en inglés. El estudio determina que las NNR solo cubren un 11.09% del área de especies en peligro de extinción y un 12.18% de área de especies vulnerables, lo que quiere decir que aproximadamente un 88% del área amenazada no está cubierta por Reservas Naturales Nacionales.

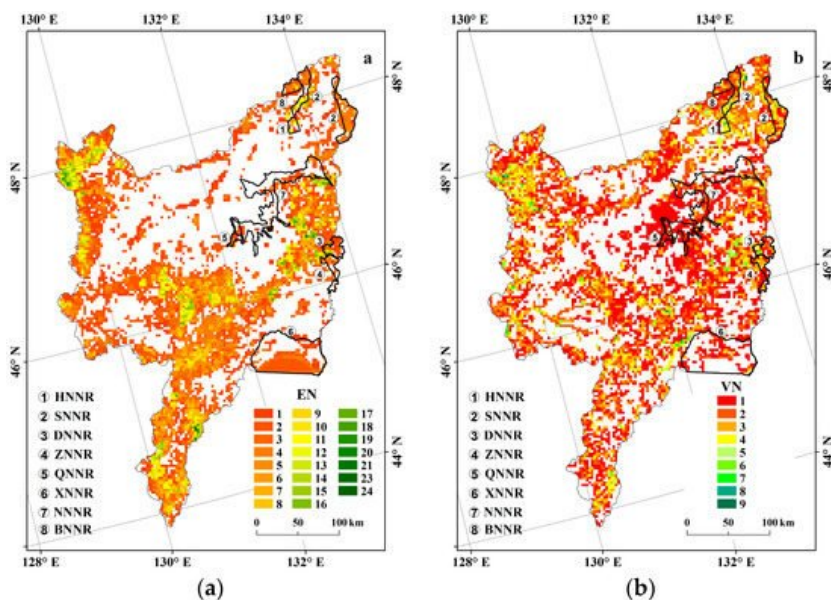


Figura 14 -- Patrón de riqueza de especies de plantas en peligro de extinción (a) y plantas vulnerables (b) y distribución de NNR en la llanura de Sanjiang

Como se ilustra en el siguiente gráfico, la gran mayoría de aglomeración de especies se encuentran entre el 0% y el 5% del área de protección de las Reservas Naturales Nacionales.

Este gráfico facilita el entendimiento de la complejidad de los otros gráficos y funciona a manera de resumen y conclusión del estudio.

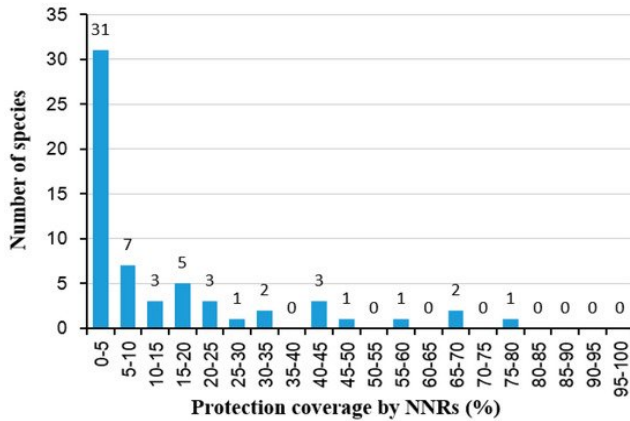


Figura 15 - Número de especies amenazadas en diferentes porcentajes de áreas cubiertas por NNR existentes.

2.4.3. Mapeo de la ignorancia: 300 años recolectando plantas con flores en África

El presente estudio pretende comprender que tan confiables son los datos de especies de plantas con flores en África, dónde y cuándo han ocurrido los muestreos de los último 300 años y que tan completos son los registros del inventario que se tiene de África.

Como parte de demostrar esta información, el estudio muestra un gráfico coroplético así como uno de densidad, con el objetivo de identificar las áreas en donde mayor recolectas se han efectuado en el territorio Africano. Los puntos negros representan muestreos bien implementados, y su difusión de amarillo a verde corresponde a la dispersión en temas de recolección de muestras.

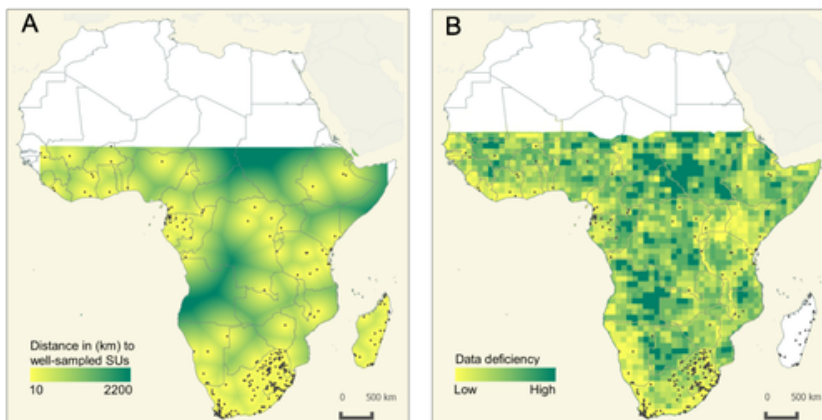


Figura 16 - Mapas de distancia a unidades de muestreo bien muestreadas (SU) "sampling units"

Adicionalmente el estudio muestra una visualización de puntos sobre el mapa que ilustra la distribución de recolectas de cada año, representando cada muestra mediante un color como identificador del año en que esta fue obtenida. Además, en el segundo mapa también se determina la veracidad de las recolectas, ya que entre más rojo el indicador, más completa la información de la muestra recolectada.

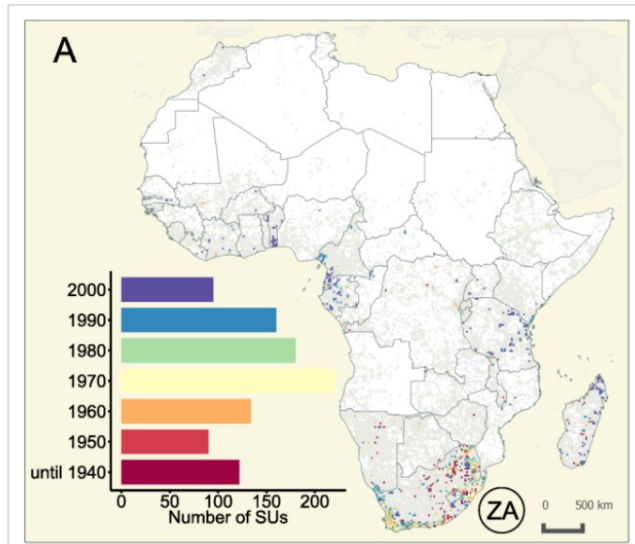


Figura 17 - Mediana del año en que se recolectaron las muestras

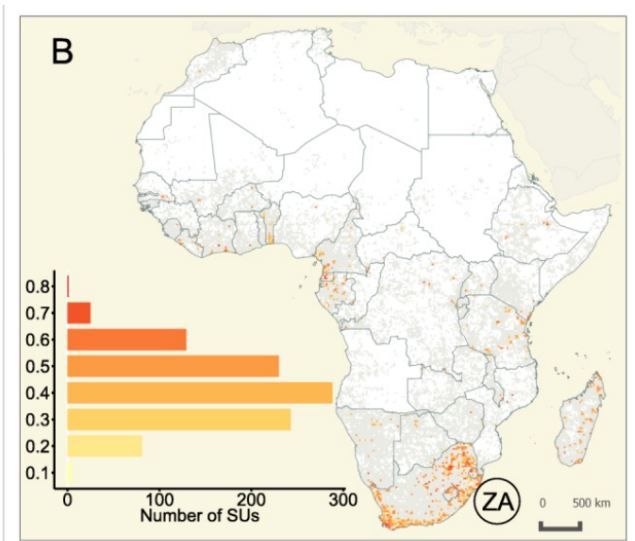


Figura 18 - Inventario de rigurosidad, los tonos más profundos de rojo indican áreas relativamente bien muestreadas

Finalmente, el estudio muestra un gráfico de dispersión a manera de resumen, para identificar de una manera más clara y sencilla la información, por lo que entiende de este que la correlación negativa observada para Sudáfrica, sugiere que la integridad del inventario surge de colecciones botánicas realizadas hace décadas, siendo “r” y “p” el coeficiente de correlación y el nivel de significancia, respectivamente.

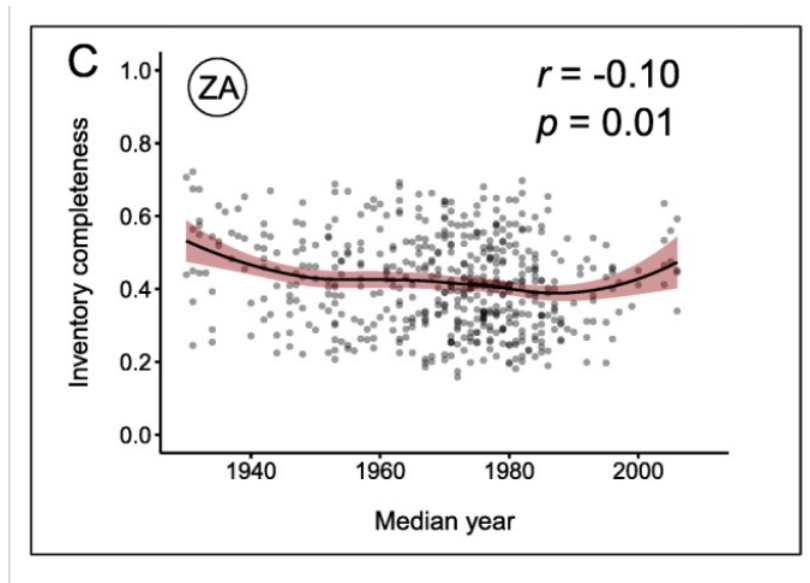


Figura 19 -- Diagrama de dispersión que relaciona la completitud del inventario y la mediana del año en el que se recolectaron las muestras.

2.4.4. Conservación genética de cuatro plantas endémicas griegas en peligro crítico: una evaluación preliminar

Mediante este estudio se pretende comprender si el cambio climático podría afectar el estado de conservación de tres de las especies en estudio que se encuentran en la cuenca mediterránea, siendo esta uno de los puntos críticos de biodiversidad más grandes del mundo, la cual alberga más de 11,000 especies de plantas endémicas.

El estudio muestra mapas de densidad para determinar la idoneidad del hábitat, donde es más posible poder identificar las especies en estudio. Para el caso del primer gráfico se puede interpretar por la cromática que es más

idónea la existencia de las especies en la costa sur este de la isla de Skyros. Se utilizan los valores de 0 y 1 como umbral de binarización.

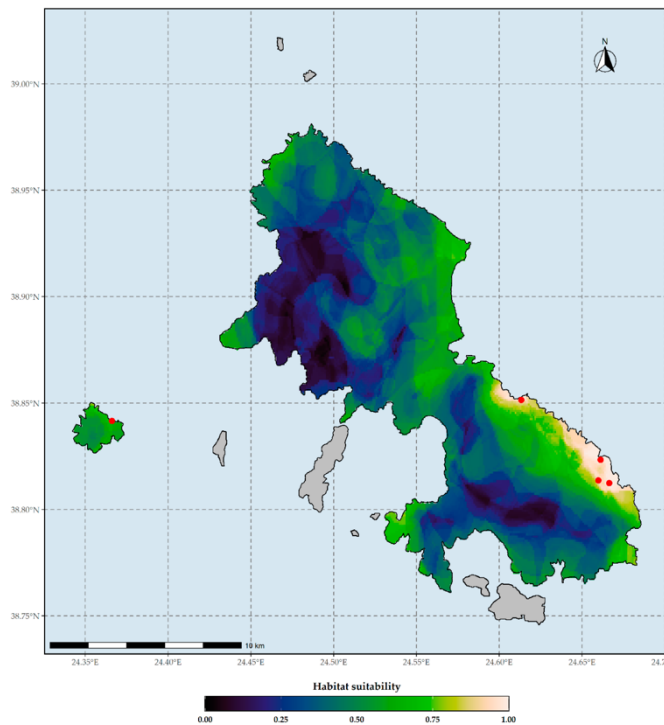


Figura 20 - Mapa de idoneidad del hábitat de la especie "Aethionema retsina" bajo las condiciones climáticas actuales basado en la base de datos climática de WorldClim. Los puntos rojos indican las apariciones de Aethionema retsina con un umbral de binarización 0,998

De la misma manera se implementan mapas de densidad para comparar y obtener consistencias bioclimáticas. Se utilizaron dos bases de datos de valores climáticos para representar el área, en donde además se implementó una tabla binaria utilizando las variables de idoneidad del hábitat y consistencia climática de las base de datos, resultando en una gama de colores para la identificación en el mapa de densidad, las áreas en donde es más propenso el cambio del clima en relación a la ubicación de las especies.

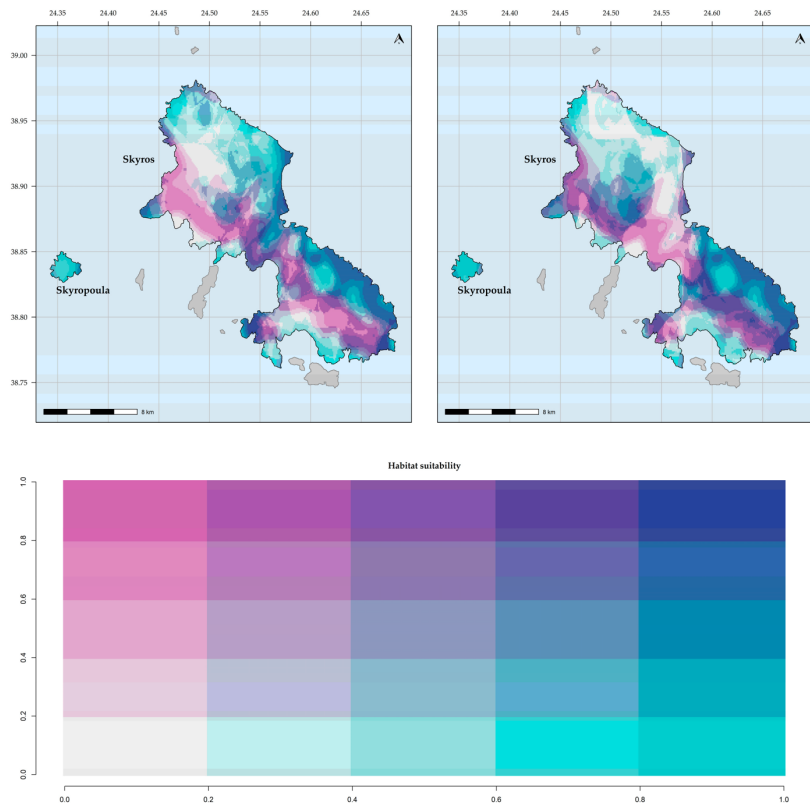


Figura 21 - Mapas de consistencia bioclimática para *Aethionema retsina*. De izquierda a derecha: basado en la base de datos de WorldClim; basado en la base de datos de CHELSA

2.4.5. No todo es pérdida: la biodiversidad vegetal en el Antropoceno

El presente estudio pretende ilustrar el cambio en las especies según el avance del tiempo, la presencia de los seres humanos y las implicaciones que ambos coexistan. La investigación no menciona esta coexistencia como algo negativo si no, más bien, como parte del proceso evolutivo y adaptación de las especies.

Los primeros mapas muestran la densidad en cuanto a la cantidad de especies según su porcentaje o proporción, utilizando una cromática de fríos a cálidos para representar cantidad.

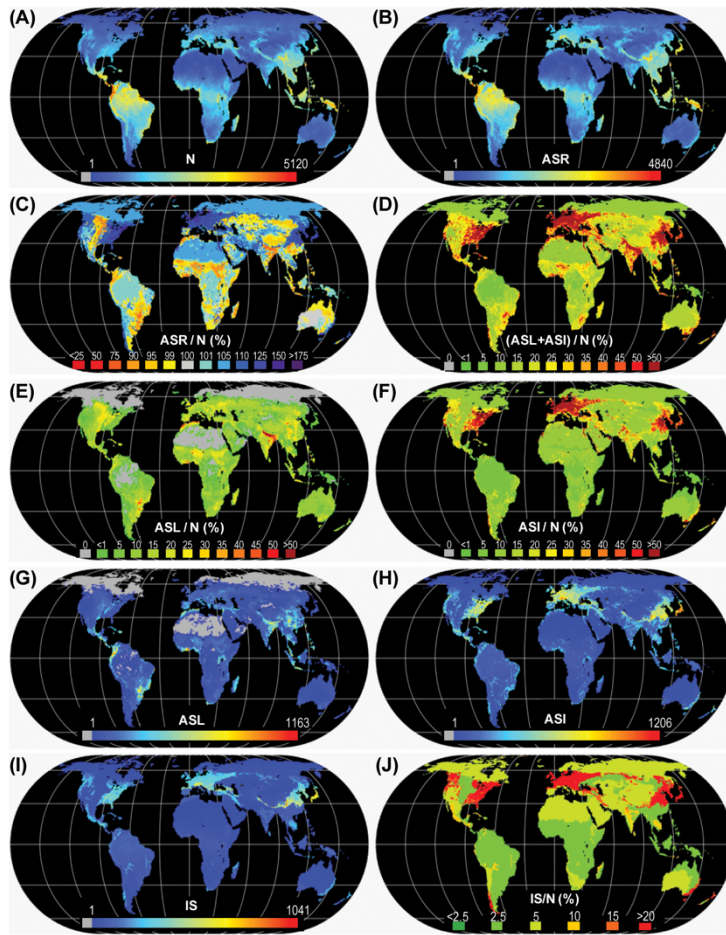


Figura 22 - - A - Mapas globales de riqueza de especies nativas (N)
 B - Riqueza de especies antropogénicas (ASR)
 C - Riqueza de especies antropogénicas (ASR) en relación con N
 D - Pérdida total de especies antropogénicas (ASL) + aumento de especies antropogénicas (ASI) en relación con N
 E - ASL en relación con N
 F - ASI en relación con N
 G - ASL
 H - ASI
 I - invasiones de especies exóticas (IS), (J) IS relativo a N
 Figura 17 - A - Mapas globales de riqueza de especies nativas (N)

Además, la investigación utiliza gráficos de dispersión para comprender el comportamiento de la pérdida o incremento de las especies representadas en las categorías estipuladas.

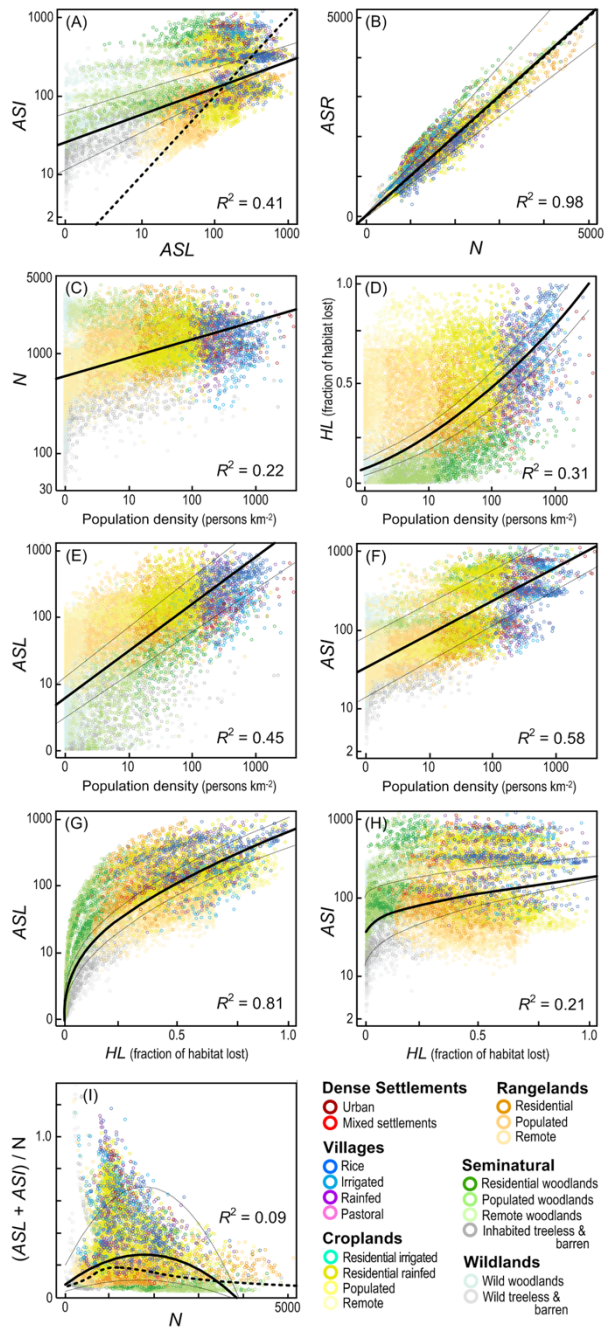


Figura 23 - A) Relaciones globales entre pérdida de especies antropogénicas (ASL) y de aumento (ASI)
 B) riqueza de especies antropogénicas (ASR) y nativas (N)
 C) N y densidad de población
 D) Pérdida de hábitat (HL; fracción de hábitat perdido por el uso de la tierra) y densidad de población,
 E) ASL y densidad de población
 F) ASI y densidad de población
 G) ASL y HL
 H) ASI y HL.

2.4.6. Conclusiones de estado del arte

El análisis del estado del arte brinda gran amplitud sobre cómo se han implementado investigaciones con enfoques de índoles similares al estudio en curso. Como parte de los hallazgos se denota la implementación de varios gráficos para mostrar e interpretar la información de la manera más clara posible. Las investigaciones varían entre distintas visualizaciones de un mismo gráfico o bien parten de la implementación de gráficos completamente distintos. Entre los gráficos que más se destacan se encuentran la utilización de mapas para representar las zonas de manera geográfica, y que, además se implementan mediante visualizaciones de densidad para representar de manera gradual la información a mostrar. Así mismo, se destaca el diagrama de dispersión que apoya a interpretar las fluctuaciones de los datos con relación a sus variables. En la mayoría de los estudios se muestran más de dos visualizaciones de mapas, con variaciones ya sea de los datos o propiamente la visualización. Se denota una clara utilización de la cromática para la representación de datos según la proporción, datos categóricos como los nombres de algún área o sector y para agrupaciones como el tiempo, más específicamente los años. Esto aporta a que la comparación de la información pueda ser más clara.

2.5. Análisis de referenciales

Se realizó un análisis de referenciales con e objetivo de analizar las mejores prácticas y usos de los elementos de los gráficos, para contemplar los hayazgos e implementarlos en la visualización.

2.5.1. “The point of no return”

Como primer ejemplo, se tiene una visualización que pretende mostrar cómo el mundo se adapta al cambio climático. Esta utiliza datos de tipo categóricos como los países, fondos de adaptación y numéricos como cantidad de contribución. Utiliza un paradigma de Relación - redes, y muestra un gráfico de diagrama de cuerdas. En su jerarquía a mayor cantidad de inversión, mayor grosor de la "cuerda" que enlaza los elementos. En cromática, utiliza un color primario para el realce de las relaciones a mostrar y uno secundario como indicador de las demás relaciones. Y en su interacción al dar clic sobre alguno de los datos, tanto país como fondo, se genera realce mediante el cambio de color de las relaciones del seleccionado.

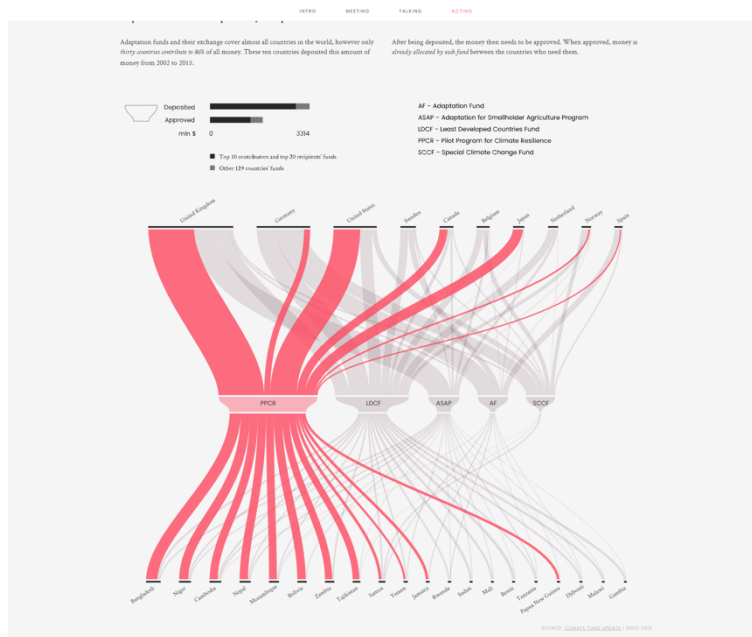


Figura 24 - Gráfico de diagrama de cuerdas (The point of no return)

Con respecto a su distribución y jerarquía

- A mayor cantidad de inversión, mayor grosor de la "cuerda" que enlaza los elementos.
- Los países y fondos se muestran de mayor inversión a menor inversión, de izquierda a derecha y arriba abajo.
- Jerarquía de elementos según proporciones:
 1. Relaciones de gráfico realzado (Razón: cromática y contraste)
 2. Relaciones no realzadas de gráfico (Razón: dimensiones)
 3. Indicadores y nomenclatura

Cromática:

Bitono, utiliza un color primario para el realce de las relaciones para mostrar y uno secundario como indicador de las demás relaciones.

Interacción:

Al dar clic sobre alguno de los datos, tanto país como fondo, se genera realce mediante el cambio de color de las relaciones del seleccionado.

Pros:

- Claras distribución de relaciones
- Facilidad de lectura debido a la organización según cantidad de inversión

Cons:

- Es difícil diferenciar la relación de todos los datos al estar siempre bajo énfasis (debe existir interacción)
- Cifra no se ve en detalle

2.5.2. Riesgo de afectación climática

Como segundo referencial, se tiene una visualización que pretende mostrar los países con más riesgo de afectación del cambio climático, su proporción de población y relación con demás países. Esta utiliza datos de tipo categóricos como los países, y numéricos como cantidad de población o índice de vulnerabilidad. Utiliza un paradigma de Atributo – sin jerarquía, y muestra un gráfico de burbujas. En su jerarquía, a mayor cantidad de población, mayor diámetro del círculo. En cromática, un color representa cada continente y el fondo muestra tres colores, los cuales representan el nivel de vulnerabilidad. Y en su interacción al dar clic sobre alguno de los continentes, se genera realce mediante el cambio de color de los demás continentes excepto por el seleccionado.

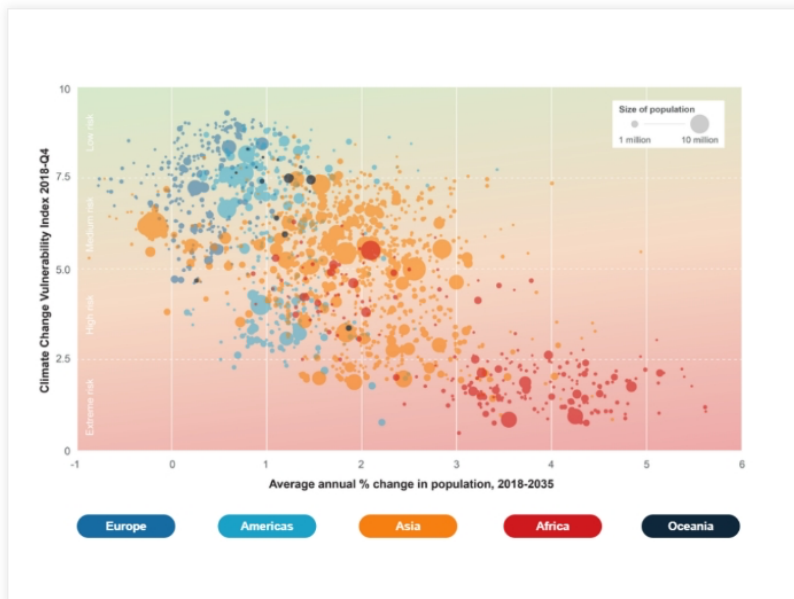


Figura 25 - Gráfico de burbujas (Riesgo de afectación climática)

Distribución y jerarquía:

- Jerarquía de elementos según proporciones:
 1. Aglomeración de burbujas
 2. Fondo del gráfico
 3. Indicadores y nomenclatura
- A mayor cantidad de población, mayor diámetro del círculo.

- Los países se muestran de menor porcentaje de cambio en población, de izquierda a derecha y su vulnerabilidad de abajo hacia arriba.

Cromática:

- Un color por cada continente.
- El fondo muestra tres colores, los cuales representan el nivel de vulnerabilidad.

Interacción:

Al dar clic sobre alguno de los continentes, se genera realce mediante el cambio de color de los demás continentes excepto por el seleccionado.

Pros:

- Es posible filtrar según continente seleccionado.
- Los colores del fondo ayudan a clarificar los niveles de vulnerabilidad de los países.

Cons:

- No es posible realizar una comparación entre países de un mismo continente.
- El contraste entre el fondo y los círculos no siempre es el apropiado.

2.5.3. 10 principales emisores

Esta visualización pretende mostrar los principales países emisores de gases de efecto invernadero del mundo y sus respectivas áreas de emisiones. Esta utiliza datos de tipo categóricos como los países, áreas de emisión y numéricos como cantidad de emisiones según área. Utiliza un paradigma de Atributo – Jerarquía, y muestra un gráfico de diagrama de rayos de sol. En su jerarquía, a mayor cantidad de emisiones, mayor la proporción del país y/o área de emisión, y los países y áreas de emisión se muestra de mayor a menor emisión según las agujas del reloj. En cromática, la luminosidad de los colores aumenta a medida que las emisiones son menores en las áreas de emisión. Y en su interacción, al dar clic sobre alguno de los datos, tanto país como área de emisión, se genera realce al ocultar todos los demás elementos y mostrar únicamente el seleccionado y su subordinado.

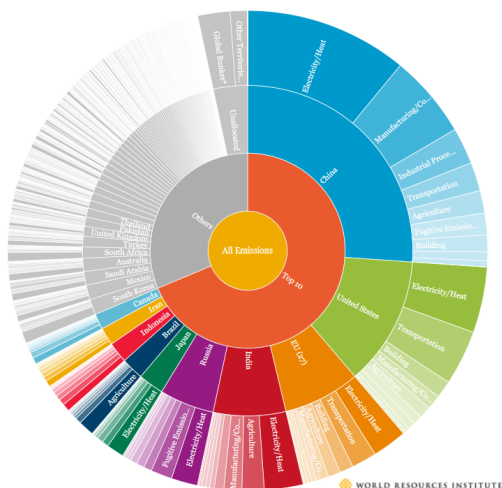


Figura 26 - Gráfico diagrama de rayos de sol (10 Principales emisores)

Distribución y jerarquía:

- Jerarquía de elementos según proporciones:
 1. Top 10 países
 2. Resto de los países (gris)
 3. Primero país, luego área de emisión.
- A mayor cantidad de emisiones, mayor la proporción del país y/o área de emisión.
- Los países y áreas de emisión se muestran de mayor a menor emisión según las agujas del reloj.

Cromática:

- Un color por país.
- Países que no forman parte del top 10 mantienen el mismo color.
- La luminosidad de los colores aumenta a medida que las emisiones son menores en las áreas de emisión.

Interacción:

Al dar clic sobre alguno de los datos, tanto país como área de emisión, se genera realce al ocultar todos los demás elementos y mostrar únicamente el seleccionado y sus subordinados (de tener).

Pros:

- Posibilidad de enfatizar emisiones por país.

Cons:

- La alta luminosidad de algunas áreas de emisión puede generar bajo contraste e incurrir en poca legibilidad.
- El posicionamiento de los textos es de difícil legibilidad.
- La lupa en el centro no es intuitiva que indica volver al anterior.
- Dificultad para diferenciar países que no forman parte del Top 10 por su color monocromático.

2.5.4. Población en Manhattan

Se tiene una visualización que pretende Mostrar la saturación de la población de Manhattan Nueva York, por bloque, según el día y la hora. Esta utiliza datos de tipo Categóricos como los Distritos y Áreas de emisión, Numéricos como Cantidad de población y de Fechas como el Día y la hora. Utiliza un paradigma de Tiempo - No Jerárquico, y muestra un gráfico de mapa tanto de barras como corpoletos. En su jerarquía, a mayor cantidad de población, mayor la altura de la barra en el bloque. En cromática, muestra colores cálidos para representar aglomeración de población. Y en su interacción se pueden seleccionar distritos para obtener mayor detalle de este, es posible seleccionar el día y la hora, además de contar con la posibilidad realizar acercamiento sobre el mapa.

Distribución y jerarquía:

- Jerarquía de elementos según proporciones:
 1. Barras por bloque en Manhattan
 2. Resto del mapa
 3. Indicadores y seleccionables
- A mayor cantidad de población, mayor la altura de la barra en el bloque.



Figura 27 - Gráfico de mapa de barras (Población en Manhattan)

Cromática:

- Utiliza una paleta de análogos desde el verde al rojo para representar intensidad de población.
- Muestra colores cálidos para representar aglomeración de población.
- El mapa se muestra como monocromático gris para no tomar atención.

Interacción:

- Es posible intercambiar entre gráficos.
- Se pueden seleccionar distritos para obtener mayor detalle.
- Es posible seleccionar el día y la hora.
- Es posible ocultar o mostrar los datos según distrito.
- Cuenta con un navegador de "Historia" que guía al usuario.
- Cuenta con la posibilidad de realizar acercamiento sobre el mapa.

Pros:

- Posibilidad de enfatizar por distritos.
- Datos se muestran utilizando tanto dimensión como cromática (muy claro).
- Acercamiento aporta a la legibilidad.
- Es posible representar los datos de manera global como detallada.

Cons:

- Las barras de cada bloque no muestran su valor.
- Al cambiar de visualización, también cambia la nomenclatura y cromática por lo que podría confundir a los usuarios.

2.5.5. Fuentes de energía de EEUU

Para este caso, visualización pretende mostrar las fuentes de energía de EEUU, su tipo y cantidad. Esta utiliza datos de tipo Categóricos como los Estados y Tipo de energía, así como Numéricos, como la Capacidad de energía, Latitud y longitud. Utiliza un paradigma de ubicación - No Jerárquico, y muestra un gráfico de mapa de burbujas. En su jerarquía a mayor cantidad de capacidad, mayor el diámetro de los círculos, y cada círculo se ubica según sus valores de latitud y longitud. En cromática - Utiliza alrededor de 12 colores, uno por cada tipo de energía. Todos los colores presentan opacidad para visualizar sobreposiciones y contiene 3 tipos de mapas que cambian en su cromática. Y en su interacción Es posible navegar en el gráfico y realizar acercamientos, al posicionarse sobre una burbuja esta muestra su información correspondiente. Además, es posible seleccionar el tipo de mapa, tipo de energía y estado a visualizar.

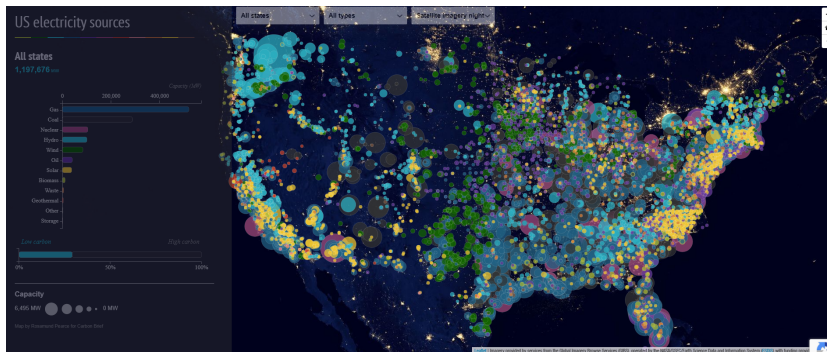


Figura 28 - Gráfico de mapa de burbujas (Fuentes de energía en EEUU)

Distribución y jerarquía:

- Jerarquía de elementos según proporciones:
 1. Aglomerado de burbujas en el mapa
 2. Mapa
 3. Indicadores y seleccionables
- A mayor cantidad de capacidad, mayor el diámetro de los círculos
- Cada círculo se ubica según sus valores de latitud y longitud.

Cromática:

- Utiliza alrededor de 12 colores, uno por cada tipo de energía.
- Todos los colores presentan opacidad para visualizar sobreposiciones.
- Contiene 3 tipos de mapas que cambian en su cromática.

Interacción:

Es posible navegar en el gráfico y realizar acercamientos. Al posicionarse sobre una burbuja, esta muestra su información correspondiente.

Es posible seleccionar el tipo de mapa, tipo de energía y estado a visualizar.

Pros:

- Posibilidad de enfatizar según región y tipo de energía.
- Es posible representar los datos de manera global como detallada.
- Acercamiento aporta a la legibilidad.
- Muestra información de las burbujas al posicionarse sobre una.
- Posibilidad de cambiar el tipo de mapa para lograr un mejor contraste.

Cons:

- Sería bueno poder dar clic en una burbuja y que mantenga abierta la información.
- En ocasiones la legibilidad puede verse perjudicada por la cromática, opacidad o aglomeración de información.

2.5.6. Migración neta de país a país

Para el último caso, la visualización pretende Mostrar la migración de población entre países, tanto como emigrantes e inmigrantes. Esta utiliza datos de tipo Categóricos como el país, así como Numéricos, como la cantidad de migración neta. Utiliza un paradigma de ubicación - Jerárquico, y muestra un gráfico de mapa de conexiones. En su jerarquía a mayor cantidad de migración (indiferente de si es emigrante o inmigrante), mayor el diámetro de los círculos y cada círculo se ubica según país. En cromática Utiliza dos colores (azul y rojo) para representar si el país posee más inmigrantes (azul) o emigrantes (rojo), además Las conexiones entre países se representan por medio del color amarillo. Y en su interacción Las conexiones entre países están formadas por pequeños puntos que viajan en dirección a los países con mayor inmigrantes que emigrantes y las burbujas cambian su tamaño dependiendo del elemento seleccionado para representar el valor en relación al país seleccionado.

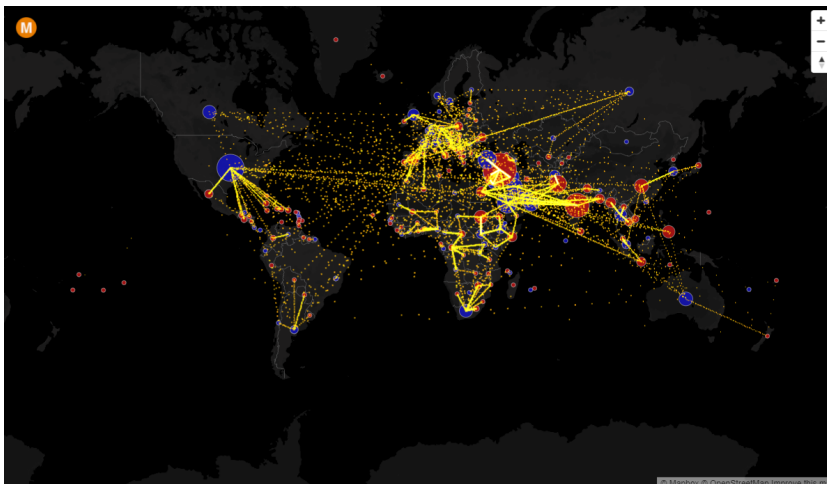


Figura 29 - Gráfico de mapa de conexiones (Migración neta de país a país)

Distribución y jerarquía:

- Jerarquía de elementos según proporciones:
 1. Conexiones entre países
 2. Mapa
 3. Burbujas en el mapa

- A mayor cantidad de migración (indiferente de si es emigrante o inmigrante), mayor el diámetro de los círculos.
- Cada círculo se ubica según país.

Cromática:

- Utiliza dos colores (azul y rojo) para representar si el país posee más inmigrantes (azul) o emigrantes (rojo).
- Las conexiones entre países se representan por medio del color amarillo.
- El mapa utiliza baja luminosidad y es monocromático de gris para aportar al contraste.

Interacción:

- Las conexiones entre países están formadas por pequeños puntos que viajan en dirección a los países con mayores inmigrantes que emigrantes.
- La proximidad entre puntos de una conexión representa la cantidad de migrantes con relación a las demás conexiones.
- Al posicionarse sobre una burbuja, esta muestra los resultados de migración
- Al dar clic sobre una burbuja, esta muestra únicamente las conexiones de esta.
- Las burbujas cambian su tamaño dependiendo del elemento seleccionado para representar el valor en relación con el país seleccionado.

Pros:

- Es posible representar los datos de manera global como detallada.
- Acercamiento aporta a la legibilidad.
- Muestra información de las burbujas al posicionarse sobre una.
- Al seleccionar una burbuja las demás adaptan su tamaño según su relación con la seleccionada.

Cons:

- Sería bueno poder dar clic en una burbuja y que mantenga abierta la información.
- En ocasiones la legibilidad puede verse perjudicada por la aglomeración de información.
- No cuenta con indicadores o nomenclatura.

2.5.7. Conclusiones del análisis de referenciales

Es primordial para la visualización poder diferenciar los datos a mostrar por medio de la cromática. Si bien es cierto, unas de las visualizaciones enfatizan en paletas monocromáticas o bitonos y otras en una mayor gama de colores, todas comparten la esencia de diferenciar la información mediante el uso de los colores.

La jerarquía importa, y los resultados nos muestran que todas las visualizaciones adaptan las proporciones de los elementos en ellas según la información que representen, por lo que existe certeza que las dimensiones de los elementos dentro de la visualización toman gran partida sobre la misma.

La interacción de los elementos de las visualizaciones varía bastante según el objetivo de esta, pero está presente en la mayoría de las muestras analizadas. Por lo que es clave poder implementarla para realizar énfasis sobre la información a mostrar y lograr una navegación ordenada y orientada de los datos a mostrar. La navegación en tiempo, comparar datos entre ellos y generar énfasis en datos específicos, forman parte de las posibles interacciones que aplicarían para la visualización.

La información para mostrar es importante, tanto como la manera de interpretarla, por lo que se deben mostrar indicadores claros de cómo poder interpretar la información de manera correcta.

En los gráficos analizados, ninguno de los anteriores cumple con la exposición directa de datos, lo que muestra un indicio, que, por motivos de legibilidad y orden, estos se mantienen ocultos, sin embargo, se plantea poder mostrarlos por medio de interacción y que estos puedan permanecer disponibles por el periodo de tiempo necesario para mostrar al usuario final de la visualización.

Las animaciones no son requisito para mostrar información, pero sirven como atractivo que incentiva el uso de la visualización y en ocasiones para interpretación de los datos, por lo que se contemplarán para la implementación si no existiese un factor delimitador

como el tiempo de carga de la herramienta, o
interferencia o distracción con la interpretación de datos.

	A	B	C	D	E	F	
Posibilidad de comparar datos			●				1
Representación de información en el tiempo		●		●			2
Cromática como diferenciador de datos	●	●	●	●	●	●	6
Interacción como enfoque contextual [Focus context ¹⁰]	●	●	●		●	●	5
Proporción como jerarquización de elementos	●	●	●	●	●	●	6
Obligatoriedad de interacción para mostrar resultados					●		1
Presencia de animaciones	●	●				●	3
Indicadores para uso		●	●				2
Indicadores informativos (nomenclatura, etc)		●	●	●	●		4
Datos expuestos [sin interacción]							0

Tabla 2 - Resultados de análisis de referenciales

3. Marco Metodológico



Figura 30 - Etapas de metodología propuesta

3.1. Investigación

Selección del tema

Se realizó una investigación sobre de un tema, preferiblemente que abarque una necesidad actual o de interés hacia algún tipo de persona, entidad u organización. Se determinó la escogencia del tema de la recolección de muestras del Museo Nacional de Costa Rica

Investigación

Se realizó una investigación acerca del tema elegido, con la finalidad de poder conocer acerca de estudios pasados, posibles problemáticas e investigaciones afines que conlleven a mayor profundidad acerca del mismo.

Identificación del dominio

Según la investigación del paso anterior, se identificaron a los usuarios claves, de tal manera que se logró conocer qué tipo de información manejan, cómo estos interactúan

con esta información, entender sus necesidades, cuáles son sus experiencias y el conocimiento que estos tienen acerca del tema.

Definición del problema

A partir de la información recabada en la investigación y por parte del dominio es posible entender cuáles son los puntos de dolor que presentan estos ante la información con la que interactúan y si estos mismos aspectos se han presentado en investigaciones o estudios previos.

Recolección de datos

Se obtuvieron los datos con la finalidad de poder analizar y entender de mejor manera la problemática y la forma en como estos pueden ser utilizados para dar solución a través de una visualización de datos.

Agrupación de los datos

A través de la observación de la base de datos se formaron agrupaciones entre mismos "tipos" de datos por medio de clasificaciones, de tal forma que la interpretación de estos y las relaciones a formar en pasos siguientes se facilite.

Análisis de relaciones entre los datos

Con los datos recolectados se realiza una distribución de estos, según su tipo y relación. La intención fue poder encontrar relaciones entre los datos que sirvan para dar solución a los problemas de investigación planteados, de manera que permitan profundizar en el tema y formar los cimientos de la visualización.

Preguntas objetivo

Se plantearon posibles preguntas de las cuales se deben poder obtener respuestas a través de la visualización de datos. Estas preguntas pretenden responder aspectos claves que se deseen conocer a partir de las necesidades planteadas por el dominio. Se establece una pregunta objetivo y preguntas objetivo secundarias a partir de las relaciones de datos.

3.1. Ejecución

"Data cleaning"

Consistió en un análisis para la depuración de datos, en donde estos se limpian y organizan para ser utilizados en el desarrollo de la visualización.

Análisis y selección del paradigma

Se realizó un análisis acerca de los posibles paradigmas a implementar en la visualización, según los datos que se tengan y las preguntas objetivo planteadas, de tal forma que la visualización pueda responder a todas las preguntas objetivo planteadas y así dar respuesta a la necesidad y el problema.

Propuesta de implementación

Se elaboró una visualización de los datos según el paradigma seleccionado, utilizando alguna herramienta que se encuentre en el mercado, o bien por medio de librerías de código.

Validación de la propuesta

Se realizó una validación con los usuarios (preferiblemente el dominio) sobre la funcionalidad de la visualización la factibilidad de respuesta con relación a las preguntas objetivo, también observando los casos de uso, de tal manera que se puedan realizar optimizaciones sobre la misma.

4. Desarrollo de la herramienta de visualización de datos

4.1. Definición del dominio

Se realizaron diversas entrevistas a personas expertas en el dominio del tema las cuales interactúan diariamente con las bases de datos, de tal forma que se puedan recabar detalles acerca de los mismos y entender el comportamiento de estas con los datos (ver Apéndice A).

La primera entrevista se realizó a Silvia Lobo Cabezas, ella desempeña como bióloga del Museo Nacional de Costa Rica, es curadora e investigadora del Herbario Nacional, coordinadora del programa de especímenes Tipo del departamento de Historia Natural y autora de varios artículos científicos. Como parte de sus motivaciones, ella vela por el manejo y conservación de los especímenes Tipo y de la investigación de las taxonomías y ecología de las gramíneas. Parte de sus necesidades recaen en conocer aspectos relacionados con la taxonomía y distribución geográfica de las especies. Ella utiliza los datos para generar información referente a biodiversidad de las plantas y estudios de distribución de estas. Considera que, en ocasiones, lidiar con los datos puede ser complicado debido a que estos son crudos, muy numerosos y se deben utilizar herramientas para manipularlos. Considera que una visualización podría apoyar en ver resultados globales, conocer el registro de especies de manera ágil, y se le facilitaría recabar información para futuras investigaciones.

La segunda entrevista se realizó a Armando Ruiz Boyer, él desempeña como curador de colecciones de hongos del Herbario Nacional. Es miembro de la Asociación Latinoamericana de Micología y autor de diversos artículos científicos. Como parte de sus motivaciones, se destaca por velar por el manejo y conservación de los especímenes de hongos e investigar la taxonomía y ecología de hongos poliporoides. Parte de su necesidad

recae en conocer aspectos relacionados con la taxonomía y distribución geográfica de las especies de hongos. Él utiliza los datos como fuente de información para registros y preservación de información recolectada. Considera que sufre complicaciones en cuanto al análisis de información por la incongruencia de los datos o bien que la información no se encuentra suministrada correctamente. Considera que una visualización sería determinante para poder plasmar estrategias de recolección basadas en datos diferenciadores como taxonomías y atributos de las muestras, no solamente por localidad geográfica.

A partir de las entrevistas se identifican las necesidades mostradas en la tabla a continuación.

1	Visualizar la distribución de las muestras
2	Conocer las potenciales áreas de recolección
3	Conocer el tipo de muestras (según taxonomía)
4	Identificar la cantidad de muestras
5	Mostrar información y atributos de muestras

Tabla 3 - Tabla de necesidades de usuarios

4.2. Recopilación de datos

El Museo Nacional de Costa Rica cuenta con una base de información que puede ser aplicada en la toma de decisiones para el análisis de las especies, su manejo, sostenibilidad y la conservación de estas.

Se cuentan con dos sets de datos, uno interno y uno externo o público, que se obtiene del sitio web del museo nacional de Costa Rica, los cuales cuentan con más de 4 millones de ejemplares digitalizados, en donde al rededor de 500 000 pertenecen a información de especies de plantas a partir del año 1842.

Num. Catálogo	Num. Catálogo	Reino	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Rango taxonómico	Recolector	Número de recolecta	Acompañantes	Fecha inicio recolección
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
numero_mncr	numero_catalogo	reino	division_filo	clase	orden	familia	genero	especie	rango_taxonomico	recolector_principal	numero_de_recolecta	recolectores_companiantes	fecha_inicio_recoleccion
1	CR1	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Fabales	Fabaceae	Zornia	Zornia diphylla	Especie	Pittier, Henri Francois	1 H. Pittier		1887-12-12T00:00:00Z
2	CR10	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Myrtales	Melastomataceae	Pterolepis	Pterolepis pumila	Especie	Pittier, Henri Francois	10 H. Pittier		1888-12-12T00:00:00Z
4	CR100	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Lamiales	Gesneriaceae	Columnnea	Columnnea querezi	Especie	Pittier, Henri Francois	100 H. Pittier		1888-02-01T00:00:00Z
5	CR1000	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Lamiales	Verbenaceae	Stachytarpheta	Stachytarpheta Franzii	Especie	Bridley, Paul	1000 D. Bridley		1888-04-01T00:00:00Z
7	CR10000	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Myrtales	Myrtaceae	Myrcia	Myrcia splendens	Especie	Hernández, Ricardo	840323-35	J. Sánchez, R. Rueda	1896-04-02T00:00:00Z
8	CR10001	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Rubiales	Rubiaceae	Spermacoce	Spermacoce prostrata	Especie	Rueda, Ricardo	840323-28	J. Sánchez, R. Rueda	1984-03-23T00:00:00Z
9	CR10002	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Asterales	Asteraceae	Fleischmannia	Fleischmannia pratensis	Especie	Hernández, Ricardo	840323-26	J. Sánchez, R. Rueda	1984-03-23T00:00:00Z
10	CR10003	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Asterales	Asteraceae	Piptocarpha	Piptocarpha poeppigiana	Especie	Liesner, Ronald L.	14131 R. Liesner		1983-04-09T00:00:00Z
11	CR10004	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Rosales	Rhamnaceae	Colubrina	Colubrina spinosa	Especie	Liesner, Ronald L.	14125 R. Liesner		1983-04-09T00:00:00Z
12	CR10005	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Fabales	Polypodiaceae	Moninia	Moninia parasyllatica	Especie	Hernández, Ricardo	840323-22	J. Sánchez, R. Rueda	1984-03-23T00:00:00Z
13	CR10006	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Rosales	Urticaceae	Pheonax	Pheonax sonnerati	Especie	Liesner, Ronald L.	14130 R. Liesner		1983-04-09T00:00:00Z
14	CR10007	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Asterales	Asteraceae	Lepidoploa	Lepidoploa canescens	Especie	Hernández, Ricardo	840323-19	J. Sánchez, R. Rueda	1984-03-23T00:00:00Z
15	CR10008	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Rubiales	Rubiaceae	Chomelia	Chomelia recordii	Especie	Liesner, Ronald L.	14133 R. Liesner		1983-04-09T00:00:00Z
16	CR10009	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Malpighiales	Euphorbiaceae	Acidolton	Acidolton nisaragemsii	Especie	Liesner, Ronald L.	14128 R. Liesner		1983-04-09T00:00:00Z
17	CR1001	Plantae	Spermatophyta	Magnoliidae	Piperales	Piperaceae	Piper	Piper arboreum	Especie	Tonduz, Adolphe	10001 A. Tonduz		1896-05-01T00:00:00Z
18	CR10020	Plantae	Spermatophyta	Monocotyledoneae	Arecalae	Arecaceae	Secomna	Secomna congesta	Especie	Liesner, Ronald L.	14140 R. Liesner		1983-04-09T00:00:00Z
19	CR10011	Plantae	Spermatophyta	Monocotyledoneae	Poales	Cyperaceae	Rhynchospora	Rhynchospora hieronymi	Especie	Liesner, Ronald L.	14603 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
20	CR10012	Plantae	Spermatophyta	Monocotyledoneae	Poales	Cyperaceae	Carex	Carex hamata	Especie	Liesner, Ronald L.	14603 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
21	CR10013	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Malvales	Malvaceae	Pavonia	Pavonia peruviana	Especie	Liesner, Ronald L.	14605 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
22	CR10014	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Rubiales	Rubiaceae	Palcourea	Palcourea padifolia	Especie	Liesner, Ronald L.	14578 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
23	CR10015	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Rubiales	Rubiaceae	Cuphea	Cuphea appendiculata	Especie	Liesner, Ronald L.	14579 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
24	CR10016	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Ericales	Primulaceae	Myrsine	Myrsine cortices	Especie	Liesner, Ronald L.	14575 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
25	CR10017	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Myrtales	Melastomataceae	Miconia	Miconia rotunda	Especie	Liesner, Ronald L.	14574 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
26	CR10018	Plantae	Moniliophyta	Filicopsida	Polypodiaceae	Microgramma	Microgramma lycopodioides	Especie	Liesner, Ronald L.	14574 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z	
27	CR10019	Plantae	Spermatophyta	Magnoliidae	Piperales	Piperaceae	Piper	Piper hispidum	Especie	Liesner, Ronald L.	14582 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
28	CR10020	Plantae	Spermatophyta	Magnoliidae	Piperales	Piperaceae	Piper	Piper zaccabense	Especie	Tonduz, Adolphe	10001 A. Tonduz		1896-05-01T00:00:00Z
29	CR10020	Plantae	Spermatophyta	Monocotyledoneae	Zingiberales	Heliconiaceae	Heliconia	Heliconia irrasa	Especie	Liesner, Ronald L.	14580 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
30	CR10021	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Solanales	Solanaceae	Cestrum	Cestrum	Genero	Liesner, Ronald L.	14579 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
31	CR10022	Plantae	Spermatophyta	Monocotyledoneae	Alismatales	Araceae	Anthurium	Anthurium microspadix	Especie	Liesner, Ronald L.	14581 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
32	CR10023	Plantae	Spermatophyta	Eudicotyledoneae	Rubiales	Rubiaceae	Hoffmannia	Hoffmannia congesta	Especie	Liesner, Ronald L.	14583 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z
33	CR10024	Plantae	Spermatophyta	Magnoliidae	Piperales	Piperaceae	Piper	Piper terabanum	Especie	Liesner, Ronald L.	14584 R. Liesner, E. Judziwicz		1983-04-21T00:00:00Z

Tabla 4 - Base de datos pública, reino Plantae Museo Nacional de Costa Rica

Este set de datos públicos contiene la información correspondiente a los registros del museo nacional en cuanto al reino Plantae. En este se destacan los datos de Familia, género, especie, fecha de recolección inicial y final, latitud, longitud, país, provincia, cantón, distrito, vertiente, elevación mínima y máxima y muchos más.

Fecha final recolección	Identificador	Fecha identificación	País	Provincia, cantón, distrito			Latitud	Longitud	Localidad	Área protegida	Vertiente	Elevación mínima y máxima		Notas	
				D	F	S						U	V		X
fecha_final_recoleccion	identificador	fecha_de_identificacion	pais	provincia	canton	distrito	latitud_decimal	longitud_decimal	nombre_de_localidad	descripcion_de_localidad	area_protegida	vertiente	elevacion_minima	elevacion_maxima	notas_campo
1887-12-12T00:00:00Z			Costa Rica	San José	Alajuelita	Alajuelita	9.905337	-84.101725	Environs de Alajuelita.	Environs de Alajuelita.		Pacífico	1100	1100 N.V. trencilla.	
1888-12-12T00:00:00Z		Cogniaux, Cogniaux	Costa Rica	San José	Pavas	Pavas	9.937238	-84.115946	San José.	Pájaros autour de San José.		Pacífico	1200		
1888-02-28T00:00:00Z			Costa Rica	Cartago	La Unión	San Diego	9.885753	-83.980443	La Carpintera.	Forêts de la Carpintera.	ZIP CERROS DE LA	Pacífico			Parasite.
1889-04-30T00:00:00Z		Rueda, Ricardo 1994-01-01T00:00:00Z	Costa Rica	San José	Pavas	Pavas	9.937238	-84.115946	San José.	Environs de San José.		Pacífico			Fls. rose.
1896-04-30T00:00:00Z		D'Arcy, Willia 1975-01-01T00:00:00Z	Costa Rica	Puntarenas	Golfito	Golfito			Bords du rio Corozal, près Bords du rio Corozal, près Santo Domingo de Golfito Dulce	Bords du rio Corozal, près Santo Domingo de Golfito Dulce			7	7	Girimpant.
1984-03-23T00:00:00Z		Sánchez Vind 1984-03-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	Paraíso	Llanos De Sar	9.850957	-83.890253	El Radio, Cartago.	Finca "El Radio" de Radiografía Costarricense Caribe					Arbusto a la orilla de estrato arbust
1984-03-23T00:00:00Z		Taylor, Charlo 2009-07-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	Paraíso	Llanos De Sar	9.850957	-83.890253	El Radio, Cartago.	Finca "El Radio" de Radiografía Costarricense Caribe					Hierba con tallo de sección cuadr
1984-03-23T00:00:00Z		Rodriguez González 2018-06-27T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	Paraíso	Llanos De Sar	9.850957	-83.890253	El Radio, Cartago.	Finca "El Radio" de Radiografía Costarricense Caribe					Compuesta, con flores violeta. Exp
1983-04-09T00:00:00Z		Grayum, Mitch 1990-10-01T00:00:00Z	Costa Rica	Alajuela	San Carlos	Florencia	10.466667	-84.5	4 km W of Muelle de Sar 22 km NE of Quesada by air, 4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary fr 12 m shrub.	4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary fr 12 m shrub.					
1983-04-09T00:00:00Z		Grayum, Mitch 1990-10-01T00:00:00Z	Costa Rica	Alajuela	San Carlos	Florencia	10.466667	-84.5	4 km W of Muelle de Sar 22 km NE of Quesada by air, 4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary fr 3 m tree. Fruit green to brown.	4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary fr 3 m tree. Fruit green to brown.					
1984-03-23T00:00:00Z		González, Luis 2006-01-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	Paraíso	Llanos De Sar	9.850957	-83.890253	El Radio, Cartago.	Finca "El Radio" de Radiografía Costarricense Caribe					Arbusto de unos 2 m. Con Flores de
1983-04-09T00:00:00Z		Ruiz-Boyer, Ar 2004-11-01T00:00:00Z	Costa Rica	Alajuela	San Carlos	Florencia	10.466667	-84.5	22 km NE of Quesada by 22 km NE of Quesada by air, 4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary to 30 cm. Herb	22 km NE of Quesada by 22 km NE of Quesada by air, 4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary to 30 cm. Herb					
1984-03-23T00:00:00Z		Rodriguez González 2014-01-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	Paraíso	Llanos De Sar	9.850957	-83.890253	El Radio, Cartago.	Finca "El Radio" de Radiografía Costarricense Caribe					De flores blancas. De unos 2 m de a
1983-04-09T00:00:00Z		Dryer, John D 1984-01-01T00:00:00Z	Costa Rica	Alajuela	San Carlos	Florencia	10.466667	-84.5	4 km W of Muelle de Sar 22 km NE of Quesada by air, 4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary 1.5 m tree. Flowers cream color.	4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary 1.5 m tree. Flowers cream color.					
1983-04-09T00:00:00Z		González Ram 1994-06-01T00:00:00Z	Costa Rica	Alajuela	San Carlos	Florencia	10.466667	-84.5	22 km NE of Quesada by 22 km NE of Quesada by air, 4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary to 1.5 m tall. In colony of 7 plants	22 km NE of Quesada by 22 km NE of Quesada by air, 4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary to 1.5 m tall. In colony of 7 plants					
1896-05-31T00:00:00Z		Burger, William Carl	Costa Rica	Puntarenas	Golfito	Golfito			Sur les bords du rio Corozal sur les bords du rio Corozal, près Santo Domingo de Golfito	Sur les bords du rio Corozal sur les bords du rio Corozal, près Santo Domingo de Golfito			7	7	
1983-04-09T00:00:00Z		Chadon, Robi 1996-06-01T00:00:00Z	Costa Rica	Alajuela	San Carlos	Florencia	10.466667	-84.5	22 km NE of Quesada by 22 km NE of Quesada by air, 4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary 1.5 to 2 m tall. In colony of 7 plants	22 km NE of Quesada by 22 km NE of Quesada by air, 4 km W of Muelle de San Carlos. Disturbed, seasonally dry primary 1.5 to 2 m tall. In colony of 7 plants					
1983-04-21T00:00:00Z		Solano, Daniel 2017-06-06T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. Al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. Al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI			1450	1675	1 m herb.
1983-04-21T00:00:00Z		Hammel, Barn 1999-01-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km S of Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km S of Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI			1450	1675	Flowers white.
1983-04-21T00:00:00Z		Taylor, Charlo 1984-06-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI			1450	1675	3 m shrub. Flowers yellow. Fruit gr
1983-04-21T00:00:00Z		Grayum, Mitch 1990-10-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. Al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. Al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI			1450	1675	1.5 m herb. calyx red at the apex and
1983-04-21T00:00:00Z		Morales Quind 1982-10-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI			1450	1675	3 m tree. Fruit purple-black
1983-04-21T00:00:00Z		Almeida, Franç 1998-01-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km S of Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km S of Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI			1450	1675	2.5 shrub. Fruits green. Pedicels an
1983-04-21T00:00:00Z		Van der Werff, 1984-01-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km S of Cartago by air. Al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km S of Cartago by air. Al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI			1450	1675	Fern. On fr.
1983-04-21T00:00:00Z		Ruiz-Boyer, Ar 2012-02-24T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. Al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. Al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI			1450	1675	1 m shrub.
1896-04-30T00:00:00Z		Kress, W. John 1984-06-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI			1450	1675	1.5 m herb. Bracts red. Flowers yell
1983-04-21T00:00:00Z		Kress, W. John 1984-06-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI			1450	1675	2m. Fruit green purplish-red
1983-04-21T00:00:00Z		Grayum, Mitch 1985-01-01T00:00:00Z	Costa Rica	Cartago	El Guaro	San Isidro	9.766667	-83.95	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. Al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI	ca. 6 km S of Cartago by 10 km SoF Cartago by air. Al ZIP RIO NAVARRO-RIO SOMBI					

Este segundo set de datos interno contiene información similar al de datos público con algunos adicionales de carácter técnico en donde se denota la procedencia y estado de conservación de las especies.

A motivo del estudio y brindar un mejor uso de los datos, estos se agruparon en cuatro grandes categorías, que consisten en parámetros relacionados a la ubicación de recolección de las muestras, como la altitud, longitud y latitud, provincia, cantón y distrito, área protegida y ecosistema como por ejemplo páramo o litoral. Además, se agrupan los términos taxonómicos de las muestras recolectadas, como el reino, filo, clase, orden, familia, género y especie. Se contempla el tiempo en que se recolectaron las muestras, como el año, mes y día, y por último datos de atributos de cada muestra recolectada, como la procedencia, si esta es endémica o introducida, el estado de conservación por ejemplo si están en peligro de extinción, sus usos y la floración.



Figura 31 - Tipos de datos según agrupación establecida

4.3. Relaciones entre los datos

Es posible crear varias relaciones según los grupos asignados y los datos que en ellos se encuentran. La intención con lograr relacionar datos se enfoca en generar premisas que apoyen al entendimiento de lo que se puede lograr en la visualización y formar soporte ante las preguntas objetivo que se deben plantear.

Se realizaron tablas de relación entre las agrupaciones de los datos para representar de mejor manera la información.

Se establece la relación de los datos de latitud, longitud, áreas protegidas y las muestras para poder **determinar la ubicación exacta de las muestras recolectadas en un área determinada.**

	Área protegida	Latitud - Longitud	Elevación	Muestras	Tiempo
Latitud - Longitud	●			●	
Muestras					
Área protegida					
Tiempo					
Elevación					

Tabla 6 - Tabla de relación: Áreas protegidas - Muestras - Latitud y longitud

También, se asocian los datos de muestras con áreas protegidas, para poder comparar distintas familias botánicas en una misma área y así **conocer cuáles son las familias que se deben recolectar en cada área.**

	Área protegida	Latitud - Longitud	Elevación	Muestras	Tiempo
Latitud - Longitud					
Muestras	●			●	
Área protegida					
Tiempo					
Elevación					

Tabla 7 - Tabla de relación: Áreas protegidas - Muestras - Muestras

Además se puede explorar la posibilidad de comparar distintas áreas con muestras de una misma familia para saber **cuál es el área ideal para recolectar muestras de una misma familia.**

	Área protegida	Latitud - Longitud	Elevación	Muestras	Tiempo
Latitud - Longitud					
Muestras					
Área protegida	●			●	
Tiempo					
Elevación					

Tabla 8 - Tabla de relación: Áreas protegidas - Muestras - Área protegida

Poder visualizar el comportamiento de recolección de muestras en un periodo de tiempo determinado para **determinar dónde deben realizar sus próximas recolectas.**

	Área protegida	Latitud - Longitud	Elevación	Muestras	Tiempo
Latitud - Longitud					
Muestras					
Área protegida					
Tiempo		●		●	
Elevación					

Tabla 9 - Tabla de relación: Latitud y Longitud - Muestras - Tiempo

Por último, poder comparar la elevación entre muestras de una misma familia en un área determinada para saber **dónde deben realizar recolectas para dicha familia según su rango de elevación.**

	Área protegida	Latitud - Longitud	Elevación	Muestras	Tiempo
Latitud - Longitud					
Muestras					
Área protegida					
Tiempo					
Elevación			●	●	

Tabla 10 - Tabla de relación: Elevación - Elevación - Muestras

4.4. Preguntas objetivo

Para facilitar la generación de cada una de las preguntas propuestas se partió de las premisas establecidas en las relaciones de los datos. Estas premisas se conformaron en escenarios que el dominio podría presentar para la toma de decisiones. Estos escenarios dan forma a cada una de las preguntas planteadas.

Para el caso de la primer premisa: “Ubicar las muestras recolectadas en un área determinada” se establece el siguiente escenario: “Silvia necesita conocer la ubicación de las muestras recolectadas por tipo de familia botánica en cada área protegida, para saber dónde debe recolectar las familias que se requieran”, de donde nace la pregunta principal:

¿Cuál es distribución de las muestras recolectadas por tipo de familia botánica en un área específica?



Figura 32 - Muestras en un área específica

En caso de la segunda relación, “Comparar muestras de distintas familias, en una misma área” el escenario es el siguiente: “Armando quiere comparar la cantidad de muestras de distintas familias en una misma área protegida, para saber cuáles son las familias que se deben recolectar en cada área”, por lo que nace la pregunta secundaria:

¿Cuál es la familia botánica con la menor o mayor cantidad de muestras recolectadas en un área específica?



Figura 33 - Diversas familias en una misma área

De la misma manera para el caso de la tercer relación “Comparar distintas áreas, con muestras de una misma familia” se establece el escenario: “Silvia necesita poder comparar las muestras de una misma familia en cada área protegida, para saber cuál es el área ideal para recolectar muestras de una familia” y así es posible generar la pregunta:

¿Cuál es el área que tiene mayor o menor cantidad de recolectas de una familia botánica?



Figura 34 - Misma familia en distintas áreas

Para el caso de relación con variables de tiempo, “Visualizar el comportamiento de recolección de muestras en un periodo de tiempo determinado”, se determina el siguiente escenario “Armando quiere conocer el comportamiento de la recolección de muestras en el tiempo, para saber si un área ha tenido una baja o alta demanda de recolectas y así determinar

dónde deben realizar sus próximas recolectas ” de donde nace la pregunta objetivo secundaria:

¿Cuál es el área o la familia botánica con mayor o menor cantidad de recolectas en un periodo determinado?



Figura 35 - Muestras en un periodo determinado

Por último, en la relación Comparar la elevación de muestras de una misma familia se establece el siguiente escenario: “Silvia necesita comparar la elevación entre las muestras de una misma familia botánica, para saber dónde deben realizar recolectas para dicha familia según su rango de elevación” de donde nace la pregunta objetivo secundaria:

¿Cuál es el área o la familia botánica con mayor o menor densidad de muestras por su rango de elevación?



Figura 36 - Mayor aglomeración de muestras por elevación

4.5. Análisis de paradigmas

Se realizó un análisis de paradigmas, con el objetivo de poner en prueba los gráficos con mayor potencial para poder responder ante las preguntas objetivo y basado en los resultados poder elegir el indicado de la visualización.

Como primer gráfico analizado se encuentra el mapa coroplético que consta de una visualización geográfica segmentada por áreas en relación a una variable de datos. Esto proporciona una forma de visualizar valores sobre un área geográfica, que puede mostrar variaciones o patrones en la ubicación visualizada. La variable de datos utiliza la progresión del color para representarse en cada región del mapa. Típicamente, esto puede ser una mezcla de un color a otro, una progresión de matiz único, transparente a opaco, claro a oscuro o un espectro de color entero. Cuenta con buena visualización de la distribución de áreas, es posible una comparación entre áreas debido a que permite un rango mínimo y máximo de datos. Una desventaja del mapa coroplético se debe a que para el caso de este proyecto en particular se limita a la visualización de áreas, además del uso de la cromática, que no se puede leer o comparar con exactitud los valores del mapa.

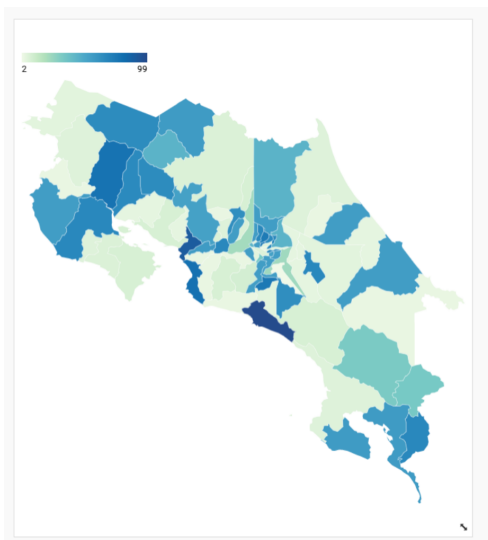


Figura 37 - Mapa coroplético

En el caso del segundo gráfico analizado se tiene el gráfico de burbujas. Estos gráficos utilizan un sistema de coordenadas cartesianas para trazar puntos a lo largo de una cuadrícula donde los ejes X e Y son variables separadas. Los gráficos de burbujas se utilizan normalmente para comparar y mostrar relaciones entre círculos etiquetados o categorizados, mediante el uso de posicionamiento y dimensiones. Mediante este gráfico es posible realizar comparaciones según la jerarquía de los círculos. Sin embargo el gráfico es muy limitado en la cantidad de categorías que pueden ser incorporadas debido a la aglomeración de figuras. Además que este se limita al uso de la cromática como diferenciados de categorías.

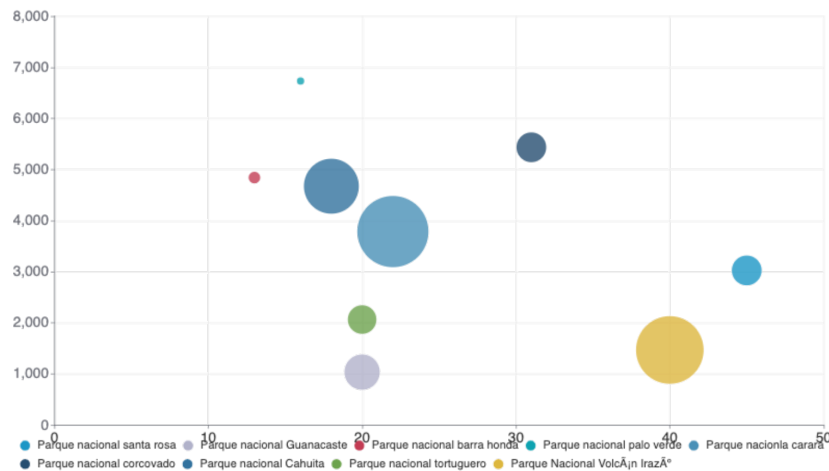


Figura 38 - Gráfico de burbujas

Como tercer gráfico se tiene el mapa de puntos, estos mapas son una forma de detectar patrones espaciales o de distribución, colocando puntos de igual tamaño sobre una región geográfica. Los mapas de puntos son ideales para ver cómo se distribuyen las muestras en una región geográfica y pueden revelar patrones cuando los puntos se agrupan en el mapa. Como desventaja, dependiendo de la cantidad de datos la legibilidad se puede ver comprometida.

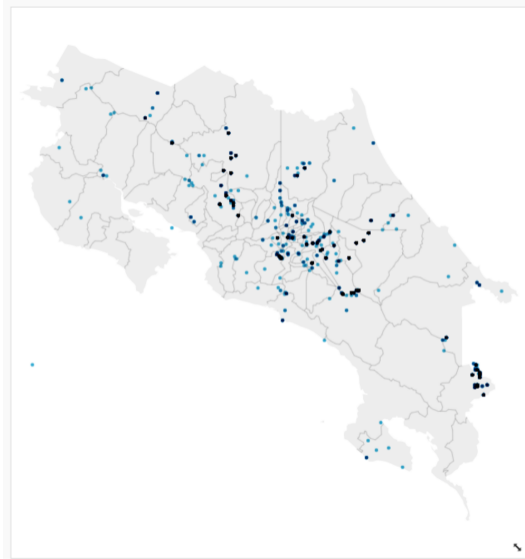


Figura 39 - Mapa de puntos

Para el cuarto caso, se analizó el gráfico de área, estos se utilizan para mostrar el desarrollo de valores cuantitativos a lo largo de un intervalo o período de tiempo. Son comúnmente utilizados para mostrar tendencias, en lugar de transmitir valores específicos. Mediante este es posible generar comparación entre tendencias de recolección por áreas o taxonomía en el tiempo. Sin embargo, si se incorporan muchas categorías de datos, dificulta la lectura del gráfico, además que no es posible referenciar los datos según su ubicación.

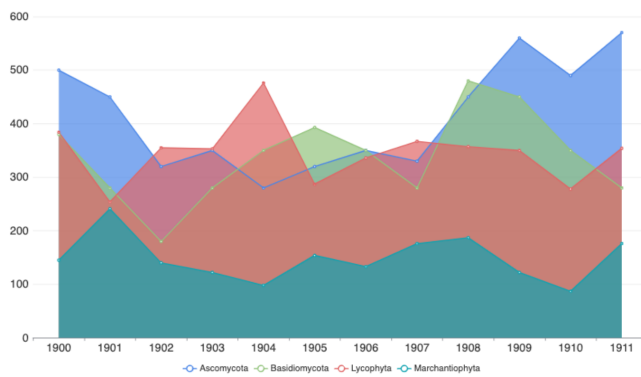


Figura 40 - Gráfico de área

Se analizó también el mapa de burbujas, en donde los círculos se muestran sobre una región geográfica designada con el área del círculo proporcional a su valor en el conjunto de datos. Esos aportan en la comparación de atributos de una misma especie y comparación de información por área, sin embargo, dependiendo de la cantidad de datos, la legibilidad se puede ver comprometida.

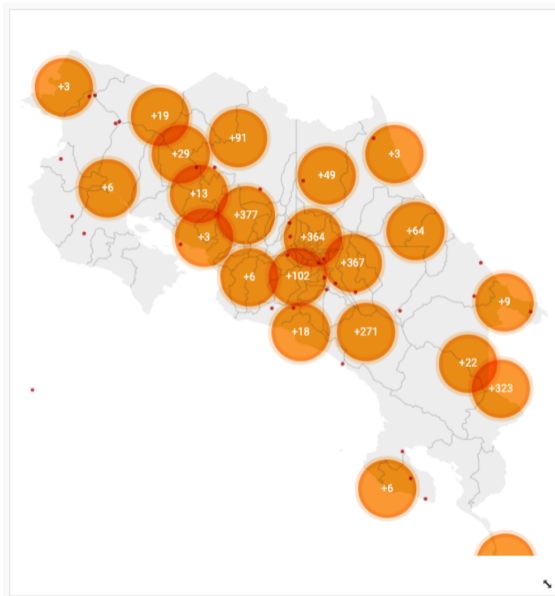


Figura 41 - Gráfico de burbujas

Por último, se exploró el mapa de densidad o mejor conocido como mapa de calor. Este mapa permite la clara visualización de la aglomeración de muestras por sector. La representación diluída de colores cálidos a fríos representa la aglomeración de las muestras y los sectores con mayor y menor proporción. Para que este mapa pueda funcionar correctamente es necesario que el mismo ajuste la proporción de la cromática según el nivel de acercamiento que el usuario esté realizando.

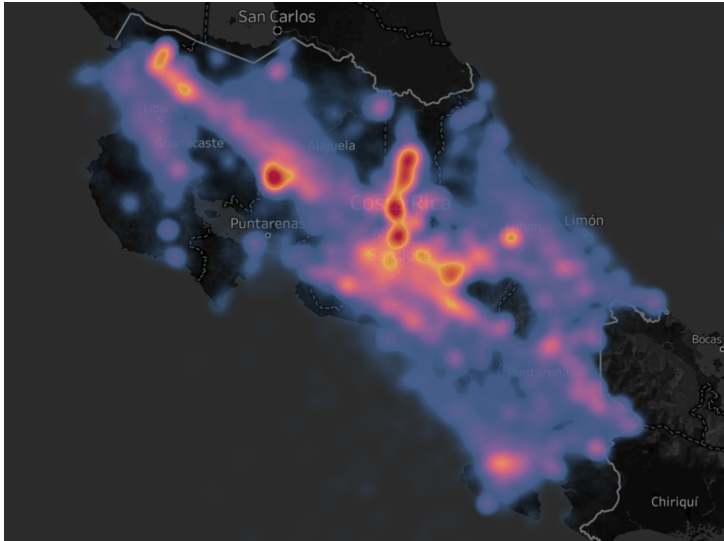

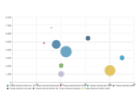






Figura 42 - Mapa de densidad (mapa de calor)

Según el análisis efectuado, se obtienen como resultado que los paradigmas que mayor posibilidad tienen de poder responder la mayoría de preguntas objetivo se basan en visualizaciones de mapas. Esto se debe a que por la naturaleza de los datos y las relaciones que estos tienen, en su mayoría requieren de una ubicación geográfica, por lo que los mapas facilitan la comprensión y aportan en el manejo de los datos. Ahora bien, es importante mencionar que para abarcar toda la información posible, se contemplará una mezcla de los gráficos de los mapas para poder iterar entre estos según la pregunta que se desee contestar, con el fin de proveer al usuario con una visualización en donde pueda obtener la información lo más rápido y veraz posible. Además, se tomará en cuenta todos los hallazgos obtenidos de los referenciales para que sean aplicados en la visualización, tales como el uso de la proporción como jerarquización de elementos, la cromática como diferenciador de datos, la interacción como enfoque contextual, y la implementación de indicadores para facilitar la legibilidad.

Preguntas objetivo						
	Mapa coropletrico	Gráfico de burbujas	Mapa de puntos	Gráfico de área	Mapa de burbuja	Mapa de densidad
1. ¿Cuál es distribución de las muestras recolectadas por tipo de familia botánica en un área específica?	2	0	5	0	3	5
2. ¿Cuál es la familia botánica con la menor o mayor cantidad de muestras recolectadas en un área específica?	3	2	4	2	3	2
3. ¿Cuál es el área que tiene mayor o menor cantidad de recolectas de una familia botánica?	5	3	3	4	4	4
4. ¿Cuál es el área o familia botánica con mayor o menor cantidad de recolectas en un periodo determinado?	4	2	3	1	2	3
5. ¿Cuál es el área o familia botánica con mayor o menor densidad de muestras por su rango de elevación?	4	2	3	2	3	4
Total	18	9	18	9	15	18

Escala: 0 = Muy difícil de responder 5 = Muy fácil de responder

Tabla 11 - Resultados de análisis de paradigmas

4.6. Implementación de la visualización

Para la implementación de la visualización, se desarrolló utilizando la herramienta Tableau, la cual por sus características tecnológicas propicia el manejo abundante de información.

La visualización consta de 3 tipos de gráficos de mapas, el mapa de densidad (o mejor conocido como mapa de calor), el mapa coroplético y el mapa de puntos. Cada uno contiene información clave que asiste a los investigadores en su búsqueda para responder incógnitas que les apoyen a establecer mejores metodologías de recolección. Estos mapas se explicarán más adelante a mayor detalle.

La visualización cuenta con 3 zonas de interactividad que pueden o no variar dependiendo del gráfico que se esté visualizando. La primer zona es la de navegación entre gráficos (A), que radica en la parte inferior de la visualización, con esta los usuarios pueden navegar entre los distintos tipos de mapas. En la posición lateral derecha, se encuentran los filtros (B), con los cuales los usuarios pueden explorar la información que la visualización almacena. Todos los filtros cuentan con un botón de “Limpiar filtros” para que la información se pueda reestablecer a su estado original. Además cuentan con una leyenda informativa acerca del uso de estos. En la parte superior izquierda se encuentran los elementos predefinidos del mapa (C), con los cuales los usuarios pueden interactuar para navegar en el mapa actual. De igual forma, estos pueden utilizar el cursor para arrastrar, acercar o alejar el mapa. Por último, específico al mapa de áreas, en la parte lateral izquierda se encuentra el tabulador por tipos de áreas según provincia, área protegida, cantones y áreas protegidas (D).

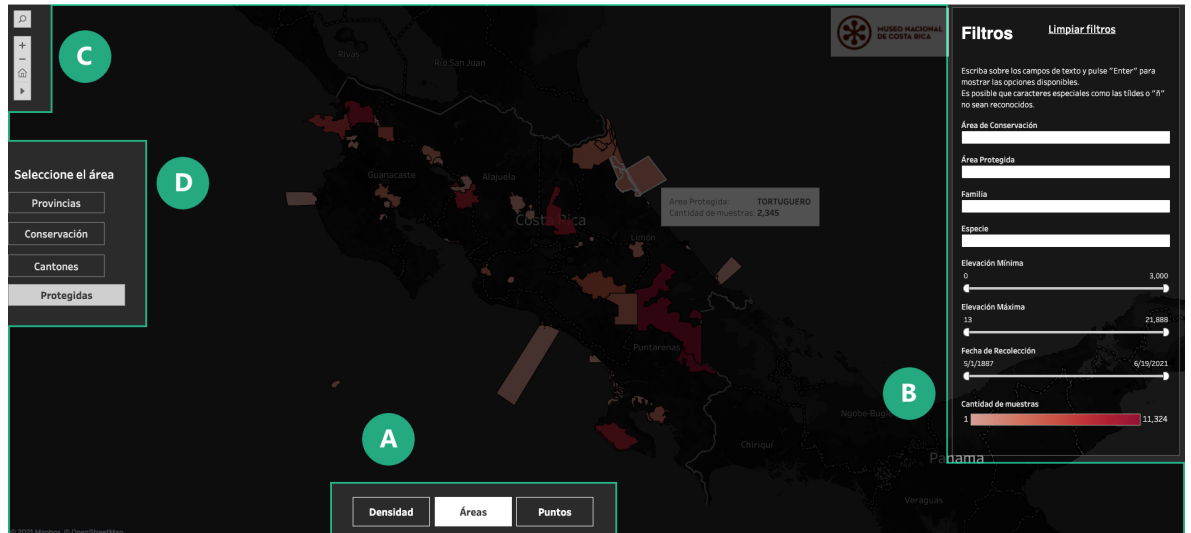


Figura 43 - Elementos de interacción de la visualización

En general, los mapas utiliza una cromática de tonos oscuros para propiciar el contraste de la información a visualizar, tanto en las áreas, los puntos y las divisiones. Todos los mapas cuentan con una especificidad de áreas de referencia para facilitar la orientación de los usuarios.

4.6.1. Mapa de densidad (mapas de calor)

El mapa de densidad es especialmente funcional para determinar cuáles son las áreas en donde más aglomeración de muestras se reportan. Utiliza un contraste entre cromática de fríos y cálidos para representar los sectores con menos y más muestras de manera correspondiente. El gráfico adapta su expansión de la cromática según el nivel de acercamiento que se tenga con el mapa, de tal forma que la información mostrada siempre pueda ser distinguible. Cuenta con filtros de áreas como Provincia y Área protegida, taxonómicos como familia y especie y de atributos como elevación y fecha de recolección.

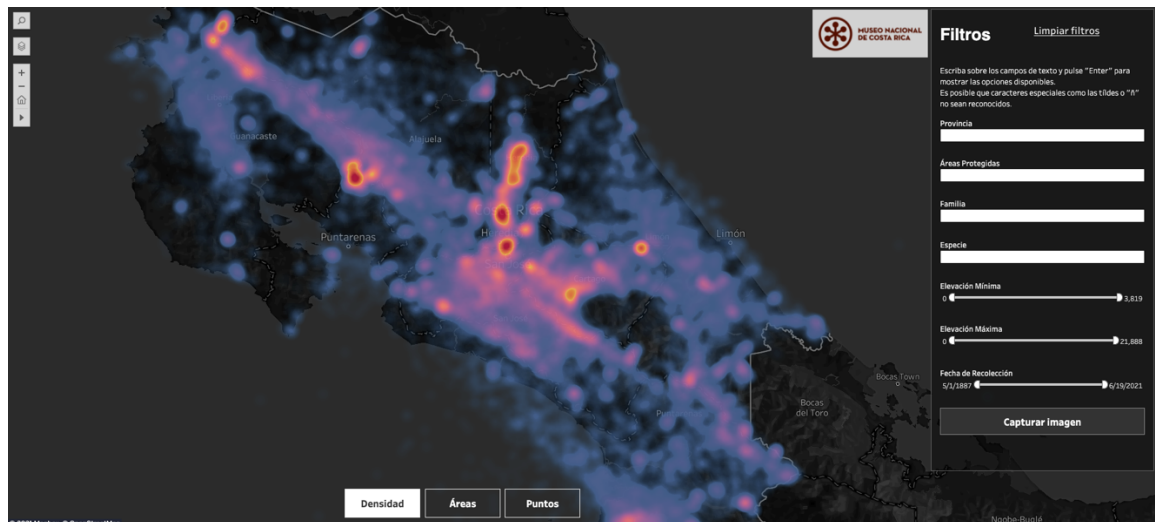


Figura 44 - Visualización del mapa de densidad

4.6.2. Mapa de áreas

El mapa de áreas es representativo a la cantidad de muestras reflejadas por zonas geográficas, ya sean divisiones políticas como las provincias o cantones o bien por áreas de conservación y áreas protegidas. Estos mapas son claves para poder obtener rápida respuesta de posibles áreas de recolección basadas en la existencia o no de muestreos según un rango taxonómico. Además, es posible realizar comparaciones entre diferentes áreas para facilitar la elección entre estas. Se utilizan colores monocromáticos cálidos con el propósito de establecer una escala para identificar las áreas con mayor y menor representación de las muestras.

La posibilidad de seleccionar diversas áreas otorga flexibilidad ante los cuestionamientos de los investigadores para obtener respuestas más enfocadas que aportan a la metodología de recolección de muestras. Se implementan filtros de áreas dependiendo de el gráfico que se esté visualizando, todos los gráficos cuentan con los filtros taxonómicos de Familia y especie y de atributos como elevación y fecha de recolección. Además, estos cuentan con un indicador de cantidad según cromática. Dependiendo del mapa de área seleccionado, este puede contener la información expuesta por área como lo es para las provincias o las áreas de conservación; o bien oculta y únicamente visible por medio de la colocación del cursor sobre el área o la

selección de esta, como los mapas de cantones o áreas protegidas. Esto debido a que la proximidad y tamaño de las áreas pueden comprometer la visibilidad de la información a mostrar.

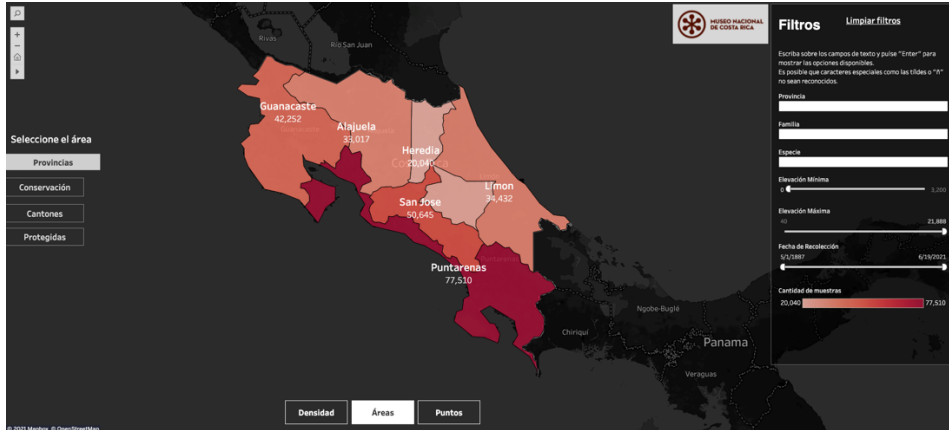


Figura 45 - Visualización del mapa coroplético de provincias

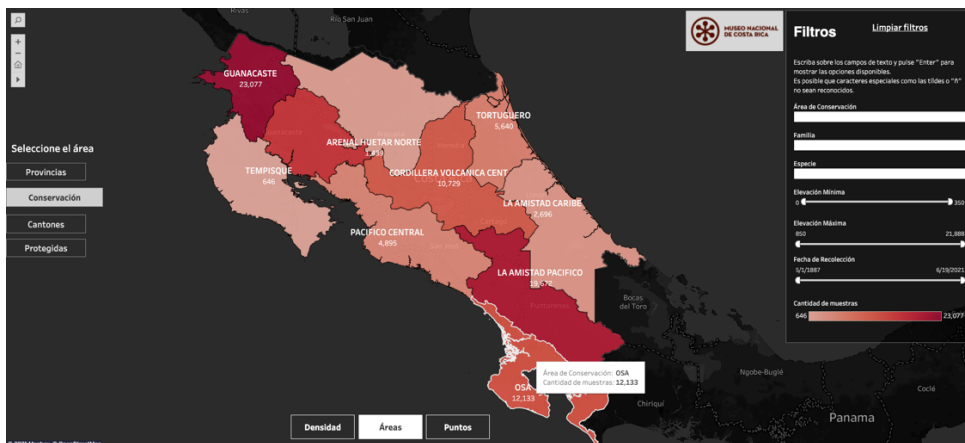


Figura 46 - Visualización del mapa coroplético de áreas de conservación

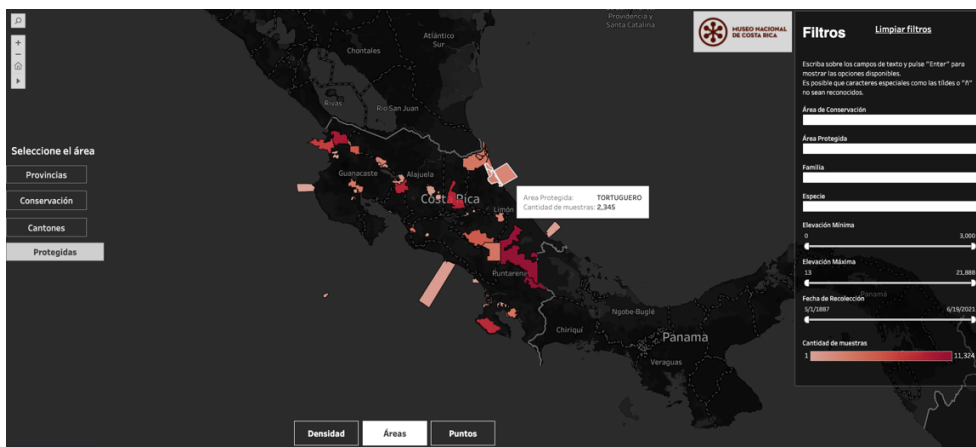


Figura 47 - Visualización del mapa coroplético de áreas protegidas

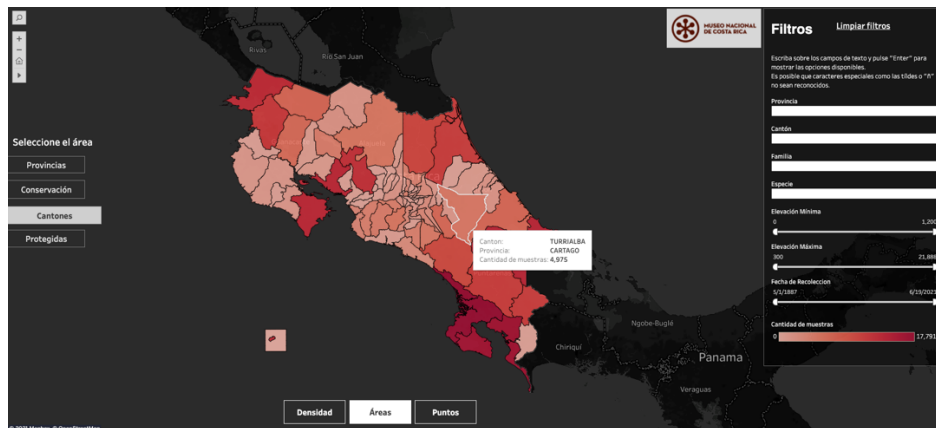


Figura 48 - Visualización del mapa coroplético de cantones

4.6.3. Mapa de puntos

El mapa de puntos se implementó para abarcar la necesidad de visualizar la distribución de las muestras por su ubicación geográfica. Cada punto representa un ejemplar recolectado. El mapa de puntos es de especial utilidad cuando se quiere conocer aspectos específicos de las muestras, como la ubicación exacta de su recolección o la información y atributos correspondiente a esta. Este mapa permite mediante los filtros mostrar los ejemplares por rango taxonómico de familia o especie, además permite visualizar las muestras de áreas específicas como el área de conservación, áreas protegidas, provincias o cantones. Además de contar con filtros para atributos como la elevación y la fecha de recolección. Mediante la interacción con los puntos es posible conocer la información de cada una de las muestras según la información requerida por los usuarios.

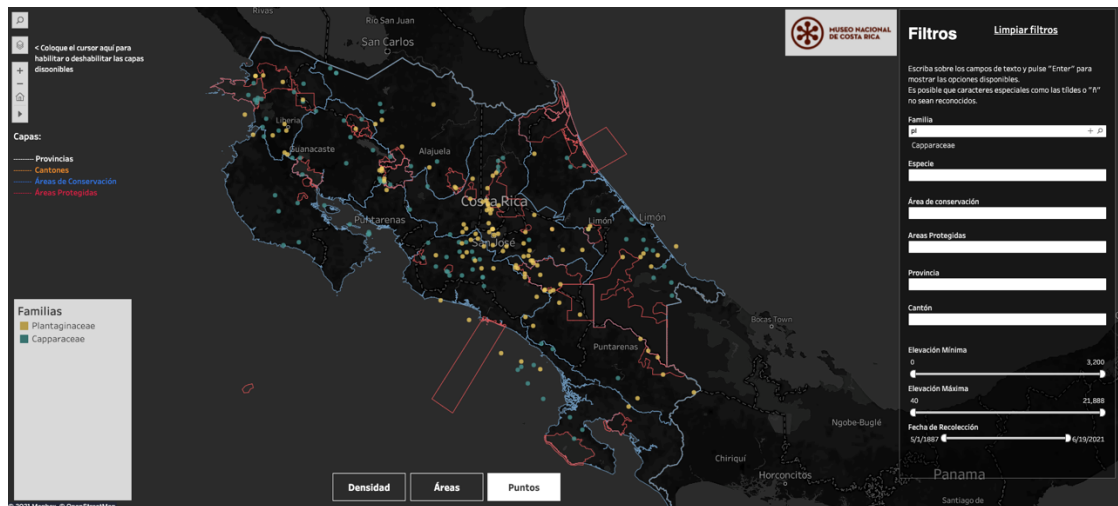


Figura 49 - Visualización del mapa de puntos

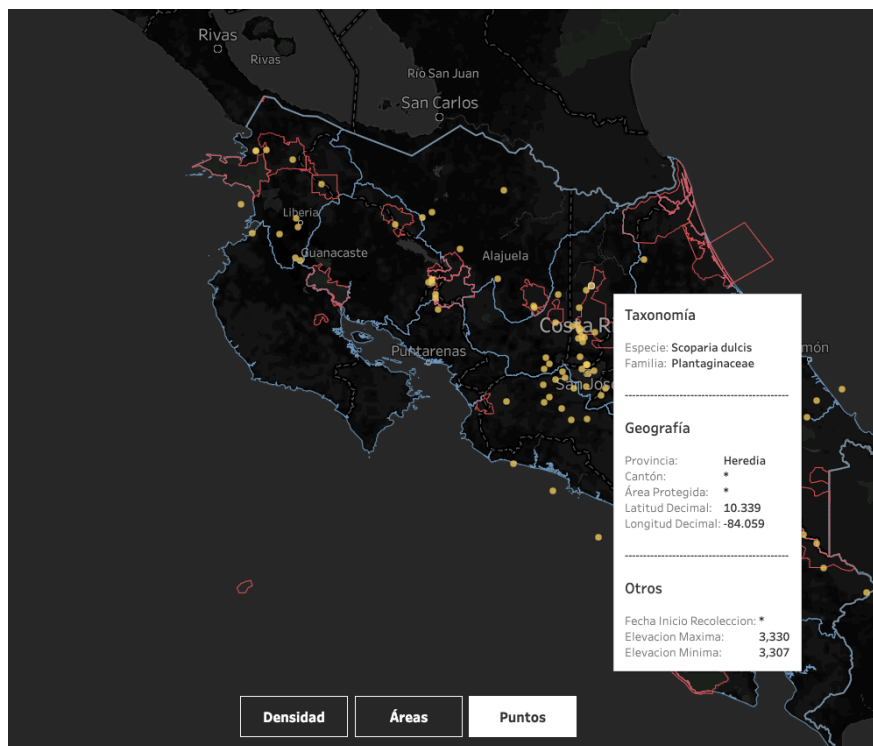


Figura 50 - Visualización del mapa de puntos con detalle por muestra

Este mapa cuenta con capas de visualización, que permiten mostrar las divisiones de provincias, cantones, áreas de conservación y áreas protegidas, de tal forma que al usuario le sea de mayor conveniencia conocer la división y si los datos cuentan o no con la información correcta. En su posición lateral izquierda, se muestran indicadores para la habilitación de las capas, así como la nomenclatura de las mismas y un apartado para mostrar las familias seleccionadas. Este mapa de puntos depende estrictamente de la utilización de los filtros para evitar la aglomeración y para la correcta interpretación de la

información, ya que sin ellos no aporta mayor relevancia ante la toma de decisiones.

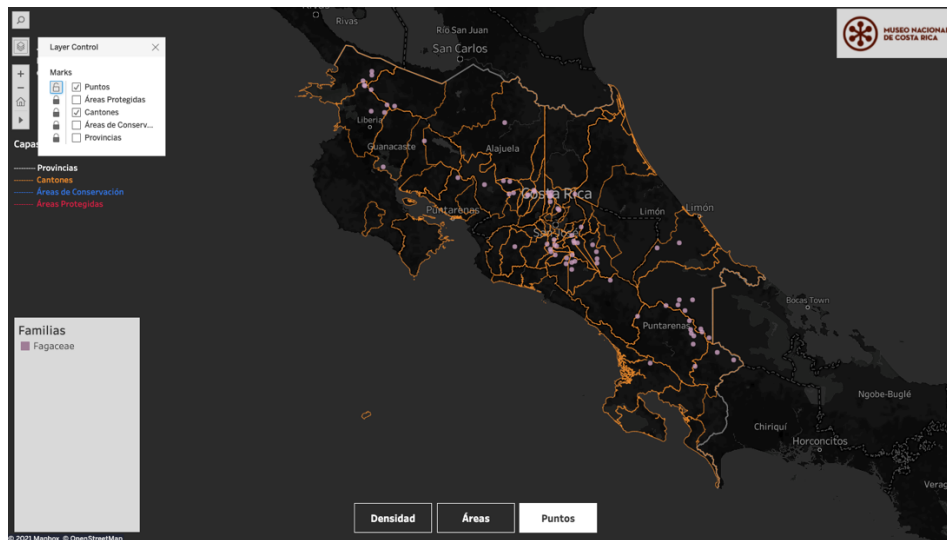


Figura 51 - Visualización de mapa de puntos con capa de cantones

4.7. Validación con dominio

Se realizaron diversas pruebas para validar la herramienta con los usuarios. Las pruebas se implementan con la finalidad de conocer el comportamiento del dominio con la herramienta, conocer si las preguntas claves de la investigación logran ser respondidas y validar oportunidades de mejora en cuanto a la visualización.

Para el desarrollo de las pruebas se plantearon escenarios específicos a partir de las premisas ya establecidas en la sección de relación de los datos. Estos escenarios dan paso a preguntas según información almacenada en la base de datos con la finalidad de que estas sean lo más objetivas posibles.

La tabla que se muestra a continuación contiene el desglose de la transición entre las premisas, escenarios generales, preguntas objetivo, escenarios y preguntas específicas.

Numeración	Premisa	Pregunta Objetivo	Escenario General	Escenario específico	Preguntas específicas
1	Ubicar las muestras recolectadas en un área determinada	¿Cuál es ubicación de las muestras recolectadas por tipo de familia botánica en cada área protegida?	"Silvia necesita conocer la ubicación de las muestras recolectadas por tipo de familia botánica en cada área protegida, para saber dónde debe recolectar las familias que se requieren"	Silvia está ampliando la colección de muestras de la familia <i>Araceae</i> en la provincia de Heredia. Para esto, ella requiere recolectar muestras de dicha familia en esta provincia. Por favor, utilizando la aplicación seleccione la familia y el área protegida para responder las siguientes preguntas.	¿Cómo están distribuidas las muestras de la familia <i>Araceae</i> en la provincia de Heredia? ¿Dónde hay más muestras de la familia <i>Araceae</i> en la provincia de Heredia? ¿Dónde cree Usted que Silvia debería ir a recolectar muestras y por qué?
2	Comparar muestras de distintas familias, en una misma área	¿Cuál es el área protegida con la menor cantidad de muestras de una misma familia botánica?	"Armando quiere comparar la cantidad de muestras de distintas familias en una misma área protegida, para saber cuáles son las familias que se deben recolectar en cada área"	Armando está haciendo un estudio comparativo de de las muestras recolectadas en el área protegida <i>Rincón de la Vieja</i> . Para esto, él desea comparar la cantidad de muestras recolectadas entre las familias <i>Melastomataceae</i> , <i>Passifloraceae</i> , <i>Apocynaceae</i> . Por favor, utilizando la aplicación seleccione las familias y el área protegida para responder las siguientes preguntas.	¿A cuál color de puntos corresponde cada familia mostrada en el mapa? Por ejemplo, los puntos de color Rosado ¿A cuál familia pertenecen? ¿Cuál es la familia que tiene menos muestras? ¿Cuál es la familia que tiene más muestras?
3	Comparar distintas áreas, con muestras de una misma familia	¿Cuál es la familia con la menor cantidad de muestras recolectadas por cada área protegida?	"Silvia necesita poder comparar las muestras de una misma familia en cada área protegida, para saber cuál es el área ideal para recolectar muestras de una familia"	Silvia quiere saber cuál es el área protegida dentro del área de conservación <i>Guanacaste</i> con más muestras de la familia <i>Melastomataceae</i> . Por favor, utilizando la aplicación seleccione el gráfico de áreas protegidas, ingrese el área de conservación y la familia para responder las siguientes preguntas. Silvia quiere conocer cuáles son los cantones de la provincia de Puntarenas en donde se han recolectado mayor cantidad de especies de la familia <i>Burseraceae</i> . Por favor, utilizando la aplicación ingrese al gráfico de áreas de cantones, y seleccione la provincia y la familia para responder las siguientes preguntas.	¿Cuál es el área protegida con más <i>Melastomataceae</i> ? ¿Cuál es el área protegida con menos <i>Melastomataceae</i> ? ¿Cuál es el cantón de la provincia de Puntarenas en donde se ha recolectado más muestras de dicha especie?
4	Visualizar el comportamiento de recolección de muestras en el tiempo	¿Existe algún patrón relacionado a la recolección y ubicación de las muestras tras el paso de los años?	"Armando quiere conocer el comportamiento de la recolección de muestras en el tiempo, para saber si un área ha tenido una baja o alta demanda de recolectas y así determinar dónde deben realizar sus próximas recolectas"	Armando quiere conocer en cuál de las áreas protegidas <i>Rincón de la Vieja</i> o <i>Volcán Tenorio</i> , se recolectaron más muestras de la familia <i>Araceae</i> en el rango de años entre el 2000 y el 2021. Por favor seleccione el rango de años y la familia para responder las siguientes preguntas. Armando quiere conocer en cuál familia <i>Asteraceae</i> o <i>Piperaceae</i> se recolectaron más muestras en el área protegida <i>Tapaquí</i> en el rango de años 1995 al 2005. Por favor seleccione las familias, el área de conservación y el rango de años para responder las siguientes preguntas.	¿Dónde se recolectaron más muestras de la familia <i>Fabaceae</i> en el rango de años? ¿Cuál es el área protegida con más muestras de la familia en el rango de años? ¿Cuál es la familia con más recolectas en el rango de años?
5	Comparar la elevación de muestras de una misma familia	¿Cuál es la muestra con mayor elevación de una misma familia botánica para cada área protegida?	"Silvia necesita comparar la elevación entre las muestras de una misma familia botánica, para saber dónde deben realizar recolectas para dicha familia según su rango de elevación"	"Silvia necesita saber las familias y su ubicación, que hayan sido recolectadas en la provincia de <i>Abajuela</i> , entre la elevación mínima de 2300 y la elevación máxima de 2500. Por favor seleccione la provincia, y el rango de elevación para responder las siguientes preguntas. Silvia quiere conocer cuál es el cantón que cuenta con la menor cantidad de muestras con rango de elevación, de mínima de 500 y máxima de 1500. Por favor seleccione el cantón, y el rango de elevación para responder las siguientes preguntas. Silvia quiere conocer dónde se encuentra la mayoría cantidad de recolectas aglomeradas con elevación mínima de 3000. Por favor seleccione el rango de elevación para responder las siguientes preguntas.	¿Cuáles son las familias? ¿A dónde se encuentran? ¿Cuál es el cantón? ¿Dónde se encuentra la mayor aglomeración?

Tabla 12 - Tabla de escenarios y preguntas para pruebas con usuarios

A continuación, se muestra el escenario específico presentado, las preguntas realizadas y cómo los usuarios interactúan con la visualización

4.7.1. Escenario específico #1

“Silvia esta ampliando la colección de muestras de la familia Araceae en la provincia de Heredia. Para esto, ella requiere recolectar muestras de dicha familia en esta provincia. Por favor, utilizando la aplicación seleccione la familia y la provincia para responder las siguientes preguntas.”

Preguntas:

- ¿Cómo están distribuidas las muestras de la familia Araceae en la provincia de Heredia?
- ¿Dónde hay más muestras de la familia Araceae en la provincia de Heredia?
- ¿Dónde cree usted que Silvia debería ir a recolectar muestras y por qué?

Para responder ante estas preguntas los usuarios utilizaron los filtros para ubicar el área y la familia solicitada. Una vez con esta información utilizan las herramientas del mapa para acercar y mostrar mejor la información para proceder a responder las preguntas.

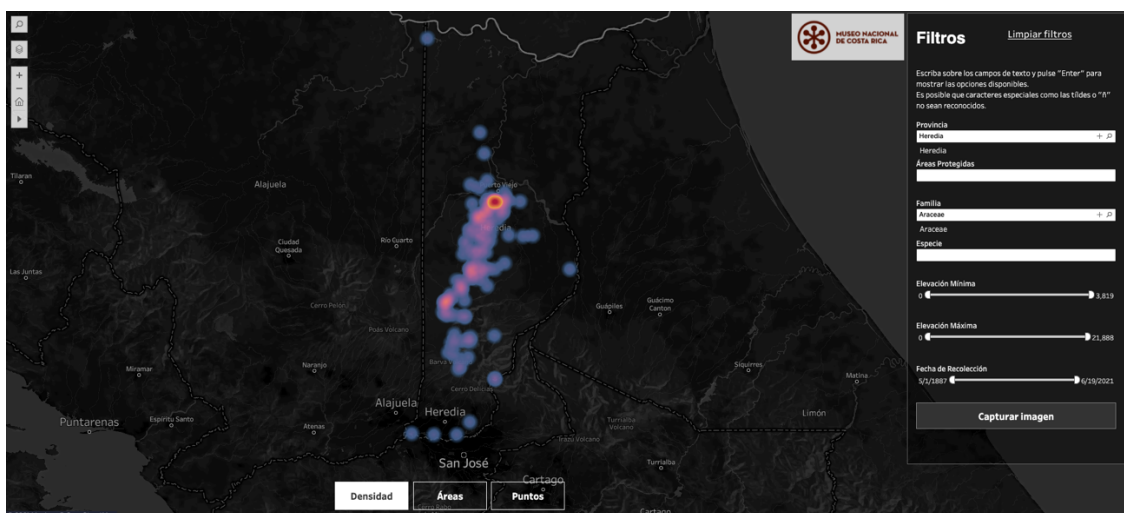


Figura 52 - Detalle de mapa de densidad en la provincia de Heredia con la familia Araceae

Los usuarios inician comunicando la distribución de las muestras con la aglomeración que el mapa muestra de estas, y comentan que existe una tendencia hacia San José. Denotan que existe escases de recolección en las áreas fronterizas de la provincia mayoritariamente en el sector norte. En su mayoría los usuarios concuerdan que la mayoría de las muestras recolectadas se encuentran alojadas en el sector de Puerto Viejo de Heredia. Indican que Silvia podría tomar la decisión de recolectar las muestras en donde menos abundancia existe de esta familia, siento estas la zona norte de la provincia o bien el sector sur este.

4.7.2. Escenario específico #2

“Armando esta haciendo un estudio comparativo de las muestras recolectadas en el área protegida Rincón de la Vieja. Para esto, él desea comparar la cantidad de muestras recolectadas entre las familias Melastomataceae, Passifloraceae, Apocynaceae. Por favor, utilizando la aplicación seleccione las familias y el área protegida para responder las siguientes preguntas.”

Preguntas:

- a) ¿A cuál color de puntos corresponde cada familia mostrada en el mapa? Por ejemplo, los puntos de color Rosado ¿A cuál familia pertenecen?
- b) ¿Cuál es la familia que tiene menos muestras?
- c) ¿Cuál es la familia que tiene más muestras?

Para responder ante estas preguntas los usuarios utilizaron los filtros para ubicar el área y las familias solicitadas. Una vez con esta información utilizan las herramientas del mapa para acercar y mostrar mejor la información para proceder a responder las preguntas.

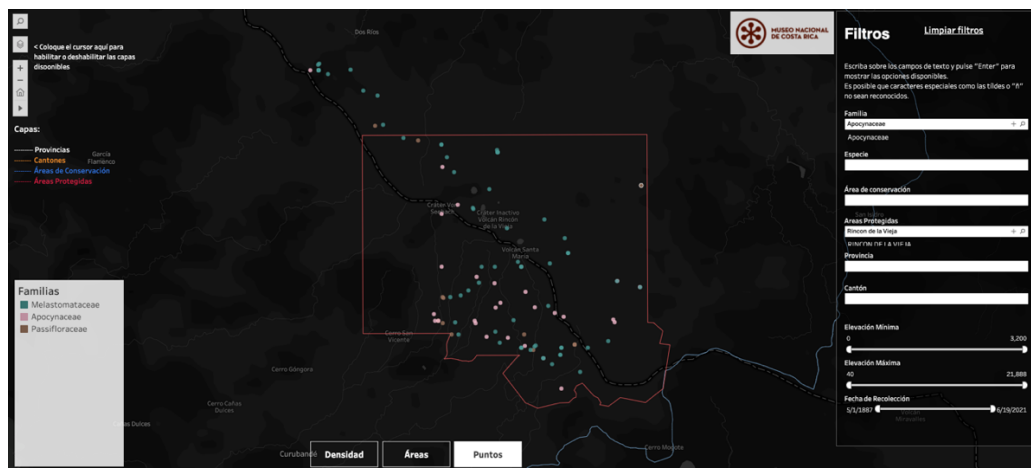


Figura 53 - Detalle de mapa de puntos con las familias Melastomataceae, Passifloraceae, Apocynaceae en el área protegida Rincón de la Vieja.

Varios usuarios ubicaron la nomenclatura de las familias en el sector inferior izquierdo por lo que esto apoyó a la rápida toma de decisión en informar sobre a cuál color corresponde cada familia. En otras ocasiones los usuarios optaron por utilizar el cursor para colocarse sobre de las muestras y a través de la información que estas otorgan comunicar la familia correspondiente. Por la cantidad de muestras representadas en el mapa, los usuarios lograron identificar que la familia que tiene mayor cantidad de muestras recolectadas pertenece a Melastomataceae y la que menos posee es Passifloraceae.

4.7.3. Escenario específico #3

“Silvia quiere saber cuál es el área protegida dentro del área de conservación Guanacaste con más muestras de la familia Melastomataceae. Por favor, utilizando la aplicación seleccione el gráfico de áreas protegidas, ingrese el área de conservación y la familia para responder las siguientes preguntas.”

Preguntas:

- ¿Cuál es el área protegida con más Melastomataceae?
- ¿Cuál es el área protegida con menos Melastomataceae?

Para responder ante estas preguntas los usuarios utilizaron los filtros para ubicar el área de conservación y la familia solicitada. Una vez con esta información utilizan las herramientas del mapa para acercar y mostrar mejor la información para proceder a responder las preguntas.

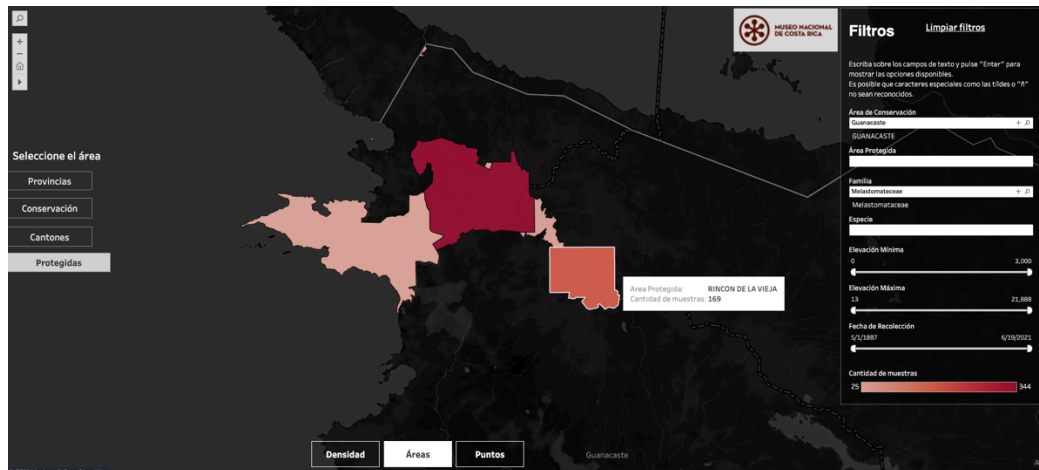


Figura 54 – Detalle del mapa coroplético de áreas protegidas en el área de conservación Guanacaste de la familia Melastomataceae.

La mayoría de los usuarios identificaron rápidamente que el área con más muestras de la familia Melastomataceae corresponde al área protegida Guanacaste. Los usuarios logran identificar esto a través de la cromática de cada área. Algunos usuarios utilizan el cursor para visualizar el número exacto de la cantidad de muestras recolectadas y así tomar una decisión más precisa.

4.7.4. Escenario específico #4

“Silvia quiere conocer cuáles son los cantones de la provincia de Puntarenas en donde se han recolectado mayor cantidad de especies de la familia Burseraceae. Por favor, utilizando la aplicación ingrese al gráfico de área de cantones, y seleccione la provincia y la familia para responder las siguientes preguntas.”

Pregunta:

¿Cuál es el cantón de la provincia de Puntarenas en donde se ha recolectado más muestras de dicha especie?

Para responder ante esta pregunta los usuarios utilizaron los filtros para ubicar el área de Puntarenas y seleccionan la familia solicitada. Una vez con esta información utilizan las herramientas del mapa para acercar y mostrar mejor la información para proceder a responder la pregunta.

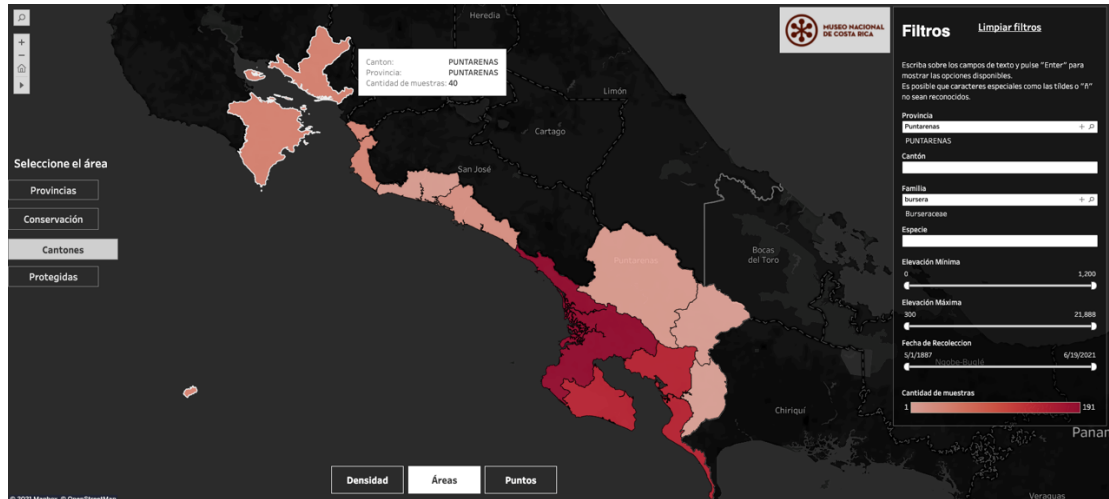


Figura 55 - Detalle del mapa coroplético de áreas protegidas en la provincia de Puntarenas de la familia Burseraceae.

Al igual que el escenario anterior, los usuarios logran reconocer por la cromática que el área con mayor cantidad de muestras de la familia a investigar es el cantón de Osa.

4.7.5. Escenario específico #5

“Armando esta analizando donde se recolectaron muestras de la familia Fabaceae entre 1980 y 1985. Por favor seleccione el rango de años y la familia para responder las siguientes preguntas”

Pregunta:

¿Donde se recolectaron más muestras de la familia Fabaceae en el rango de años?

Para responder ante esta pregunta los usuarios utilizaron los filtros para seleccionar el rango de años y la familia solicitada. Una vez con esta información utilizan las herramientas del mapa para acercar y mostrar mejor la información para proceder a responder la pregunta.



Figura 56 - Detalle de mapa de densidad en el rango de años 1980 a 1985

La pregunta planteada se estableció con el propósito de generar duda y conocer cómo los usuarios responderían ante una incógnita ambigua en cuanto a proporción de elementos. Si bien es cierto la visualización no muestra un claro sector de recolección si no varios de estos, la respuesta de los usuarios coincidió en todas las ocasiones. Los usuarios perciben que existen más muestras recolectadas en el área de San José. A pesar de que la respuesta a la pregunta es correcta en su manera de interpretación, podría optimizarse la visualización, mostrando un valor de cantidades de muestras para facilitar así la rápida toma de decisiones.

4.7.6. Escenario específico #6

“Armando quiere conocer en cuál de las áreas protegidas Rincón de la vieja o Volcán Tenorio, se recolectaron más muestras la familia Arecaceae en el rango de años ente el 2000 y el 2021. Por favor seleccione el rango de años y la familia para reesponder las siguientes preguntas”

Pregunta:

¿Cuál es el área protegida con más muestras de la familia en el rango de años?

Para responder ante esta pregunta los usuarios utilizaron los filtros para seleccionar el rango de años, la familia solicitada y el área protegida. Una vez con esta información utilizan las herramientas del mapa para

acercar y mostrar mejor la información para proceder a responder la pregunta.

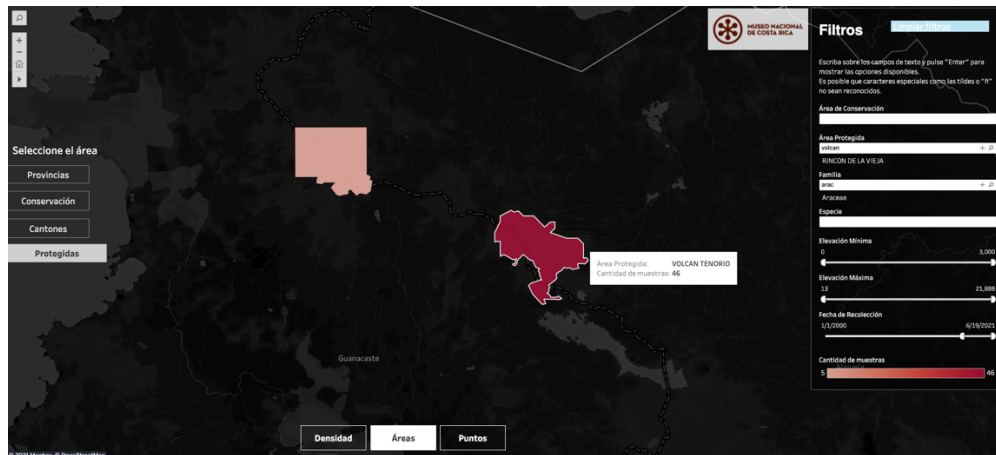


Figura 57 - Detalle del mapa coroplético de áreas protegidas con las áreas protegidas Rincón de la vieja y volcán tenorio en el rango de años del 2000 al 2021.

Este escenario pretende la comparación entre dos áreas específicas y la cantidad de muestras que en estas se encuentran según la característica temporal de recolección. Mediante el mapa coroplético de áreas protegidas y la cromática es muy fácil para los usuarios poder distinguir cuál es el área con mayor y menor cantidad de muestras en el rango de años establecido. El área protegida de volcán tenorio es el área que contiene más muestras.

4.7.7. Escenario específico #7

“Silvia necesita saber cuáles son las familias que hayan sido recolectadas en la provincia de Alajuela, entre la elevación mínima de 2300 y la elevación máxima de 2500, y en dónde en Alajuela se encuentran. Por favor seleccione la provincia, y el rango de elevación para responder las siguientes preguntas”

Preguntas:

- ¿Cuáles son las familias?
- ¿A dónde se encuentran?

Para responder ante estas preguntas los usuarios utilizaron los filtros para seleccionar el rango de elevación y el área solicitada. Una vez con esta información utilizan

las herramientas del mapa para acercar y mostrar mejor la información para proceder a responder las preguntas.

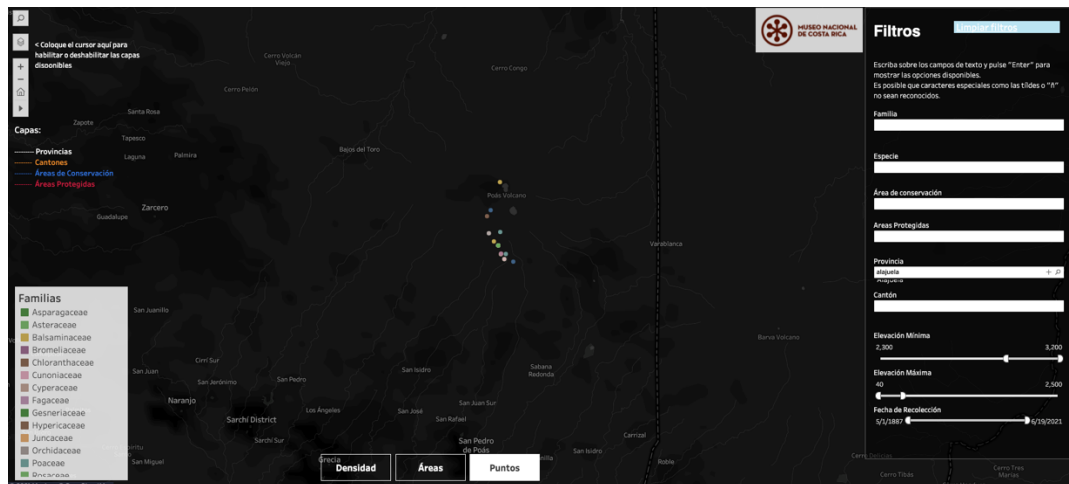


Figura 58 - Detalle de mapa de puntos en la provincia de Alajuela con el rango de elevación de 2300 y 2500 metros.

Mediante este escenario se pretende conocer cuáles son las familias recolectadas en un área determinada con un rango de elevación. Al utilizar los filtros, los usuarios logran determinar que las únicas muestras recolectadas con estos parámetros se encuentran en el Volcán Arenal. Además, logran identificar las familias recolectadas utilizando el indicador de la nomenclatura de familias en el sector lateral inferior izquierdo de la visualización. Algunos usuarios prefieren colocar el cursor sobre las muestras para revelar la información de cada una de ellas y verificar la familia a la que corresponden.

4.7.8. Escenario específico #8

“Silvia quiere conocer donde se encuentra la mayor cantidad de recolectas aglomeradas con elevación mínima de 3000. Por favor seleccione el rango de elevación para reesponder las siguientes preguntas”

Pregunta:

¿Dónde se encuentra la mayor aglomeración de muestras recolectadas?

Para responder ante estas preguntas los usuarios utilizaron los filtros para seleccionar la elevación. Utilizan

las herramientas del mapa para acercar y mostrar mejor la información para proceder a responder la pregunta.

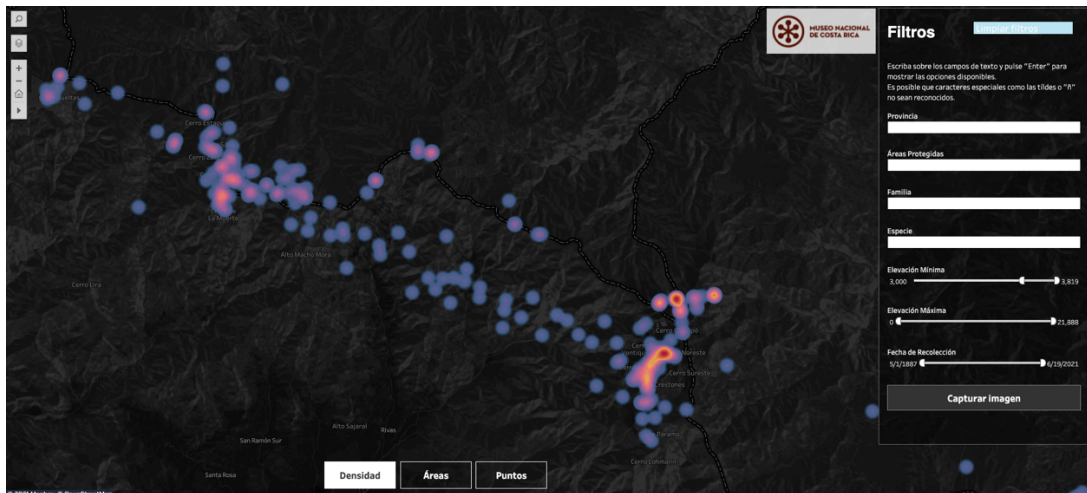


Figura 59 - Detalle de mapa de densidad con una elevación mínima de 3000 metros.

El escenario pretende mostrar dónde se encuentra la mayor aglomeración de muestras con una elevación específica. Los usuarios no tienen mayor problema en interpretar que las muestras con esta elevación pertenecen a cerros cercanos al del Cerro de la Muerte y Cerro Chirripó. Además, mediante la visualización se puede detectar un patrón de recolección entre ambos cerros. Los usuarios suponen que este se debe a caminos que se conectan entre los dos cerros, tomando en cuenta que es un área de alto turismo nacional como internacional.

5. Resultados y conclusiones

5.1. Resultados

A continuación se destacan los resultados observados mediante el la validación empleada con el dominio.

La separación de los gráficos, utilizando **diferentes mapas** propicio a que las preguntas puedan ser respondidas desde diferentes aristas, cada una con un poco más de velocidad o especificidad que otra según lo que se desee conocer.

Los **filtros** propician la comprensión de la información, utilizarlos ayuda a que la información a mostrar sea específica a las preguntas a responder.

La **navegación** no se presentó como un inconveniente. La mayoría de los usuarios son anunetes de tecnologías similares por lo que esto disminuyó la curva de aprendizaje, presentando pocos problemas de navegación.

El **espacio disponible** es limitado, lo que quiere decir que se debe hacer un uso óptimo y consiso del mismo. En ocasiones y dependiendo de la resolución de los monitores de los usuarios, los filtros o elementos de la visualización se mostraban colapsados por la disminución del espacio disponible.

La **interpretación de los elementos** no se vió mayormente comprometida. La división de las áreas y la información que los elementos como los puntos o las áreas muestran, fue suficiente para que los usuarios logaran entender la información, no obstante la implementación de gráficos secundarios podrían optimizar la rápida lectura de la infromación.

Debido a la cantidad de información que muestra la visualización, y dependiendo de la conexión de los usuarios, la visualización puede presentar **cargas de varios segundos** para mostrar la información.

Los usuarios interpretan correctamente el uso de la **cromática** y les apoya en la rápida toma de decisiones. El **mapa de fondo** presentado cuenta con la información necesaria para la correcta interpretación de la información, se realizó la observación de la posibilidad que los usuarios puedan intercambiar tipos de mapas (por ejemplo satelital).

La **información a mostrar** es completamente dependiente de como se encuentre en la base de datos. Lo que quiere decir que si los datos contienen información vacía en relación a un filtro por ejemplo, este dato no formará parte de la visualización si se utiliza dicho filtro. O bien al escribir sobre un filtro con un carácter especial como una tilde, y la base de datos no la contiene, no se mostrarán las opciones a seleccionar.

5.2. Conclusiones

5.2.1. Conclusiones a partir de resultados de validación con dominio

Mediante la visualización de datos es **posible responder las preguntas objetivo** planteadas, utilizando estas de tal forma que se puedan emplear combinaciones que apoyen a generar una metodología de recolección más acertada y enfocada en características de tipo taxonómicas, geográficas y temporales.

Al utilizar la visualización de datos como herramienta principal para generar metodologías de recolección no sólo se reduce la cantidad de pasos que se deben efectuar en comparación al flujo actual, si no que otorga un nivel mucho más alto de especificidad en términos de información, para que las decisiones a tomar puedan ser además de bien fundamentadas, de rápido acceso.

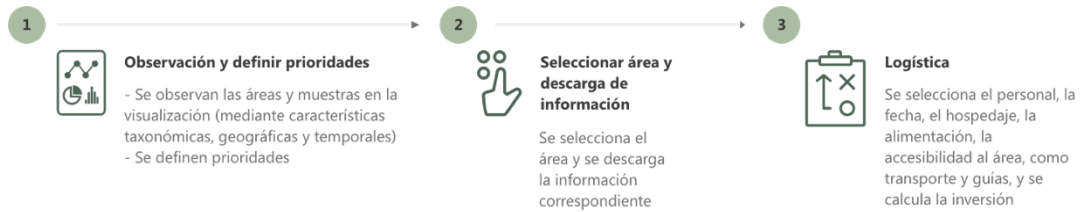


Figura 60 - Nuevo flujo de metodología optimizado mediante la implementación de la visualización

Por último, la visualización responde a otras necesidades que presenta el museo, como lo es la transparencia de la información que alberga. Esto les abre las puertas a poder exponer al público la información de manera visual e interactiva, en donde sectores educativos o de investigación puedan hacer uso de la herramienta para obtener información en relación a las muestras que contiene.

5.2.2. Trabajo a futuro

A continuación se coloca información que se debe tomar en consideración como trabajo a futuro para la e implementació investigación realizada.

- A manera de implementaciones futuras se establezca que se debe realizar un análisis de usabilidad para mejorar y optimizar la interacción, principalmente de los filtros.
- Optimizar la visualización para dispositivos móviles.
- Agregar la posibilidad de que la herrameinta pueda ser traducida al inglés.
- Agregar gráficos secundarios que ayuden una lectura de la información más rápida.
- Incorporar la opción de cambiar el mapa de fondo por opción satelital entre otras.
- Optimizar la carga de la información para propiciar la velocidad de la visualización.

5.2.3. Recomendaciones

Se recomienda al área de Historia Natural del Museo Nacional de Costa Rica revisar la base de datos, de tal forma que estos cuenten con información verídica y curada, para que a la hora de la implementación de la herramienta los datos mostrados reflejen resultados lo más aproximados a la información real.

6. Referencias

- [1]"All the World's Immigration Visualized in 1 Map - Metrocosm", *Metrocosm*, 2021. [Online]. Available: <http://metrocosm.com/global-immigration-map/>. [Accessed: 05- May- 2021].
- [2]J. Friedrich, M. Ge and A. Pickens, "This Interactive Chart Shows Changes in the World's Top 10 Emitters", *World Resources Institute*, 2021. [Online]. Available: <https://www.wri.org/insights/interactive-chart-shows-changes-worlds-top-10-emitters>. [Accessed: 05- May- 2021].
- [3]"Manhattan Population Explorer", *Manpopex.us*, 2021. [Online]. Available: <http://manpopex.us/>. [Accessed: 05- May- 2021].
- [4]"Urbanisation and Climate Change Risks", *Verisk Maplecroft*, 2021. [Online]. Available: <https://www.maplecroft.com/insights/analysis/84-of-worlds-fastest-growing-cities-face-extreme-climate-change-risks/>. [Accessed: 05- May- 2021].
- [5]"Mapped: How the US generates electricity | Carbon Brief", *Carbon Brief*, 2021. [Online]. Available: <https://www.carbonbrief.org/mapped-how-the-us-generates-electricity>. [Accessed: 05- May- 2021].
- [6]"The Point of No Return - How the world is adapting to climate change", *Densitydesign.github.io*, 2021. [Online]. Available: <https://densitydesign.github.io/teaching-dd12/es01/group01/>. [Accessed: 05- May- 2021].
- [7]*Cne.go.cr*, 2021. [Online]. Available: <https://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/CEDO-CRID%20v2.0/CEDO/pdf/spa/doc14401/doc14401-b.pdf>. [Accessed: 06- May- 2021].
- [8]"Bienvenidos al Museo Nacional de Costa Rica", *Museo Nacional de Costa Rica*, 2021. [Online]. Available: <https://www.museocostarica.go.cr>. [Accessed: 06- May- 2021].

- [9] *Enbcr.go.cr*, 2021. [Online]. Available:
<https://enbcr.go.cr/sites/default/files/files/Estrategia%20Biodiversidad%20Resumen%20Final.pdf>.
[Accessed: 06- May- 2021].
- [10] "Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)", *Sinac.go.cr*, 2021. [Online]. Available:
<http://www.sinac.go.cr/ES/conozca/Paginas/default.aspx>. [Accessed: 13- May- 2021].
- [11] F. Hernandez-Castro and J. Monge-Fallas, "What for: classification of visual paradigms", *Pontejournal.net*, 2016. [Online]. Available:
<http://www.pontejournal.net/mainpanel/index.php/paper/viewp/PJ-PV3FK/1465839145>. [Accessed: 17- Nov- 2021].
- [12] "Resumen del Sexto Informe Nacional al Convenio de Diversidad Biológica de Costa Rica", *SINAC*, 2016. [Online]. Available:
http://www.sinac.go.cr/ES/docu/Informe%20pas/Resumen_VI-Informe.pdf. [Accessed: 06- May- 2021].

7. Apéndices

Apéndice A: Esquema de metodología de recolección

1. Descargar datos
2. Ver distribución de puntos
3. Observar áreas con menos puntos
4. Definir prioridades y seleccionar área
 - a. Condición de protección del Área (si está o no en uno) (¿Es o no un área protegida?)
 - b. Riqueza (Biodiversidad) de especies en Área (¿Es o no un área con alta biodiversidad?)
 - c. Vulnerabilidad ante el cambio climático (dependiente de la altitud) (¿Es o no un área vulnerable al cambio climático?)
 - d. Conocimiento General de la zona
5. Analizar registro de especies según el área elegida (se descarga e imprime una lista de las especies que hay en el área)
6. Logística
 - a. Personal
 - b. Fecha
 - c. Clima
 - d. Hospedaje
 - e. Alimentación
 - f. Accesibilidad
 - i. Transporte
 - ii. Guía
 - g. Presupuesto

Apéndice B: Preguntas realizadas en encuestas

1. ¿Cuál es su nombre, profesión, y en dónde labora?
2. ¿Cómo trabajan con los datos actualmente?
3. ¿Qué dificultades ha presentado con los datos?
4. ¿Qué considera que se le facilitaría teniendo una visualización sobre estos datos?
5. ¿Cuáles requisitos se deben de tomar en consideración para la implementación de una posible visualización de datos?
6. ¿Cómo emplearía en su día a día los resultados obtenidos a partir de una visualización de datos?
7. ¿Por qué considera que sería importante tener una visualización de los datos?