

Universidad Autónoma Del Caribe
Facultad De Ingeniería
Ingeniería Electrónica Y Telecomunicaciones



Diseño de un dispositivo electrónico para el registro y transmisión inalámbrica de variables físicas en función del buen estado de plantas domésticas para su visualización en tiempo real en un aplicativo Android para el Bosque Seco del Parque Biotemático Megua.

Presentado por:

Díaz Daza Daniel Andres

Meriño Jaimes Dairo Andres

Colombia, Barranquilla

2020

Resumen

El proyecto diseño de un dispositivo electrónico para el registro y transmisión inalámbrica de variables físicas en función del buen estado de plantas domésticas para su visualización en tiempo real en un aplicativo Android para el Parque Biotemático Megua, es un sistema cuya finalidad es supervisar las alteraciones climáticas de las plantas, específicamente temperatura, humedad, luminosidad y fertilidad gracias a la implementación de un equipo de monitoreo con tecnología inalámbrica, con el objetivo de promover la recuperación, preservación y protección del ecosistema de bosques secos.

Palabras clave: Dispositivo electrónico, Bosque Seco, Aplicativo Móvil, Tecnología inalámbrica.

Abstract

The project to design an electronic device for the recording and wireless transmission of physical variables based on the good condition of domestic plants for their real-time visualization in an Android application for the Megua Biotematic Park, is a system whose purpose is to monitor climatic changes of plants, specifically temperature, humidity, luminosity and fertility thanks to the implementation of a monitoring equipment with wireless technology, with the aim of promoting the recovery, preservation and protection of the dry forest ecosystem.

Keywords: Electronic device, Dry Forest, Mobile Application, Wireless technology.

Contenido

Resumen.....	II
Abstract.....	III
Introducción	6
Capítulo 1 Descripción del Proyecto	7
Planteamiento del Problema	7
Formulación del Problema.....	9
Impacto Esperado.....	9
Usuarios directos e indirectos potenciales de los resultados de la investigación	10
Objetivos.....	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos	10
Metodología	11
Diseño de la investigación	12
Capítulo 2 Marco Teórico y Estado del Arte	15
El bosque seco.....	15
Tecnologías de monitoreo remoto en tiempo real	18
Sistemas de monitorización ambiental.....	19
Aplicación móvil.....	19
SDK Flutter.....	19
JSON API.....	20
ESP8266.....	20
Web Server	22
Capítulo 3 Análisis de Resultados y Propuesta Ingenieril.....	23
Capítulo 4 Conclusiones	43
Capítulo 5 Recomendaciones.....	45
Bibliografía	47
Anexos	49

Introducción

El proyecto *diseño de un dispositivo electrónico para el registro y transmisión inalámbrica de variables físicas en función del buen estado de plantas domésticas para su visualización en tiempo real en un aplicativo Android para el Parque Biotemático Megua*, aka Caribe Smarts Plants, es un prototipo electrónico desarrollado para mejorar la conservación del ecosistema local, así como brindar educación ambiental sobre el ciclo de vida de las plantas, y recopilar información regional sobre las condiciones climáticas y de cuidado de la flora atlanticense. De esta manera se logrará brindar una alternativa viable, funcional, de bajo presupuesto con información pertinente de plantas locales que permita la adquisición, monitoreo y procesamiento de los datos de las variables ambientales de temperatura ambiente, humedad del suelo, luminosidad y fertilidad, a través de lecturas periódicas transmitidas sobre redes Wi-Fi (IEEE802-1b/g) en una aplicación Android.

Esta investigación se apoya en el trabajo realizado por la empresa alemana VegTrug con su producto VegTrug Grow Care Home¹, el cual cuenta con una app móvil en Android e iOS, para la gestión de sus variables de temperatura ambiente, humedad del suelo, luminosidad y fertilidad, con transmisión de datos sobre redes BLE (Bluetooth Low Energy), gracias a la información suministrado por una base de datos de 4000 plantas europeas. Las limitaciones del presente proyecto permiten gestionar una base de datos no mayor a 500 especímenes, obtenidos gracias a la colaboración del Parque Biotemático Megua, donde se implementará el proyecto, quien cuenta con un bosque seco tropical de 32 hectáreas, ubicado sobre la vía La Cordialidad, a la altura del municipio de Galapa, y es un referente de reserva en la región.

¹ Enlace web: <https://www.vegtrug.com/range/grow-care/grow-care-home/grow-care-home/>

Capítulo 1 Descripción del Proyecto

Planteamiento del Problema

De acuerdo con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados en 2015 por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas se invita a los sectores educativo, económico y a la sociedad a trabajar de manera conjunta por entre otros, la protección de los recursos naturales y el cuidado del Medio Ambiente para las generaciones futuras. Específicamente el objetivo 15, denominado vida en la tierra, “propende por proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación, detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica. La biodiversidad, entendida como la variedad de vida presente en la tierra, es altamente relevante como recurso natural necesario para el desarrollo social y económico de cualquier región, pero es más importante aún la necesidad de su conservación a través del uso sustentable de los recursos que tienen un valor directo de tipo medicinal o agrícola y un valor indirecto a través de los servicios que nos prestan los ecosistemas, cuyos conservación y buen funcionamiento son necesarios para nuestra propia sobrevivencia.” (Villafrades, 2017)

Aunque la realidad de muchos países, entre ellos Colombia, y particularmente en la Costa Caribe, es bastante pobre en lo que respecta a conservación y cuidado ambiental. Según el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt en su Volumen 13 Número 2 Julio - diciembre de 2012, el alto grado de amenaza que sufre el bosque seco, producto de su larga historia de transformación y degradación en el Neotrópico y específicamente en Colombia, se suma a las grandes deficiencias que actualmente presentan las estrategias para su conservación. Arango et al. (2003) estimaron que sólo el 3 % de los bosques secos del país están incluidos en áreas protegidas, todos ellos ubicados en la ecorregión del Caribe, donde se encuentran los relictos de bosque en mejor estado de conservación. Sin embargo, en Colombia no existen datos recientes acerca de la cobertura real de este ecosistema. Se tiene información del estudio de Etter (1993), en donde estima que la cobertura del bosque seco del país es del 1,5 % de su cobertura original. Dicho remanente estaría presente en áreas de intenso uso agropecuario, como es el caso de la región Caribe y los valles interandinos (Cauca y Magdalena) (Álvarez et al. 1998)

Ahora, si bien en la Costa Caribe funcionan ocho Corporaciones Autónomas Regionales y dos Corporaciones para el Desarrollo Sostenible (Figura 1), según el investigador (Rodríguez, 2008) “no es fácil hacer una evaluación integral de su desempeño, toda vez que no existe un adecuado sistema de información ambiental que permita cuantificar

el verdadero impacto de la gestión realizada. A lo anterior se suman los cuestionamientos respecto a la transparencia administrativa y la politización de estas entidades”.

Corporación	Jurisdicción
Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS)	Departamento de Córdoba
Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA)	Departamento del Atlántico
Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique)	Zona rural de Cartagena y municipios de Turbaco, Turbana, Arjona, Mahates, San Estanislao de Kostka, Villanueva, Santa Rosa, Santa Catalina, Soplaviento, Calamar, Guamo, Carmen de Bolívar, San Juan, San Jacinto, Zambrano, Córdoba y María La Baja
Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB)	Todos los municipios del departamento de Bolívar, con excepción de los incluidos en Cardique
Corporación Autónoma Regional del Magdalena (Corpomag)	Departamento del Magdalena
Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar)	Departamento del Cesar
Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira)	Departamento de La Guajira
Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre)	Departamento de Sucre, con excepción de los municipios que están en jurisdicción de Corpomojana
Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Mojana y el San Jorge (Corpomojana)	Municipios sucreños de Majagual, Sucre, Guaranda, San Marcos, San Benito Abad, La Unión y Caimito
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina)	El archipiélago de San Andrés y Providencia

Fuente: Artículo 33 de la Ley 99 de 1993.

Figura 1. Corporaciones Autónomas y Regionales y de Desarrollo Sostenible en la Costa Caribe.

Lo más crítico es que según el investigador (Maury, 2008) esta área de manejo de las Corporaciones Autónomas y Regionales y de Desarrollo Sostenible no trata los principales inconvenientes ambientales de la región donde se encuentran: La deforestación, la disminución del caudal de las fuentes hídricas, la extinción de especies animales, la contaminación y la erosión, ni tampoco contiene la totalidad de los ecosistemas de importancia de la región. De hecho, de los 23 ecosistemas del Caribe, sólo 13 (56,5%) son

áreas protegidas, en tanto que ecosistemas de la mayor importancia mundial, como los arrecifes coralinos y pastos marinos, sólo alcanzan a proteger el 13,6% y el 7,8% de sus ambientes, respectivamente. Esto no es coherente con una estrategia comprehensiva de conservación. Por el contrario, la segmentación de áreas protegidas poco contribuye en el largo plazo a la salvaguarda de la funcionalidad de estos ecosistemas, lo cual, en últimas, se constituye en su principal valor.

Ahora claramente, hay muchas situaciones donde abordar la conservación de la biodiversidad ambiental de la región, pero según (Janzen 1988, Miles et al. 2006), en términos de conservación en el Trópico, el bosque seco es uno de los ecosistemas más degradados y amenazados pues se presenta como parches o fragmentos en casi toda la región Neotropical de Colombia, en su mayoría inmersos en paisajes dominados por cultivos y áreas dedicadas a la ganadería (Fajardo et al. 2005).

Por esta razón y de acuerdo con la investigación a presentar hay un amplio consenso en la comunidad científica acerca de que los bosques secos tropicales con estacionalidad (lluvias-sequía) son los más amenazados en el mundo, y son fundamentales para adelantar los estudios de la conservación y uso sostenible de nuestros suelos.

Formulación del Problema

¿De qué forma se puede brindar un mejor conocimiento biológico sobre las condiciones ambientales de la flora que gobiernan el funcionamiento del bosque seco tropical para su adecuado cuidado y preservación?

Impacto Esperado

En Colombia la mayoría de los estudios que se relacionan con el bosque seco, tienen como objetivo desarrollar inventarios de fauna o flora, en función a la identificación de los diferentes tipos de especies presente en la zona de estudio y su relación directa con los aspectos ambientales del suelo generando una incidencia en la distribución de las especies, conservando el ecosistema con un adecuado manejo del plan ambiental en las zonas de los bosques secos tropicales. Sin embargo, según García, Corzo, Isaacs & Etter (2014) la principal problemática con estos ecosistemas se da en la fertilidad del suelo, dado que afecta en gran manera la distribución de las plantas en un paisaje. Asimismo, son pocas las especies que pueden sobrevivir en ambientes poco fértiles, en cambio cuando aumenta el nivel de nutrientes existe mayores oportunidades para la coexistencia de especies. Sin embargo, también cuando se alcanzan niveles de nutrientes muy altos, las especies más aptas o mejor calificadas desplazan al resto (Clark 2002). Por esta razón gran parte de los suelos que soportaban bosque seco y que han sufrido modificación en su cobertura, hoy en día están

expuestos a erosión o desertificación. En la región de la Costa Caribe estos tipos de bosques han sido afectados por varias perturbaciones como asentamientos humanos, actividades antrópicas y contaminación de los desechos sólidos generados por los habitantes de los sectores aledaños al área de estudio, disminuyendo su diversidad de especies presente en el espacio (Cañadas, 2011).

Por ello es esencial para la preservación y conservación ambiental de la biodiversidad de la región promover la recuperación y protección del ecosistema de bosques secos dado que no solo reduciría estos fenómenos, sino también garantizaría el uso sostenible de recursos como el suelo de mucha importancia para la sociedad, y permitiría la prevención de la pérdida de especies endémicas tanto de flora y fauna en estos espacios; además que la información obtenida servirá para nuevos proyectos buscando la conservación de estos espacios naturales en la región.

Usuarios directos e indirectos potenciales de los resultados de la investigación

Usuarios directos:

- En primera instancia y la razón del proyecto, el bosque seco del Parque Biotemático Megua.
- En segunda instancia, reservas y ecosistemas con condiciones de flora similares en la Región.

Usuarios indirectos:

- Investigadores ambientales, agrónomos, agrícolas y similares.
- Corporaciones Autónomas y Regionales y de Desarrollo Sostenible en la Costa Caribe.

Objetivos

Objetivo General

Diseño de un dispositivo electrónico para el registro y transmisión inalámbrica de variables físicas en función del buen estado de plantas domésticas para su visualización en tiempo real en un aplicativo Android para el Bosque Seco del Parque Biotemático Megua.

Objetivos Específicos

- Identificar los factores que tienen mayor influencia sobre las variables de respuesta (temperatura, humedad, luminosidad y fertilidad) en los bosques secos de la región.
- Determinar la población muestra que integrará la base de datos de flora para su análisis y monitoreo.

- Desarrollar un aplicativo móvil para el análisis, visualización y gestión de los datos de la muestra de flora determinada.
- Realizar pruebas experimentales con el fin de validar el rendimiento y funcionamiento del prototipo, así como la transmisión inalámbrica de los datos.

Metodología

La presente propuesta de investigación se fundamenta en dos escenarios posibles de actuación: la fundamentación conceptual y la experimentación. El primer escenario implica la recolección documental de diferentes fuentes, con el ánimo de analizar el estado del arte y las tendencias actuales en materia investigativa, de esta temática de estudio. El segundo escenario implica el diseño de un modelo funcional, la programación y diseño de una base de datos que albergue la flora seleccionada, la construcción de un prototipo electrónico y un aplicativo móvil que gestione y visualice los datos requeridos.

Por ello, a continuación, se proyecta una matriz metodológica donde se aprecia la correspondencia entre las fases, objetivos y acciones que se pretenden alcanzar con el desarrollo de la presente propuesta.

No	Fase	Objetivos Específicos	Acciones
1	Documentación	Identificar los factores que tienen mayor influencia sobre las variables de respuesta (temperatura, humedad, luminosidad y fertilidad) en los bosques secos de la región.	Estudio de la literatura de las tecnologías de monitoreo, aplicaciones sobre bosques secos y condiciones medioambientales.
		Determinar la población muestra que integrará la base de datos de flora para su análisis y monitoreo.	Selección de los especímenes que integraran la base de datos, así como la investigación de sus características, usos e información relevante para su cuidado y estudio.
2	Diseño y desarrollo de la propuesta	Desarrollar un aplicativo móvil para el análisis, visualización y gestión de los datos de la muestra de flora determinada.	Realización del prototipo mediante tecnología Android.

3	Evaluación del Sistema propuesto	Realizar pruebas experimentales con el fin de validar el rendimiento y funcionamiento del prototipo, así como la transmisión inalámbrica de los datos.	Verificación de los resultados.
---	----------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------

Diseño de la investigación

El tipo de estudio efectuado es de tipo descriptivo (González, 2009) puesto que permite realizar un levantamiento de la situación actual en lo referente a la utilización de sensores para mediciones ambientales en los bosques secos y los diversos sistemas de comunicaciones, en el proceso de identificación de los sistemas de transmisión y recepción de datos empleados para la comunicación y transferencia de información entre los sensores y el dispositivo electrónico, a través de una red coordinado por una app móvil.

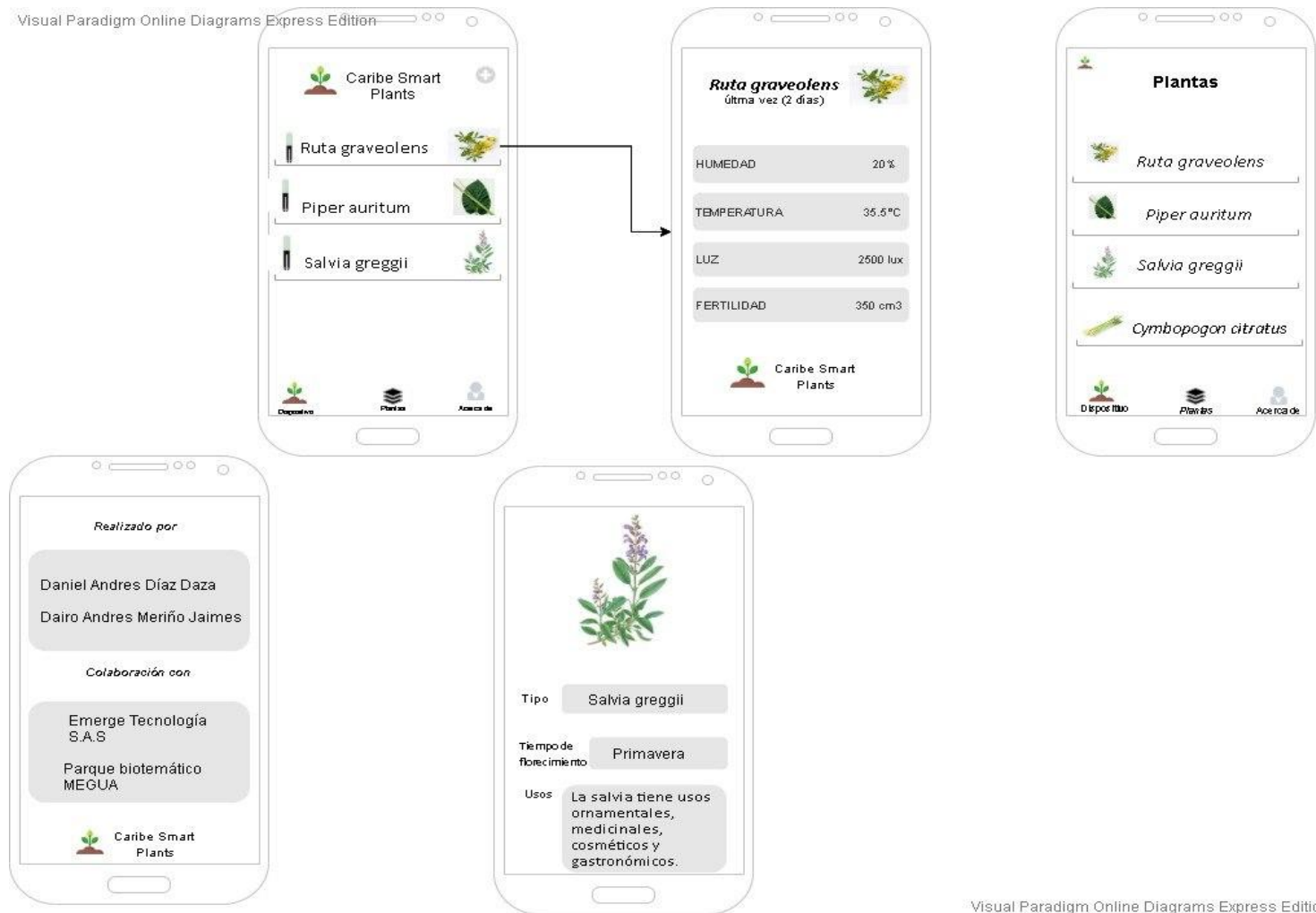


Figura 2. Wireframe de las funcionalidades del aplicativo móvil en Android.

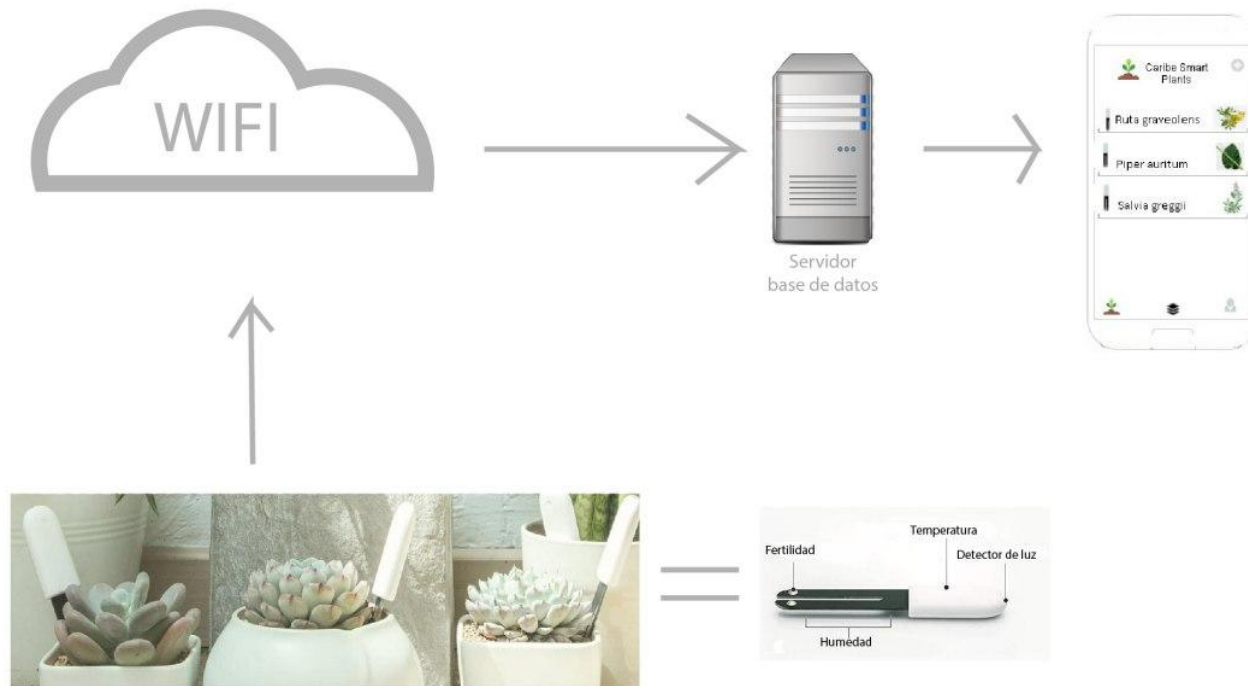


Figura 3. Ilustraciones del diseño de materiales, procedimientos y equipos a emplear

Capítulo 2 Marco Teórico y Estado del Arte

El bosque seco

En Colombia; el mapa oficial de ecosistemas continentales, costeros y marinos a escala 1:100.00; elaborado por el Ideam et al. (2015); propone que el territorio está constituido por tres grandes biomas:

- Gran bioma del desierto tropical; en el departamento de La Guajira.
- Gran bioma del bosque seco tropical; en la región Caribe (área de estudio), el alto Magdalena y el valle del río Cauca.
- Gran bioma del bosque húmedo tropical; que abarca el resto de la superficie nacional continental.

Estos a la vez, se clasifican en zonobiomas, orobiomas, pedobiomas, helobiomas, halobiomas y litobiomas (tabla 1).

Tabla 1. Definición de los tipos de biomas en Colombia.

Tipo de bioma.	Definición.
Zonobioma.	Bioma delimitado por caracteres climáticos, edáficos y de vegetación zonal.
Helobioma.	Lugar con mal drenaje, encharcamiento permanente o prolongado periodo de inundación.
Halobioma.	Área con suelos anegados e influencia salina.
Peinobioma.	Superficie donde se pueden presentar afloramientos rocosos y una lenta formación de suelos.
Litobioma.	Zona con suelos incipientes sobre roca dura.
Orobioma.	Lugar con presencia de montañas, que forman cinturones o fajas de vegetación (dependiendo de la altitud y temperatura).

Fuente: adaptado de SINA et al. (2007).

Al bosque seco, muchas veces se le asigna la característica de ser un ecosistema², el Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992) definió este término, de la siguiente manera:

“Un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos en su medio no viviente; que interactúan como unidad funcional, materializada en un territorio; el cual se caracteriza por presentar una homogeneidad en sus condiciones biofísicas y antrópicas”.

Según lo anterior y partiendo de la clasificación elaborada por el SINA et al. (2007); los bosques secos de la cuenca hidrográfica del río Cesar (objeto de análisis), equivalen o pertenecen al Zonobioma seco tropical del Caribe.

² En Colombia se utilizan los conceptos biomas y ecosistemas; para referirse a la misma unidad espacial (SINA et al., 2007).

Por otro lado, las variables que normalmente se utilizan para delimitar el ecosistema en estudio, son:

- € El rango altitudinal.
- € La precipitación total anual.
- € La temperatura media anual.
- € La duración del periodo seco.
- € Las características deciduas³ de la vegetación.

Pero definir con exactitud ¿qué es el bosque seco?, representa un problema. Esto se debe, a que la comunidad científica y las autoridades ambientales; no han caracterizado el ecosistema; y muchos menos han estandarizado los valores y cualidades que lo representan.

Por lo tanto, no existe una definición única y acertada de bosque seco (nivel local, regional y global); generándose una restricción a la hora de identificar el ecosistema (limitación de la presente investigación). A continuación, algunos autores e instituciones que intentaron construir un concepto de bosque seco.

Autor.	Año.	Definición.
IAvH.	1998.	El bosque seco se define como aquella formación vegetal, con una cobertura boscosa continua; se distribuye entre los 0 y 1.000 m.s.n.m.; presenta temperaturas superiores a los 24°C (piso térmico cálido), precipitaciones entre los 700 y 2.000 mm anuales y uno o dos periodos marcados de sequía al año.
Newton & Tejedor.	2011.	Esta es una región tropical; caracterizada por una fuerte estacionalidad en la distribución de las lluvias, dando lugar a varios meses de sequía (Mooney et al., 1995).
Rodríguez et al.	2012.	Ecosistema con temperatura media anual de 25°C, precipitación total anual entre 700-2.000 mm y tres o más meses secos en el año (Sánchez et al., 2005).
Arcila, Valderrama & Chacón.	2012.	Según la clasificación “zonas de vida” de Holdridge (1967), el bosque seco tropical y subtropical, corresponde a las regiones libres de heladas; donde la biotemperatura media anual es mayor a 17 °C, la precipitación anual oscila entre 250 y 2.000 mm y la razón entre potencial de evapotranspiración y precipitación es mayor a 1.
FAO.	2014.	Bioma que se desarrolla en áreas con una o dos estaciones secas al año, entre los 0 y los 1000 m.s.n.m. y temperaturas medias anuales por encima de 24°C.
Pizano & García.	2014.	Tipo de vegetación que experimenta un periodo de sequía (de al menos 5 o 6 meses); con procesos ecológicos marcados por esta estacionalidad (Pennington et al., 2006).
Camargo Moyano	2017.	Este es un tipo de vegetación que se desarrolla en zonas tropicales; con climas árido, semiárido y subhúmedo; alturas que no supera los 1000 m.s.n.m. y uno o dos periodos marcados de sequía al año (este es un importante aporte de la investigación; donde se da una base conceptual, a partir de definiciones previas).

³ Deciduo, se refiere a plantas que presentan una marcada tendencia a botar sus hojas en épocas secas; por el contrario, son frondosas en periodos húmedos (Sarmiento, 2011).

Gracias a la ubicación geográfica de nuestro país; los bosques secos del territorio colombiano, unen elementos biológicos de varias regiones (el Caribe, México, Ecuador, Perú y Brasil) generándose una biogeografía muy interesante (Pizano & García, 2014).

Provincia biogeográfica.	Distritos biogeográficos.	Ubicación geográfica.	Extensión original (ha).
Cinturón árido precaribeño.	Montes de María-Piojo.	Planicie costera del Caribe colombiano.	6.046.376
	Caracolcito.		
	Cartagena.		
	Ariguaní-Cesar.		
Norandina-Chocó-Magdalena.	Baja Guajira-Alto Cesar.	Alto valle río Magdalena.	1.033.000
	Valle del Magdalena.		
Norandina.	Cañón del Cauca.	Cañón del valle medio del río Cauca.	570.625
	Catatumbo.	Inmediaciones Cúcuta.	213.666
	Perijá sur.	Valles de Convención. Ocaña.	
	Cañón del Chicamocha.	Valle medio del Chicamocha.	149.729
Chocó-Magdalena.	Lebrija.	Gamarra.	49.106
	La Gloria.	La Gloria.	
Sierra Nevada de Santa Marta.	Guachaca.	Sector Santa Marta.	45.000
Norandina.	Dabeiba.	Dabeiba.	21.000
	Cañón del Dagua.	Alto valle río Dagua.	13.750
Territorios insulares oceánicos caribeños.	San Andrés y Providencia.	Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	4.345
Extensión total:			8'146.597

Figura 4. Provincias y distritos biogeográficos pertenecientes al bosque seco.

En Colombia existían más de 8'146.000 ha del ecosistema que se distribuían en 7 provincias biogeográficas (figura 5). De estas, el cinturón árido pre-caribeño era la que mayor cobertura de bosque seco poseía (6.046.376 ha ósea 74,2% del ecosistema en nuestro país).

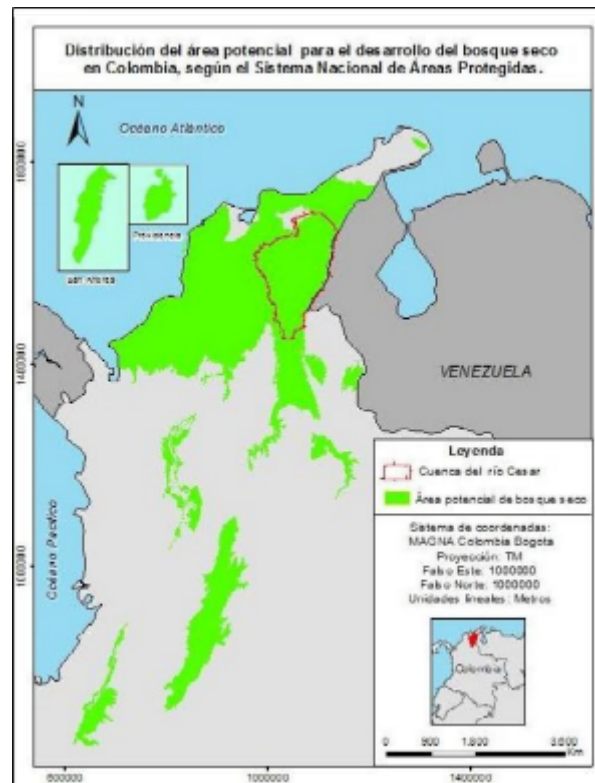


Figura 5. Distribución potencial del bosque seco en Colombia.

Tecnologías de monitoreo remoto en tiempo real

Los avances en sensórica, información móvil y comunicaciones inalámbricas han permitido adquirir, procesar y transmitir un conjunto de datos de forma remota a través de laboratorios seguros fuera de los campos in situ, permitiendo, por ejemplo, un mayor control y escalabilidad en la toma de medidas. Este tipo de desarrollos se conocen como tecnologías de monitoreo remoto en tiempo real (RTRM, por sus siglas en inglés real-time remote monitoring), quienes a diferencias de técnicas sobre históricos de datos permiten mediante la racionalización del proceso de recolección de datos, reducir al mínimo errores y retrasos de tiempo, lo que reduce el coste total de la recogida de datos por parte de las personas involucradas, y aumenta significativamente la cantidad y calidad de los datos en las escalas temporales y espaciales. En la última década, los sistemas integrados RTRM ha sido desarrollado y desplegado por científicos, agencias gubernamentales, e industrias de todo el mundo para el medio ambiente y adquisición de datos de geolocalización. Logrando ofrecer notificaciones de alertas en tiempo real sobre eventos de alto riesgo y prevención de desastres a través de paquetes de software de visualización basados en la web especializados en este tipo de procesamiento y técnicas de apoyo. (Howard B. Glasgow, JoAnn M. Burkholder, & Robert E. Reed, Alan J. Lewitus, Joseph E. Kleinman, 2004)

Sistemas de monitorización ambiental

Los sistemas de monitorización ambiental permiten la obtención de información en tiempo real, para poder estudiar las variaciones presentadas en el clima y predecir su impacto ecológico.

Este tipo de estudios se realizan a partir del diseño y ejecución de muestreos de corto y largo periodo de tiempo para caracterizar adecuadamente las fluctuaciones en el ambiente, manteniendo registros de los cambios medioambientales para un enfoque efectivo sobre la gestión ambiental. (Hakala, 2008)

Aplicación móvil

Una aplicación es aquella herramienta que permite el uso preciso sobre dispositivos electrónicos. Cuentan con gran capacidad para adaptarse a los diferentes dispositivos, esto permite incrementar servicios y contenidos para los usuarios. Las aplicaciones móviles son usadas en teléfonos inteligentes, tablets, computadores, televisores inteligentes, electrodomésticos y vehículos.

Tipos de aplicaciones móviles:

- **Aplicaciones Nativas:** son aquellas que se desarrolla característicamente para un sistema operativo.
- **Aplicaciones Híbridas:** son aquellas que se desarrollan con lenguajes propios, o en otras palabras con tecnologías webs que permiten su uso en varias plataformas, donde la eventualidad radica en que permiten acceder a gran parte de funcionalidades del hardware del dispositivo. (Cristhian S. Forero Alvarez, 2018, p. 39-40)

SDK Flutter

Es un kit de UI portátil de Google para construir aplicaciones a partir de un solo código base, es un software multiplataforma, es decir funciona tanto en IOS como en Android, es 100% nativa, ya que se compila directamente al código del procesador ofreciendo un rendimiento superior. Permite desarrollar un solo proyecto para todos los sistemas operativos, reduciendo significativamente tiempo de producción y costos. Cabe resaltar que, para desarrollar en Flutter, necesita hacer uso del lenguaje Dart, también creado por Google.

Funcionalidades de Flutter

- **Calidad nativa:** Flutter es un nuevo framework mobile de Google que permite crear interfaces nativas en corto tiempo para dispositivos IOS y Android.

- **Experiencia de usuario:** Sus interfaces son flexibles y expresivas, son personalizables gracias al Material Design de Google y Cupertino de Apple, con lo que la experiencia de usuario es óptima mientras que los interfaces de usuario son equivalentes a los de las aplicaciones desarrolladas por las propias compañías.
- **Tiempo de carga:** Su desarrollo es rápido ya que usa widgets, estos widget traen soluciones empaquetadas que pueden reutilizarse y construirse interfaces de forma rápida. Con Flutter los tiempos de carga están por debajo de un segundo sea en iOS o Android.
- **Desarrollo ágil y rápido:** Cuenta con la característica hot-reload, es decir los cambios que se realicen en el código automáticamente serán reflejados en tiempo real en tu dispositivo o en los simuladores. (Quality Devs, 2019, párr. 3-5)

JSON API

JSON es un formato de datos basado en texto que sigue la sintaxis de objeto de JavaScript. Aunque es muy parecido a la sintaxis de objeto literal de JavaScript, puede ser utilizado independientemente de JavaScript, y muchos entornos de programación poseen la capacidad de leer (convertir; *parsear*) y generar JSON.

Una API o interfaz de programación de aplicaciones es un conjunto de definiciones y protocolos que se usa para diseñar e integrar el software de aplicaciones. Suele considerarse como el contrato entre un proveedor de información y un usuario, donde se establece el contenido que se requiere del consumidor (la llamada) y el que necesita el productor (la respuesta).

Por su parte, JSON: API es una especificación de cómo un cliente debe solicitar que los recursos se recuperen o modifiquen, y cómo un servidor debe responder a esas solicitudes.

JSON: API está diseñado para minimizar tanto el número de solicitudes como la cantidad de datos transmitidos entre clientes y servidores. Esta eficiencia se logra sin comprometer la legibilidad, la flexibilidad o la capacidad de descubrimiento. (Sitio web oficial del proyecto <https://jsonapi.org/>)

ESP8266

Es uno de los chip con WI-Fi integrado más usados. De dimensiones muy reducidas que varían dependiendo del modelo que se escoja, con un coste de apenas 4 o 5 dólares. Presenta un consumo de energía muy bajo y un conjunto de instrucciones reducido de 16 bits (RSIC), lo que le permite alcanzar una velocidad máxima de reloj de 160MHz. Este chip

puede ser usado como una interfaz con sensores externos y otros dispositivos a través de los GPIO.

Ha sido diseñado para dispositivos móviles, aparatos electrónicos portátiles y para las aplicaciones de IoT. La arquitectura de ahorro de energía cuenta con tres modos de funcionamiento (modo activo, modo de reposo y modo de sueño profundo) lo que permite diseños que funcionan con baterías durante mucho más tiempo. Funciona en el rango de temperaturas de -40°C a $+125^{\circ}\text{C}$, capaz de funcionar en entornos industriales. Con las características de los chip altamente integrados y una mínima cantidad de componentes externos, el chip ofrece fiabilidad, robustez y compacidad. (Candelario, 2016).

A continuación se muestra una tabla en donde se detallan estas características:

Categories	Items	Parameters
Wi-Fi	Standards	FCC/CE/TELEC/SRRC
	Protocols	802.11 b/g/n/e/i
	Frequency Range	2.4 G ~ 2.5 G (2400M ~ 2483.5M)
	Tx Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
		802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware	CPU	Tensilica L106 32-bit micro controller
	Peripheral Interface	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/ADC/PWM
	Operating Voltage	3.0 V ~ 3.6 V
	Operating Current	Average value: 80 mA
	Operating Temperature Range	-40°C ~ 125°C
	Storage Temperature Range	-40°C ~ 125°C
	Package Size	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)
External Interface	-	
Software	Wi-Fi Mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

Figura 6. Características ESP82266

Web Server

Un servidor es un ordenador u otro tipo de equipo informático (en el caso del proyecto el ESP8266) que se ocupa de suministrar información a una serie de clientes, ya sean personas u otros dispositivos conectados a él (en este caso el móvil). Los datos que puede transmitir los servidores son variados y múltiples, desde programas informáticos, bases de datos, archivos de texto, imagen o vídeo, etc. Así, los servidores se califican en función del tipo de información que suministran y el protocolo utilizado para ello, por ejemplo: El servidor de correo utiliza el protocolo SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) para enviar

correos por lo que también se le llama servidor SMTP, el servidor de ficheros o FTP (File Transfer Protocol) y en el caso de suministrar texto, un texto especial con hiperenlaces que permite navegar por el mismo, llamado servidor HTTP (Hiper Text Transfer Protocol) o servidor WEB (World Wide WEB) WWW o red mundial de servidores HTTP interconectados y accesibles por internet. Parece así que lo propio es hablar de servidores HTTP cuando se trata de una máquina conectada en red local LAN (Local Area Network), y sólo hablar de servidores WEB cuando están conectadas a Internet WAN (Wide Area Network), aunque en esencia se trate de lo mismo. Es importante puntualizar que un único servidor, máquina hardware, puede tener instalados varios servicios software distintos, así una misma máquina puede actuar como servidor HTTP, servidor SMTP, cliente HTTP, y tantos como tenga instalados. (Sánchez, 2019)

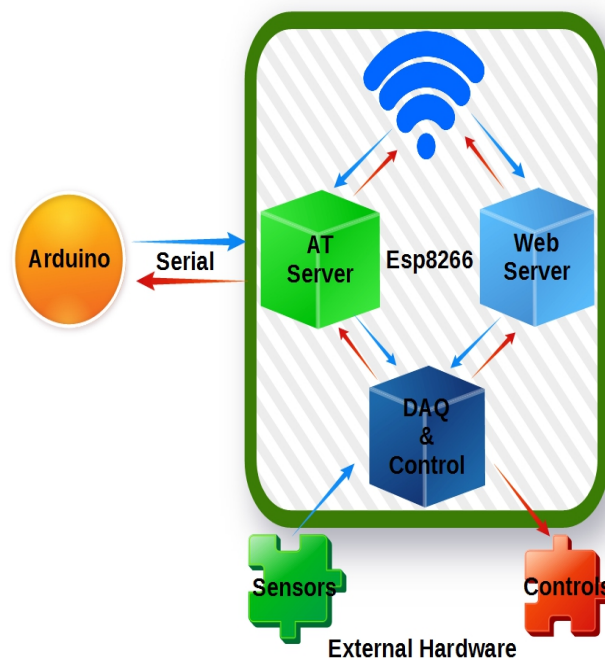


Figura 7. Ejemplo de implementación de WebServer sobre la placa ESP8266. Fuente: Internet of Home Things 2015. Enlace: <https://internetofhomethings.com/homethings/?p=1069>

Capítulo 3 Análisis de Resultados y Propuesta Ingenieril

El desarrollo de la aplicación *Caribe Smarts Plants*, al ser un app móvil difiere del desarrollo de software tradicional en muchos aspectos, lo que provoca que las metodologías usadas para estos entornos también difieran de las del software clásico. Esto es porque el software móvil tiene que satisfacer una serie de requerimientos y condicionantes especiales que lo hace más complejo (Heyes, 2002) (Dunlop, 2002).

Por esta razón la aproximación metodológica, más rigurosa, está representada por la propuesta de (Rahimian & Ramsin, 2008), quienes presentan un enfoque pragmático donde en su primera iteración se divide la fase de análisis con la intención de mitigar riesgos de desarrollo; de la misma forma, el diseño también se segmenta para introducir algo de diseño basado en arquitectura. La implementación y las pruebas sin embargo se fusionan introduciendo conceptos de desarrollo orientado a pruebas (Test-Driven Development, TDD).

Aparece además una fase de comercialización, incidiendo en el sesgo hacia el desarrollo de producto que se imponen en el escenario del desarrollo de aplicaciones para plataformas móviles. Desde el punto de vista metodológico, los autores afirman haberse apoyado en metamodelos como SPEM (Software Processes Engineering Metamodel) y OPF, (Open Processes Framework), así como en conceptos genéricos de ciclos de vida orientados a objetos como OOSP (Object-Oriented Software Processes).



Figura 8. Primera iteración en el diseño híbrido: instancia de análisis y diseño

En este apartado la aplicación *Caribe Smarts Plants* fue diseñada con el fin de registrar y transmitir las variables físicas para el Parque Biotemático Megua, siendo las condiciones del bosque el objeto de estudio, y principal objeto de comercialización, asociado al objetivo general del proyecto.

Tras la instanciación realizada en la primera iteración metodológica, la segunda realiza una integración de ciertas partes de los modelos NPD, añadiendo la generación de ideas en el inicio del ciclo y una prueba de mercado antes de lanzar la fase de comercialización. Para el caso puntual del proyecto, se definen de acuerdo al estudio de literatura los factores que tienen mayor influencia sobre los bosques secos de la región, siendo las variables de respuesta temperatura, humedad, luminosidad y fertilidad, correspondiente al primer objetivo específico del proyecto.



Figura 9. Segunda iteración en el diseño híbrido: integración hacia el desarrollo de producto

La tercera iteración integra directamente el "motor de desarrollo" de los métodos de desarrollo adaptativo (ASD) muy orientados al aseguramiento de la calidad en los procesos de desarrollo. En este apartado se integra la base de datos correspondiente a aproximadamente 50 plantas de la flora local para su análisis y monitoreo, relacionado al segundo objetivo específico del proyecto.

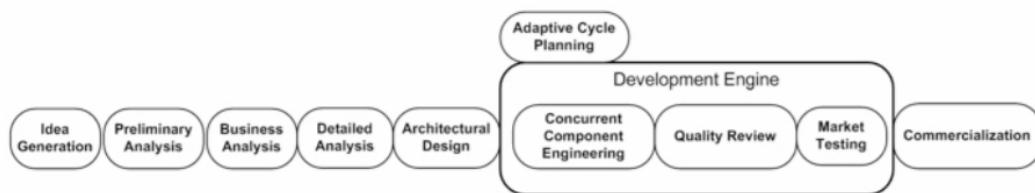


Figura 10. Tercera iteración en el diseño híbrido: motor de desarrollo

Pensando en aquella propiedad "ideal" de disponer de la arquitectura física en una fase temprana del proceso, en la cuarta iteración se añaden elementos de prototipado; se refina, además, la fase de iniciación del proyecto, sobre la base del mismo elemento de los procesos adaptativos. Este aspecto se integra perfectamente al apartado del objetivo específico 3 y 4 donde se proceden al diseño (wireframe) y desarrollo del prototipo de la aplicación sobre el motor de desarrollo de Android Studio, así como a las pruebas en campo de la integración del app con el hardware del controlador y los sensores.

Respecto al manejo de los datos por parte del controlador y los sensores estos son particionados y manejados sobre la estructura de un archivo JSON . Al ubicarlos dentro de esta estructura y solicitar al app que accedan a ellos se aporta flexibilidad a la gestión de la información ya que permite generar subestructuras de peticiones GET que complementen los datos expuestos . Estas se encargan de incluir información sobre enlaces a datos complementarios así como información sobre elementos hijos que los datos originales necesiten. En la siguiente imagen se ilustra con mayor detalle lo expuesto.

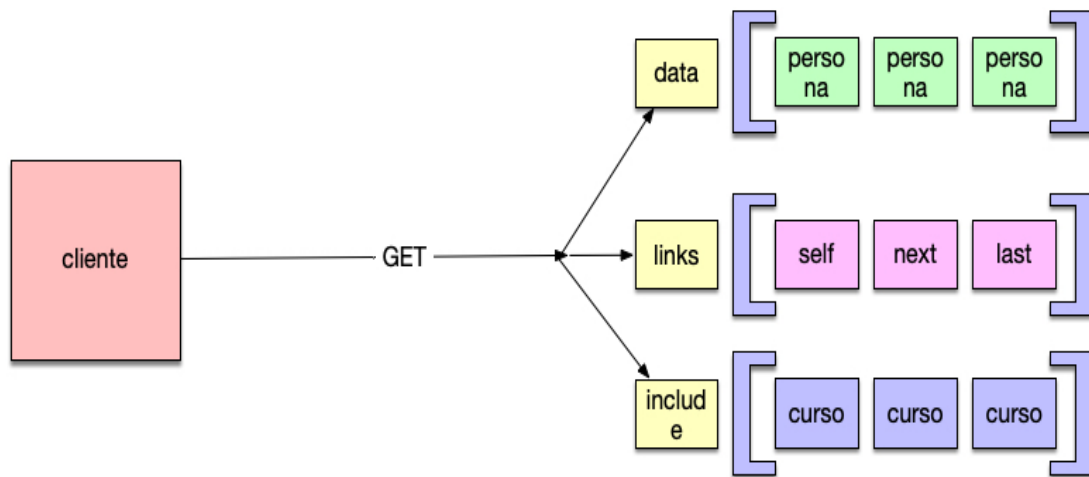


Figura 11. Arquitectura de un modelo JSON bajo petición de datos de un cliente

Por parte del hardware, correspondiente al equipo ESP8266 se gestiona los datos desde un web server que envía datos cada 2 segundos mediante un texto plano, dividido en strings (cadenas de texto), para que sea más sencillo gestionar por el API JSON. Véase imagen a continuación.

```
void sendDhtData() {
  server.send(200, "text/plain", dhtData);
}
```

```
dhtData = String(c) + ' ' + String(f) + ' ' + String(h) + ' ' + String(l);
```

En el apartado de la aplicación *Caribe Smarts Plants*, esta gestión se evidencia en el archivo `lplants.dart`, donde se carga el API desde un servicio web, y luego se procede a extraer los datos del archivo `.json` bajo la etiqueta de «plantas», la cual contiene cada información respectiva, incluyendo sus imágenes, descripciones, familia y género. Para detalles ver imagen a continuación.

```

class _IndexPlants extends State<IndexPlants> {
  String url = 'https://api.sheety.co/9077bd5ab636fbf2c6077649c27fb909/bdCaribeSmartsPlants/plantas';
  List data;

  // ignore: missing_return
  Future<String> makeRequest() async {
    var response = await http
      .get(Uri.encodeFull(url), headers: {"Accept": "application/json"});
    setState(() {
      var extractdata = json.decode(response.body);
      data = extractdata["plantas"];
    });
  }
}

@override
// ignore: must_call_super
void initState() {
  this.makeRequest();
}

```

Figura 12. Extracto del código correspondiente al manejo del API JSON

Toda la información es gestionada desde una base de datos web, integrada en la herramienta de Google Sheets, lo que permite que se puedan hacer cambios en tiempo real de cualquier planta, ya sea para integrar alguna nueva, eliminar o modificar algún valor. Esto se logra gracias a la herramienta Sheety, la cual convierte una hoja de cálculo en una API JSON, lo que significa que puede obtener datos dentro y fuera de una hoja de cálculo mediante simples solicitudes HTTP y URL.

The screenshot shows the Sheety API interface for a spreadsheet named 'BD Caribe Smarts Plants'. The interface includes a navigation menu with 'API', 'Authentication', 'Usage', and 'Settings'. Under the 'API' tab, there is a 'Refresh' button and a list of sheets, with 'plantas' selected. Below the sheet list, there is a note: 'To add or edit sheets, do so in the spreadsheet itself then push "Refresh" here. Learn more →'. The main section is titled 'plantas' and contains the instruction 'Enable or disable specific behaviours for this sheet.' Below this, there are four API endpoints with their respective methods and toggle switches:

- GET Retrieve rows from your sheet**: Enabled. The URL is `https://api.sheety.co/9077bd5ab636fbf2c6077649c27fb909/bdCaribeSmartsPlants/plantas`. A JavaScript example is provided:


```

let url = 'https://api.sheety.co/9077bd5ab636fbf2c6077649c27fb909/bdCaribeSmartsPlants/p
fetch(url)
.then(response => response.json())
.then(json => {
  // do something with the data
  console.log(json.plantas);
});

```
- POST Add a row to your sheet**: Disabled.
- PUT Edit a row in your sheet**: Disabled.
- DELETE Delete a row in your sheet**: Disabled.

Figura 13. Ilustración de la gestión de la base de datos mediante la herramienta online Sheety

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
ncomon	cientifico	descripcion	genero	familia	uso	image	imagemax		
1	RUDA	Ruta graveolens	ruta-rudas	Verbenaceae	ulares, malestar reumático, artritis, sarna, eczemas, pie de	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/ChRnK7/ruada.jpg		
2	HERBA SANTA	Piper auritum	piper- pimientas	Ericaceae- pimientas	ruda es una planta con beneficios y propiedades medicinales para purificar y limpiar además para relajar y desintoxicar	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
3	HERBA LIMON	Cymbopogon citratus	30-60 cm de longitud forsympogon-lemongrass, oilly heads	Gramineae	controla la presión arterial	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
4	SALVIA	Salvia greggii	Salvia o mirto	Lamiaceae	mentolada, digestión excesiva, se usa además como lavados para las	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
5	SABILA	Aloe Vera	ararates, se refiere a las	Liliaceae	ontra el acné la celulitis y para el cuidado y protección del ca	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
6	ALBAHACA	Ocimum basilicum	Aloe o sábilas	Lamiaceae	sa, azúcar en la sangre. Es aconsejable retirar muy bien el yo	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
7	TORONJIL	Melissa subsp.	Ocimum- basils	Lamiaceae	labiada para favorecer la digestión pesada y estimular el ape	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
8	HERBA BUENA	Mentha pulegium	Melissa-Balm	Lamiaceae	propiedades antioxidantes y antidepressivas. También tiene ue	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
9	ARIQUITO ROJO	Lantana camara	Mentha- Mentas	Lamiaceae	también puede ser inhalado en forma de vapor. Combate	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
10	OREGANO	Origanum vulgare	Lantana- Cariaguatos, confiturlillas,	Verbenaceae	partos, como infusión se usa para bajar la fiebre y la gripe.	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
11	NGUA DE SUEGOS	Sarsenvenia trifasciata	origanum- oregan	Lamiaceae	ne muchas vitaminas A, C, E y K, fibra, hierro, calcio magnes	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
12	ARNICA	Andryala ragusina	Dracaena	Asparagaceae	mejorar la calidad del sueño. Los iones también pueden dist	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
13	ALTAMISA	Andryala ragusina	Andryala	Asteraceae	las, cicatrizantes, antitumorales, coléricas y vulnerarias. Es	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
14	MORINGA	Moringa oleifera	Andryala	Asteraceae	aparición de estrías en la piel, combate acné y mejora la piel	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
15	ANA CIMARRON	Morinda citrifolia	Morinda	Celastraceae	hientos intestinales. Combate el estrés y la fatiga física y me	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
16	PRINGAMOZA	Laportea aestivans	Morinda	Celastraceae	al cuerpo con vitamina B1, con vitamina a que protege espe	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
17	YARUMO	Cecropia peltata	Wood nettle	Urticaceae	higado, riñones, vejiga, sistema reproductor femenino. Para	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
18	LOR DE JAMAICA	Hibiscus sabdariffa	Ambaibo	Malvaceae	nettle - cecropia b	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
19	COCA	Erythroxylon coca	Hibiscos	Malvaceae	te o como un suplemento. Es muy efectiva para el acné, ec	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
20	CANNABIS	Cannabis sativa	Larkspur	Ranunculaceae	Las hojas del guarumo pueden bajar los niveles de azúcar	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
21	MENTA	Mentha arvensis	Moringa	Moringaceae	descongestionar intestinos y depurarlos de toxinas y deses	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
22	DLA DE CABALL	Equisetum fluviale	Moringa	Moringaceae	comunes es para curar el mal de altura o para aliviar los	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
23	MANZANILLA	Helichrysum stoechas	Moringa	Moringaceae	Estano y bodeset. Alguno de los beneficios de la planta se	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
24	NIS ESTRELLAD	Illium verum	Moringa	Moringaceae	miaceas, labiada, erupciones y el acné. Ayuda a paliar el dolor de cabeza y	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
25	NIS FORRAJER	Pipriaceta anisum	Moringa	Moringaceae	As como contradicciones están el hecho de que puede llega	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
26	DILDADO PARAD	Piper aduncum	Moringa	Moringaceae	la boca, para lavar y descongestionar los ojos, y para aplic	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
27	STEVIA	Stevia rebaudiana	Moringa	Moringaceae	un durante el embarazo. (Barros Algarra, Gómez Paternina	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
28	IENTE DE LEÓN	Leonurus japonicus	Moringa	Moringaceae	omago y la vesícula, en una persona que no padezca probl	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
29			Moringa	Moringaceae	acumulación de gases, resfriados, tos seca, faringitis, bronqui	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
30			Moringa	Moringaceae	in, dolor de estomago, disfunción hepática. Para Traumatism	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
31			Moringa	Moringaceae	nte artificialia ayudando a reducir alimentos con azucares pe	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		
32			Moringa	Moringaceae	en vitamina C y luteolina y mejora la protección de los hues	https://i.ibb.co/2hwWms	https://i.ibb.co/2hwWms		

Figura 14. Ilustración de la hoja de cálculo donde se almacena la información de cada planta.

En esta hoja de cálculo, cada columna corresponde a una etiqueta JSON, que permitirá ser llamada por categoría dentro del app de acuerdo a lo requerido.

Estos procesos descritos pueden verse a detalle en el diagrama de arquitectura de la aplicación *Caribe Smarts Plants*.

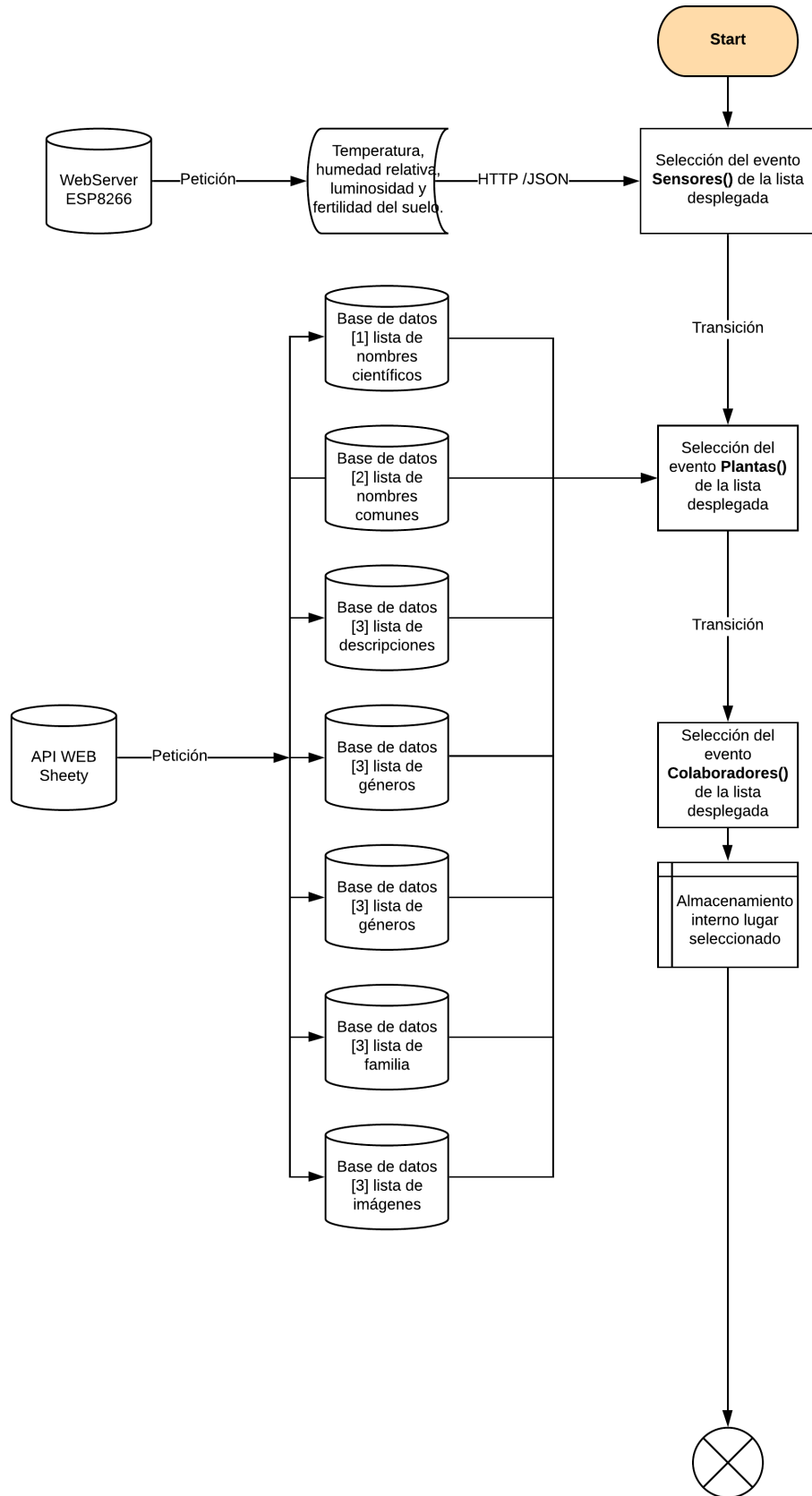


Figura 15. Diagrama de arquitectura de la aplicación *Caribe Smarts Plants*.

En el apartado de las pruebas, se realizaron pruebas estadísticas en el devenir del día 28 de noviembre de 2020 para dos plantas instaladas sobre la misma área para ser transparentes en la toma de los datos, y poder observar la variación en el transcurso del tiempo y las propiedades fisicoquímicas de cada planta y suelo.

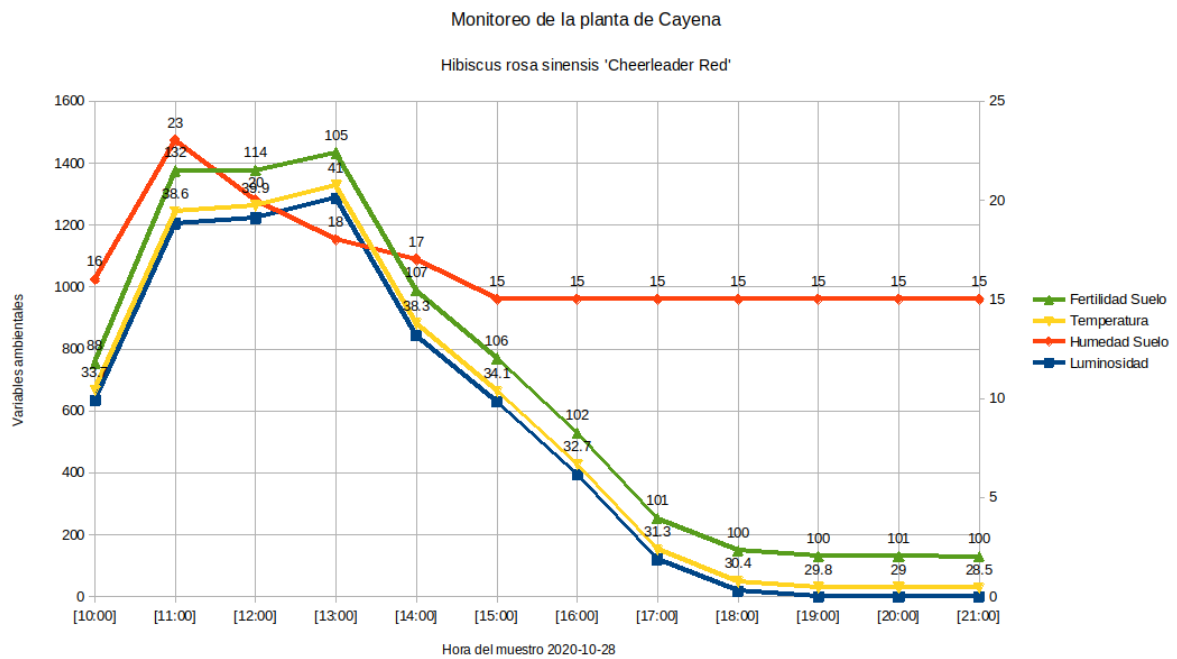
La primera muestra corresponde a la planta Cheerleader Red, conocida popularmente como Cayena, entre las horas de las 10am hasta las 9pm.



Figura 16. Fotografía de la muestra de datos de la planta Cheerleader Red, Cayena.

De acuerdo a las condiciones se registran los siguientes datos:

Hora	Luminosidad	Humedad Suelo	Temperatura	Fertilidad Suelo
[10:00]	633	16	33.7	88
[11:00]	1204	23	38.6	132
[12:00]	1222	20	39.9	114
[13:00]	1286	18	41	105
[14:00]	843	17	38.3	107
[15:00]	629	15	34.1	106
[16:00]	394	15	32.7	102
[17:00]	120	15	31.3	101
[18:00]	18	15	30.4	100
[19:00]	0	15	29.8	100
[20:00]	0	15	29	101
[21:00]	0	15	28.5	100



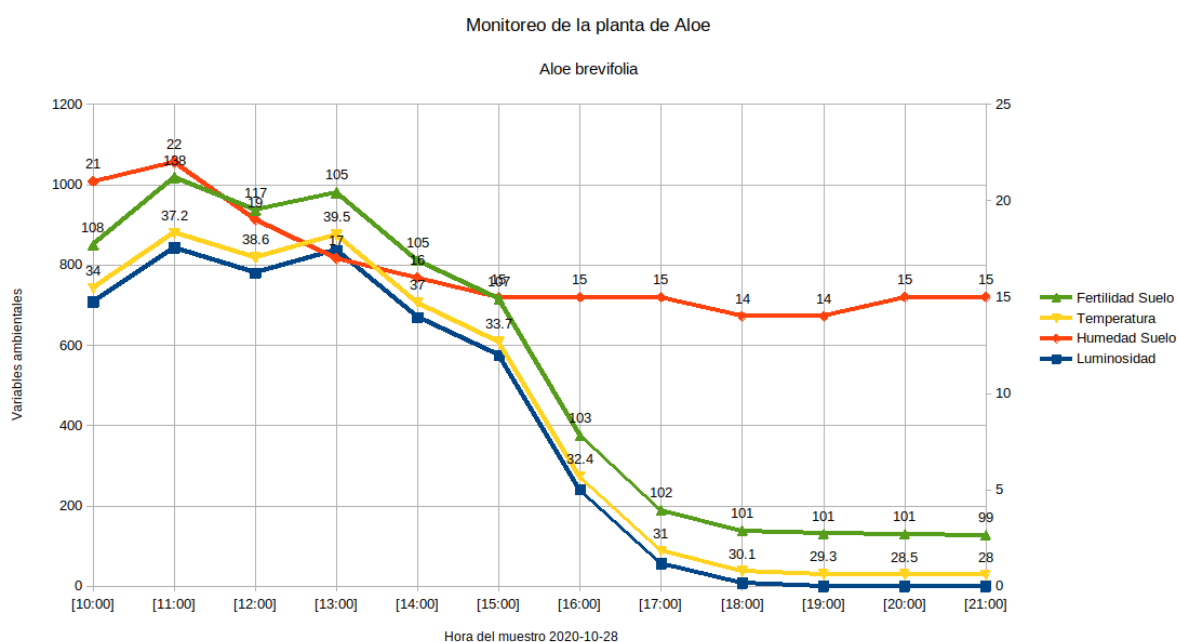
La segunda muestra corresponde a la planta *Aloe brevifolia*, conocida popularmente como Aloe, entre las horas de las 10am hasta las 9pm



Figura 17. Fotografía de la muestra de datos de la planta *Aloe brevifolia*, Aloe.

De acuerdo a las condiciones se registran los siguientes datos:

Hora	Luminosidad	Humedad Suelo	Temperatura	Fertilidad Suelo
[10:00]	708	21	34	108
[11:00]	842	22	37.2	138
[12:00]	780	19	38.6	117
[13:00]	836	17	39.5	105
[14:00]	669	16	37	105
[15:00]	575	15	33.7	107
[16:00]	240	15	32.4	103
[17:00]	56	15	31	102
[18:00]	7	14	30.1	101
[19:00]	0	14	29.3	101
[20:00]	0	15	28.5	101
[21:00]	0	15	28	99



En los suelos y plantas muestreados se evidencia la importancia de la calidad de la fertilidad de un suelo agrícola. Estas condiciones están dadas por el contenido de sales presentes, dado que ellas reducen el potencial osmótico de la solución del suelo, reduciendo al mismo tiempo la disponibilidad de agua para las plantas, a pesar de que el suelo muestre niveles razonables de humedad.

La manera en la que se mide dicha salinidad en los suelos es mediante la conductividad eléctrica (CE) (INTAGRI, 2018). La conductividad eléctrica es la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducción de esta; por lo tanto, mide la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo. Su valor es más alto cuanto más fácil se mueva dicha corriente a través del mismo suelo por una concentración más elevada de sales. Los suelos con alta conductividad eléctrica ($>$ a $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$) impiden el desarrollo de los cultivos, valores $<$ a los $500 \mu\text{S}/\text{cm}$

permiten un buen desarrollo. Los suelos de las plantas medidas en el muestreo del proyecto tienen valores de conductividad eléctrica de entre 88 a 138 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microSiemens/cm). Estos niveles la conductividad eléctrica no representan un riesgo para los cultivos por exceso de sales, según la Universidad de Arkansas (2012), dado que los valores de hasta 100 a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ son considerados normales y no representan riesgo para los cultivos; mas sin embargo se debe revisar las condiciones climatológicas en los picos que estos valores fueron superados.

Finalmente y con miras al usuario final, se elabora un diagrama de actividades (figura 18) y se detallan las transiciones y procesos del aplicativo, orientado a los principios de diseño UI - User Interface (Interfaz del Usuario) & UX - User eXperience (Experiencia del usuario). Entendiendo que estas características corresponde a un atributo de calidad de un producto y deben ser asociadas a:

- Facilidad de Aprendizaje: ¿Cómo de fácil resulta para los usuarios llevar a cabo tareas básicas la primera vez que se enfrentan al diseño?
- Eficiencia: Una vez que los usuarios han aprendido el funcionamiento básico del diseño, ¿cuánto tardan en la realización de tareas?
- Calidad de ser recordado: Cuando los usuarios vuelven a usar el diseño después de un periodo sin hacerlo, ¿cuánto tardan en volver a adquirir el conocimiento necesario para usarlo eficientemente?

A su vez, se plasman los entregables del proyecto correspondientes a:

- Producto: Se realiza la entrega de la aplicación móvil propuesta.
- Código fuente: Se entrega el código fuente de la aplicación en un dispositivo de almacenamiento.
- Manual de usuario: Se entrega el manual de usuarios en formato digital

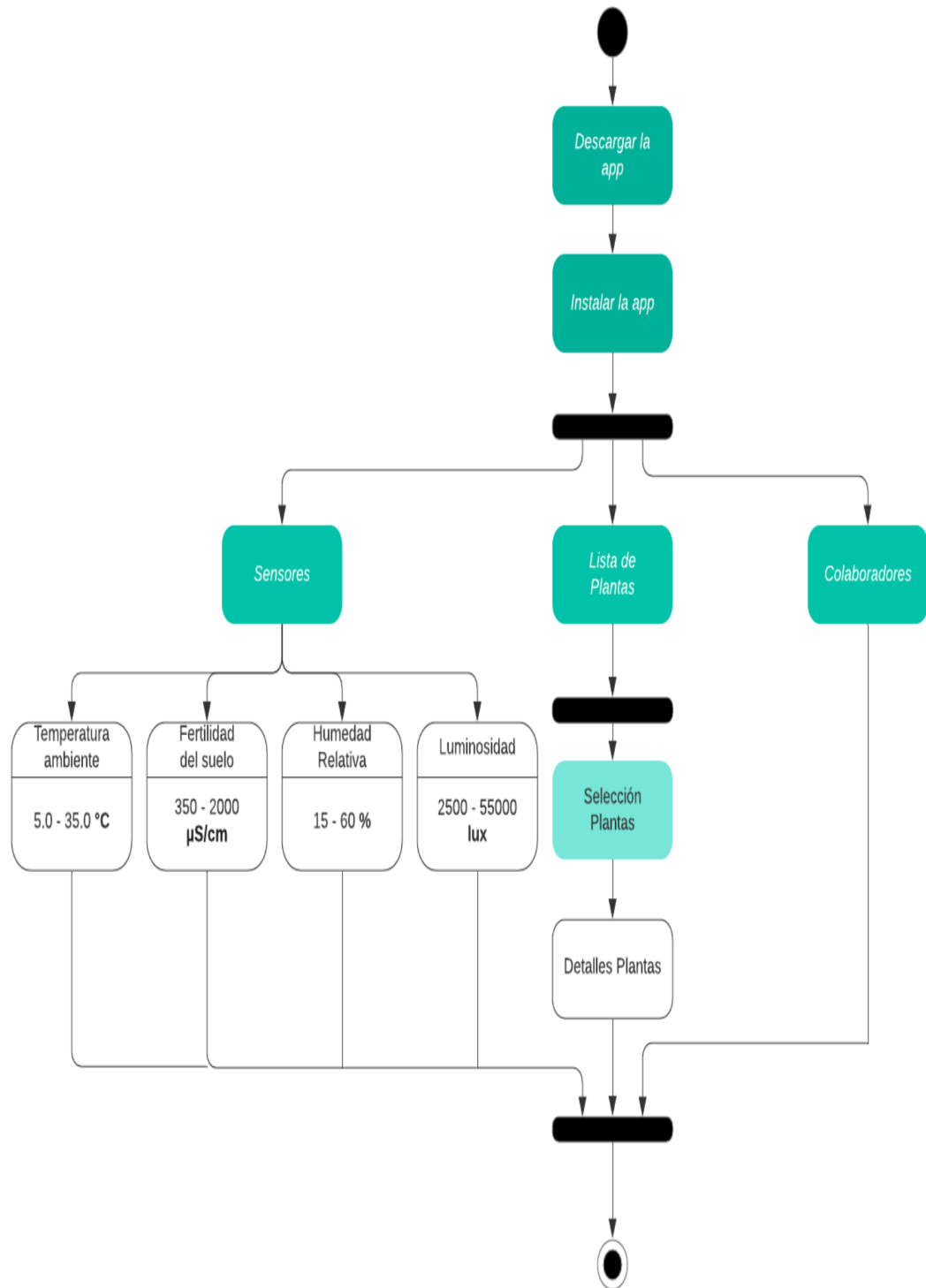


Figura 18. Diagrama de actividades de la aplicación *Caribe Smarts Plants*.

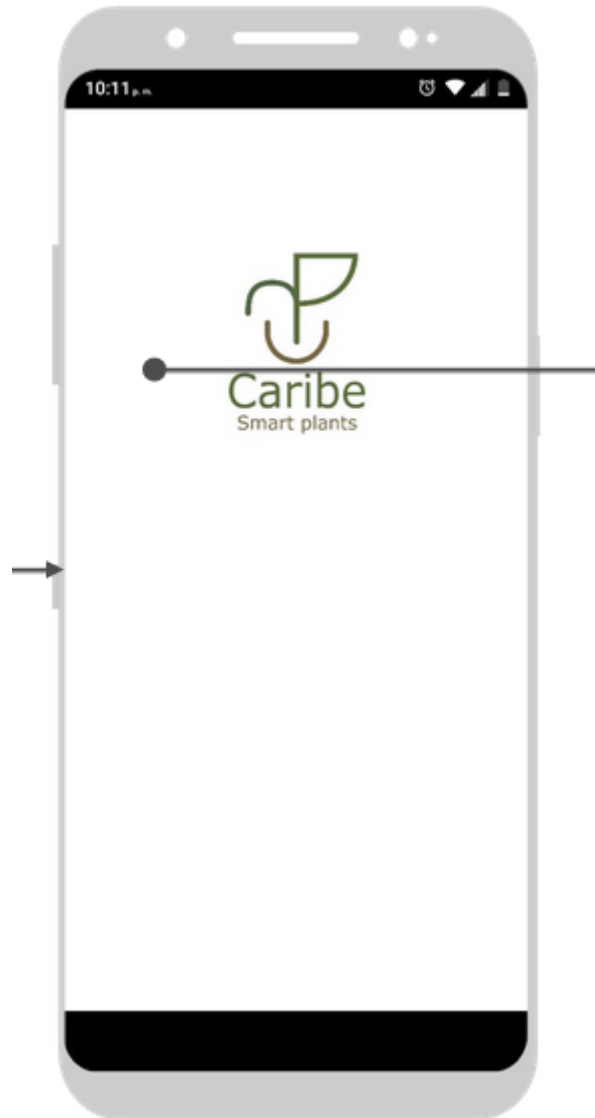


Figura 19. Splash Boot de la aplicación *Caribe Smarts Plants*.

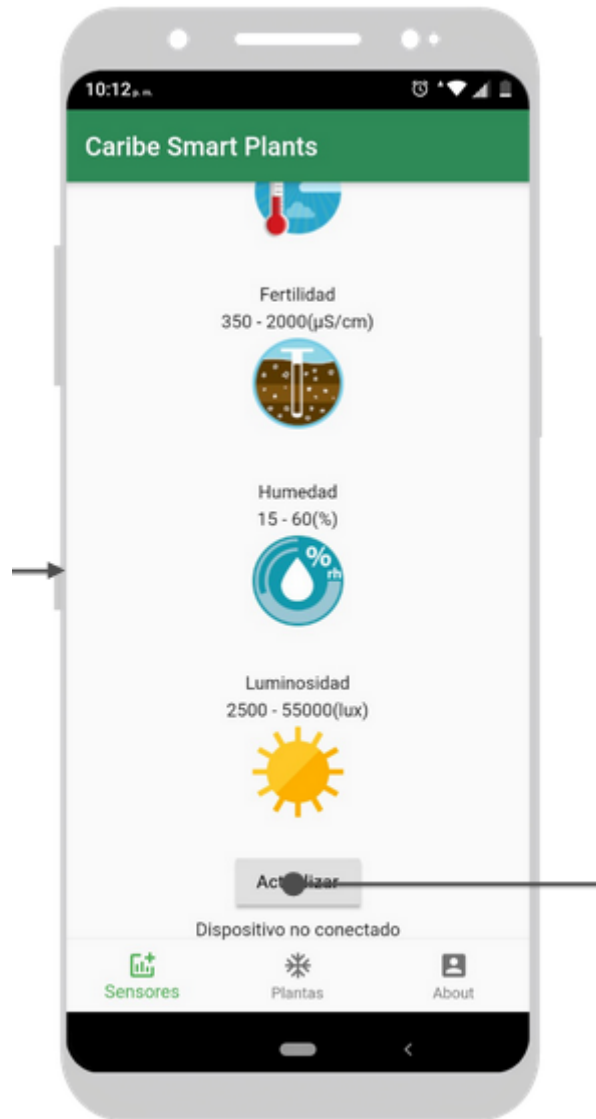


Figura 20. Pantalla inicio de la aplicación *Caribe Smarts Plants*.

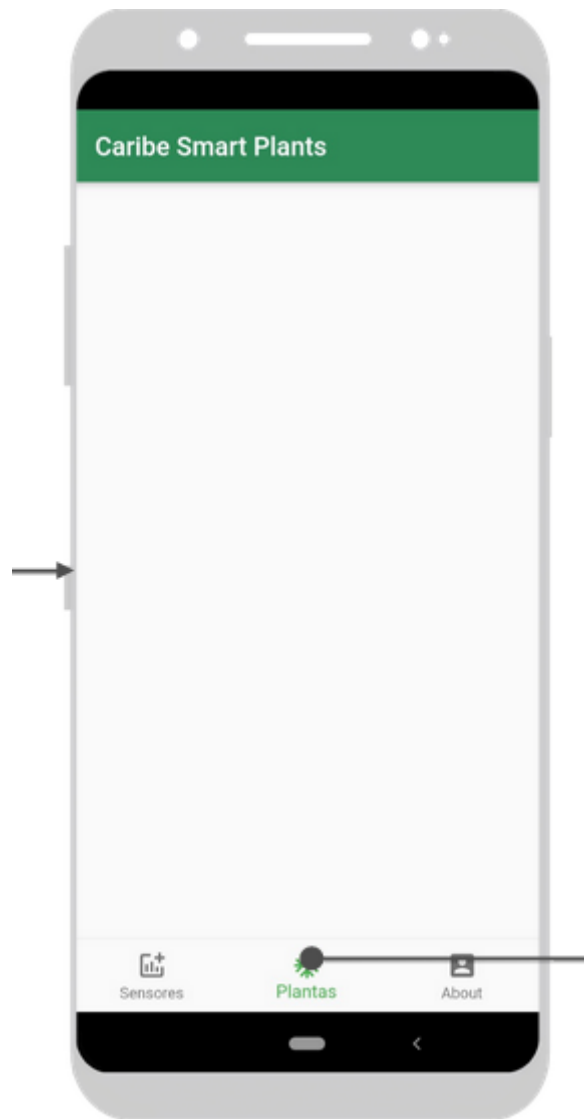


Figura 21. Transición segunda categoría de la aplicación *Caribe Smarts Plants*.

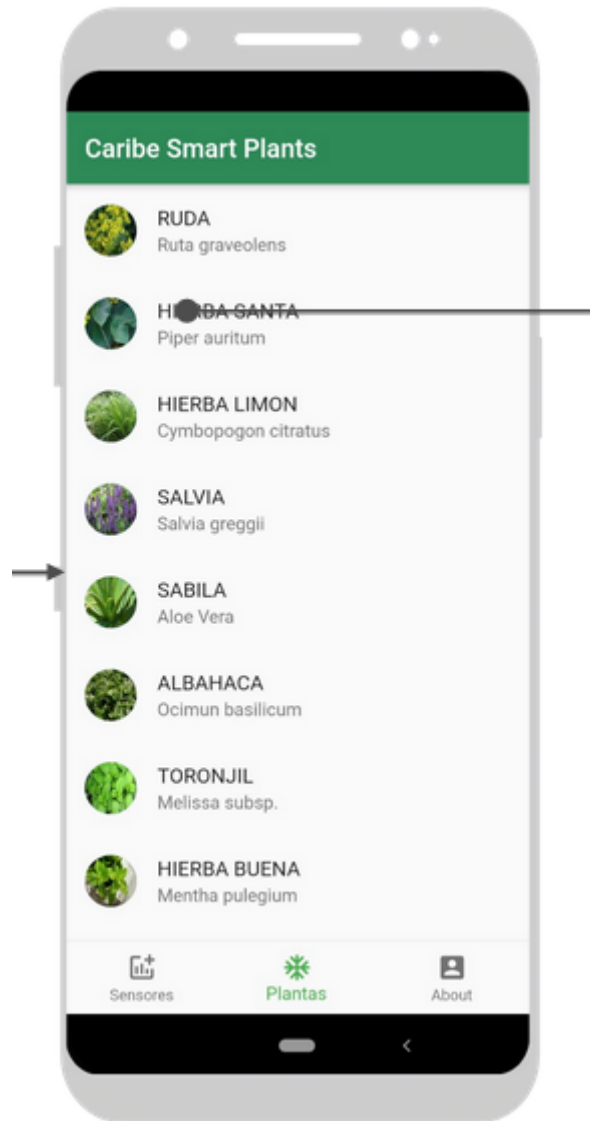


Figura 22. Detalle de las plantas. Se cambia mediante scroll vertical y se selecciona mediante tap la planta deseada.



Figura 23. Detalles de la planta seleccionada

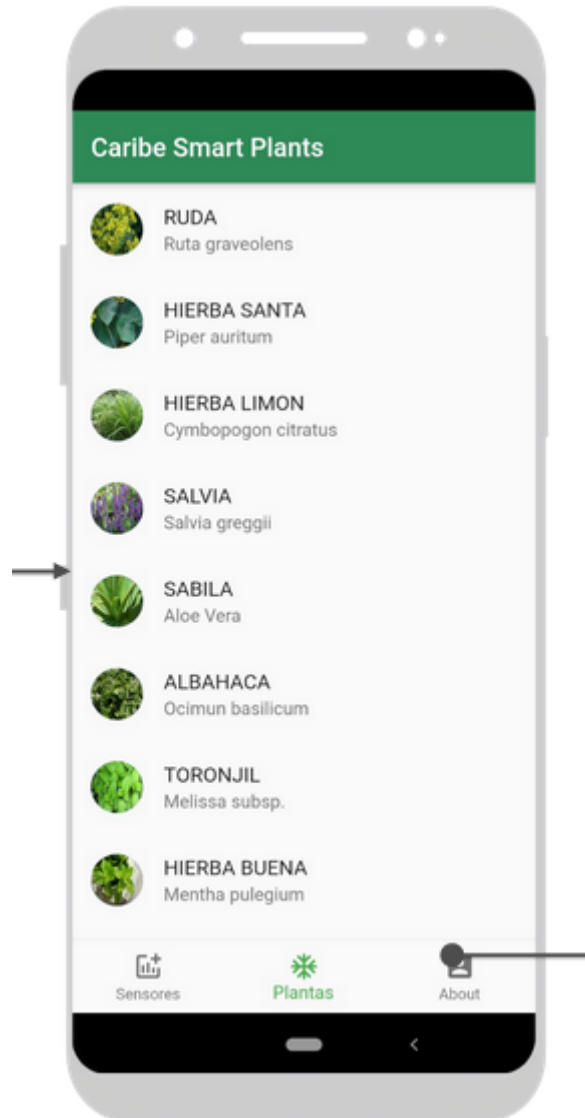


Figura 24. Transición a la categoría acerca de los autores, de la aplicación *Caribe Smarts Plants*.



Figura 25. Detalles de la categoría acerca de los autores, de la aplicación *Caribe Smarts Plants*.

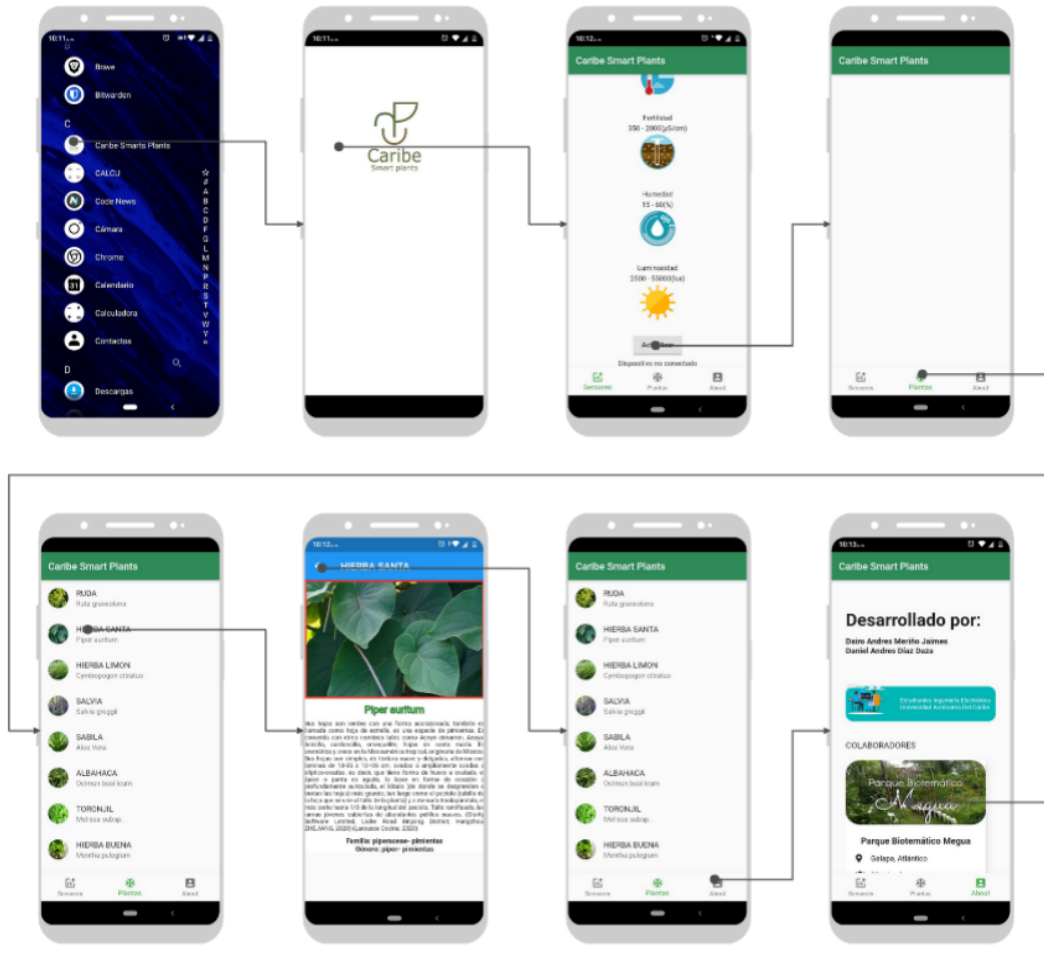


Figura 26. Vista general de la aplicación *Caribe Smarts Plants*.

Capítulo 4 Conclusiones

El proceso de desarrollo de esta investigación abarca las necesidades de diseñar y elaborar un dispositivo electrónico que permitiese registrar y transmitir de manera inalámbrica y con bajo consumo energético las principales variables físicas de las plantas domésticas en la zona del Parque Biotemático Megua, mediante un aplicativo desarrollado sobre Android.

Por tal motivo, y a pesar del impedimento espacial y temporal de la ejecución del proyecto debido a las limitantes de la pandemia, en lo que respecta a visitas de campos, compras de equipos, asesorías y similares, se puede afirmar la elaboración de un prototipo de alto rendimiento, quien cumple a cabalidad las características de análisis, visualización y gestión de los datos de la muestra de flora determinada. Este aplicativo denominado Caribe Smarts Plants tiene un coste neto cercano a los \$100.000 pesos colombianos, con la ventaja de contar con elementos y dispositivos 100% libres tanto en su documentación, como en su software y hardware, garantizando que cualquier persona o ente interesado pueda mejorar el sistema implementado o migrarlo a las necesidades específicas del lugar u otras zonas climáticas.

Cabe aclarar que si bien existen pocas aplicaciones móviles enfocadas a esta temática, es imperativo contar que sobre la fauna de los bosques secos de la costa caribe colombiano se requiere mayor tecnificación en el manejo y gestión de los datos, articularlos sobre base de datos de libre acceso y brindar parametros y API abiertas para su libre consulta y manipulación.

A su vez a los resultados de investigación del proyecto certifican que utilizando el Framework de desarrollo de Google denominado Flutter la aplicación móvil implementada tiene aspectos interactivos modernos, fluidez, diseño elegantes y dinámicos en los distintos módulos, permitiendo obtener una Apk compilada en código nativo de Android, pero que también puede ser exportada sin problemas a webs apps, entornos de escritorio tipo Windows o Linux, pero sobre a plataformas móviles como iOS.

Con respecto a las pruebas experimentales sobre el suelo del bosque seco, se observa que de acuerdo al análisis obtenido, se evidencia que son suelos sin problemas de acumulación de sales por lo que son considerados como no salinos, ya que su Conductividad Eléctrica (CE) es menor a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Esto debido a que como son suelos de textura gruesa con alta permeabilidad y ubicados en bosque seco, por lo cual no acumulan sales. A su vez se evidencia excasa lluvia presente en esa zona (dada la poca humedad del suelo al momento de la muestra), así como fuertes temperaturas a lo largo del día. Se debe destacar también que los

muestreos de suelo se hicieron en el mes de noviembre, por lo cual en otra época de año los valores de la conductividad eléctrica podrían variar, ya que la precipitación es uno de los factores que la afecta.

Para finalizar es importante resaltar las ventajas que este tipo de sistemas de bajos costes brindan a la ciudadanía y los organismos involucrados, pues como indica la Carta de la Tierra de la ONU en su principio 10 permite que toda persona pueda tener acceso a la información sobre el medio ambiente, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones, facilitando el sueño alcanzable de colocar la información al alcance de todos.

Capítulo 5 Recomendaciones

La interpretación de los resultados de los análisis de suelos es compleja, a pesar de que en principio consiste en correlacionar los resultados analíticos y las características intrínsecas de las plantas. La principal dificultad nace debido a que la fertilidad y conductividad del suelo no es el único factor del que depende el rendimiento y la calidad de la flora local. Es importante conocer las necesidades de las plantas y los niveles de elementos nutritivos que hay en el suelo, para después estudiar la eficacia de las dosis de fertilizantes calculados en función de los datos resultantes de los análisis de suelos. Por ende se recomienda repetir los análisis en el tiempo y observar paralelamente el comportamiento del cultivo de cara a optimizar la fertilización futura, incluyendo variables adicionales de potasio, hierro, manganeso, zinc y por supuesto pH(para determinar la acidez del suelo).

El hierro en el suelo es un catalizador en la formación de la clorofila y es un portador de oxígeno. También participa en la formación de enzimas respiratorias y se encuentra particularmente en los órganos en crecimiento y de mayor actividad fisiológica en las plantas como yemas, hojas jóvenes, flores y embriones.

El manganeso es uno de los elementos más importantes en el sistema enzimático y metabólico de las plantas, este participa directamente en la formación de la clorofila y la fotosíntesis, acelera la germinación y madurez.

El zinc en el suelo ayuda a las sustancias en crecimiento, reacciones metabólicas y formación de clorofila e hidratos de carbono.

El potasio en el suelo es otro macronutriente esencial para el crecimiento de las plantas, interviniendo en muchas reacciones y procesos metabólicos. Este ayuda al uso eficiente del agua, además es importante en la formación y calidad de los frutos, su presencia en la planta ayuda a la resistencia contra las enfermedades en forma directa

El problema con el sensado de estos micronutrientes, es que los transductores asociados son costosos y de difícil adquisición en nuestro país, pero es altamente recomendable para tener datos que permitan elaborar proyecciones sobre el estado de los suelos del bosque seco.

Otras características importantes como recomendación es evaluar la mineralogía, el tipo de arcillas y la fertilidad de los suelos es importante partir de las características geológicas de la zona de estudio, en razón de la influencia marcada que tienen las rocas y minerales sobre la parte química del suelo, más aun si se tratan de suelos jóvenes en zonas

secas y semiáridas donde la alteración física predomina sobre las alteraciones químicas y biológicas.

Los conocimientos de estos parámetros son muy útiles para elegir el tipo de abono más adecuado (en especial para los fosfatos, ya que cuanto más extremos el pH, menos soluble será el abono), dado que la solución del suelo contiene siempre sales solubles en mayor o menor proporción, pero si la cantidad de éstas aumenta y alcanzan un límite, la vegetación no puede subsistir. No obstante hay que destacar que no todos los cultivos presentan la misma resistencia al medio salino, por lo que una correcta interpretación de la conductividad eléctrica deberá ir siempre referida a un cultivo determinado y si es posible al tipo de agua con que se riega.

A nivel de tecnologías de comunicación, se recomienda complementar las mediciones de los sensores sobre Wi-Fi con nuevos protocolos como es el caso de LoRa, la cual permite enviar información con un bajo costo energético y ser recibida a largas distancias gracias a sus altos niveles de sensibilidad (-130[dBm]); permitiendo utilizar una topología de estrella extendida, donde los dispositivos se conectan a puertas de enlace y estas, a su vez, se conectan a través de redes IP. De esta manera se fortalece la arquitectura de red sobre la cual interactuarán directamente las aplicaciones y que utiliza la tecnología LoRa con el objetivo de dar conectividad inalámbrica a una gran cantidad de dispositivos de baja potencia en grandes áreas, es decir que se lograría mayor cobertura, bajo coste de implementación al aumentar las conexiones, baterías de mayor duración y alta densidad de conexión.

Bibliografía

Andrades, M., & Martínez, M. E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Universidad de la Rioja.

Aragón, H. A. G., Martínez, J. J. S., & Amador, C. Á. (2020). Manejo y características de los suelos agrícolas de colonia Providencia, Nueva Guinea, 2017. *Revista Universitaria del Caribe*, 24(01), 78-97.

Bernal, R., S. R. Gradstein y M. Celis (Eds.). 2015. Catálogo de plantas y líquenes

Blanco, P., Camarero, J., Fumero, A., Warterski, A., & Rodríguez, P. (2009). Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. *Dr. en Ing. Sist. Telemáticos*, 1-30.

Camargo Moyano, F. A. (2017). *La transformación del bosque seco desde la mirada geográfico-ambiental, en la Cuenca hidrográfica del río César*.

Candelario Elías, J. (2016). Implementación de WPS en el firmware NodeMCU para el ESP8266.

Casanova, E. (2005). Introducción a la ciencia del suelo. Consejo de desarrollo Científico y humanístico. Universidad Central de Venezuela. 2da Ed. Caracas Venezuela. p 213 -244.

Chandi, L., Silva, C., Martínez, D., & Gualotuña, T. (2017). Procesos de Desarrollo

Chidumayo, N. y J. G. Davison (Eds.). 2010. The dry forests and woodlands of Africa. Managing for products and services. Center for International Forestry Research. Earthscan, London. 288 pp. Disponible en:

http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BGumbo1001.pdf

de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Disponible en: <http://catalogoplantascolumbia.unal.edu.co>

de Software en Aplicaciones Móviles.

Díaz-Triana, J. E., Torres-Rodríguez, S., Muñoz-P, L., & Avella-M, A. (2019). Monitoreo de la restauración ecológica en un bosque seco tropical interandino (Huila, Colombia). *caldasia*, 41(1), 60-77.

Gómez, M. R. (2013). Perfil ambiental de la Región Caribe colombiana. *Economía & Región*, 7(2), 193-220.

Hassan Montero, Y.; Ortega Santamaría, S. (2009). Informe APEI sobre Usabilidad.

Hedberg, H., Iisakka, J. (2006) Technical Reviews in Agile Development: Case Mobile-DTM , Quality Software, International Conference on, pp. 347-353, Sixth International Conference on Quality Software (QSIC'06)

Irigoyen Gallego, R. (2018). *Internet de las cosas. Sistema electrónico de control basado en Arduino.*

Lisandro, D. (2017). Desarrollo de Aplicaciones Móviles Multiplataforma.

Loor Muñoz, K. A., & Villegas Salazar, D. A. (2020). *Desarrollo de una aplicación móvil utilizando Flutter SDK de Google para promocionar el arte de la ciudad de Guayaquil.*

Mosquera Colorado, L. C. (2019). *Influencia de las características ambientales en la composición florística de un bosque seco tropical del recinto Tacusa del Cantón Esmeraldas* (Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).

Orsag, V., León, L., Pacosaca, O., & Castro, E. (2013). Evaluación de la fertilidad de los suelos para a producción sostenible de quinua. *Tinkazos*, 16(33), 89-112.

Pizano, C., González, R., Hernández-Jaramillo, A., & García, H. (2017). Agenda de investigación y monitoreo en bosques secos de Colombia (2013-2015): fortaleciendo redes de colaboración para su gestión integral en el territorio. *Biodiversidad en la Práctica*, 2(1), 87-121.

Rahimian, V., Ramsin, R. (2008). Designing and agile methodology for mobile software development: a hybrid method engineering approach. Second International Conference on Research Challenges in Information Science, . RCIS 2008, 3-6 June 2008, Marrakech.

SINA – Sistema Nacional Ambiental de Colombia, MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi & PNN - Sistema de Parques Nacionales Naturales. (2007). Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, a escala 1:500.000. Bogotá D. C., Colombia.

Vargas, W. & Ramírez, W. (2014). Restauración del bosque seco tropical. En: Pizano, C. & García, H. (Eds.). *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: IAvH - Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Anexos

ANEXO 1. Código ESP8266

```

1° #include "DHT.h"
2° #include <ESP8266WiFi.h>
3° #include <WiFiClient.h>
4° #include <ESP8266WebServer.h>
5°
6° const char *ssid = "195443796878";
7° const char *password = "131341098473";
8°
9° #define DHTPIN 2
10° #define DHTTYPE DHT11
11° DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
12°
13° float c,f,h,f;
14° String dhtData;
15° boolean sensorError = false;
16°
17° ESP8266WebServer server(80);
18°
19° void handleRoot() {
20°     server.send(200, "text/html", "<h1>You are connected</h1>");
21° }
22°
23° void setup() {
24°     Serial.begin(9600);
25°     //Trying to connect to the WiFi
26°     WiFi.begin(ssid, password);
27°     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
28°         delay(500);
29°         Serial.print("*");
30°     }
31°
32°     WiFi.mode(WIFI_STA);
33°     IPAddress ip(192, 168, 1, 200);
34°     IPAddress gateway(192, 168, 1, 1);
35°     IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
36°     WiFi.config(ip, gateway, subnet);
37°     Serial.println(WiFi.localIP());
38°     server.on("/", handleRoot);
39°     server.on("/dht", sendDhtData);
40°     server.begin();
41°     Serial.println("HTTP server started");
42°     dht.begin();
43° }
44° void sendDhtData() {

```

```
45°     server.send(200, "text/plain", dhtData);
46° }
47° void loop() {
48°     server.handleClient();
49°     c = dht.readTemperature();
50°     f = dht.readFertility(true);
51°     h = dht.readHumidity();l
52°     delay(500);
53°     // check if returns are valid, if they are NaN (not a number) then somet-
        hing went wrong!
54°     if (isnan(c) || isnan(h) || isnan(f)) {
55°         Serial.println("Sensor Not Connected");
56°         sensorError=true;
57°     } else {
58°         Serial.print(c);
59°         Serial.println(" *C");
60°         Serial.println(f);
61°         Serial.println(" *F");
62°         //Serial.println("Humidity: ");
63°         Serial.println(h);
64°         Serial.println(" %");
65°     }
66°     // If there is any issue in sensor connections, it will send 000 as String.

67°     if(sensorError) {
68°         dhtData = "sensorError";
69°     }
70°     else {
71°         dhtData = String(c) + ' ' + String(f) + ' ' + String(h)+ ' ' + String(l);
72°     }
73°     delay(2000);
74° }
```

ANEXO 2. Repositorio Código App Caribe Smarts Plants

https://github.com/danieldelarosa/caribe_smarts_plants/tree/master

android	test
assets	test
ios	test
lib	test
.gitignore	test
.metadata	test
README.md	Update README.md
pubspec.lock	test
pubspec.yaml	test

README.md

Caribe Smarts Plants

Aplicativo para supervisar las alteraciones climáticas de las plantas, específicamente temperatura, humedad, luminosidad y fertilidad gracias a la implementación de un equipo de monitoreo con tecnología inalámbrica, c objetivo de promover la recuperación, preservación y protección del ecosistema de bosques secos.



ANEXO 3. Manuel de uso del App Caribe Smarts Plants

https://drive.google.com/file/d/1Fo7VT9AW1k-8jTQ_qoZ627Ga7ZavNX7X/view?usp=sharing

