UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE

TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS

ACTUALIZACIÓN PARCIAL DEL INVENTARIO DE LAS COLECCIONES VIVAS DEL JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ JOSÉ CELESTINO MUTIS

PASANTÍA

IVÁN FERNEY ROMERO DIMATÉ

BOGOTÁ

NOVIEMBRE 2017

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSO NATURALES

ACTUALIZACIÓN PARCIAL DEL INVENTARIO DE LAS COLECCIONES VIVAS DEL JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ JOSÉ CELESTINO MUTIS

IVÁN FERNEY ROMERO DIMATÉ

TRABAJO CON MODALIDAD DE PASANTÍA PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS

DIRECTOR INTERNO: I.A. Esp. M.Sc. FABIOLA CÁRDENAS

DIRECTOR EXTERNO: I.F. M.Sc. DAYANA SÁNCHEZ

BOGOTÁ, 2017

Tabla de contenido

Introducción 3

Objetivos 4

Objetivo general 4

Objetivos específicos 4

Justificación 5

Marco teórico 6

Metodología 9

Realizar accesiones de individuos 9

Actualización cartográfica 25

Control de calidad 25

Resultados 29

Análisis de resultados 43

Conclusiones 48

Recomendaciones 49

Referencias 50

Introducción

El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis es un centro de investigación de ecosistemas, se encarga de la gestión integral de coberturas verdes en la Ciudad, desarrollo de programas de educación ambiental, conservación y mantenimiento de la flora para el beneficio de los ciudadanos. Cuentan con visitas guiadas para estudiantes de colegio y todas las personas que deseen conocer la diversidad de especies vegetales que posee nuestro país, además de armonizar las relaciones entre el ser humano y la naturaleza.

El Jardín Botánico de Bogotá cuenta con 36 colecciones vivas (Jardín Botánico de Bogotá, 2017) en las que se incluyen miles de especies de plantas que proporcionan información acerca de la conservación de la flora de la ciudad, la sostenibilidad ambiental y el patrimonio genético. Determinar la cantidad y calidad de las especies presentes en el jardín para facilitar los procesos de conservación de la flora colombiana basados en la investigación, tecnología y educación ambiental.

Objetivos

Objetivo general:

Realizar la actualización parcial del inventario de las colecciones vivas del Jardín Botánico de Bogotá.

Objetivos específicos:

- Apoyar en el proceso de determinación de las plantas presentes en el Jardín Botánico de Bogotá.
- Realizar la georeferenciación de los individuos de las colecciones vivas y la actualización cartográfica de las nuevas áreas del Jardín Botánico de Bogotá.
- Ejecutar el control de calidad relacionado con la actualización del inventario de las colecciones vivas del Jardín Botánico de Bogotá.

Justificación

La actualización del inventario de las especies vegetales vivas nos permite conocer la diversidad y representatividad de especies que se encuentran en el jardín botánico, haciendo una relación detallada de los bienes o pertenencias que allí se encuentran, en este caso dada por especies de páramo y alto andino, cuantificando y cualificando esta flora nos permite construir estrategias de conservación, a través de la preservación, investigación y educación teniendo como fin el proteger la diversidad del país (Jardín Botánico de Bogotá, 2017). El registro de especies nos da la oportunidad de comparar las formas de sus órganos y nos permite conocer el nombre científico de las plantas e identificar especies nuevas, además de ser una fuente primaria de información para los estudios de conservación usados en la planificación y el manejo ambiental del territorio.

Muchas de las áreas del Jardín Botánico han ido cambiando a medida que se hicieron obras y cambios en determinadas zonas, para poder suministrar la información adecuada que esté acorde a lo que se encuentra, es necesario realizar una actualización cartográfica que facilitaría la obtención de la información tanto para los visitante, como para el personal del lugar.

Marco teórico

Colombia es un país con diversidad de climas lo que la hace rico en biodiversidad, entre los ecosistemas terrestres encontramos: sabana, páramo, bosque tropical, formaciones xéricas. Entre los acuáticos están: lenticos, lóticos, manglares, arrecifes, estuarios y litorales. Dentro de las colecciones presentes en el Jardín Botánico Bogotá las más representativas son las siguientes:

- Sabana: presenta varios tipos de hábitat como sábanas estacionales o inundables, pastizales montanos, matorrales de serranías y humedales. En las sabanas predominan las especies no arbóreas como gavilanes, garzas, entre otros y variedad de vegetación como gramíneas, leguminosas y muchos árboles como el trupillo.

  La Sabana por lo general presenta un clima variado, pues puede presentarse durante cierta temporada tiempo de sequía o de lluvias prolongadas.
- Páramo: son un ecosistema que se presenta en las altas montañas, exactamente en la parte superior del bosque. Este ecosistema presenta vegetación con características de crecimiento bajo como pajonales, matorrales y frailejones, en este bioma se puede encontrar desde conejos, curíes, venados, ratones de campo, insectos, pumas, zorros entre otros.
- Bosque de niebla: presenta bajas temperaturas de ahí la presencia de niebla, presenta gran variedad de fauna como el cóndor de los andes, oso de anteojos, monos entre otros. Este ecosistema presenta variedad de flora como los musgos, líquenes, plantas epifitas y poca variedad de árboles leñosos, por lo general este tipo de bosques se pueden encontrar en Los Andes (COCUPO, 2017).

Un herbario es un libro de temática biológica con una colección de plantas o partes de ellas desecadas, para ser presentadas al público o estudiadas. Es muy importante para conocer el reino vegetal y analizarlo comparativamente. También se llaman herbarios los lugares donde estas plantas son expuestas (Anónimo, 2017).

Para colectar una muestra para el herbario primero se necesita conocer la planta objeto del proyecto, las plantas recolectadas deben tener hojas, tallo y flores o frutos en buen estado, ya que estas estructuras son las que se utilizan para identificar las especie, deben tener un tamaño de 30 cm, si la planta es muy grande se divide en partes y si son muy pequeñas se usan varios ejemplares.

El material colectado se debe prensar lo más pronto posible de preferencia el mismo día de la recolección, El objetivo del prensado es que las plantas eliminen agua, se conserven sin perder sus características principales y su aspecto, una vez prensadas las plantas se pondrán a secar a una temperatura de entre 35ºC y 45ºC. El periodo de secado varía entre 18 horas a cuatro días según las especies, por último pasa al montaje y el etiquetado.

La georeferenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas y permite situarlos en la superficie de la Tierra o cerca de ella, para poder asignar ubicaciones se usa un sistema de coordenadas ya sea latitud-longitud o planas.

Con las coordenadas se pueden registrar ubicaciones y formas geográficas y permite superponer capas de datos SIG. Sobre la superficie de la Tierra, los SIG (Sistemas de Información Geográfica) son herramientas que permiten analizar información espacial, editar datos, mapas y demostrar resultados de todas estas actividades (ArcGis, 2017).

Collector es una herramienta SIG usada en dispositivos móviles que nos permite usar mapas para capturar puntos, líneas, áreas y datos relacionados, admite adjuntar fotos, buscar lugares y

entidades, usar herramientas de medición y receptores de posicionamiento global (GPS), con el fin de facilitar el trabajo de campo (ArcGIS, 2017).

Metodología

Durante el transcurso de la pasantía se realizaron diferentes actividades relacionadas con el desarrollo de los objetivos, para cada una de ellas se realizó un proceso diferente.

Realizar accesiones de individuos

1. Para poder realizar las respectivas accesiones de individuos se usan dispositivos móviles con la ayuda de la herramienta Collector, para ello se necesita ubicar una área de trabajo (figura 1) en el mapa del jardín que represente el espacio físico donde se encuentran los individuos de objeto.



Figura 1. Determinación del área de trabajo. Copyright © 2017 Esri

2. Para registrar los individuos se puede realizar de tres maneras (figura 2), la primera es de tipo punto en la cual se ubica un individuo nuevo para poder captar sus datos y guardarlos en el mapa, la segunda es el tipo línea en la cual se registra todo un trazo de individuos que tengan las mismas características y por último el tipo polígono en el cual se registran individuos de las mismas características que se encuentre en un espacio bidimensional, a cada registro se les conoce como accesión.



Figura 2. Tipos de accesión. Copyright © 2017 Esri

En Collector se pueden ingresar tres tipos de registros (accesiones), estos registros son pieza fundamental para diferenciar las plantas y organizar el inventario del jardín.

3. Lo siguiente para poder registrar un individuo tipo punto es ubicarlo, para ello se necesita realizar la georeferenciación en campo y con base en ello hacerlo de nuevo en el mapa.

   Para realizar la medición en campo se usa un decámetro, la medición de la planta (figura 3) se ejecuta tomando dos o más medidas a objetos que se encuentren el mapa, de esta forma se puede triangular su posición.

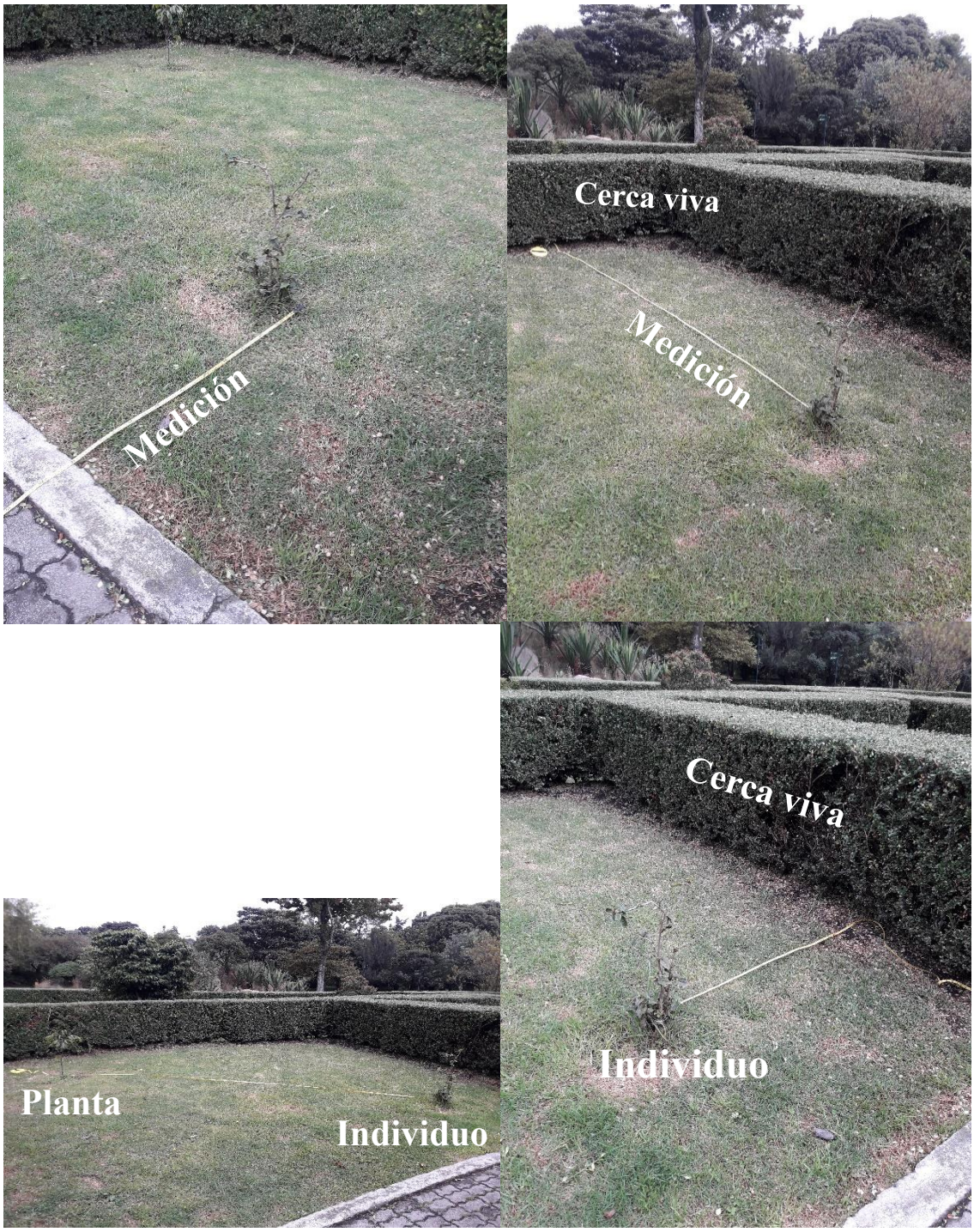


Figura 3. Medición de individuos en campo.

En la ubicación de un individuo se tienen en cuenta las medidas respecto a otros dos objetos, en este caso se realizó con una cerca viva y otra planta (figura 3), de esta forma se logra ubicar con una mayor precisión y se reduce el margen de error.

Luego de determinar las medidas, se procede a colocar los respectivos valores en el mapa para colocar el punto, usando la herramienta de medición del aplicativo (figura 4).



Figura 4. Herramienta de medición en Collector. Copyright © 2017 Esri

Los valores de medidas tomadas en campo se reflejan en el mapa con una herramienta lineal de distancia, para georeferenciar el individuo.

4. Después de ubicar el punto es necesario llenar la información correspondiente de cada individuo para que la información quede guardada esto incluye:
    a. Familia y Especie.
    b. Identificación de accesión: el cual es un número consecutivo único para cada punto, línea o polígono y es determinado por la persona que accesa.
    c. Número de individuos.
    d. Fecha.
    e. Hábito del individuo: relacionado con la morfología de las plantas.
    f. Fenología del individuo: conexo con el desarrollo reproductor y vegetativo de plantas en relación con los parámetros ambientales.
    g. Altura del individuo.
    h. Estado fitosanitario: condición de salud de un árbol que se aprecia a simple vista por el vigor, color y turgencia de su follaje.
    i. Adjuntos: se incluye una foto general de la planta, se puede incluir una de sus hojas.

5. En la información del individuo se incluye el perímetro del individuo, para registrar el dato se necesita medir el fuste a una altura de 1.3 m sin embargo se pueden presentar diferentes posibilidades:
    a. La planta no presenta ninguna bifurcación antes de una altura de 1.3 m (figura 5), para este caso se mide el perímetro en metros y no se le coloca ninguna observación en los campos de registro del aplicativo.



Figura 5. Perímetro sin ninguna observación.

En la imagen se puede observar un árbol que no posee ninguna bifurcación, por ende se tomó la medida de su perímetro en metros a una altura de 1.3 m.

b. La planta presenta bifurcación antes de una altura de 1.3 m (figura 6), en este caso se mide el perímetro antes de bifurcarse y en las observaciones se colocan las letras “AB” (altura basal) seguido de la altura en la que se midió el perímetro en metros.



Figura 6. Perímetro con observación AB.

La figura anterior muestra una planta con una bifurcación antes de 1.3 m de altura, en este caso se tiene un perímetro de 0.4 m (señalado en rojo) y en las observaciones va AB 0.6 m, la cual corresponde al perímetro y la altura de bifurcación respectivamente.

c. En el caso en que la planta presente bifurcaciones a una altura muy baja (figura 7), se tomó el perímetro en el tallo más grueso a una altura de 1.3 m y se le colocó en las observaciones las letras “TG” (tallo grueso).



Figura 7. Perímetro con observación TG.

La figura anterior muestra una planta con una bifurcación desde su tallo, por tal razón se tomó la medida del tallo más grueso a una altura de 1.3 m, en este caso con una medida de 0.50 m de perímetro con una observación de TG.

d. El último caso es cuando el perímetro de la planta es menor a 0.1 m (figura 8), entonces se escribió en las observaciones “D<0.03” (diámetro menor a 0.03 m), y el campo de perímetro en el aplicativo se dejó en blanco.



Figura 8. Perímetro con observación D<0.03.

La imagen anterior (figura 8) muestra una planta la cual su perímetro es inferior a 10 cm, para este último caso se dejó el campo de perímetro en blanco y se colocó en observaciones D<0.03.

6. Para concluir con la accesión se etiquetó el individuo con el número respectivo de identificación que se le otorgó en el registro. Para elaborar las etiquetas se usa una máquina de realce (figura 9) y una cinta especial.



Figura 9. Máquina de realce.

La máquina de realce nos permite crear la etiqueta con el número de identificación que se le otorga en el registro y el cual es único para cada accesión.

Luego de realizar la etiqueta se corta y se coloca en la planta; si es una planta pequeña amarra un alambre con la etiqueta (figura 10), si es un árbol se clava con una puntilla (figura 11).



Figura 10. Individuo con su etiqueta.

En la imagen se puede observar una planta de un tamaño pequeño en la cual para poder identificarla se le añadió la etiqueta (encerrada de color rojo) única con el número 171420279 y se sujetó con un alambre.



Figura 11. Individuo con su etiqueta.

En la imagen se puede observar un árbol el cual se le añadió la etiqueta (encerrada en color rojo) 171420269 clavándola con una puntilla, las etiquetas en la medida de lo posible se dejan a una altura y una posición lo más ocultas de la vista del público para que no sean fácilmente retiradas.

7. Las líneas son un surco de individuos de la misma especie, para realizar el registro de las accesiones tipo línea (figura 12. figura 13) se realiza el mismo procedimiento, a diferencia que en las accesiones de líneas es necesario contar aproximadamente cuantos individuos

se están registrando en un solo trazo, además de no ser necesario elaborar ni colocar la etiqueta.



Figura 12. Líneas en campo.

La mayoría de líneas corresponden a las cercas vivas que posee el jardín, en la imagen se muestra como se usan las cercas para delimitar un área, para poder registrarlos se usa una accesión de tipo línea.



Figura 13. Líneas en el mapa. Copyright © 2017 Esri

En la imagen se muestra un grupo de líneas georeferenciadas y registradas.

8. Un polígono es un área en la cual se encuentran individuos de la misma especie, (figura 14. figura 15) para poder registrar un polígono se deben ubicar más de dos puntos en el mapa para poder dibujarlo, al igual que en las líneas se cuentan de forma aproximada cuantos individuos se están accesando en el área y no es necesario elaborar la etiqueta.



Figura 14. Polígono en campo.

En la imagen se puede observar un área correspondiente a individuos de la misma especie en el cual se contaron alrededor de 36 individuos, para poder registrarlos se usa una accesión de tipo polígono.



Figura 15. Polígono en el mapa .Copyright © 2017 Esri

En la imagen se muestra un grupo de polígonos debidamente registrados y georeferenciados.

Actualización cartográfica



Figura 16. Proceso para realizar una actualización cartográfica de senderos

Las actividades de cartografía se centran en la actualización de senderos peatonales en el mapa (figura 16), para ello se necesita ubicar las orillas del camino a realizar por medio de puntos, que se miden en campo por medio de triangulación con la ayuda de un de un decámetro, al mismo tiempo que se miden los puntos en campo se ubican los puntos en el mapa con la herramienta de medición de Collector, en un ordenador se trazan las líneas de los caminos uniendo los puntos registrados, para poder realizar el proceso en campo es necesaria la intervención de dos personas.

Control de calidad

Es el proceso en el cual se verifican las accesiones que se realizaron en el Jardín Botánico para corroborar que los registros que se hayan hecho estén acordes con las características que tienen las plantas que se planean comprobar, para ello se ejecutan los siguientes pasos:

1. Para el control de calidad el primer paso es determinar el área de trabajo y ajustarla de tal manera que sea de todo el jardín, ya que la verificación puede ser de cualquier individuo.
2. Se realiza una lista con los números de identificación de las accesiones que se planean verificar y ciertos datos que son los que se van a corroborar en campo.
3. Se busca la accesión con la función de búsqueda de Collector (figura 17), luego se muestra el resultado pertinente de la identificación del individuo (figura 18) y se señala la ubicación para poder ir hasta el sitio correspondiente.

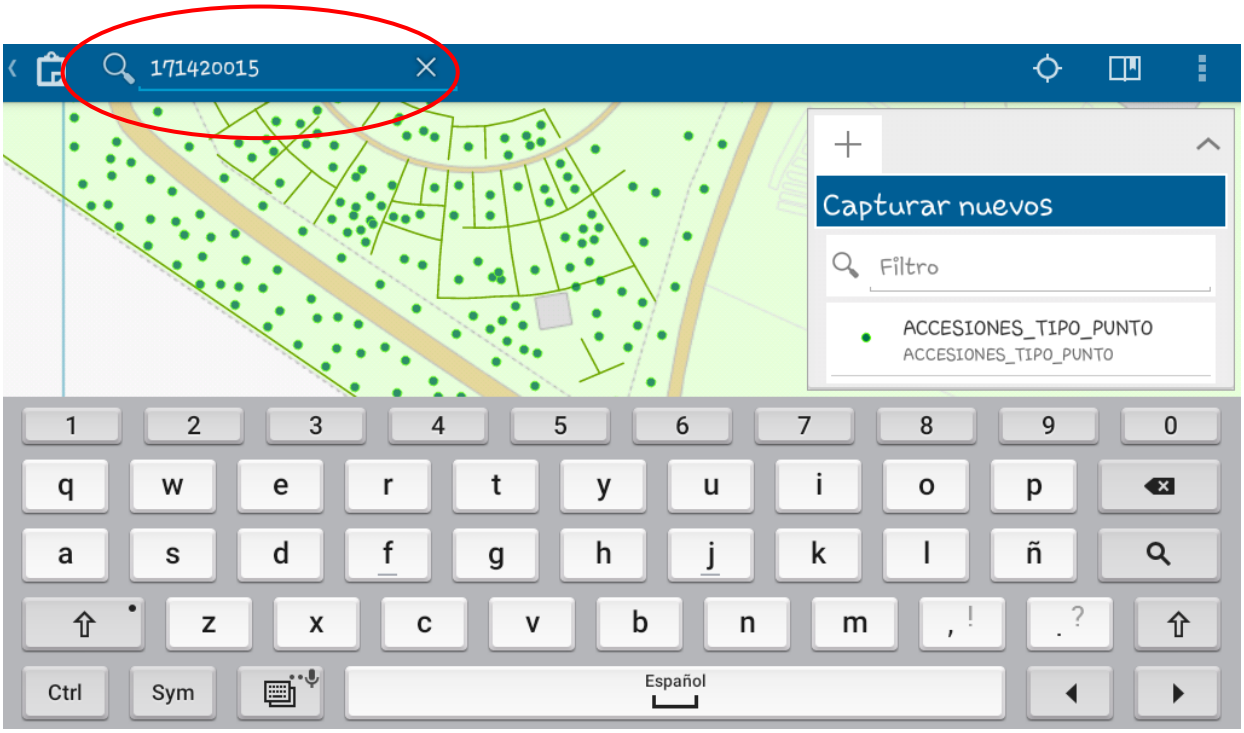


Figura 17. Búsqueda de la identificación de una accesión. Copyright © 2017 Esri

Para poder localizar el individuo es necesario conocer su número de identificación y buscarlo con la herramienta Collector.

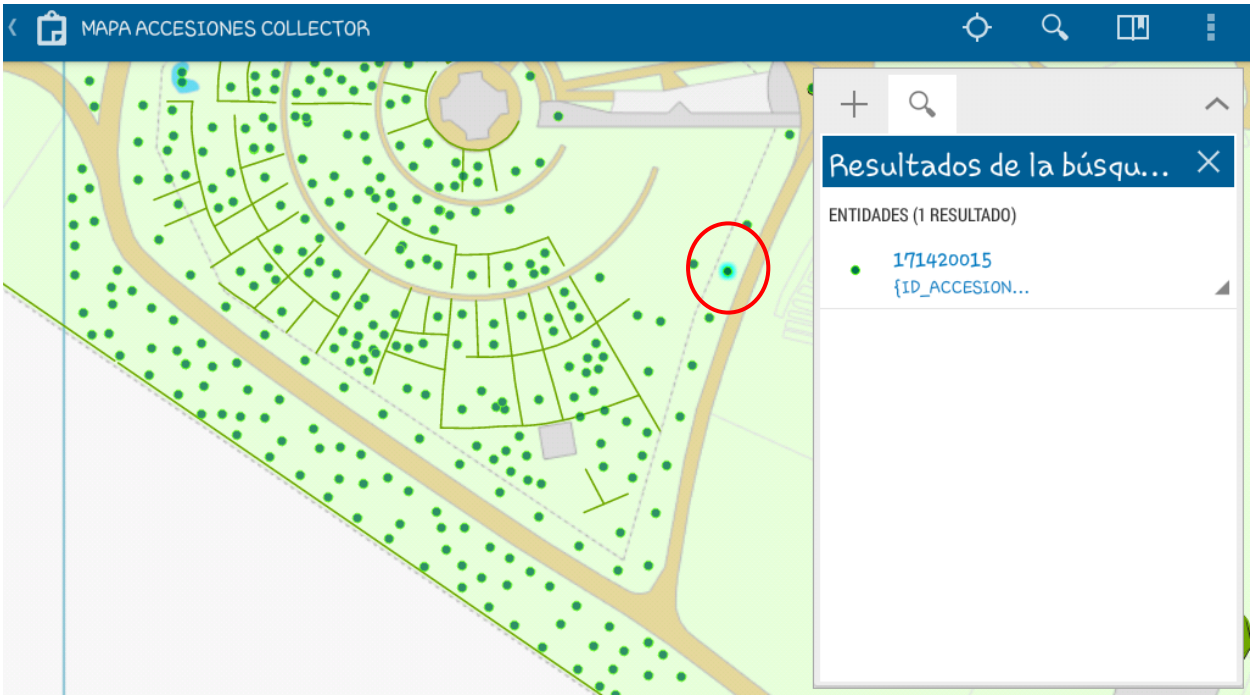


Figura 18. Resultados y ubicación de la búsqueda. Copyright © 2017 Esri

En la imagen se puede ver la ubicación de la búsqueda, la cual está señalada en rojo y resaltada en azul en el mapa, permitiendo llegar a su localización en campo.

Luego de estar en la ubicación de la accesión necesaria se llenan los siguientes datos:

a) Etiqueta: se señala si posee o no su etiqueta correspondiente.

b) Habito: se señala si cumple con lo registrado en el mapa.

c) Altura: si concuerda la altura registrada con la de la planta.

d) Perímetro: se mide el fuste y se examina si están adecuados los datos.

e) Georeferenciación: se toman las medidas en campo con las dos accesiones más cercanas al individuo a revisar y se registra la diferencia que haya entre la medida en campo y la que se muestra en el mapa, el ideal es que la diferencia entre medidas sea de cero.

4. Por último luego de terminar de llenar la lista se digitalizan los datos en excel para el respectivo análisis.

Resultados

Las accesiones realizadas se hicieron en diferentes zonas, sin embargo en el jardín sistemático (figura 19) fue donde se registraron la mayoría de ellas.

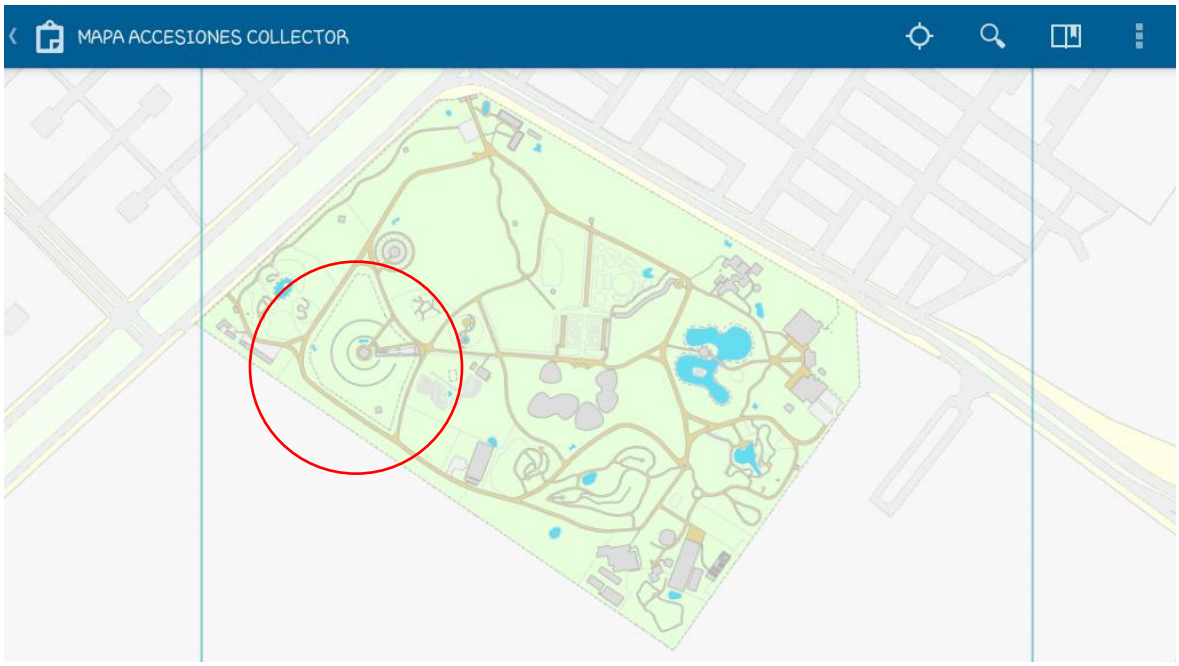


Figura 19. Mapa general del jardín. Copyright © 2017 Esri

En la imagen se encuentra un mapa general del jardín en donde se señala en rojo la zona correspondiente al jardín sistemático en el cual su principal atributo es poseer plantas con flores.

En esta zona se realizaron 354 accesiones tipo punto, en las cuales se ejecutó la georeferenciación de cada una, la ubicación en el mapa, el registro de la información respectiva con la foto adjunta y la etiqueta adecuada. También se efectuaron 69 accesiones tipo línea.

En las siguientes imágenes se puede observar el progreso del trabajo hecho a través del tiempo:

- El día 19 de octubre se empezaron a realizar registros en el sistemático.

- El día 24 de octubre de 2017 se pudieron evidenciar las accesiones mostradas en el mapa (figura 20), en las que sobresalen los de tipo punto.

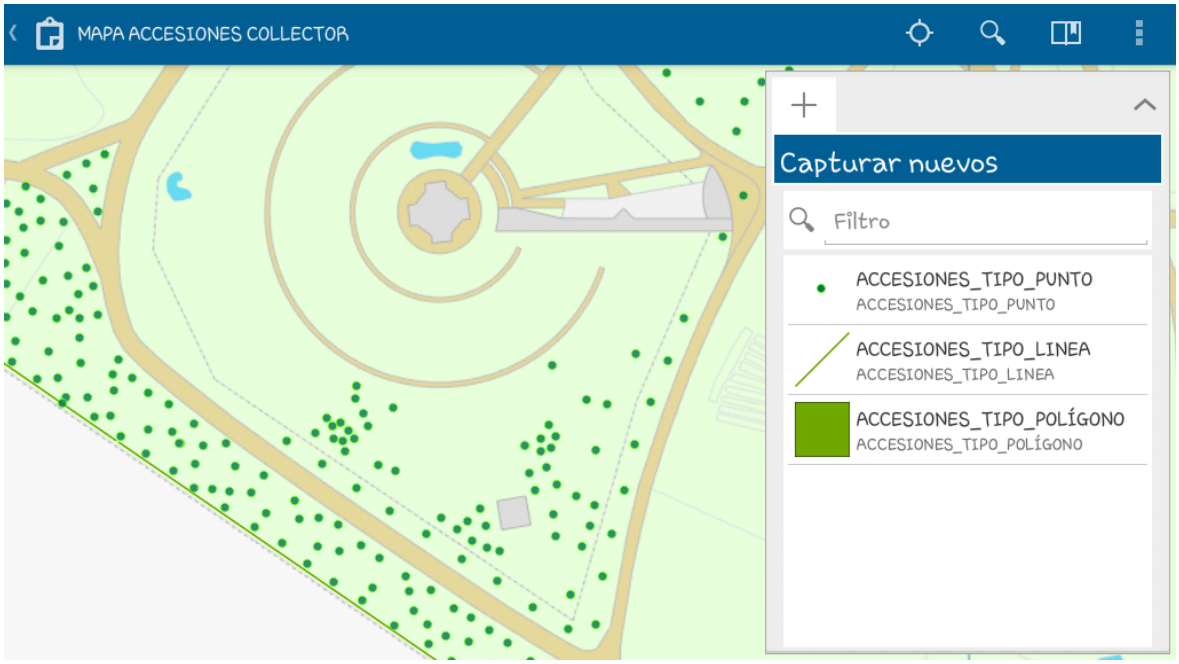


Figura 20. Avance de accesiones en el sistemático. Copyright © 2017 Esri

- El día 1 de noviembre de 2017 se empezaron a registrar las acciones tipo línea mostrada en el mapa (figura 21).

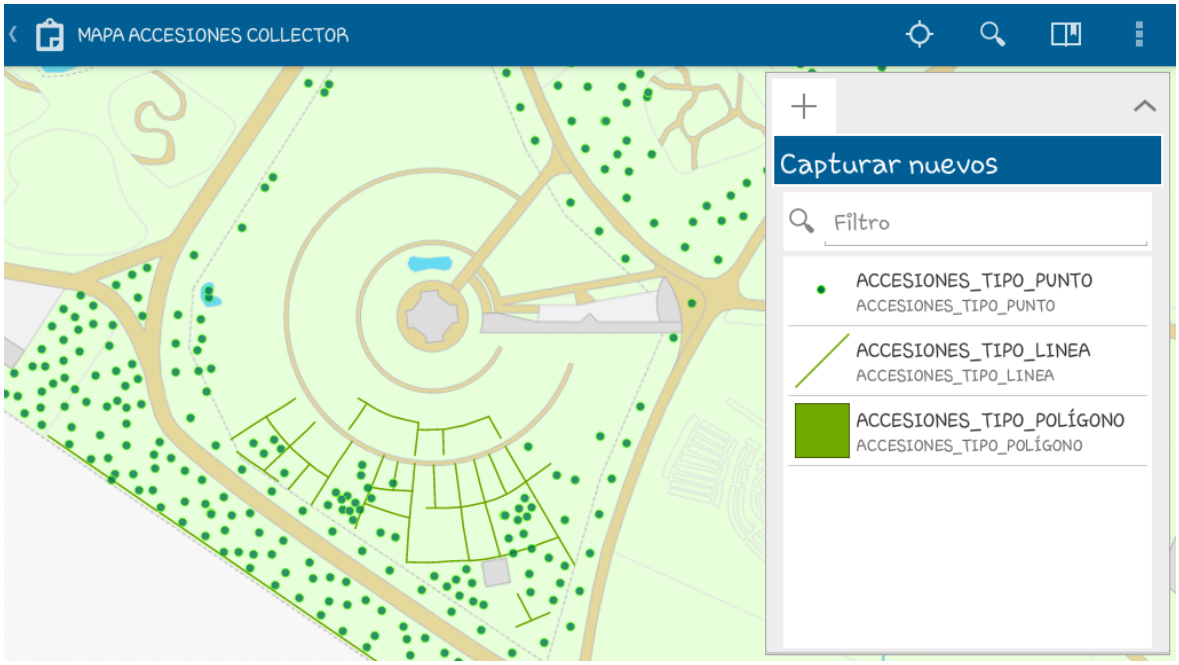


Figura 21. Avance de accesiones tipo línea en el sistemático. Copyright © 2017 Esri

- El día 8 de noviembre de 2017 se completaron todos los registros tipo línea en el mapa del sistemático

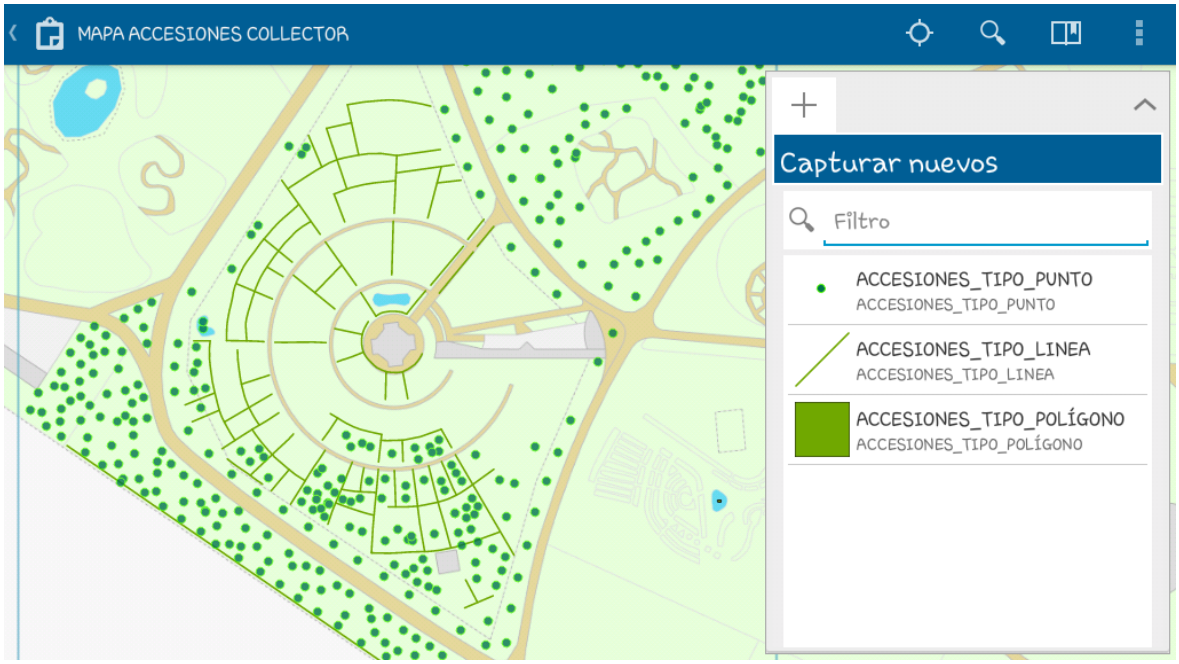


Figura 22. Mapa del sistemático con todas las accesiones de líneas. Copyright © 2017 Esri

- El día 11 de noviembre de 2017 se siguieron realizando las accesiones tipo punto en el mapa (figura 23), tomando como apoyo las líneas ya registradas.

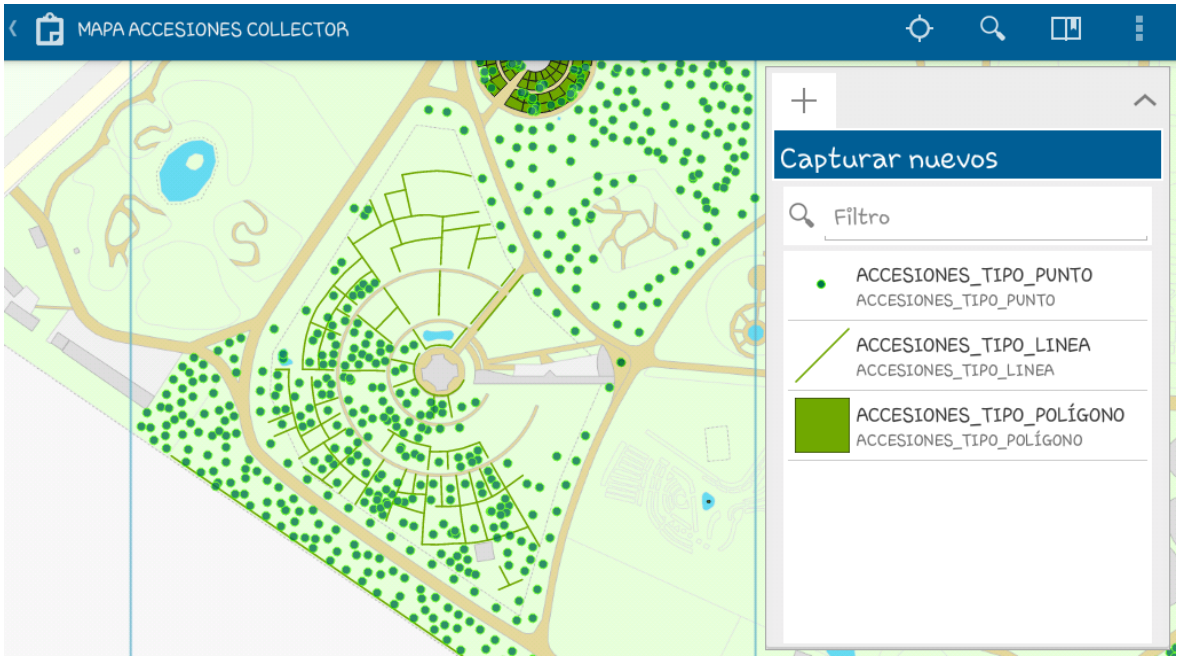


Figura 23. Avance de accesiones de puntos en el sistemático. Copyright © 2017 Esri

- El dia 16 de noviembre de 2017 se completaron todas las accesiones en el mapa (figura 24) del jardín sistematico.



Figura 24. Mapa del jardín sistemático con todas las accesiones hechas. Copyright © 2017 Esri

La imagen anterior es un mapa del jardín sistemático obtenido de un ordenador en la cual se encuentran todos los individuos accesados.

En el jardín sistemático de acuerdo a los registros hechos en el cual se lograron 354 accesiones se obtuvo la siguiente información:

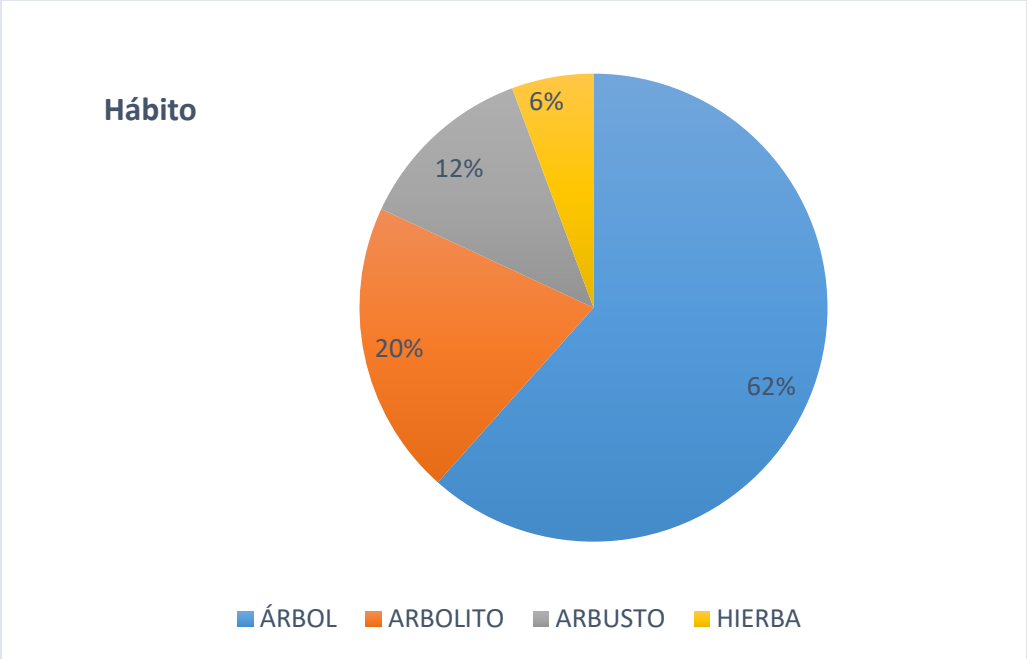


Figura 25. Gráfico de hábitos en el jardín sistemático.

El hábito de un individuo está relacionado con la morfología de la planta, en el jardín sistemático se identificaron 218 árboles (62%), su principal característica es su gran tamaño, además producen ramas secundarias nuevas cada año que parten de un único fuste o tronco, un arbolito se caracteriza por tener una altura no mayor a 4 m se identificaron 72 arbolitos (20%), un arbusto posee varios troncos y se ramifica desde la base se encontraron 44 arbustos (12%), por último la hierba carece de tronco leñoso y su tallo es tejido blando, de color verde se georeferenciaron 20 hierbas (6%).

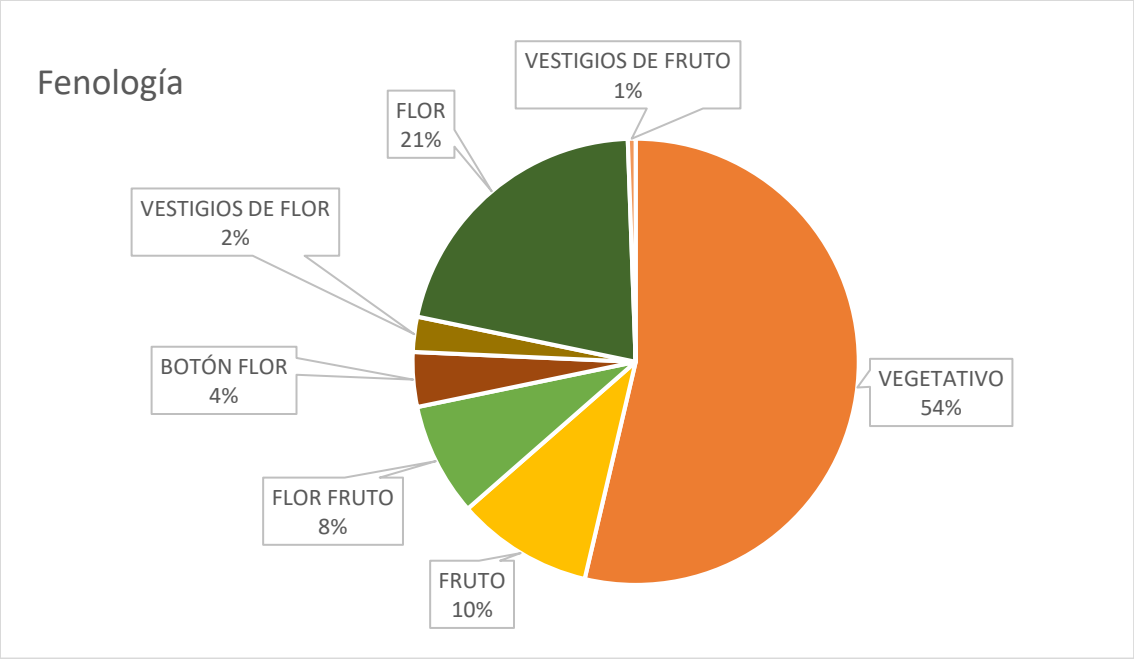


Figura 26. Gráfico de fenologías en el jardín sistemático.

La fenología de un individuo esta conexo con el desarrollo reproductor y vegetativo de plantas en relación con los parámetros ambientales, el vegetativo es cuando la planta no se encuentra en estado de reproducción, en el jardín sistemático se identificaron 190 plantas en estado vegetativo (54%), 35 plantas con fruto (10%), 75 plantas con flor (21%), 29 plantas con flor-fruto (8%), 14 plantas con botón de flor (4%), con vestigios de flor o rastros de la existencia de flores se identificaron 9 plantas (2%) y se encontraron 2 plantas con vestigios de frutos (1%).

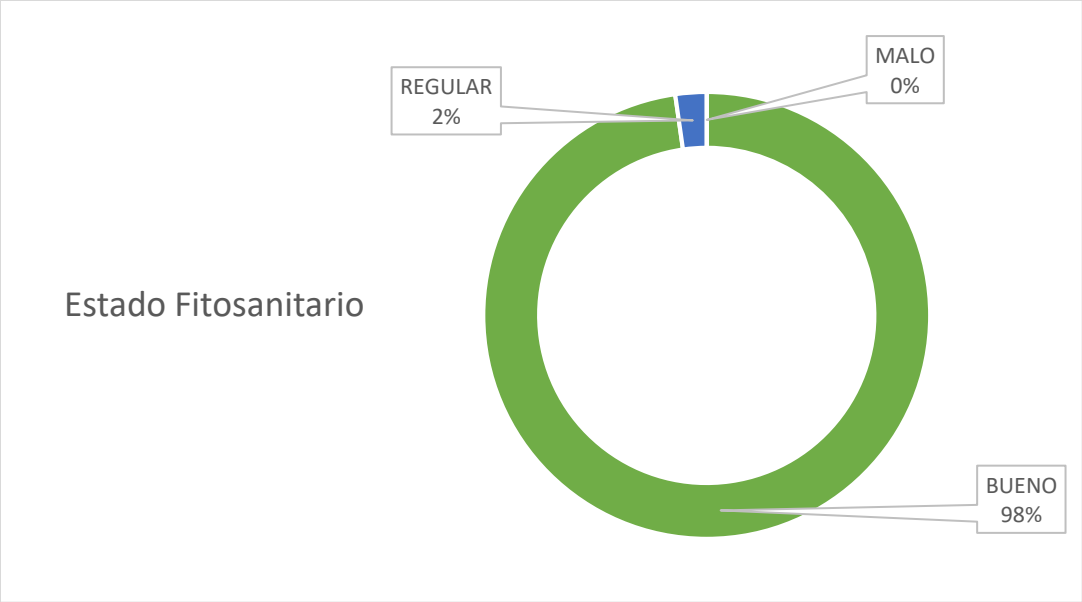


Figura 27. Estado fitosanitario de los individuos en el jardín sistemático.

El estado fitosanitario es la condición de salud de un árbol que se aprecia a simple vista por el vigor, color y turgencia de su follaje, se observaron 346 plantas en buen estado (98%), 8 plantas en estado regular (2%) y no se encontró ninguna planta en mal estado.

En el bosque de gaques (figura 28) se realizaron 17 accesiones de punto (figura 29) de la misma manera que se registró en la anterior zona.

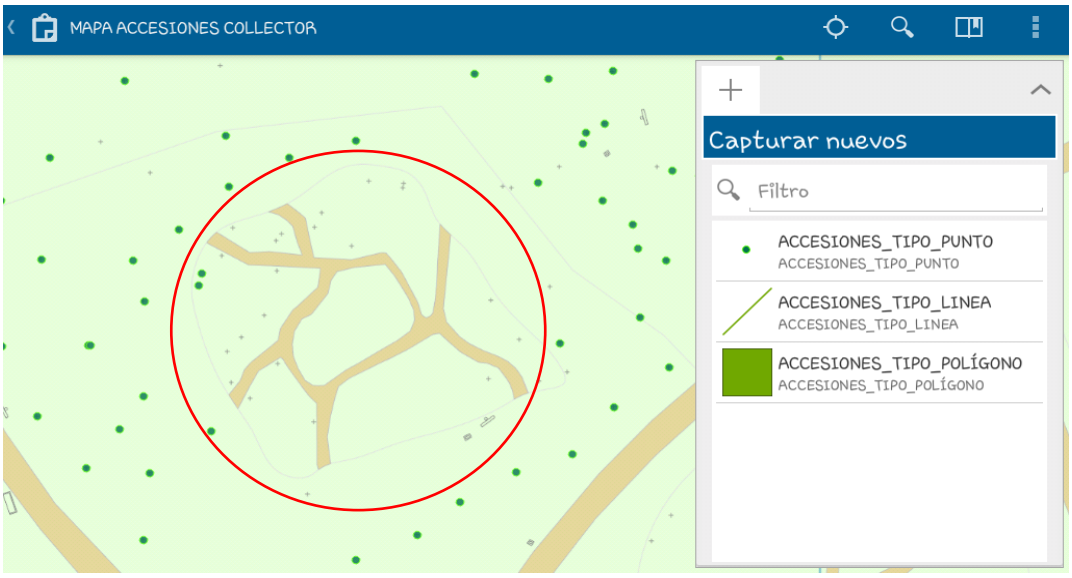


Figura 28. Mapa del bosque de gaques sin realizar ninguna accesión .Copyright © 2017 Esri

La figura 28 muestra el bosque de gaques señalada en rojo antes de comenzar con el registro de individuos.

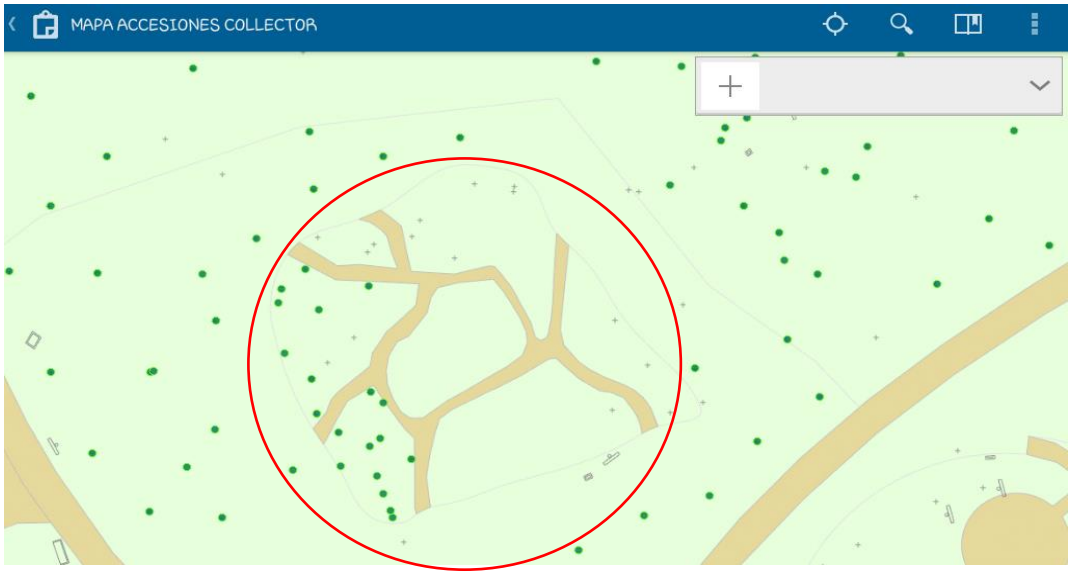


Figura 29. Avance de accesiones tipo punto en el bosque de gaques. Copyright © 2017 Esri

En la imagen se observa el avance de accesiones que se tuvo en el jardín de gaques (señalada en rojo).

En el palmetum y el bosque de quinas se registraron 15 polígonos (figura 30), con el registro correspondiente, georeferenciación y foto. Para estos casos no se realizaron etiquetas ya que no era necesario, en esta área se accesaron aproximadamente 2.700 individuos.



Figura 30. Polígonos registrados. Copyright © 2017 Esri

En la anterior imagen se puede observar un mapa de una sección del bosque de quinas y el palmetum obtenido en un ordenador en el que se encuentran los polígonos accesados en color verde.

En el palmetum, bosque de quinas, jardín sistemático y bosque de gaques se realizó el conteo de los individuos (figura 31), en el cual se realizaron tres diferentes tipos de registros o accesiones (línea, punto y polígono) en los registros elaborados se obtuvo un conteo total de 4.820 individuos.

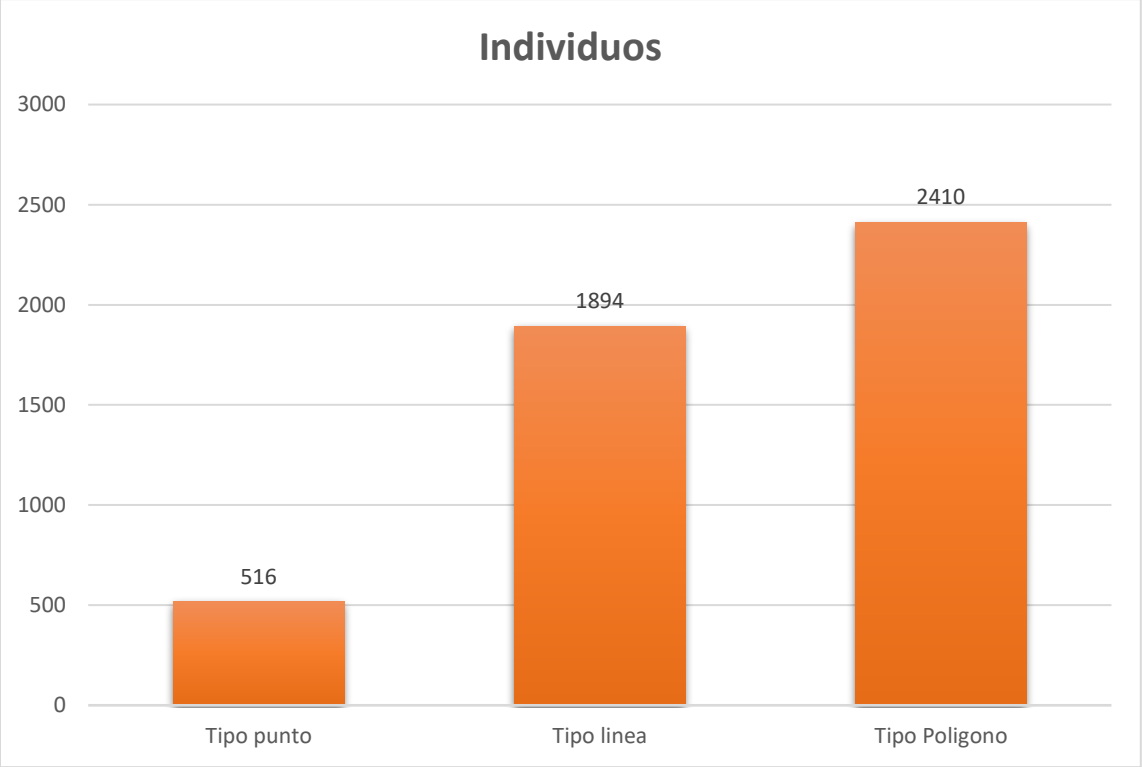


Figura 31. Conteo de los individuos registrados.

En el anterior conteo entre los individuos tipo punto se encuentran árboles, arbolitos, arbustos y hierbas, los individuos tipo línea están compuestos por arbustos solamente ya que son los que se usan en las cercas vivas, por último los individuos tipo polígono están determinados solamente por hierbas.

Respecto a la cartografía, se localizaron puntos para poder llevar a cabo el trazo de dos senderos peatonales en la zona de los criptógamios (figura 32) que no estaban en los mapas del jardín, los cuales se observan en la siguiente imagen.

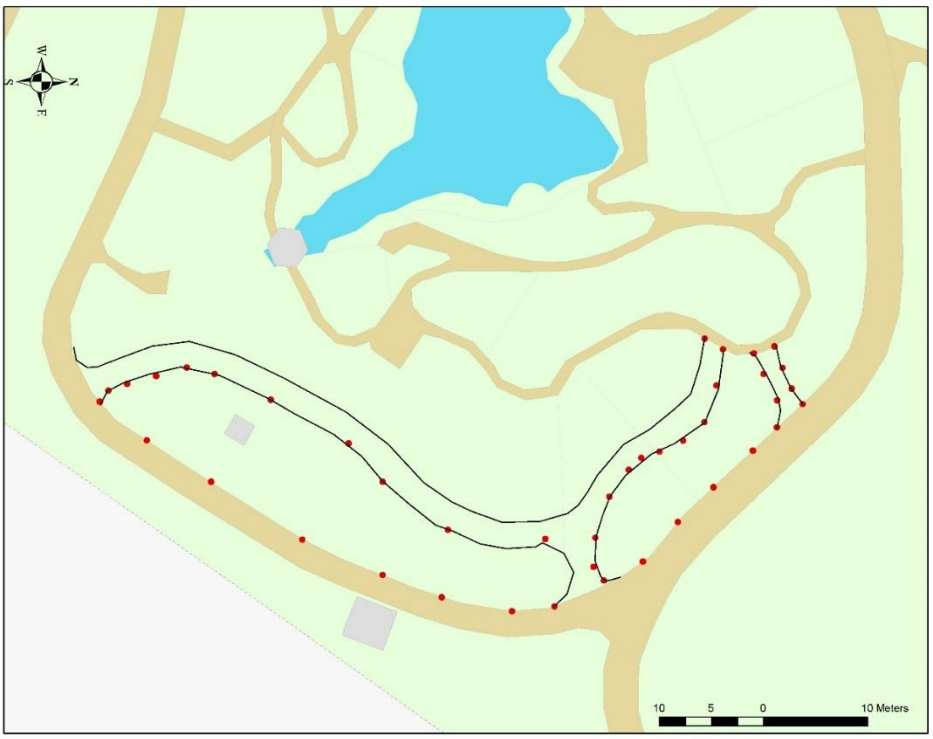


Figura 32. Mapa de los senderos actualizados. Copyright © 2017 Esri

En la anterior imagen se puede observar un mapa del criptógamio obtenido en un ordenador el cual muestra los senderos trazados en color negro, con ayuda de los puntos que fueron localizados en campo de color rojo.

En el control de calidad se realizaron 46 revisiones de individuos distribuidos en todo el Jardín Botánico, en la recopilación de los datos se pudo obtener la siguiente información:

- Habito: todos los individuos que se revisaron tienen el mismo hábito que el registrado en el mapa.
- Altura: solamente 2 accesiones tienen mal el campo de altura el resto (44) cumplen con los registros.

- Perímetro: todas las plantas observadas en campo tienen inscrita la medida de su perímetro correctamente.
- Georeferencia: cada individuo a revisar era ubicado en campo y se tomaban medidas a los dos individuos más cercanos, luego se calculaba la diferencia de medidas con las proporcionadas por el mapa, por cada revisión se diligenciaban dos diferencias dadas en metros, estas podían ser tanto negativas como positivas. Para tener un referente de sumaron todas las 46 diferencias y se promediaron, obteniendo como resultado -0.0047 m dando a entender que en cada accesión hay una diferencia de -4.7 cm en promedio respecto a su ubicación en el mapa.

Análisis de resultados

Durante el proceso de identificación y georeferenciación de las plantas, se pudo deducir que el hábito de los individuos (figura 25) el cual está relacionado a su morfología, la más alta proporción son árboles con un 62%, seguido de arbolitos, lo que denota que la mayoría de individuos en dicha zona tienen un gran tamaño. En el transcurso del proyecto (octubre y noviembre) respecto al desarrollo reproductor y vegetativo (figura 26) de las plantas conocido como fenología, se lograron obtener porcentajes de individuos en distintas etapas, estos datos nos dan una referencia para poder llevar a cabo una futura propagación de las plantas, ya que poseemos los registros de sus estados de reproducción como base primordial para la conservación de los individuos.

En el jardín sistemático se registraron 354 individuos de los cuales la mayoría se encuentra en un buen estado (figura 27), reflejado en los cuidados que se proporcionan a las plantas y el ambiente adecuado que les permite vivir apropiadamente.

Para la realización de todas las accesiones se necesitaron 152 horas distribuidas en cuatro semanas de lunes a viernes, para obtener los cálculos se contaron las accesiones por cada semana:

En la primera semana se registraron 103 accesiones realizadas en el jardín sistemático que fueron tipo punto, además se registraron 26 accesiones de tipo línea, dejando un total de 129 accesiones con un promedio de 25.8 accesiones por día.

En la segunda semana se registraron 131 accesiones realizadas en el jardín sistemático que fueron tipo punto, además se registraron 44 accesiones de tipo línea, dejando un total de 175 accesiones con un promedio de 35 accesiones por día.

En la tercera semana se registraron 101 accesiones realizadas en el jardín sistemático que fueron tipo punto, con un promedio de 20.2 accesiones por día.

En la cuarta semana se registraron 18 accesiones realizadas en el jardín sistemático que fueron tipo punto, además se registraron 17 accesiones de tipo línea en el bosque de gaques y se registraron 15 accesiones tipo polígono en las zonas del bosque de quinas y el palmetum, dejando un total de 50 accesiones con un promedio de 10 accesiones por día.

Para obtener un solo promedio de accesiones por día se necesita obtener la media de las cuatro semanas, dando como resultado 22.75 accesiones por cada día y para dar estos mismos resultados a menor escala el número de accesiones es de 2.84 por hora.

Teniendo en cuenta que para la ejecución del registro de accesiones en algunos días de determinadas semanas se contó con el apoyo de un integrante del personal de colecciones vivas, lo que facilitaba el trabajo aumentando el número de accesiones realizadas. Por otro lado los días que había presencia de lluvias no se podía realizar el trabajo en campo hasta que escampara por tal razón se disminuían el número de accesiones por día.

En el conteo (figura 31) se tuvo en cuenta un número de accesiones para cada tipo, en la cual se realizaron 354 de tipo punto, 69 tipo línea y 15 tipo polígono, del conteo se puede evidenciar la gran densidad de individuos que hay en las accesiones tipo polígono, seguido de las líneas y por último los puntos. Es importante resaltar que tanto los individuos tipo polígono, como los de línea su conteo fue aproximado, en cambio los puntos obtuvieron un conteo preciso.

En la actualización cartográfica se trabajó en la zona del criptógamio se actualizó el sendero a través de puntos localizados por triangulación, el trabajo realizado en campo se hace de una manera muy sencilla sin utilizar herramientas sofisticadas, solo con la ayuda de un decámetro y la

participación de dos personas, sin embargo los resultados obtenidos fueron cercanos a la exactitud e incorporados en el mapa de la zona correspondiente (figura 32).

Para poder realizar todo el proceso de actualización cartográfica de la zona del criptógamio se emplearon 16 horas distribuidas en dos días en los que se emplearon actividades en campo georeferenciando puntos para luego trazar las líneas en un ordenador terminando con el mapa de senderos de la zona.

En la ejecución del control de calidad realizada en la colección viva que abarco todo el Jardín Botánico, se pudo ubicar todas las plantas en campo que fueron objeto de control ya que poseen su correspondiente etiqueta con su identificación, además de que su localización en el mapa tiene muy bajo margen de error con las medidas en campo.

La actividad de control de calidad se realizó de forma autónoma para ello se necesitaron 24 horas distribuidas en tres días, el primer día se realizaron 10 revisiones con un promedio de 1.25 por hora, el segundo día 12 con un promedio de 1.5 por hora y el tercer día las restantes 24 dejando un promedio de 3 revisiones por hora. Se puede observar que los primeros dos días se ve reducido el promedio respecto al tercer día debido a limitaciones por causas climáticas lluvias constantes.

En la tesis (Cárdenas y Rosado, 2010) se realizó la georeferenciación de la infraestructura de una empresa de telecomunicaciones en Ecuador, por medio del sistema GPS (Global Positioning System) a través de un sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) se recolectó la información fue 0022necesaria para tener una base de datos actualizada de cada uno de los elementos que pertenecen a la estructura de telecomunicaciones que se distribuía en tres etapas:

- Última milla

- Conmutación y energía
- Transmisiones

La última milla, son todos los elementos que pertenecen tanto a la red primaria como secundaria y se tomaron los datos pertinentes para constituir una base de datos.

Para realizar el levantamiento se tomaron las coordenadas UTM de las centrales mediante el GPS y se recolecto la información necesaria.

Por último se hizo el mismo proceso para los transmisores que comprende todas las estaciones de transmisión, repetidoras, centrales, multiaccesos. Para tener una comparación en el proyecto realizado en el Jardín Botánico de Bogotá al igual que en la anterior tesis se realizó la georeferenciación por medio del sistema GPS y con coordenadas para poder llevar a cabo la actualización de bases de datos. La diferencia más notoria entre las dos, es que la actualización del inventario se centra en seres vivos; plantas que corresponden a la colección viva del Jardín Botánico.

Los SIG son una alternativa en la planeación, desarrollo y monitoreo de grandes obras de infraestructura aplicadas en la ingeniería civil, por su capacidad de análisis y respuesta. Para ello se realiza la aplicación de los SIG en la georeferenciación de diferentes escenarios asociados al análisis de riesgo, desarrollados para México (Pineda, 2012).

Para ello se presentan los aspectos generales de la zona en cuestión y se hace una descripción del impacto provocado, luego se introducen algunas de las funcionalidades de un SIG utilizadas en la preparación de los para el proceso de evaluación de riesgo. A continuación el mapeo de los elementos o capas temáticas necesarias, finalmente se realiza la exposición de los distintos escenarios.

Siendo utilizados en sistemas de gas natural, redes de agua potable, fenómenos meteorológicos como inundaciones, huracanes, riesgos sísmicos entre otros.

En el Jardín Botánico de Bogotá al igual que en el anterior caso se usaron las SIG para la elaboración del proyecto, sin embargo en la actualización del inventario solo se enfocó en la localización de individuos, en cambio en la tesis desarrollada en México, se utilizaron las SIG para georeferenciar escenarios asociados al análisis del riesgo, siendo una herramienta primordial en el manejo de información espacial y en las distintas tareas de la ingeniería civil.

Conclusiones

- Se determinaron 218 árboles, 72 arbolitos, 44 arbustos y 20 hierbas en el Jardín Botánico de Bogotá.
- Se georeferenciaron 4820 individuos y se actualizaron 2 senderos en el Jardín Botánico de Bogotá.
- El 96% de las accesiones se encuentran debidamente registradas y localizadas, demostradas por el control de calidad realizado en el Jardín Botánico de Bogotá.
- El 98 % de las plantas registradas en el desarrollo del proyecto se encuentran en un buen estado.

Recomendaciones

- Colocar señales que le permitan al visitante llegar a las zonas del jardín que desean buscar de forma autónoma.
- Incorporar en la página web del Jardín Botánico los programas de pasantías, para facilitar las posibles incorporaciones.

Referencias

Jardín Botánico de Bogotá. (2017). Líneas de investigación. Bogotá.http://www.jbb.gov.co/index.php/programas-de-investigacion.

ArcGis. (2017). Georeferenciación y sistemas de coordenadas. Estados Unidos http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm

COCUPO. (2017). Ecosistemas de Colombia. Recuperado de http://tierracolombiana.org/ecosistemas-de-colombia

Anónimo. (2017). Concepto de herbario. https://deconceptos.com/ciencias-naturales/herbario

Plan Nacional de Jardines Botánicos de Colombia. (2001). 1st ed. Santa fé de Bogotá: Instituto Alexander Von Humboldt.

ArcGIS. (2017). Collector for ArcGIS. Estados Unidos. http://doc.arcgis.com/es/collector/overview/overview.htm

Cárdenas, D. y Rosado, J. (2010). Georeferenciación e implementación de una base de datos y software, análisis y propuesta de mejoramiento de la infraestructura de telecomunicaciones de la corporación nacional de telecomunicaciones de la sucursal Cañar (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

Pineda, J. (2012). Uso de los sistemas de información geográfica en la ingeniería civil (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma De México, México D.F., México.