



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ECONOMÍA**

DESARROLLO DE PROTOTIPO DE APLICACIÓN (APP), PARA
DISPOSITIVOS MÓVILES BASADOS EN EL SISTEMA OPERATIVO IOS,
PARA EL RECONOCIMIENTO DE OBJETOS “HOJAS” EN IMÁGENES

NOMBRE DEL SUSTENTANTE
AZUCENA MARIN PATONI

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO.

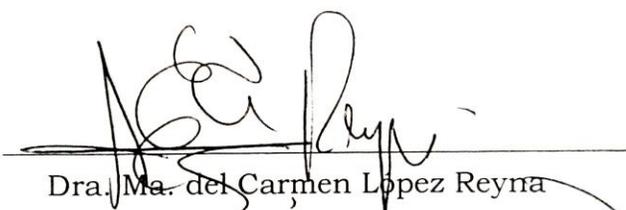
2014

La presente tesis titulada: **Desarrollo de prototipo de aplicación (app), para dispositivos móviles basados en el sistema operativo IOS, para el reconocimiento de objetos “hojas” en imágenes**, realizada por la alumna: **Azucena Marin Patoni** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ECONOMIA

CONSEJO PARTICULAR

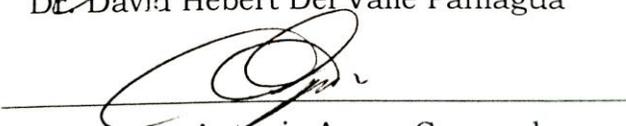
CONSEJERO


Dra. Ma. del Carmen López Reyna

ASESOR


Dr. David Hebert Del Valle Paniagua

ASESOR


Dr. Oscar Antonio Arana Coronado

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Marzo de 2014

Desarrollo de prototipo de aplicación (app), para dispositivos móviles basados en el sistema operativo IOS, para el reconocimiento de objetos “hojas” en imágenes.

Azucena Marin Patoni
Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN

El reconocimiento de objetos dentro de imágenes se encuentra bien documentado en cuanto a la detección de rostros se refiere, de ahí que lo observamos en varios dispositivos como son cámaras fotográficas, celulares e incluso televisiones inteligentes, pero hablando del reconocimiento de algún otro objeto ya sea fruta, plantas, animales entre otros; la situación cambia drásticamente.

La información relacionada con la detección e identificación de plantas se encuentra en pleno desarrollo, por grupos de universidades, museos e instituciones; bajo proyectos cerrados al público en general. Aunque permiten el envío de imágenes, para alimentar una base de datos, mediante la digitalización y captura de información, el acceso a su metodología y procesos utilizados para su manipulación, reconocimiento y transformación siguen siendo de carácter reservado.

Es aquí donde este trabajo encuentra un nicho no explorado por las universidades mexicanas, iniciando un proyecto ambicioso del desarrollo de una aplicación para la detección e identificación de especies de plantas mediante la captura de hojas en los sistemas portátiles más modernos. Buscando generar una aplicación portátil, que funcione sin el uso de internet y que ayude a investigadores de campo, desarrolladores y estudiantes en su desarrollo.

Palabras clave: Reconocimiento, Objetos, Aplicación , Iphone, Hojas.

PROTOTYPE DEVELOPMENT APPLICATION (APP), FOR OPERATING SYSTEM IOS FOR RECOGNITION OF OBJECTS "LEAVES" IN PICTURES.

Azucena Marin Patoni
Colegio de Postgraduados, 2014

ABSTRACT

Recognition of objects in images is well documented for face detection is concerned, hence we observe it in various devices such as photo , cell cameras and even smart TVs, but talk of recognizing whether some other object fruit, plants , animals including the situation changes drastically.

The information regarding the detection and identification of plant is in full development by groups of universities, museums and institutions under closed to the general public projects. Although they allow sending images to a database fed by digitization and capture of information , access to their methodology and processes used for their manipulation , recognition and transformation is confidential.

This is where this work is not a niche explored by Mexican universities , initiating a project ambisioso developing an application for the detection and identification of plant species by capturing leaves on most modern portable systems. Trying to generate a portable application that works without the use of internet and help field researchers, developers and students in their development.

Keywords: Recognition, Objects, Implementation, Iphone, leaves.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
TABLA DE CONTENIDO	V
INDICE DE CUADROS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	11
1.1 Introducción.....	11
1.2 Planteamiento del Problema.....	12
1.3 <i>Iphone</i> logros en la ciencia.....	13
1.4 Objetivos.....	14
1.5 Hipótesis.....	14
1.6 Extracción de Características.....	15
1.7 Reconocimiento de patrones.....	15
1.8 Clasificación de patrones.....	16
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES.....	17
2.1 Reconocimiento de la flora, en particular hojas de las plantas.....	17
2.2 APLICACIONES - TRABAJO RELACIONADO.....	18
2.2.1 <i>Google Goggles</i>	18
2.2.2 <i>Leafsnap</i>	19
2.2.3 <i>Encyclopedia of Life (EOL.org)</i>	20
2.2.4 <i>Peter N. Belhumeur</i>	22
CAPÍTULO 3: MATERIALES.....	26
3.1 IPHONE 5S.....	26
3.2 COMPUTADORA APPLE.....	28
3.3 CONECTOR <i>USB/LIGHTNING</i>	28
3.4 IDE XCODE.....	28
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA	29
4.1 LAS HOJAS –RECONOCIMIENTO.....	29

4.1.1	<i>Pre-procesamiento de la hoja</i>	29
4.1.2	<i>Tratamiento de la imagen</i>	30
4.2	MÉTODOS	32
4.2.1	<i>Procesamiento de Imágenes</i>	32
4.2.2	<i>Procesamiento de la imagen digital</i>	35
4.2.3	<i>Algoritmo de Selección ORB</i>	37
4.2.4	<i>Algoritmo de SURF</i>	39
4.2.5	<i>Algoritmo de Match FLANN</i>	41
CAPÍTULO 5: APLICACIÓN		43
5.1	Visión general del sistema	43
5.2	Estructura del sistema	43
5.3	Diagrama de flujo aplicación.....	46
5.4	Base de Datos	48
5.5	Implementación.....	50
5.6	Emulación del sistema.	51
5.7	Interfaz	53
5.8	Comparación Final.	62
5.9	Ejecución y uso de memoria.	65
5.9.1	<i>Uso de CPU</i>	65
5.9.2	<i>Uso de Memoria</i>	66
5.10	Requerimientos del Sistema.....	67
CAPÍTULO 6: Entorno socio-económico		68
6.1	Discusión sobre la aplicación.	68
6.2	Encuestas.....	69
6.3	Análisis de Resultados.....	69
6.4	Resumen.....	83
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES		84
7.1	Conclusiones.....	84
7.2	Ventajas.....	84
7.3	Recomendaciones.....	85
BIBLIOGRAFIA		86
GLOSARIO		90

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.1: NUMERO DE ESPECIES EN EL MUNDO.....	12
CUADRO 6.1: USO LA APLICACIÓN PARA RECONOCER PLANTAS TIPO DE OBJETO TOMANDO UNA FOTO DE LA HOJA DE LA PLANTA.	70
CUADRO 6.2: PREFERENCIA DEL TELÉFONO INTELIGENTE <i>IPHONE</i> EN LA MUESTRA. .	71
CUADRO 6.3: ALUMNOS QUE DESCARGAN APLICACIONES A TELÉFONOS INTELIGENTES.	72
CUADRO 6.4: ALUMNOS QUE CONSIDERAN ÚTIL LOS TELÉFONOS INTELIGENTES PARA TAREAS ESCOLARES.	76
CUADRO 6.5: CUANTOS ALUMNOS HAN USADO ALGUNA APLICACIÓN COMO AYUDA PARA TAREAS ESCOLARES.	78
CUADRO 6.6: PREFERENCIA POR UNA APLICACIÓN QUE IDENTIFICARA CUALQUIER TIPO DE OBJETO A PARTIR DE UNA FOTO.	80

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: IMAGEN DESCRIPTIVA <i>GOOGLE GOGGLES</i>	18
FIGURA 2.2: LOGO LEAFSNAP.....	19
FIGURA 2.3: LA CASA DE LAS PALMERAS DESDE EL JARDÍN DE LAS ROSAS, REAL JARDÍN BOTÁNICO DE KEW.	20
FIGURA 2.4: EOL <i>ENCYCLOPEDIA OF LIFE</i>	21
FIGURA 2.5: CUADRO QUE MUESTRA LA ESPECIE DEL DÍA SELECCIONADA POR EL INSTITUTO SMITHSONIAN.	22
FIGURA 2.6: FOTO DEL DOCTOR PETER N. BELHUMER.	22
FIGURA 2.7: DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS DIRIIDO Y DESARROLLADO POR EL DOCTOR PETER N. BELHUMER EN CONJUNTO CON VARIAS UNIVERSIDADES.	23
FIGURA 2.8: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA IMAGEN.	24
FIGURA 2.9: <i>IPAD. TABLET DE APPLE</i>	25
FIGURA 2.10: <i>IPAD. TABLET DE APPLE</i>	25
FIGURA 3.1: <i>IPHONE 5S DORADO</i>	26
FIGURA 4.1: LAS DIFERENTES ESPECIES DE PLANTAS EN UNA BASE DE DATOS DE LA HOJA.....	29
FIGURA 4.2: LAS MUESTRAS DE IMÁGENES DE HOJAS PERTENECIENTES A 3 CLASES: A (<i>PITTOSPORUM TOBIRA</i>), B (<i>BETULA PENDULA</i>), C (<i>CERCIS SILIQUASTRUM</i>).....	30
FIGURA 4.3: CARACTERÍSTICA GEOMÉTRICA (A) ESTRUCTURA BÁSICA DE LA HOJA (B) EJEMPLO DE PROPIEDADES DE LA FORMA DE LA HOJA.	31
FIGURA 4.4: SEGMENTO DE 12 PUNTOS DE DETECCIÓN DE ESQUINA DE ENSAYO EN UNA PARCELA DE IMAGEN.....	33
FIGURA 4.5: CUADRADO MÁGICO MUESTRA UTILIZANDO IMAGESC CON MAPA DE COLORES EN ESCALA DE GRIS EN <i>MATLAB</i>	34
FIGURA 4.6: IMAGEN TRUCOLOR CON ROJO, AZUL, AMARILLO Y GRIS PÍXELES EN <i>MATLAB</i>	35
FIGURA 4.7: IMAGEN TRUCOLOR CON ROJO, AZUL, AMARILLO Y GRIS PÍXELES EN <i>MATLAB</i> . CRÉDITO: <i>POLAR, PIXIE, NASA</i>	36
FIGURA 4.8: <i>MATCHING</i> GRAFOS.....	37
FIGURA 4.9: ORB PATRON DE MATCHEO.....	38

FIGURA 4.10: PUNTOS DE INTERÉS DETECTADOS EN UN CAMPO DE GIRASOL. ESTE TIPO DE ESCENAS MUESTRA LA NATURALEZA DE LAS CARACTERÍSTICAS OBTENIDOS UTILIZANDO DETECTORES BASADOS EN HESSE.	39
FIGURA 4.11: MUESTRA LAS VENTAJAS DE SURF SOBRE SIFT.	40
FIGURA 4.12: <i>SURF</i> PATRÓN DE MATCHEO, COMPARACIÓN <i>OPENSURF</i> C# vs <i>OPENSURF</i>	41
FIGURA 4.13: RESULTADO DE LA DETECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS SE APLICA A LA PRIMERA IMAGEN.	42
FIGURA 5.1: DIAGRAMA DE FASES. ESTRUCTURA DE PROCESOS.	45
FIGURA 5.2: CAPTURA DE PANTALLA: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APLICACIÓN.	46
FIGURA 5.3: CAPTURA DE PANTALLA: BASE DE DATOS. EN LA IMAGEN APRECIAMOS PARTE DEL CÓDIGO DE LA BASE DE DATOS, DADA DE ALTA MANUALMENTE.	49
FIGURA 5.4: CAPTURA DE PANTALLA: CARGA LA APLICACIÓN EN EL EMULADOR DE <i>IPHONE</i>	51
FIGURA 5.5: CAPTURA DE PANTALLA: CARGA COMPLETA DE LA APP LISTA PARA UTILIZARLA.	52
FIGURA 5.6: CAPTURA DE PANTALLA: OBJETO HOJA. IMAGEN DE ENTRADA.	53
FIGURA 5.7: CAPTURA DE PANTALLA: ACTIVACIÓN PROCESO IDENTIFICA.	54
FIGURA 5.8: CAPTURA DE PANTALLA: MUESTRA DE RESULTADOS.	55
FIGURA 5.9: CAPTURA DE PANTALLA: ELECCIÓN DE UN TIPO.	56
FIGURA 5.10: CAPTURA DE PANTALLA: COMPORTAMIENTO DE LA APLICACIÓN.	57
FIGURA 5.11: CAPTURA DE PANTALLA: EJEMPLO DE MATCH.	58
FIGURA 5.12: CAPTURA DE PANTALLA: COMPARACIÓN HOJA DE MANZANO VS AMERICAN.	59
FIGURA 5.13: CAPTURA DE PANTALLA: MATCH 22%.	60
FIGURA 5.14: CAPTURA DE PANTALLA: MATCH 100%.	61
FIGURA 5.15: BÚSQUEDA TIPO DE HOJA EN BASE DE DATOS. CATALPA.	62
FIGURA 5.16: BÚSQUEDA TIPO DE HOJA EN BASE DE DATOS. ARCE.	63
FIGURA 5.17: PANTALLA DESCRIPTIVA DE LA HOJA SELECCIONADA.	64
FIGURA 5.18: CAPTURA DE PANTALLA: CONSUMO DE NIVEL DE PROCESAMIENTO. .	65
FIGURA 5.19: CAPTURA DE PANTALLA: CONSUMO DE MEMORIA.	66
FIGURA 6.1: FOTO DEL DOCTOR: SERGIO R. MÁRQUEZ BERBER.	68
FIGURA 6.2: ALUMNOS QUE DESCARGARÍAN UNA APLICACIÓN PARA RECONOCIMIENTO DE PLANTAS TOMANDO UNA FOTO DE SU HOJA.	70
FIGURA 6.3: PREFERENCIA DE USO EN <i>SMARTPHONES</i> CON RESPECTO AL <i>IPHONE</i> . ..	71

FIGURA 6.4: PREFERENCIA DE USO EN TELÉFONOS INTELIGENTES (<i>SMARTPHONES</i>) CON RESPECTO AL <i>IPHONE</i> EN ALUMNOS CON POTENCIAL DE DESCARGA DE LA APLICACIÓN DE RECONOCIMIENTO DE HOJAS.	72
FIGURA 6.5: ALUMNOS QUE DESCARGAN APLICACIONES A TELÉFONOS INTELIGENTES.	73
FIGURA 6.6: ALUMNOS QUE DESCARGAN APLICACIONES EN TELÉFONOS INTELIGENTES (<i>SMARTPHONES</i>). INTERESADOS EN LA APLICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE OBJETOS "HOJAS".	74
FIGURA 6.7: ALUMNOS QUE DESCARGAN APLICACIONES EN TELÉFONOS INTELIGENTES. NO INTERESADOS EN LA APLICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE OBJETOS "HOJAS".	75
FIGURA 6.8: ALUMNOS QUE CONSIDERAN ÚTILES LOS TELÉFONOS INTELIGENTES PARA TAREAS ESCOLARES.	76
FIGURA 6.9: UTILIDAD DE TELÉFONOS INTELIGENTES EN INTERESADOS EN LA APLICACIÓN.	77
FIGURA 6.10: UTILIDAD DE TELÉFONOS INTELIGENTES EN NO INTERESADOS EN LA APLICACIÓN.	78
FIGURA 6.11: USO DE APLICACIONES PARA TAREAS ESCOLARES.....	79
FIGURA 6.12: USO DE APLICACIONES PARA TAREAS ESCOLARES. ALUMNOS CON POTENCIAL.	79
FIGURA 6.13: USO DE APLICACIONES PARA TAREAS ESCOLARES. ALUMNOS NO INTERESADOS EN LA APLICACIÓN DE RECONOCIMIENTO DE OBJETOS "HOJAS"...	80
FIGURA 6.14: PREFERENCIA APLICACIÓN QUE IDENTIFIQUE CUALQUIER TIPO DE OBJETOS.	81
FIGURA 6.15: PREFERENCIA APLICACIÓN QUE IDENTIFIQUE CUALQUIER TIPO DE OBJETOS. EN ALUMNOS CON POTENCIAL DE DESCARGA DE LA APLICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE OBJETOS.....	82
FIGURA 6.16: PREFERENCIA APLICACIÓN QUE IDENTIFIQUE CUALQUIER TIPO DE OBJETOS. EN ALUMNOS SIN INTERÉS DE DESCARGA DE LA APLICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE OBJETOS.....	83

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción.

Conocer que tipo de plantas existen en nuestro entorno es algo necesario para el desarrollo normal de nuestras vidas como parte formal de nuestra educación, así como de las industrias, negocios, con una gran apertura desde la agricultura, medicina, ingeniería de alimentos, farmacéutica, industria textil, etc.

Es importante conocer que tipo de plantas existen y nos rodean, por ejemplo, para evitar la pérdida de una cosecha o para mejorar el rendimiento de la misma, así como una elemento base de nuestra educación que brinde a los alumnos una formación integral que no solo le será de ayuda para su futura vocación si no también una comprensión de su entorno que le permita una conciencia de su existencia y la importancia de la preservación de la misma.

En los últimos años se ha realizado grandes proyectos de investigación enfocados en el desarrollo de reconocimiento de especies con ayuda de sistemas complejos que sirven como base para la integración de una gran conglomerado de datos, que se esta llevando a acabo en todo el mundo por diferentes instituciones tanto gubernamentales como de origen privado.

Debido a la evolución de la tecnología en sus dispositivos móviles , en particular de los smartphones o teléfonos inteligentes, que cuentan con procesadores y memorias *RAM* más potentes, no resulta tan mala idea poder hacer un análisis de imágenes y aplicar técnicas de reconocimiento de patrones, algo que se utiliza en el mundo de las ciencias computacionales, y que puede ser bastante útil e interesante desde la perspectiva de algoritmos de aprendizaje en un dispositivo móvil.

1.2 Planteamiento del Problema.

Actualmente se han descrito más de 1 millón 729 mil especies entre Animales, plantas y otros (hongos), aunque se calcula que, en el planeta, puede haber 10 millones o más (IUCN, 2103).

En el grupo de las plantas, en el mundo hay un total de 313,555 especies y tan solo en México se contemplan 29,192 especies, teniendo una presencia a nivel mundial de 9.14% .

Esto nos indica que tan sólo 17.29% se encuentra identificada en el mundo, y nuestra contribución es de tan sólo 0.29%.

Cuadro 1.1: Numero de especies en el mundo.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de (Llorente-Bousquets 2008)

	GRUPO	ESPECIES EN EL MUNDO	ESPECIES EN MEXICO	PORCENTAJE
P	Magnolias y Margaritas	199,350	19,065	9.56
L	Palmeras y pastos	59,300	4,726	7.97
A	Cicadas y pinos	980	150	15.31
N	Helechos	13,025	1,067	8.19
T	Musgos y hepáticas.	19,900	1,482	7.45
A	Algas	27,000	2,702	10.01
S	TOTAL	319,555	29,192	9.14

El Herbario Virtual de CONABIO (HVC) cuenta con más de 85 000 ejemplares en su mayoría mexicanos en formato de imágenes digitales obtenidas por CONABIO y donaciones entre los años 2000 y 2007, en los

herbarios de Kew (K) en Inglaterra y de Nueva York (NY), Arizona (ARIZ) y Smithsonian (US) en Estados Unidos de Norteamérica, como parte del programa de repatriación de datos curatoriales de colecciones del extranjero.

Sin embargo pese al gran trabajo que persiste por medio de varias instituciones todavía nos encontramos en un porcentaje muy bajo con respecto al total que se percibe en el mundo.

1.3 Iphone logros en la ciencia.

Existen una gran cantidad de dispositivos actualmente en el mercado que sirven como ayuda para reconocimiento de patrones para el campo como el **GreenSeeker** - una tecnología de sensor óptico - que permite en tiempo real, predecir el potencial de rendimiento de la cosecha utilizando el índice vegetativo agronómico (NDVI). Herramienta de gran uso, pero que resulta de alto costo que por lo general es adquirida por universidades, instituciones gubernamentales o industrias del sector privado; que justifican sus gastos para fines de investigación o como costo de inversión en su cadena productiva.

Por otro lado, la accesibilidad del *Iphone* ha hecho que varios investigadores en todo el mundo hayan puesto sus ojos en él, como una herramienta de ayuda para los médicos que intentan preservar la fertilidad de pacientes de cáncer, así como también es usado como un dispositivo de monitoreo de la función neuromuscular, o bien para medir la inclinación de una superficie incluso para el uso de la anestesia durante una cesárea, estas y muchas otras utilidades que se le dan, son una realidad actualmente.

En México se pueden adquirir una gran variedad de dispositivos móviles: *tablets* y **smartphones** de diferentes marcas y compañías. Forbes en el año 2013 clasificó el *iPhone*, como uno de los mejores *smarthphones*, colocandolo entre los tres primeros de su lista. (FORBES 2013)

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, y debido a la importancia de reconocer especies de plantas en el mundo, principalmente en nuestro país, es necesario realizar una aplicación para un dispositivo móvil de fácil acceso al usuario; permitiendo que este, pueda realizar en campo un análisis de información específica y detallada en tiempo real.

1.4 Objetivos.

El objetivo principal de esta tesis es desarrollar un aplicación (*app*), para el sistema operativo *iOS* de los teléfonos móviles *iPhone*, para el reconocimiento de tipos de plantas a partir de comparaciones de imágenes de hojas digitalizadas, mostrando como resultado el porcentaje de parecido entre la hoja buscada y las almacenadas en la Base de Datos e información adicional de la especie, relacionada con la hoja, como su nombre científico, una breve descripción, y fotos complementarias tales como: vista delantera y trasera de la hoja, fruto y/o corteza del árbol.

1.5 Hipótesis.

El uso de la aplicación (*app*) para el sistema Operativo *iOS* de los teléfonos móviles *iPhone* es útil como herramienta para el reconocimiento de tipos de plantas a partir de comparaciones de imágenes de hojas digitalizadas, dando como resultado el porcentajes de coincidencia en los puntos clave calculados, sumado a una descripción breve asociada a la especie contenida en la Base de Datos.

Existen muchos sistemas que realizan esta acción como ***leafsnap*** o ***google goggles***, pero todavía no hay ninguno con el enfoque y las características que se buscan implementar aquí.

Existe un enorme potencial para el aprovechamiento de este sistema tanto a nivel educacional, como de investigación, industrial, gubernamental e incluso comercial. Esto nos lleva al punto más importante, “el enfoque” ¿quien utilizará este sistema? y ¿con que propósito?. Quizás en un

principio parezcan preguntas irrelevantes, pero estas preguntas son las mismas que impulsaron el desarrollo de esta tesis y de su aplicación sin importar el que ya existieran algunas que atendieran esta cuestión.

1.6 Extracción de Características.

El procesamiento de imágenes se usa para extraer grupos de características y cualidades que son representativas de una imagen. Los valores de estas cualidades proporcionan una representación concisa de la información contenida dentro de una imagen. (Shrestha 2010)

1.7 Reconocimiento de patrones.

La clasificación por **patrones** consiste en organizar objetos dentro de grupos que comparten alguna propiedad. Formalmente el reconocimiento de patrones consiste en el reconocimiento de objetos mediante propiedades que comparten entre conjuntos. Los patrones se obtienen a partir de los procesos de segmentación, extracción de características y descripción. Dónde cada objeto queda representado por una colección de descriptores (Shrestha 2010).

El sistema de reconocimiento debe asignar a cada objeto su categoría o clase - conjunto de entidades que comparten alguna característica que las diferencia del resto -. Para poder reconocer los patrones se siguen los siguientes procesos:

- Adquisición de datos.
- Extracción de características.
- Toma de decisiones.

El punto esencial del reconocimiento de patrones es la clasificación: se quiere clasificar una señal dependiendo de sus características.

Señales, características y clases pueden ser de cualquiera forma, por ejemplo, se puede clasificar imágenes digitales de letras en las clases «A» a «Z» dependiendo de sus píxeles o se puede clasificar ruidos de cantos de aves en clases de órdenes aviares dependiendo de sus frecuencias.

1.8 Clasificación de patrones.

La clasificación de patrones es: la organización de estos en grupos basados en características en común. Aplicando ciertas reglas a un objeto desconocido se puede clasificar y tomar una decisión con respecto a que clase pertenece dicho objeto. (Shrestha 2010)

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES

2.1 Reconocimiento de la flora, en particular hojas de las plantas.

Desde siempre ha surgido la necesidad de conocer nuestro entorno y poder clasificarlo para el uso adecuado del mismo. Es ahí donde entra en específico el deseo de conocer las plantas de nuestro entorno local, las cuales se pueden identificar mediante su uso, como son: consumo, medicinal, aromático, ornato. Incluso se podría alertar cual de ellos atenta con nuestra salud.

Los avances tecnológicos cada vez son mayores y surgen constantemente nuevas herramientas para poder concentrar con mayor efectividad esos conocimientos (Columbia University, University of Maryland, Smithsonian Institution 2011).

Hay un déficit crítico en todo este tipo de bases de datos naturales: la búsqueda de una especie de forma rápida, requiere que el investigador tenga el conocimiento de antemano el nombre de la especie. Los algoritmos de visión computarizados pueden eliminar este problema; permitiendo al usuario ubicar una especie utilizando algoritmos que trabajan con imágenes de los especímenes recolectados recientemente, comparándolas con imágenes que previamente se han descubierto y descrito.

Sin estas herramientas, una **clave dicotómica**, puede resultar bastante complejo el buscar las muchas ramas y aparentemente interminables nodos del árbol taxonómico. El proceso de identificación de una sola especie utilizando claves puede tardar horas o días, incluso para los especialistas, y es extremadamente difícil o imposible para gente no especializada (Peter N. Belhumeur 2014).

2.2 APLICACIONES - TRABAJO RELACIONADO.

2.2.1 Google Goggles.

Es un servicio que permite reconocer objetos con fotos tomadas por un dispositivo móvil y mostrar los resultados. Sin adentrarnos en muchos detalles técnicos “entrena” a una computadora para que reconozca los patrones comunes de formas y colores que componen una imagen digital de algún objeto, por ejemplo un rostro. El cual se conoce como un proceso de detección facial, que puede ayudar a una computadora a comparar caras conocidas con relación a una cara nueva, de tal forma que se pueda ver si hay coincidencias. (G. Inc., Google Play 2012) (G. Inc., Google 2012)



Figura 2.1: Imagen descriptiva Google Goggles.

Fuente: (G. Inc., Google 2012).

2.2.2 Leafsnap

LeafSnap es un Sistema funcional que, mediante reconocimiento de patrones, identifica hojas. Este es un proyecto desarrollado por la Universidad de Columbia en colaboración con la Universidad de Maryland y la *Smithsonian Institution*.

La captura de información se hace en un dispositivo móvil (*smartphone* o *tablet*), por medio del cual se captura la imagen y se envía utilizando internet a un servidor, en el cual se hace la comparación con una base de datos remota. Todo esto mediante un algoritmo que devuelve las similitudes existentes entre la imagen capturada por el dispositivo móvil y la información contenida dentro de la base de datos remota.



Figura 2.2: Logo Leafsnap.

Fuente: (Columbia University, University of Maryland, Smithsonian Institution 2011).

2.2.3 *Encyclopedia of Life* (EOL.org)

La *Encyclopedia of Life* es un esfuerzo de Digitalización masiva, debido a que varias insituciones estan aportado sus reservas de imágenes para tenerlas almacenadas dentro de una pagina web, que recibe a su vez imágenes de todo aquel que quiera seguir aportando a este proyecto.

La cantidad de información digital disponible **on-line** – disponible en internet –, se ha incrementado dramáticamente. Por ejemplo, en el Herbario National de Estados Unidos que esta en el *Smithsonian*, se han digitalizado cerca de 90,000 tipo de especies de **plantas vasculares, estas** imágenes que se encuentran disponibles en <http://botany.si.edu/type> que complementan el esfuerzo del Jardín Botánico de Nueva York (120,000 imágenes en alta resolución), el Real Jardín Botánico de Kew (50.000 imágenes, incluidas 35.000 imágenes de tipo de especímenes), y el Jardín Botánico de Missouri (35000 imágenes de plantas).



Figura 2.3: La Casa de las Palmeras desde el Jardín de las Rosas, Real Jardín Botánico de Kew.

Fuente: (Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens 2014).

La *encyclopedia of life*, es considerada una enciclopedia virtual que se esta llenando constantemente por usuarios en todo el mundo. Y al igual que **wikipedia**, esta constantemente certificando los contenidos y brinda de forma gratuita su información, viviendo de donativos. (Field Museum, Harvard University, MacArthur Foundation, Marine Biological Laboratory, Missouri Botanical Garden, Sloan Foundation, Smithsonian Institution 2011).

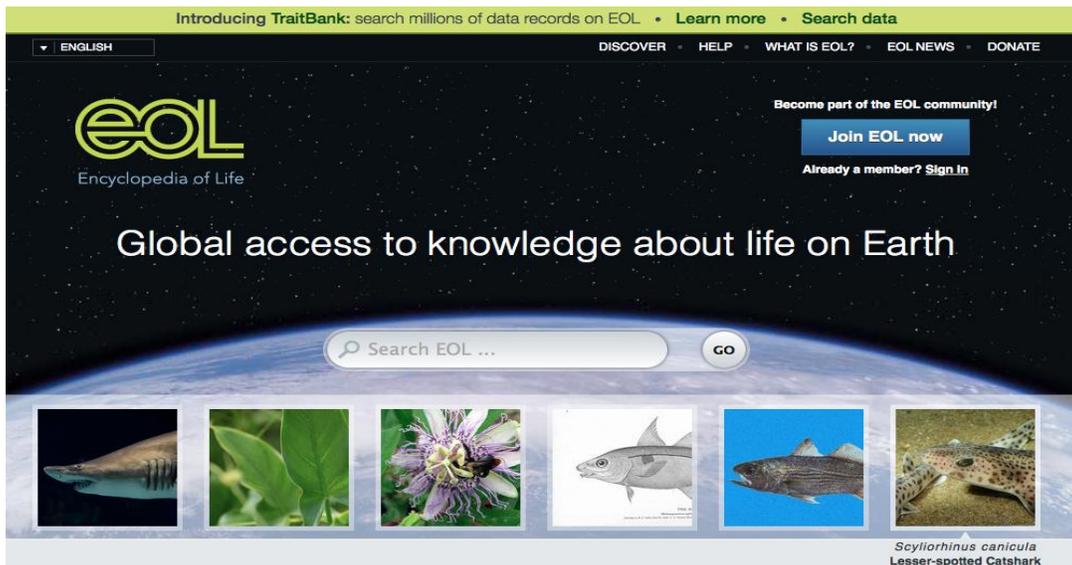


Figura 2.4: EOL *Encyclopedia of life*.

Fuente: (Field Museum, la Universidad de Harvard, el Laboratorio de Biología Marina, el Jardín Botánico de Missouri y la Smithsonian Institution. 2014).



Figura 2.5: Cuadro que muestra la especie del día seleccionada por el Instituto Smithsonian.
Fuente: (Institution 2014).

2.2.4 Peter N. Belhumeur

Peter N. Belhumeur, es un profesor de *Columbia University Department of Computer Science*.



Figura 2.6: Foto del Doctor Peter N. Belhumer.
Fuente: (Belhumeur 2009).

Su investigación se enfoca principalmente en la combinación de la visión, gráficos y la fotografía computacional. Ha sido premiado con el *Siemens Best Paper Award* en la Conferencia IEEE sobre visión por computador y reconocimiento de patrones y el Premio *Olympus* en la Conferencia Europea de Visión por Computador.

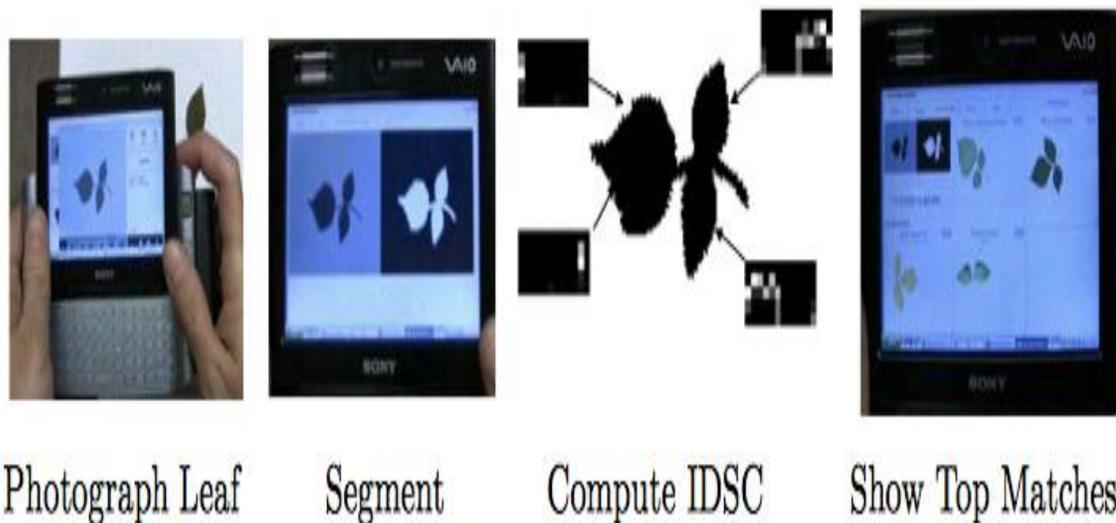


Figura 2.7: Diagrama de flujo del sistema de Identificación de plantas diriiido y desarrollado por el Doctor Peter N. Belhumer en conjunto con varias universidades.

Fuente: (Peter N. Belhumeur 2014).

Su más reciente trabajo es “*Searching the World’s Herbaria: A System for Visual Identification of Plant Species*” (Búsqueda de la Herbaria en el mundo: un sistema de identificación visual de especies de plantas). Es un sistema de visión, desde el punto de vista computacional, que ayuda a la identificación de las especies de plantas. Esta diseñado de tal forma que el usuario toma una fotografía aislada con un fondo blanco y el sistema extrae la forma de la hoja y comparandola con la forma de las hojas de especies conocidas. En cuestion de segundos, el sistema muestra las especies

conocidas y/o similares, junto con sus descripciones en formato de texto o como imágenes adicionales (Peter N. Belhumeur 2014).

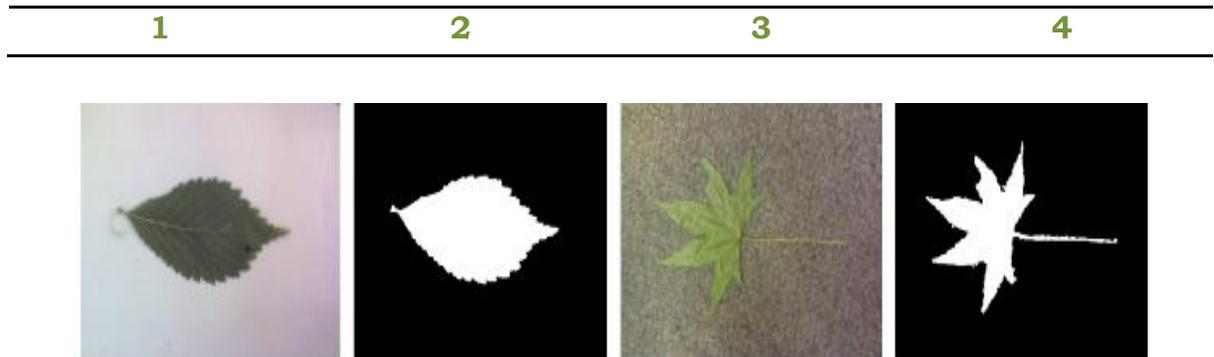


Figura 2.8: Descripción del proceso de la imagen.

Fuente: (Peter N. Belhumeur 2014).

Las imágenes 1 y 3 muestran la foto de entrada al sistema, a la derecha de cada una son resultados de la segmentación. De primera instancia, se muestra una imagen típica y limpia (Peter N. Belhumeur 2014).

Este sistema está actualmente en uso por los botánicos en el Museo Nacional *Smithsonian Institution* de Historia Natural. La principal contribución de este trabajo son: la descripción de un sistema de visión por computadora y su interfaz de usuario, para una nueva e importante área de aplicación (Columbia University Department of Computer Science 2009).

La Identificación automática de las especies ha sido un área reciente, pero con un incremento en su interés dentro del ámbito computacional. Siempre y cuando se realice una buena combinación entre el humano y la computadora o dispositivo móvil (*smartphone* o *tablet*) la identificación automática permitirá un gran avance para la detección no solo de plantas si no también de otras especies (Shrestha 2010).



Figura 2.9: *Ipad. Tablet de Apple.*
Fuente: (Apple 2014).



Figura 2.10: *Ipad. Tablet de Apple.*
Fuente: (Apple 2014).

CAPÍTULO 3: MATERIALES

3.1 IPHONE 5S.

Capacidad (Apple 2014): 64GB.

Dimensiones y peso : (Apple 2014)

- Alto: 12,38 cm.
- Ancho: 5,86 cm.
- Grosor: 0,76 cm.
- Peso: 112 g.

Chips



Chip A7 con arquitectura de 64 bits. **(Apple 2014)**



Coprocesador de movimiento M7. **(Apple 2014)**



Figura 3.1: iPhone 5s Dorado.
Fuente: (Apple 2014).

Touch ID (Apple 2014): Sensor de identidad por huella dactilar integrado en el botón de inicio.

Pantalla (Apple 2014):

- Pantalla Retina.
- *Multi-Touch* panorámica de 4 pulgadas (en diagonal).
- Resolución de 1.136 por 640 píxeles a 326 p/p.
- Contraste de 800:1 (típico).
- Brillo máximo de 500 cd/m² (típico).
- Cubierta oleófuga antihuellas en la parte delantera.
- Compatible con la presentación simultánea de múltiples idiomas y grupos de caracteres.

Camara *iSight* (Apple 2014):

- 8 megapíxeles con píxeles de 1,5 μ .
- Apertura de $f/2,2$.
- Cubierta de la lente de cristal de zafiro.
- *Flash True Tone*.
- Sensor de iluminación posterior.
- Lente de cinco elementos.
- Filtro de infrarrojos híbrido.
- Enfoque automático.
- Enfoque por toque.
- Detección facial.
- Fotos panorámicas.
- Estabilización automática.
- Modo ráfaga.
- Geoetiquetado de fotos.

3.2 COMPUTADORA *APPLE*.

- OS X v10.6.8 o posterior
- 2 GB de memoria
- 8 GB de espacio disponible

3.3 CONECTOR *USB/LIGHTNING*.

- Lightning a USB (0.5 m)

3.4 IDE *XCODE*.

- Version 5.1 (5B130a)

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

4.1 LAS HOJAS –RECONOCIMIENTO.

4.1.1 Pre-procesamiento de la hoja.

Los colores de las hojas de las plantas, son generalmente de color verde como se muestra en la Fig. 3.1. Por otra parte, los matices y la variedad de los cambios de agua, nutrientes, atmósfera y las estaciones pueden causar un cambio de color, por lo que la característica del color presenta una baja fiabilidad. (Du , Wang and Zhang 2007)



Figura 4.1: Las diferentes especies de plantas en una base de datos de la hoja.

Fuente: (Du , Wang and Zhang 2007).

Entre mayor sea la calidad de la imagen y la hoja candidata sea un buen espécimen, será mejor y más rápida la respuesta del sistema al momento de presentar información relevante (Kumar, et al. 2012).

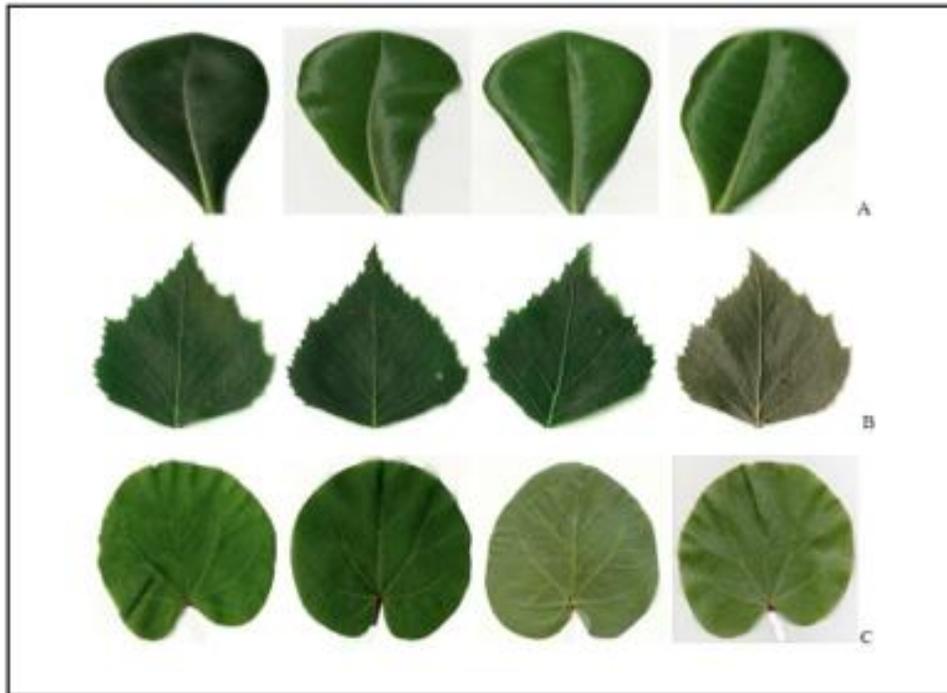


Figura 4.2: Las muestras de imágenes de hojas pertenecientes a 3 clases: A (*Pittosporum Tobira*), B (*Betula Pendula*), C (*Cercis Siliquastrum*).

Fuente: (Chaki and Ranjan 2011).

4.1.2 Tratamiento de la imagen.

Muchas técnicas han sido implementadas durante el tratamiento previo de pre-procesamiento, por ejemplo:

- Convertir la imagen RGB – Imagen a color - a su equivalente en escala de grises – imagen en blanco y negro -.
- Transformar la imagen de la escala de grises a una imagen binaria – código en ceros y unos -.

El propósito de la aplicación de estos procesos es reducir al mínimo el **ruido digital** en la imagen, ya que puede perturbar el proceso de extracción

y clasificación. Casi todos los tratados de imagen aplican metodologías similares durante el pre-procesamiento de estas (Ab Jabal , et al. 2013).

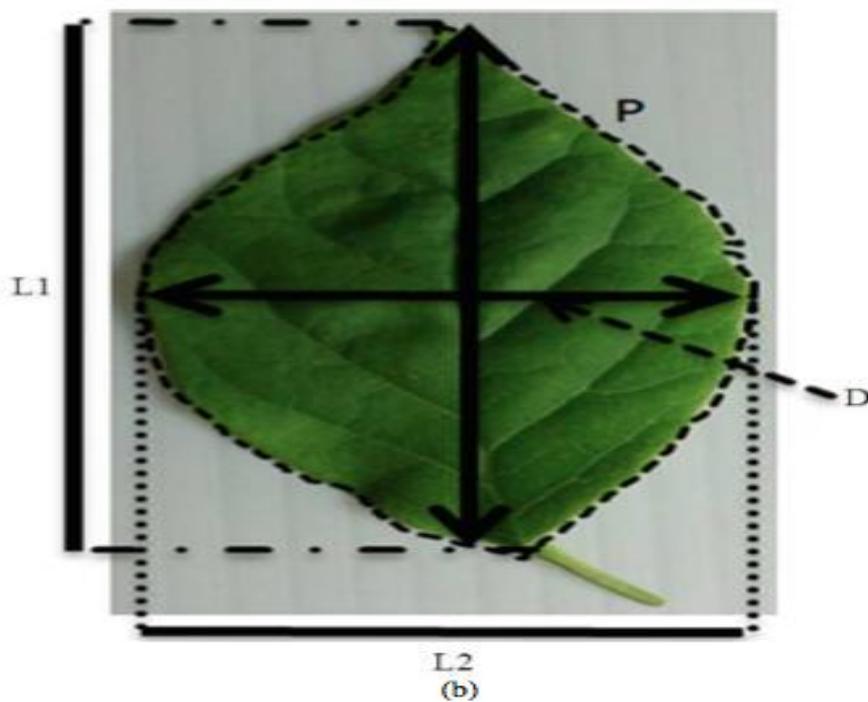
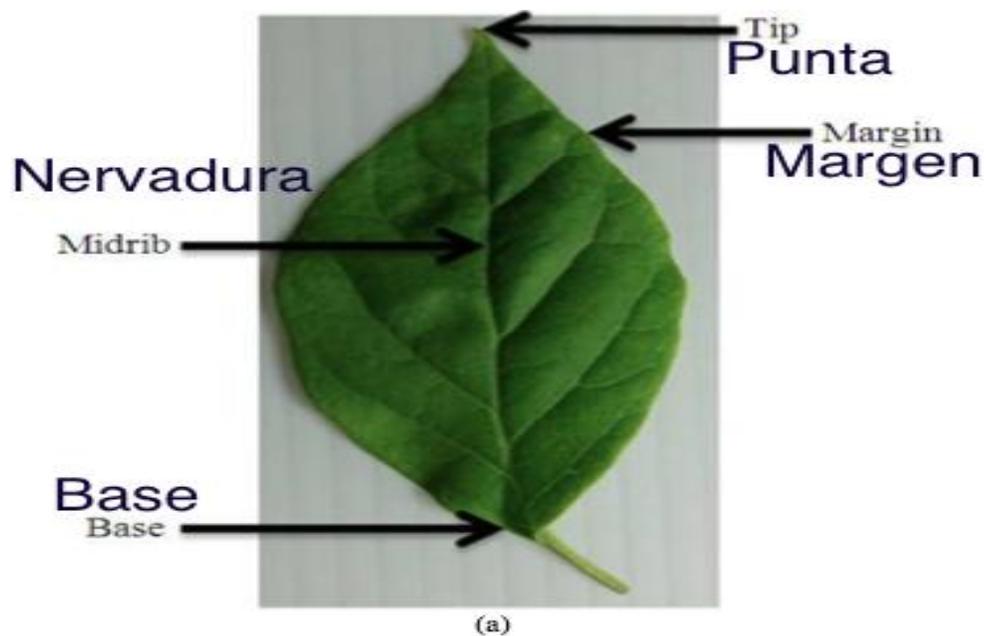


Figura 4.3: Característica geométrica (a) Estructura básica de la hoja (b) Ejemplo de propiedades de la forma de la hoja.

Fuente: (Ab Jabal , et al. 2013).

4.2 MÉTODOS.

4.2.1 Procesamiento de Imágenes.

Una imagen es una función bidimensional de la luz y la intensidad. Se representa como $f(x,y)$, y para cada punto de la imagen (x,y) , la función devuelve el valor de la intensidad de la imagen en dicho punto. Una imagen es una forma de energía y, por tanto, ha de ser finita y estrictamente mayor que cero, tomando valores reales enteros que verifican $0 < f(x,y) < \infty$ (Alegre Gutierrez, et al. 2003).

La imagen consta de dos componentes o formas de energía:

- $i(x,y)$ es la iluminación, la luz que incide sobre un objeto.
- $r(x,y)$ es la reflectividad, la cantidad de luz que refleja. Un objeto puede absorber toda la luz (1) o nada (0).

$$0 < i(x,y) < \infty \quad 0 < r(x,y) < 1$$

Una imagen viene definida por:

$$f(x,y) = i(x,y) * r(x,y)$$

Proceden del muestreo espacial y en intensidad de la imagen óptica. Están formadas por una matriz de elementos (píxeles). El píxel, *picture element*, es el valor de color o intensidad asociado a cada elemento de la matriz; tiene coordenadas espaciales. Puede tomar valores dentro del rango $[0, 255]$ (Alegre Gutierrez, et al. 2003).

Píxeles .- representan la posición y el valor del píxel representa la intensidad en esa posición .

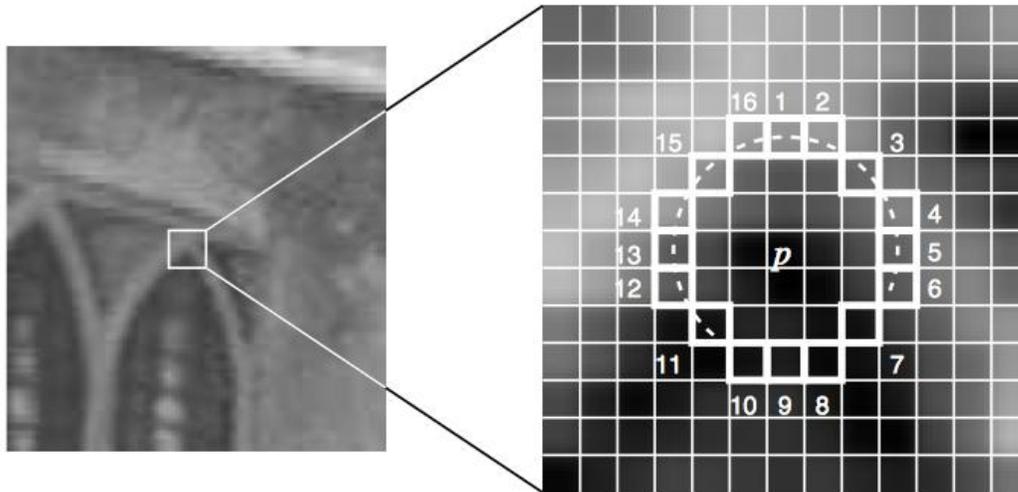


Figura 4.4: Segmento de 12 puntos de detección de esquina de ensayo en una parcela de imagen.

Fuente: (Rosten and Drummond 2006).

Los cuadrados resaltados en la (Figura 4.4), son los píxeles utilizados en la detección de esquina. El píxel en P es el centro de una esquina candidato. El arco se indica por la línea de trazos 12 pasa a través de los píxeles contiguos que son más brillantes que p por más que el umbral.

Una imagen binaria es una imagen con sólo dos valores de intensidad , cero o uno. (Alegre Gutierrez, et al. 2003)

Una imagen en escala de grises es una imagen cuya intensidad son una gama de valores que representan diferentes niveles de gris .

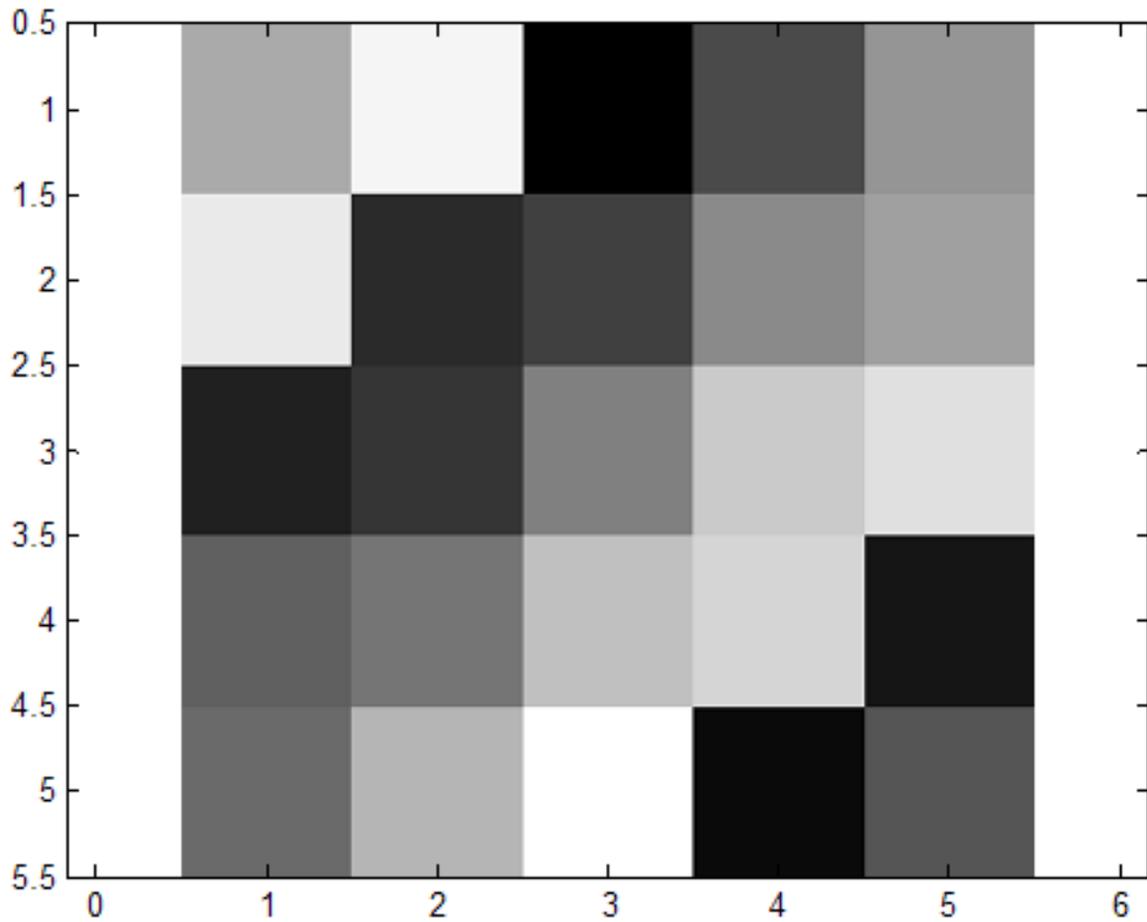


Figura 4.5: Cuadrado mágico muestra utilizando `imagesc` con mapa de colores en escala de grises en *MATLAB*.

Fuente: (MathWorks. 1994-2014).

Hay varios formatos de una imagen en color . En el formato de rojo-verde - azul (RGB) , la intensidad en cada píxel está representado por un vector que contiene los niveles de azul , rojo y verde . (Shrestha 2010)

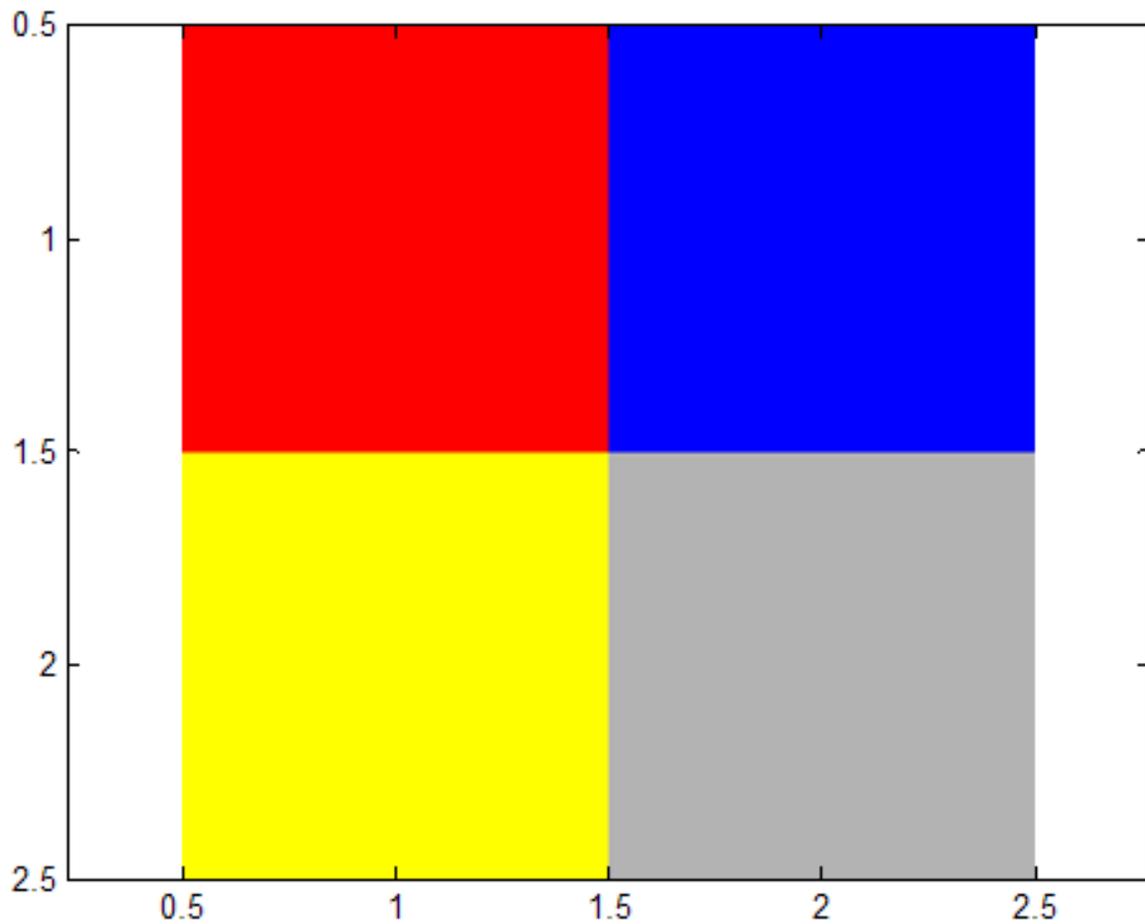


Figura 4.6: Imagen Truecolor con rojo, azul, amarillo y gris píxeles en *MATLAB*.

Fuente: (MathWorks. 1994-2014).

4.2.2 Procesamiento de la imagen digital.

El procesamiento de la imagen digital, se refiere al tratamiento de imágenes digitales por medio de una computadora. Hay una amplia gama de aplicaciones de procesamiento de imágenes digitales, dos ejemplos son los rayos X y las imágenes de rayos gamma (Shrestha 2010).

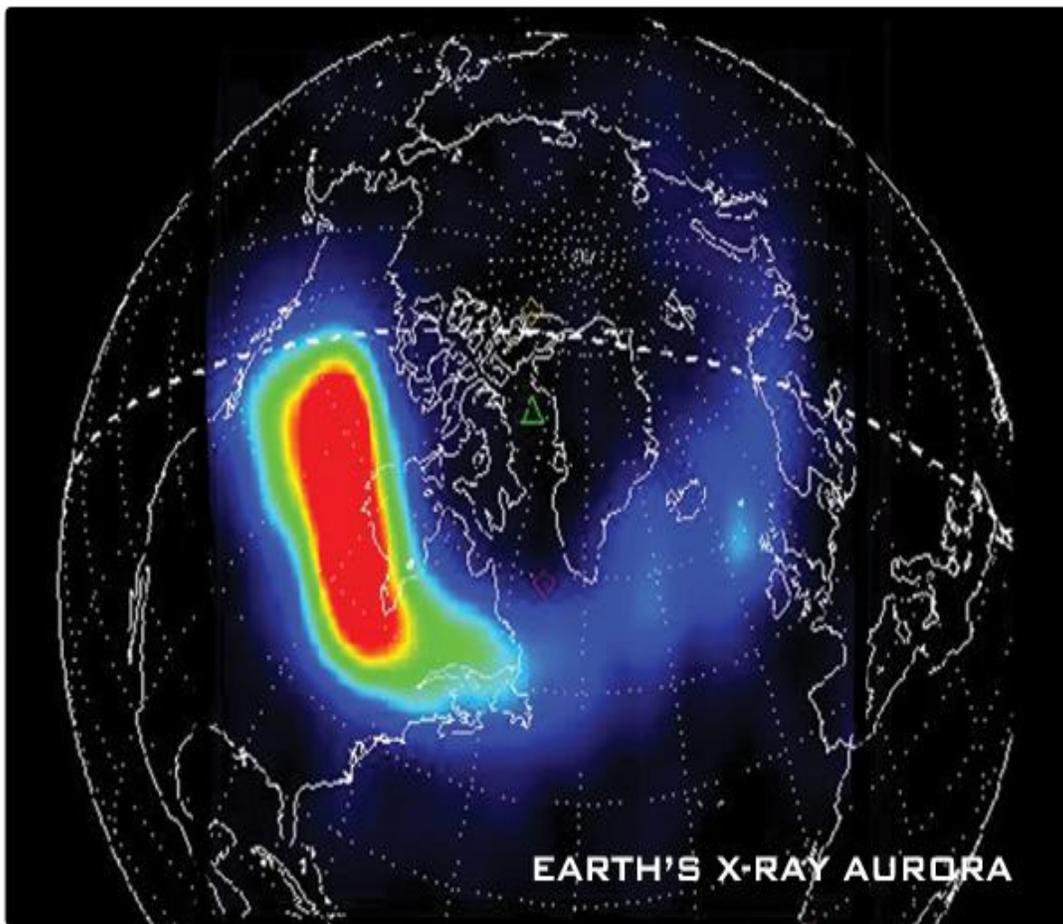


Figura 4.7: Imagen Truecolor con rojo, azul, amarillo y gris píxeles en *MATLAB*. Crédito: *POLAR, PIXIE, NASA*.

Fuente: (gov 2011).

El procesamiento de imágenes digitales, también se utiliza como cimiento para los sistemas automáticos basados en imágenes , como el reconocimiento automático de caras , reconocimiento de huellas dactilares , etc.

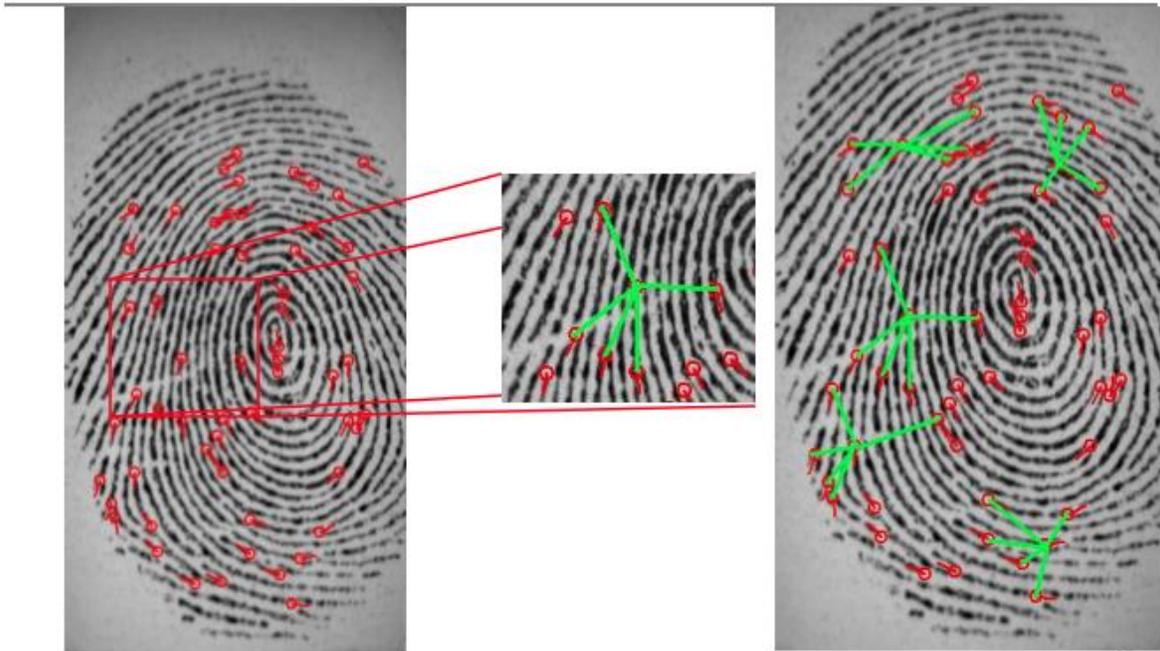


Figura 4.8: Matching Grafos.

Fuente: (Hortas 2014).

Esta tesis se centra en el uso de procesamiento digital de imágenes con el fin de automatización. Las imágenes digitales de hojas de las plantas se procesan utilizando varios algoritmos para extraer características relacionadas con la forma. Por último, la clasificación se realiza en base a la extraídas de ciertas características (Shrestha 2010).

4.2.3 Algoritmo de Selección ORB.

ORBFeatureDetector

ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF).

FAST (Features from Accelerated Segment Test)

BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features)

Es un descriptor binario destacado por su velocidad, se encuentra basado en los algoritmos ***Rotated BRIEF*** y ***oriented FAST***.

Una de sus características principales es la eficiencia del uso de memoria cuando realiza cálculos y/o almacenamiento.

Este algoritmo de descriptores, compara cadenas que realiza mediante el calculo de distancias de ***Hamming***, para el recuento de bits, que se puede realizar extremadamente rápido con los nuevos procesadores.

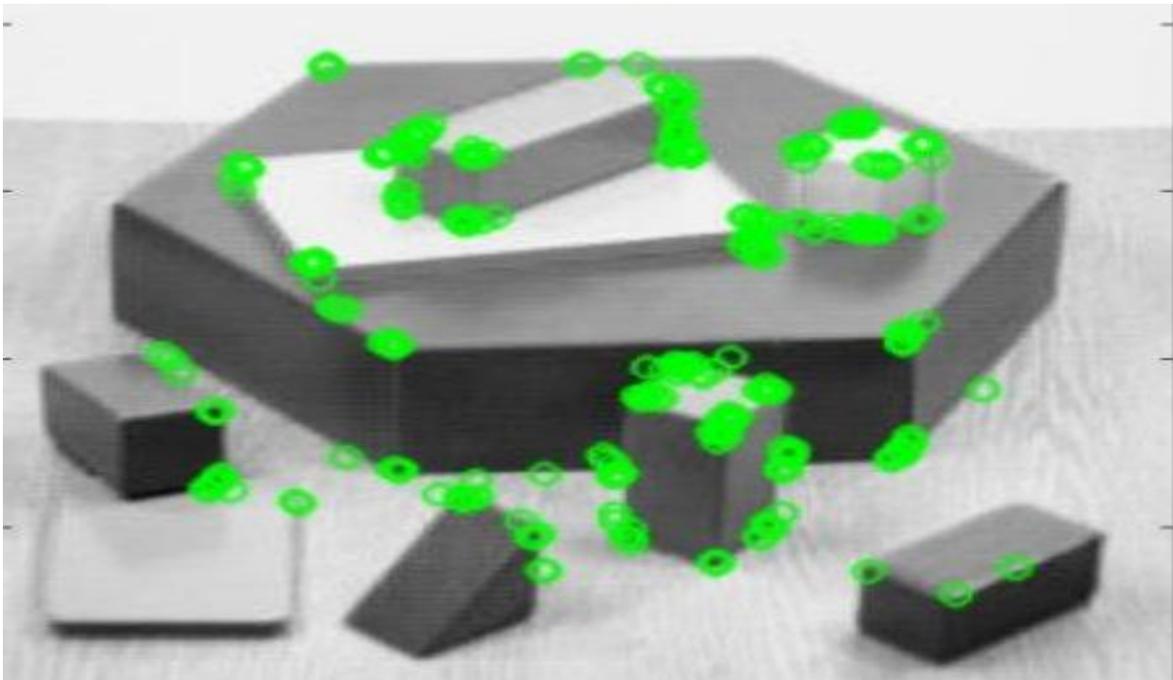


Figura 4.9: ORB patron de Matcheo.

Fuente: (OpenCV, ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) 2011-2014).

4.2.4 Algoritmo de SURF.

SURF: Speeded Up Robust Features

El algoritmo **SURF** es un fuerte detector de características, que actualmente es utilizado para reconocimiento de objetos o reconstrucción en 3D. Esta basado en parte en el descriptor **SIFT**, pero es varias veces más rápido y mucho más robusto al momento de comparar diferentes tipos de imágenes.

El algoritmo **SURF** se encuentra basado en sumas de respuestas **wavelet Haar 2D**, haciendo un uso eficiente de las imágenes integradas. Utiliza una aproximación de un numero entero para poder hacer uso del determinante **Hessiano**, que sirve para obtener el detector diferencial de las regiones. Puede ser extremadamente rápido en una imagen integral (Bay, Tuytelaars and Gool 2006).

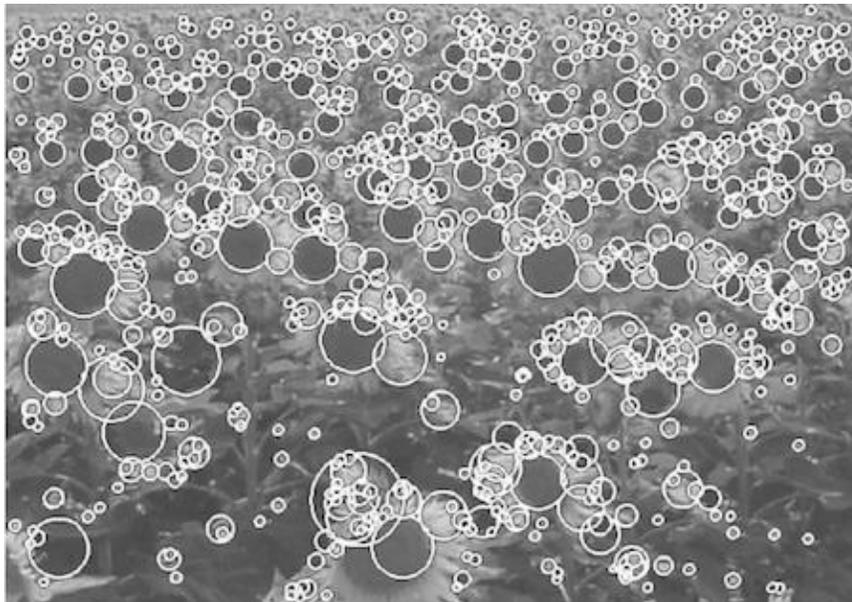


Figura 4.10: Puntos de interés detectados en un campo de girasol. Este tipo de escenas muestra la naturaleza de las características obtenidos utilizando detectores basados en Hesse.

Fuente: (OpenCV, <http://docs.opencv.org> 2014).

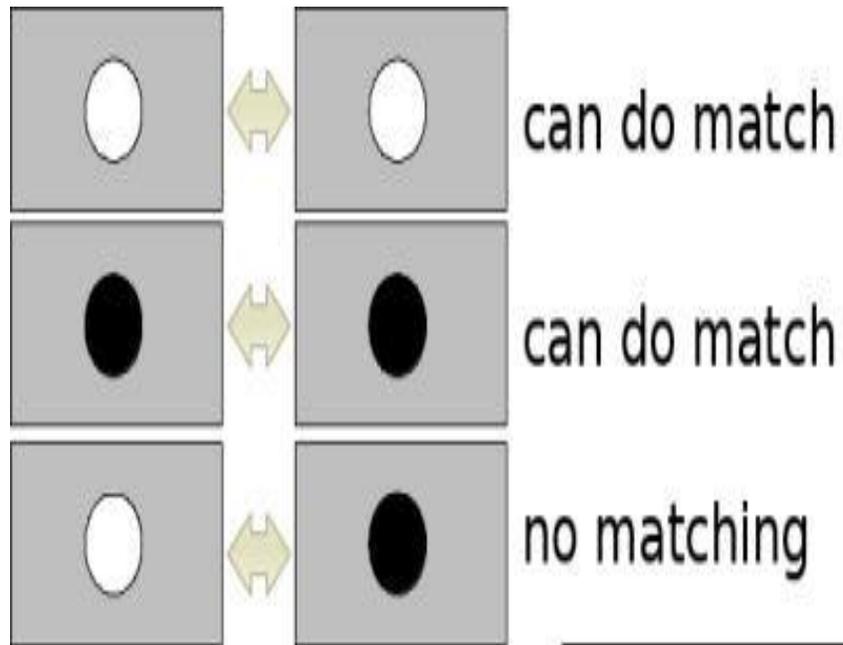


Figura 4.11: Muestra las ventajas de SURF sobre SIFT.

Fuente: (OpenCV_SURF 2011-2014).

El algoritmo *SURF* incluye más características, mejorando la velocidad en cada paso. El análisis muestra que es 3 veces más rápido y de un rendimiento compatible al del algoritmo *SIFT*. El algoritmo *SURF*, es bueno en el manejo de imágenes con desenfoco y con la rotación, pero no es bueno en el manejo de cambio de punto de vista y con el cambio de iluminación (OpenCV, <http://docs.opencv.org> 2014) (OpenCV_SURF 2011-2014).

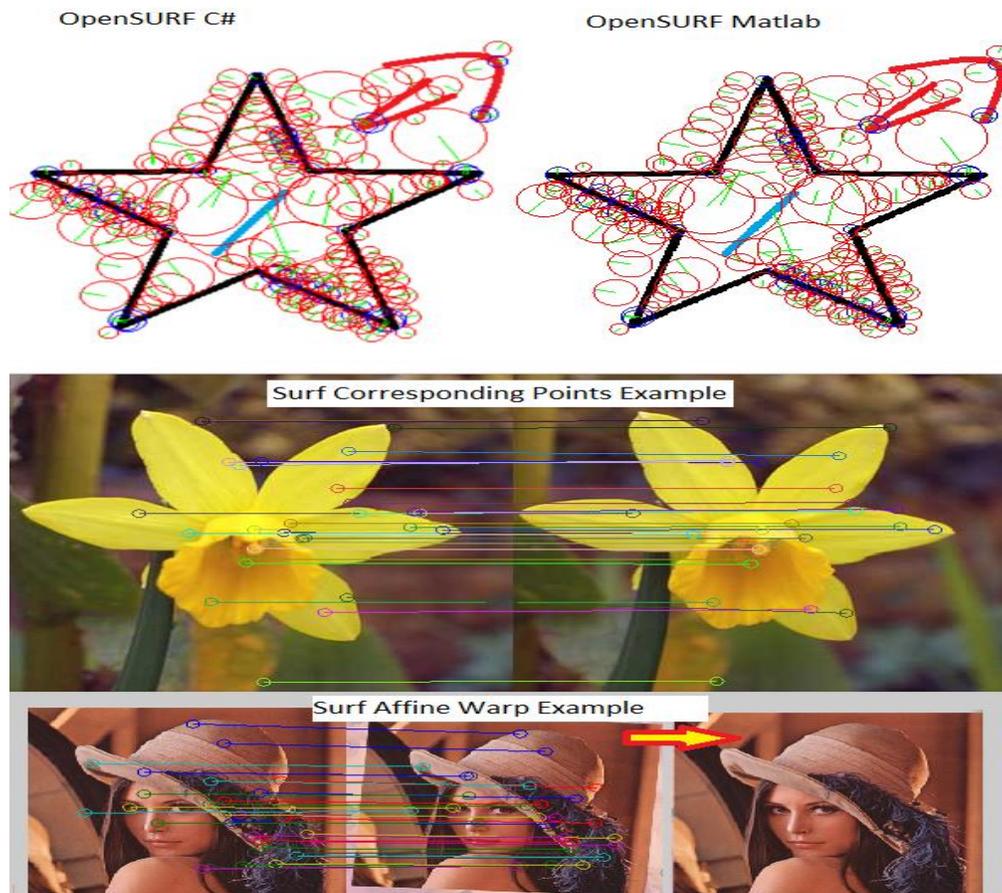


Figura 4.12: SURF patrón de Matcheo, comparación OpenSURF C# vs OpenSURF.

Fuente: (MathWorks. 1994-2014).

4.2.5 Algoritmo de Match FLANN.

FLANN, es una biblioteca para realizar rápidamente búsquedas aproximadas de vecinos más cercanos en espacios dimensionales elevados.

Contiene una colección de algoritmos que encontramos para trabajar mejor en la búsqueda del vecino más cercano y un sistema para elegir automáticamente al mejor algoritmo y los parámetros óptimos en función del conjunto de datos (The University of British Columbia 2014).

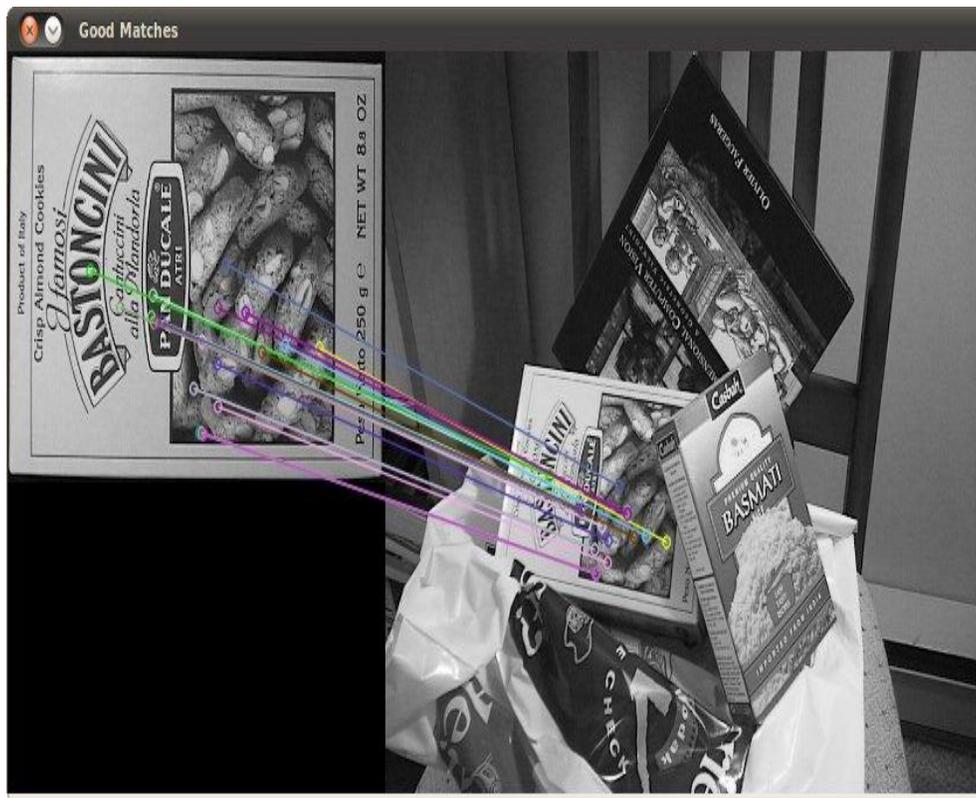


Figura 4.13: Resultado de la detección de características se aplica a la primera imagen.

Fuente: (FLANN 2011-2014).

CAPÍTULO 5: APLICACIÓN

5.1 Visión general del sistema

El objetivo de la aplicación, es crear una base de datos móvil que permita identificar una especie de flora a partir de una muestra del espécimen, en este caso una hoja de la especie a identificar.

5.2 Estructura del sistema

1.CAPTURA IMAGEN

Se toma el objeto a analizar el cual puede ser obtenido tomando una foto, en este caso de la hoja, en una superficie con un color uniforme o de igual forma la imagen puede ser tomada de la galería de imágenes contenida en la memoria del dispositivo.

2.CONVERSIÓN IMAGEN

Se duplica la imagen obtenida en un formato *math*. estandarizado que se utilizará para hacer el análisis.

3.TRANSFORMACIÓN IMAGEN

Posteriormente todas las imágenes para su comparación pasan por el proceso de “trazo”, donde suprimimos el color y otras características del objeto para quedarnos solamente el delineado.

4.DETECCIÓN DE PUNTOS CLAVE

Una vez completada la transformación se identifican los puntos principales (*Key point*) que se muestran como puntos de color.

5.EXTRACCTOR DE DESCRIPTORES

Se extrae toda la información, que previamente se haya definido como importante según el algoritmo, calculado de cada *Key Point* (ángulo, distancia entre el vecino más cercano, ejes, radio, etc.,...).

6.MATCH DE IMÁGENES

- Comparación imagen Objetivo con Imágenes en Base de Datos

Una vez que tenemos la imagen seccionada en *Key Points*, se va a la base de datos, se extraen las imágenes contenidas, se realiza el proceso 2,3,4 y 5 y se compara con la imagen que buscamos, se calcula el porcentaje de similitud en los *key Points* encontrados, se guarda la información y se repite la operación hasta la ultima imagen almacenada en la Base de Datos local.

7.PRESENTACIÓN RESULTADOS

Al presionar el botón “identifica” muestra un listado con la información previamente calculada, que contiene el nombre de la hoja acompañado del porcentaje de parecido con respecto a la especie de muestra.

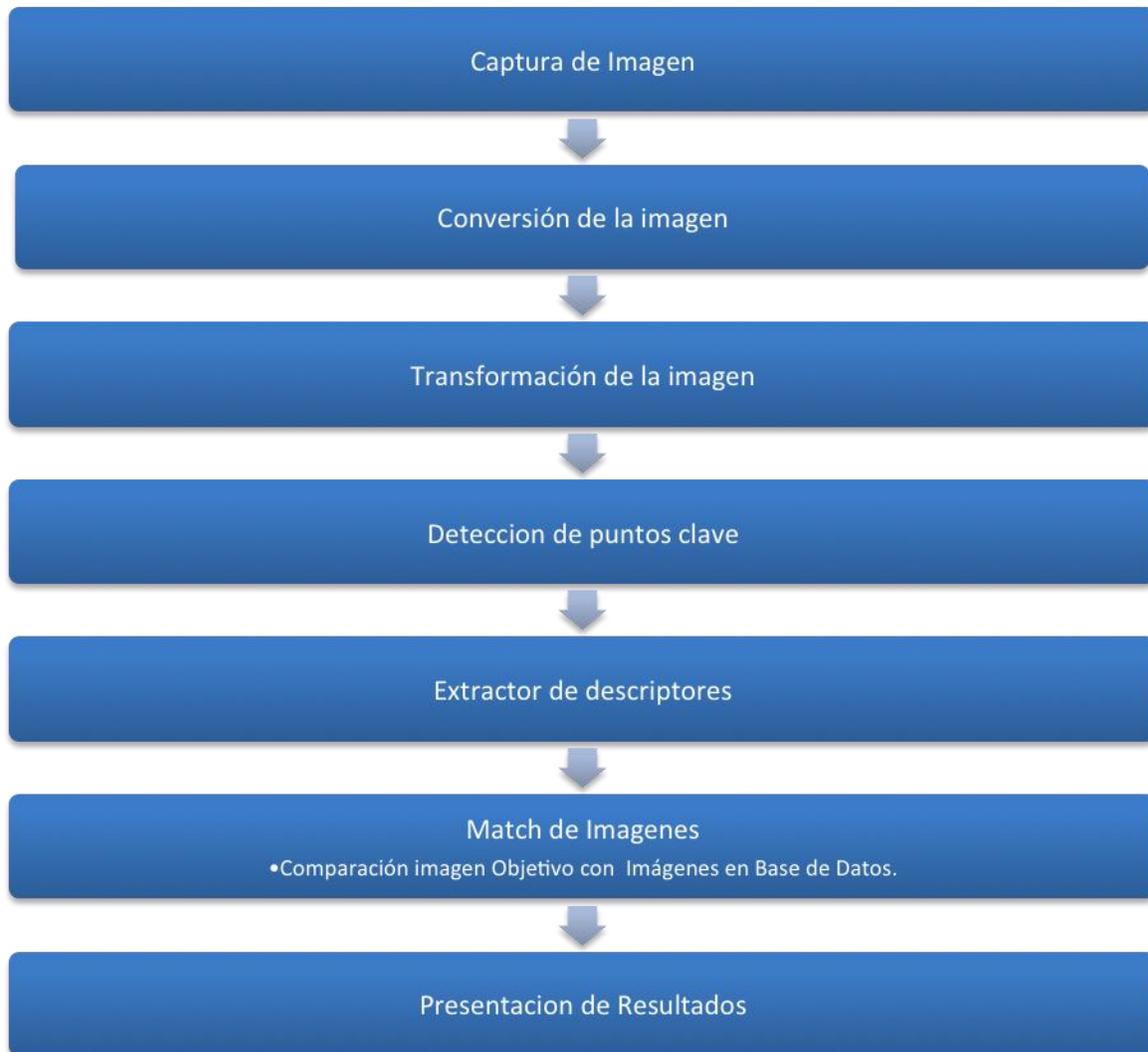


Figura 5.1: Diagrama de fases. Estructura de procesos.

5.3 Diagrama de flujo aplicación.

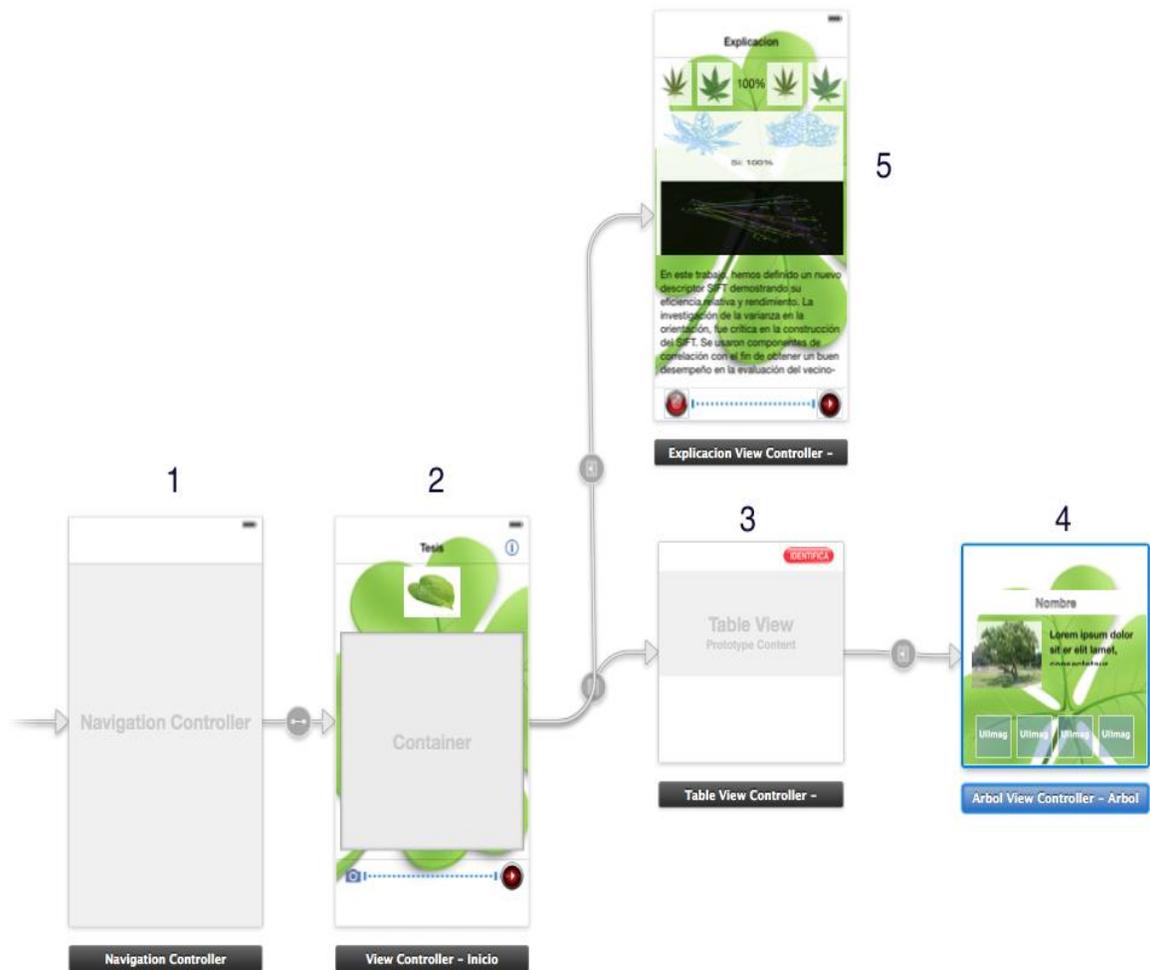


Figura 5.2: Captura de pantalla: Diagrama de flujo de la aplicación.

En la Figura 5.2 apreciamos el mapa de navegación de la aplicación que se describe a continuación:

- 1) Primero tenemos el *Navigation Controller* que controlara la base de la navegación.
- 2) *View Controller*: Interfaz visual que contiene la hoja muestra a comparar, inicializada con una imagen de la base de datos. Los botones para el llamado a la cámara representado por un icono de cámara, el botón de play representado por una imagen de una flecha roja, y un contenedor.
- 3) *Table View*: Es un la pantalla que nos mostrara los datos calculados una vez procesados y estará contenida en el *ViewController*.
- 4) *Arbol View Controler*: Tiene contenedores para imágenes y texto extraída de la base de Datos relacionadas con el *ID* de la hoja seleccionada.
- 5) *Explicación View Controler* : Tiene contenedores para imágenes, un display para mostrar las imágenes procesadas, un contenedor para mostrar el calculo de porcentaje de match de imágenes, y un segundo display donde se muestran visualmente los *keypoints* y los cálculos entre todos los puntos.

5.4 Base de Datos

Se tomaron imágenes de varias especies de plantas aleatoriamente, su información básica, nombre de la planta científico, vista frontal y la parte de atrás de la hoja, su fruto y en algunos casos el tronco de la planta todo esto de la aplicación *leafsnap*.

Las imágenes se guardaron en un formato *.jpg* que facilita el manejo de la imagen sin sacrificar la calidad de la misma, y se dieron de alta su contenido manualmente.

Procedimiento de alta en la Base de Datos:

1. Se tomaron las imágenes de la aplicación *leafsnap*, se hizo una captura de pantalla, y se obtuvo una imagen *.png*, posteriormente se le cambió el formato a *.jpg* y se les guardó con el nombre científico de la planta para identificarla (ID)
2. Se creó un archivo dentro del proyecto llamado Hojas, y se almacenaron todas las imágenes previamente capturadas y procesadas.
3. Se crearon dos archivos llamados **AMPHojas.h** Y **AMPHojas.m** donde se inicializan los campos de la base, y se hace referencia a las imágenes almacenadas, donde se les asigna un *ID* para su manejo el cual es el nombre de la planta para estandarizar la sintaxis.

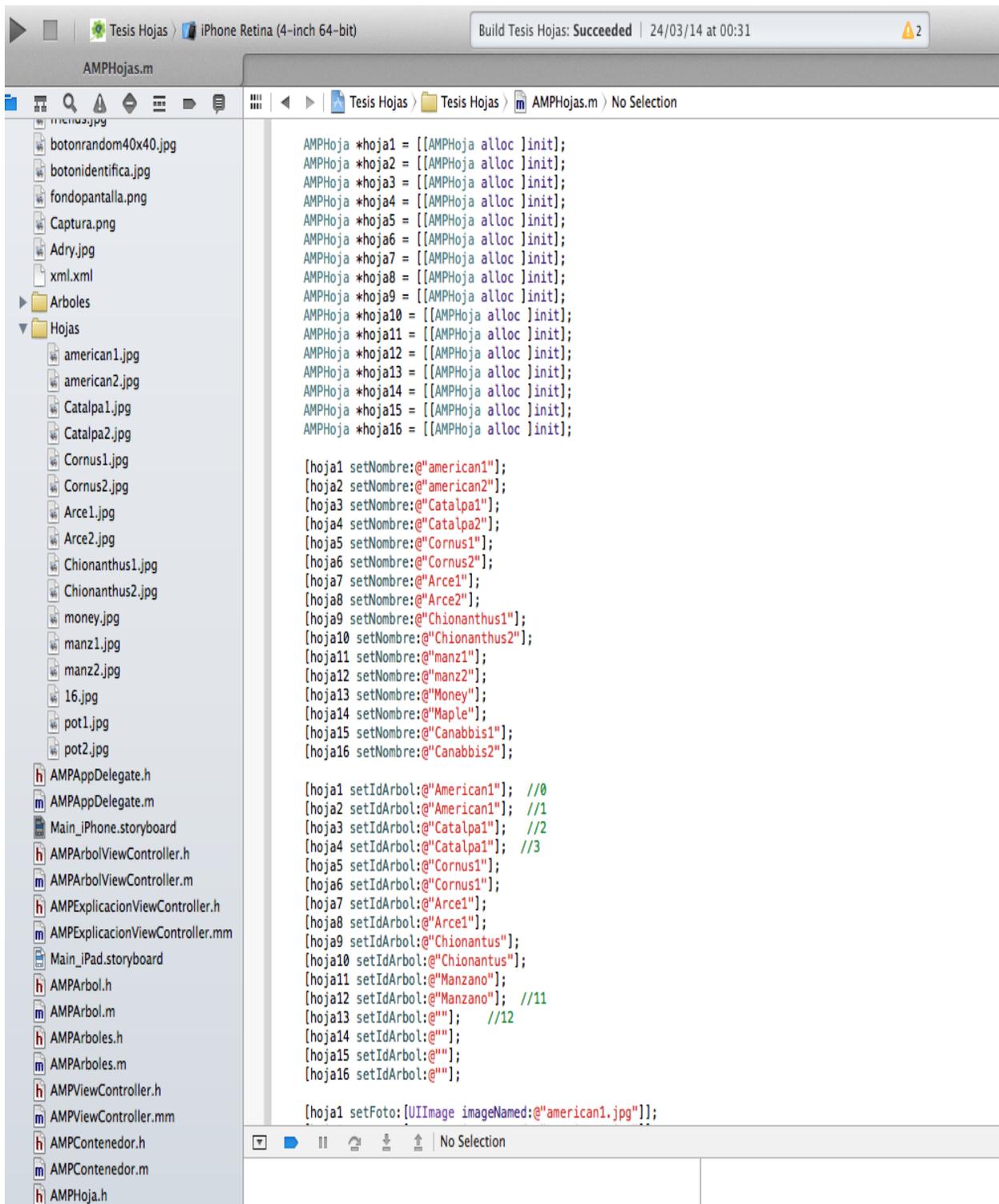


Figura 5.3: Captura de pantalla: Base de Datos. En la imagen apreciamos parte del código de la base de datos, dada de alta manualmente.

5.5 Implementación.

Utilizando una metodología basada en la revisión bibliográfica vista anteriormente y tomando como muestra una imagen capturada por el usuario o almacenada en la biblioteca del dispositivo móvil *iPhone* se da inicio al proceso de identificación.

El primer paso del proceso de identificación es convertir la imagen en su par de escala de grises

```
cv::cvtColor(m, gray, CV_RGBA2GRAY);
cv::GaussianBlur(gray, gray, cv::Size(5, 5), 1.2, 1.2);
cv::Canny(gray, gray, 0, 50);
m = cv::Scalar::all(255);
m.setTo(cv::Scalar(0, 128, 255, 255), gray);
```

Se utiliza un algoritmo **ORB** para la detección de los puntos clave.

```
cv::OrbFeatureDetector detector;
std::vector<cv::KeyPoint> keypoints_1, keypoints_2;
```

Se utiliza un algoritmo **SURF** para el calculo de los descriptores, vectores y angulos (Itseez. 2014).

```
cv::SurfDescriptorExtractor extractor;
```

Se procede a realizar el match de los descriptores con un algoritmo **FLANN** (OpenCV, <http://docs.opencv.org> 2014).

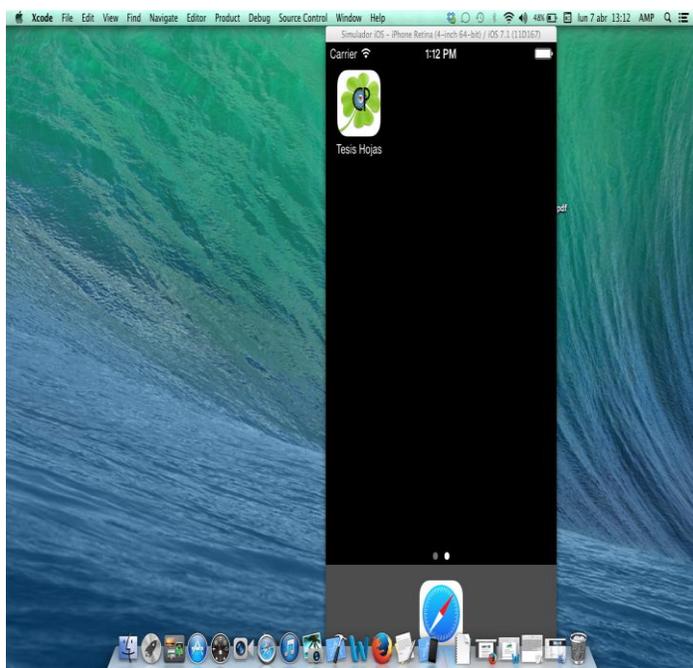
```
cv::FlannBasedMatcher matcher;
```

Utilizando la lista generada por el algoritmo FLANN, se buscan los puntos que coinciden con un mínimo y un máximo de radio sobre cada punto.

```
for( int i = 0; i < descriptors_1.rows; i++ )
{
    if( matches[i].distance <= fmax(2*min_dist, 0.02) )
    {
        good_matches.push_back( matches[i]);
    }
}
```

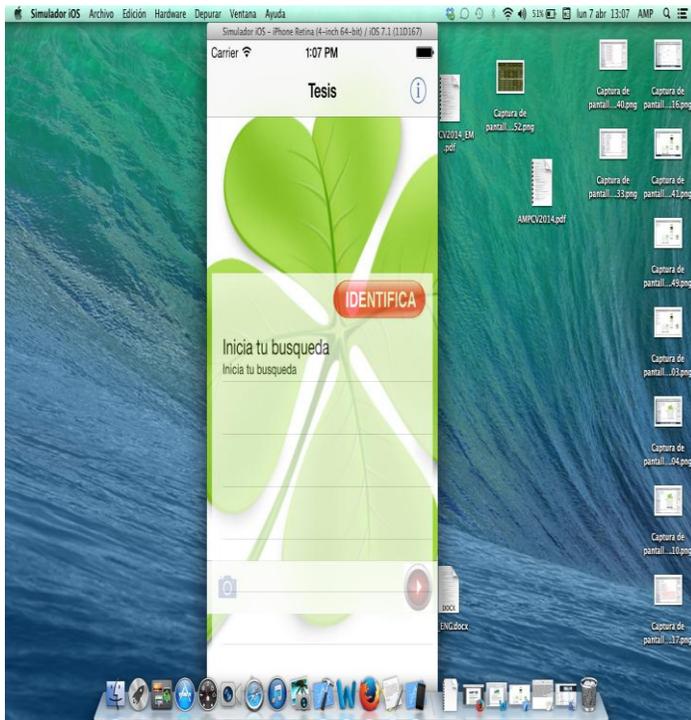
5.6 Emulación del sistema.

Se emula la aplicación en la computadora utilizando la IDE Xcode, en tiempo real donde simula la operación previo a las pruebas finales en el dispositivo móvil.



En la imagen se puede apreciar el icono de la app personalizado con el logo del colegio.

Figura 5.4: Captura de pantalla: Carga la aplicación en el emulador de iPhone.



En la imagen apreciamos la interfaz que ve el usuario una vez que selecciona la app en el dispositivo móvil- *Smartphone iPhone*.

Figura 5.5: Captura de pantalla: Carga completa de la app lista para utilizarla.

5.7 Interfaz

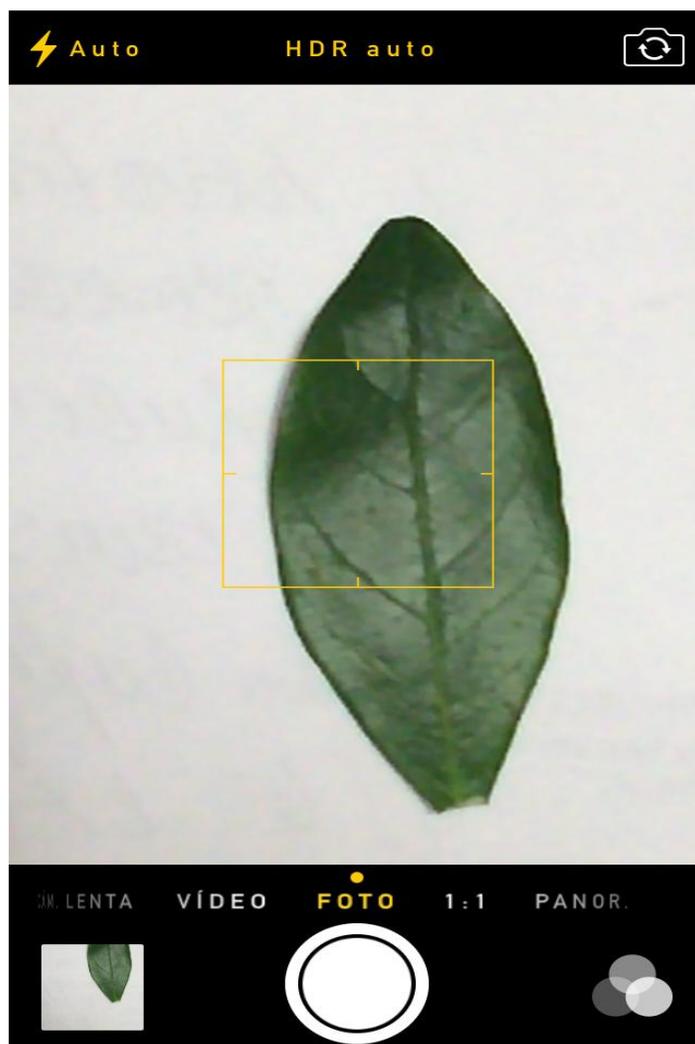


Figura 5.6: Captura de pantalla: Objeto hoja. Imagen de entrada.

En la imagen apreciamos la captura de la hoja con la cámara del *iPhone* en una superficie lisa de color uniforme.



Figura 5.7: Captura de pantalla: Activación proceso identifica.

Una vez que se tiene la imagen muestra, ya sea mediante captura del celular o selección de la imagen ubicada en su galería, el usuario inicia el proceso de transformación y comparación de la hoja.

Se selecciona botón rojo del lado derecho en la parte inferior de la interfaz, que se oscurece mientras esta procesando la información contenida y recién ingresada.



Figura 5.8: Captura de pantalla: Muestra de Resultados.

Cuando el botón de **play** regresa a su estado original, presionamos el botón **identifica** que nos muestra los resultados de la búsqueda en relación al objeto capturado.

El resultado se muestra como una lista de tipos de plantas, con su nombre y un porcentaje, que señala que tanto coincidieron la imagen capturada con las almacenadas dentro de la base de datos.

Haya Americana



Figura 5.9: Captura de pantalla: Elección de un tipo.

Una vez seleccionado un tipo de planta del listado, se despliega la imagen de la hoja con su nombre común y científico, acompañado de 4 imágenes que muestran fruto de la planta, vista de frente, trasera y la corteza del árbol.



Figura 5.10: Captura de pantalla: Comportamiento de la Aplicación.

En esta sección se muestra el análisis completo del comportamiento del algoritmo de reconocimiento.

Primera sección: ubicada en la parte superior, se muestra una hilera de imágenes de hojas de la base de datos, en medio se muestra un numero que será el porcentaje de match en ambas imágenes.

Segunda sección: Se realiza el “Trazado” donde se delinea la imagen.

Tercera sección: Se muestra *Key Points*, detectors y match.



Figura 5.11: Captura de pantalla: Ejemplo de match.

Se tomaron dos imágenes aleatorias de la base de datos, se ejecuto el algoritmo y se muestra a detalle su comportamiento.

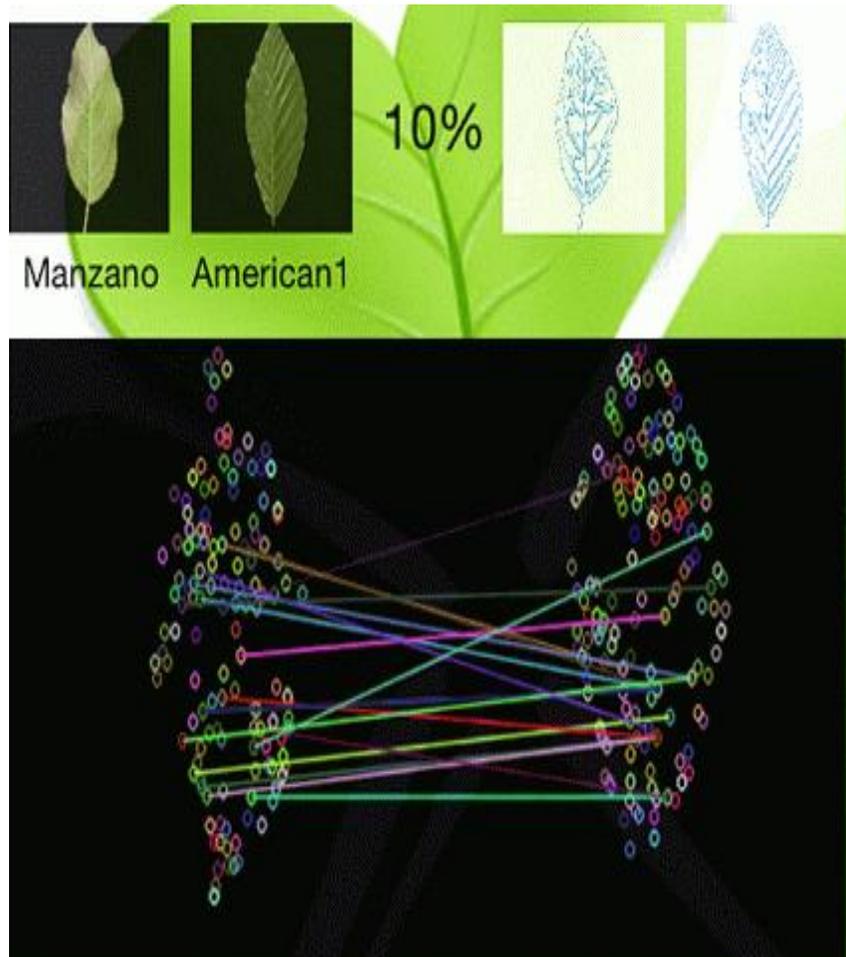


Figura 5.12: Captura de pantalla: Comparación hoja de Manzano vs American.

Se compara una hoja de manzano con una de American, dos especies que a simple vista parece que comparten una forma muy similar sin embargo, el trazo ya muestra claramente una diferencia en sus líneas y contorno siendo los *Key Points* los que nos confirman la relación mínima una vez que los descriptores nos dan el calculo final.

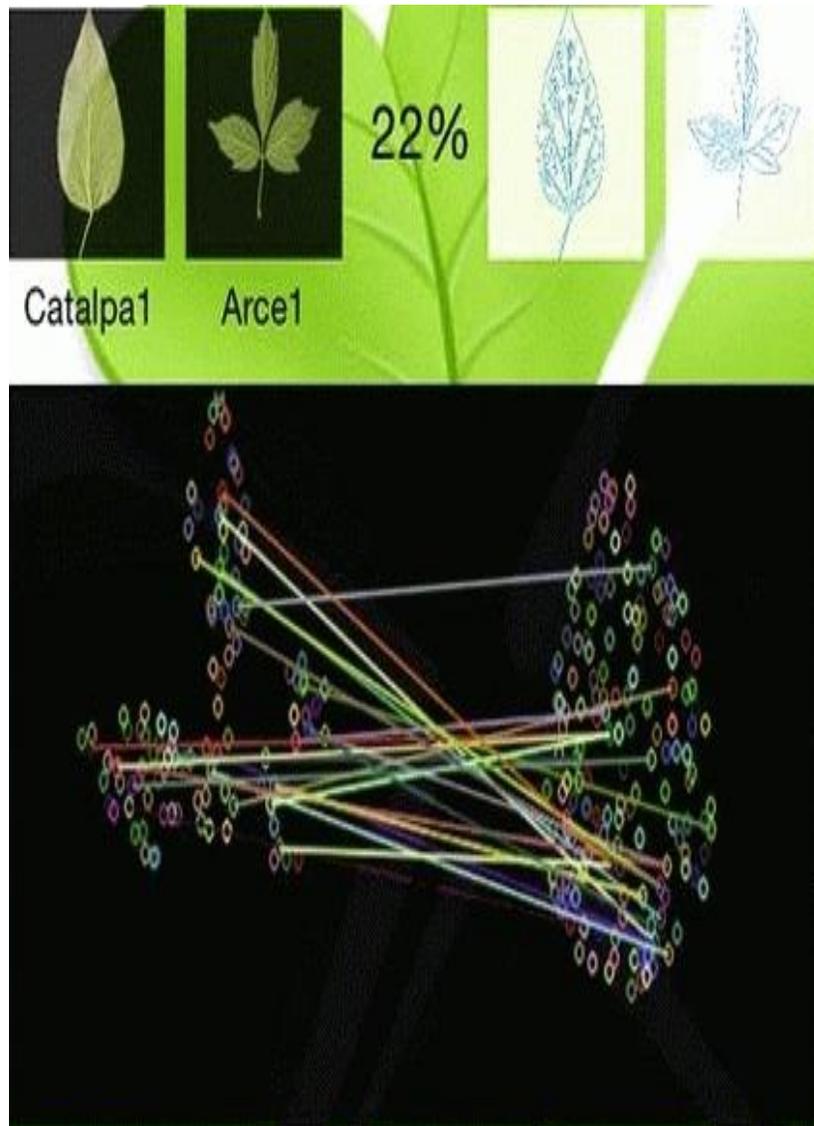


Figura 5.13: Captura de pantalla: Match 22%.

Nuevamente Comparamos una hoja de Catalpa con una de Arce, donde sin importar si nuestra hoja es simple o compuesta el algoritmo buscara todas los puntos que contengan la información mas parecida al *Key Point* en turno hasta finalizar todas las comparaciones de todos los *Key Point* existentes en el segundo objeto.

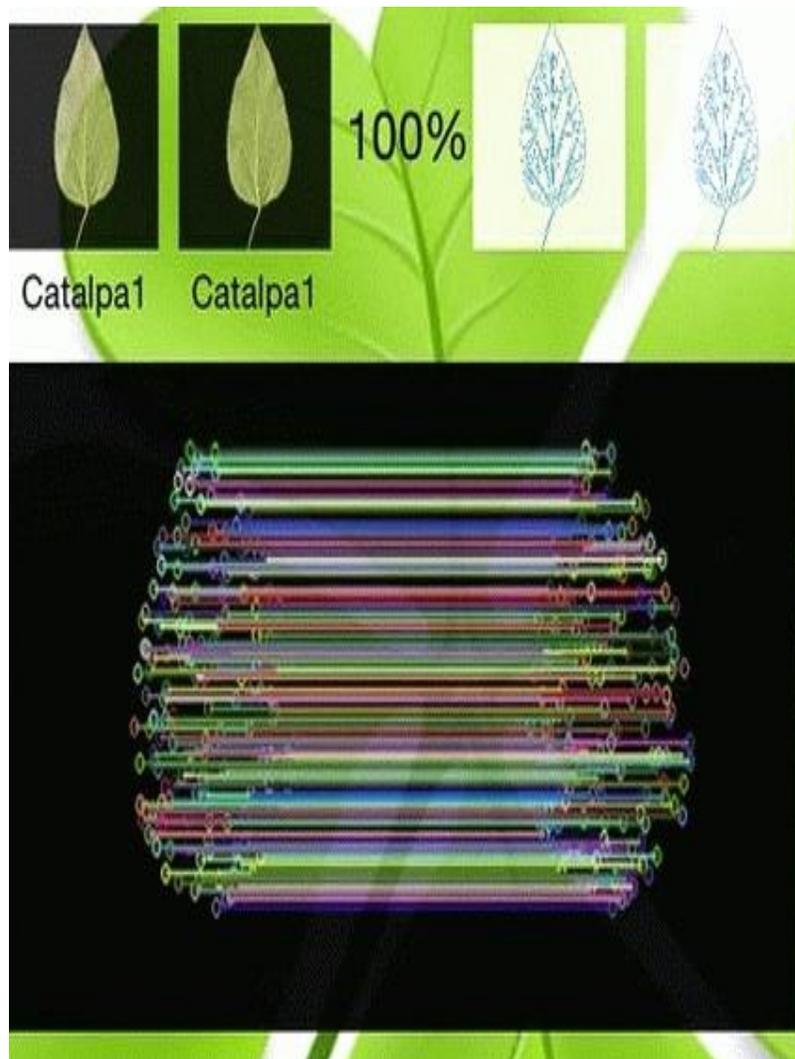


Figura 5.14: Captura de pantalla: Match 100%.

En la figura 5.10 se muestra claramente cuando el objeto es comparado con el mismo. Los *Key Points* tienen almacenada la misma cantidad de información y se puede apreciar la relación uno a uno.

5.8 Comparación Final.

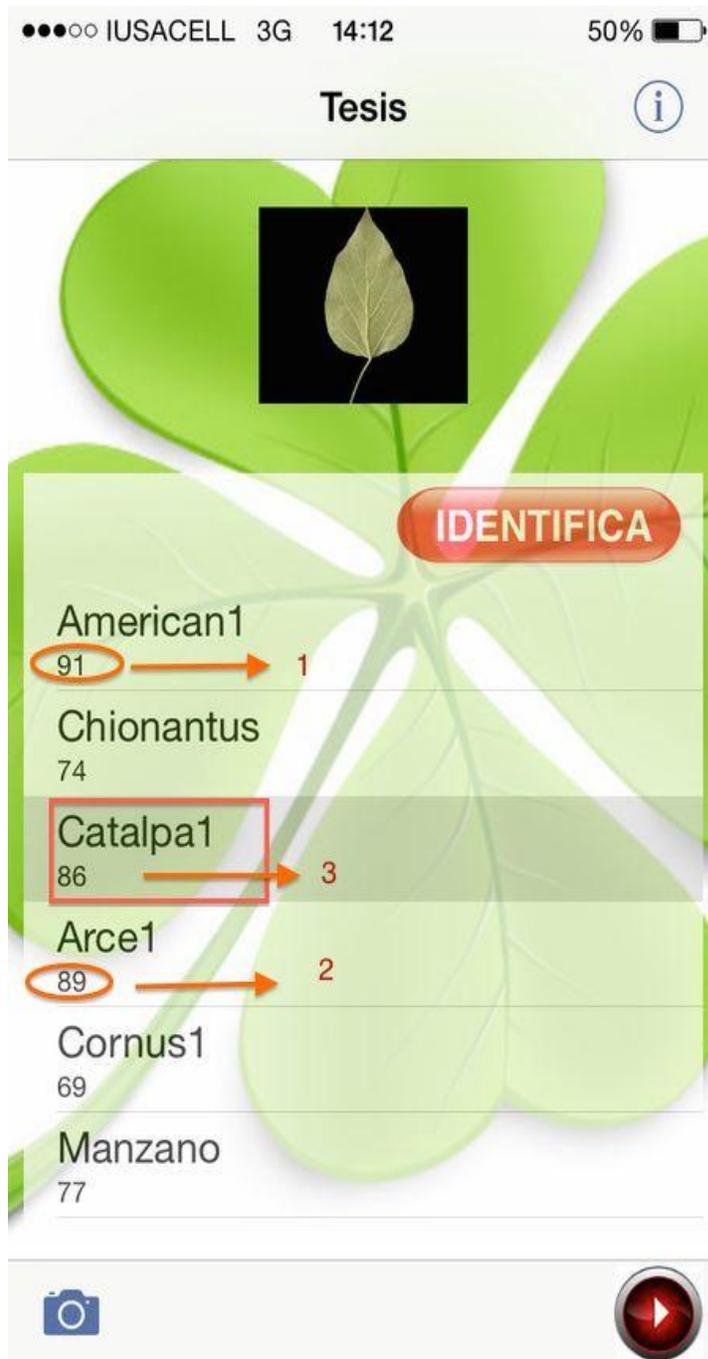


Figura 5.15: Búsqueda Tipo de hoja en Base de Datos. Catalpa.

Se selecciona la hoja a buscar.
Se hace las comparaciones internas con todas las imágenes almacenadas en la Base de Datos.
Se muestra el listado con los resultados.

En la (Figura 5.15), se utiliza la imagen de la hoja de la especie Catalpa. Esta aparece en las tres primeras opciones 5 unidades abajo del mas alto.

91 American,
89 Arce
86 Catalpa

son lo valores más altos y de ahí le sigue
77 Manzano,
74 Chionantus,
69 Cornus.

Pese a no ser nuestra primera opción podemos concentrarnos en los porcentajes mas altos y descartar las otros tipos de especies reduciendo el tiempo identificación a la mitad ya que descartamos la mitad del listado.

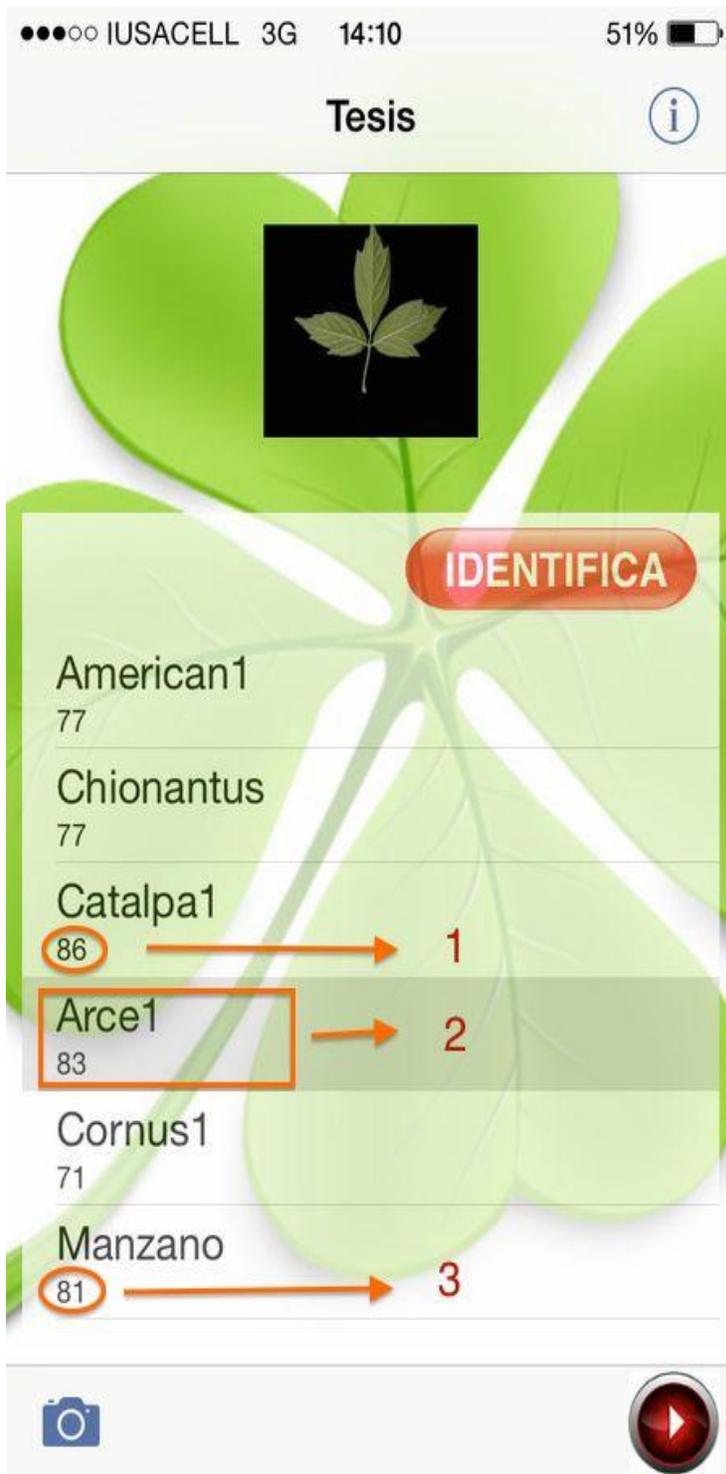


Figura 5.16: Búsqueda Tipo de hoja en Base de Datos. Arce.

En la (Figura 5.16) se utiliza la imagen de la hoja de la especie Arce.

En este caso podemos apreciar los valores calculados, de mayor a menor son:

- 86 Catalpa
- 83 Arce
- 81 Manzano

En este caso nuestra hoja objetivo aparece nuevamente entre los primeros lugares. Ocupando la segunda posición.

En nuestro listado de 6 especies, nuestro algoritmo lo ubico en la segunda posición y lo comprobamos al seleccionarlo y ver la información completa descriptiva asociada a la hoja listada.



Figura 5.17: Pantalla descriptiva de la Hoja seleccionada.

En la (Figura 5.17) se nos muestra el contenido un poco más detallado correspondiente a la hoja de arce previamente seleccionada como se muestra en la (Figura 5.16).

- Seleccionando la hoja la información que obtenemos es:
- La planta a la que pertenece.
- Su nombre científico.
- Imágenes de su hoja de la vista de frente y trasera,
- Imagen de su fruto

- Imagen de la corteza del árbol en caso de tenerlo.

5.9 Ejecución y uso de memoria.

5.9.1 Uso de CPU

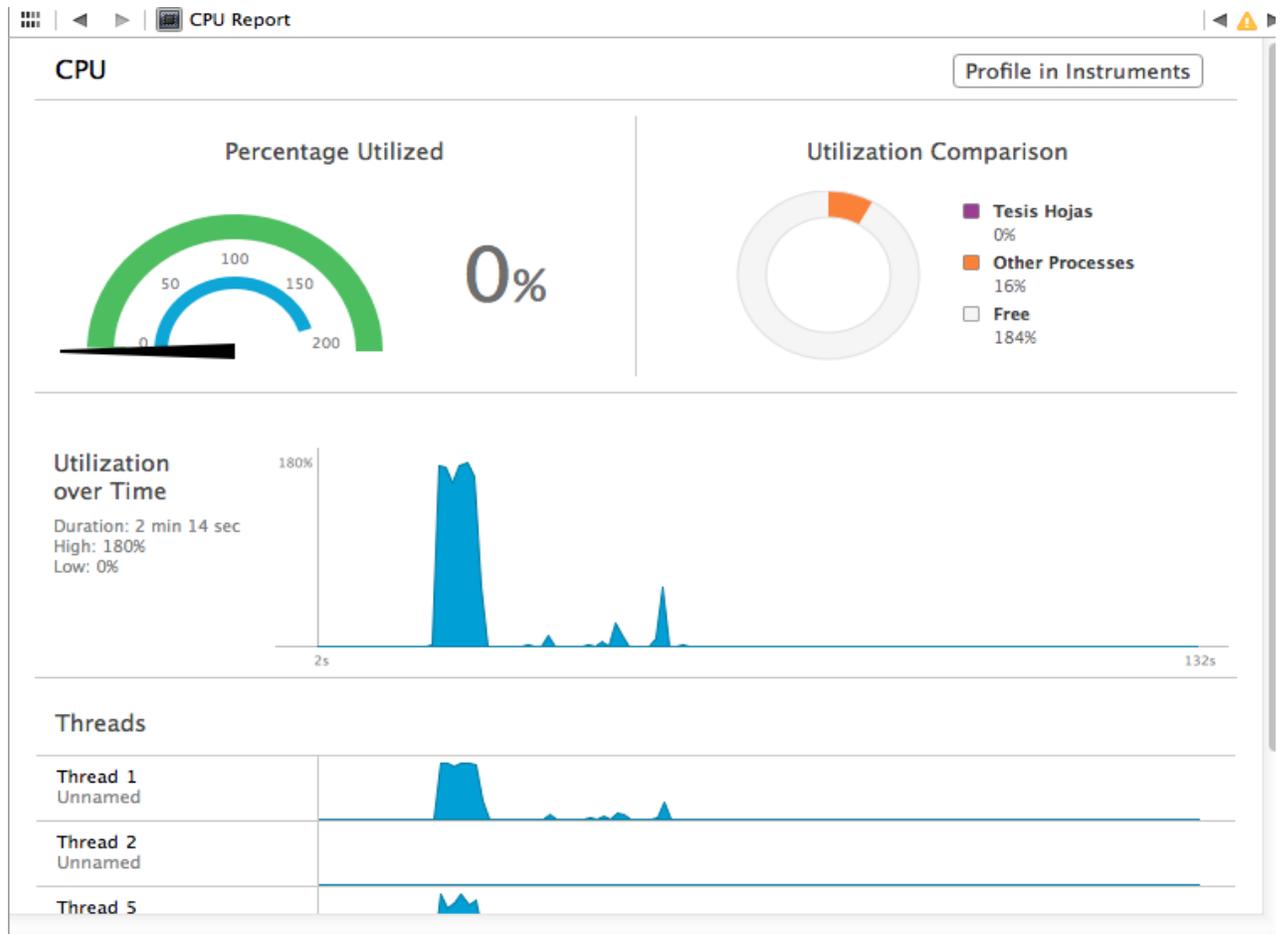


Figura 5.18: Captura de pantalla: Consumo de Nivel de Procesamiento.

El consumo a nivel procesamiento de la aplicación en terminos generales es bajo, aunque en el proceso de mayor demanda ocupo un alto porcentaje del procesador fue en un lapso corto.

5.9.2 Uso de Memoria

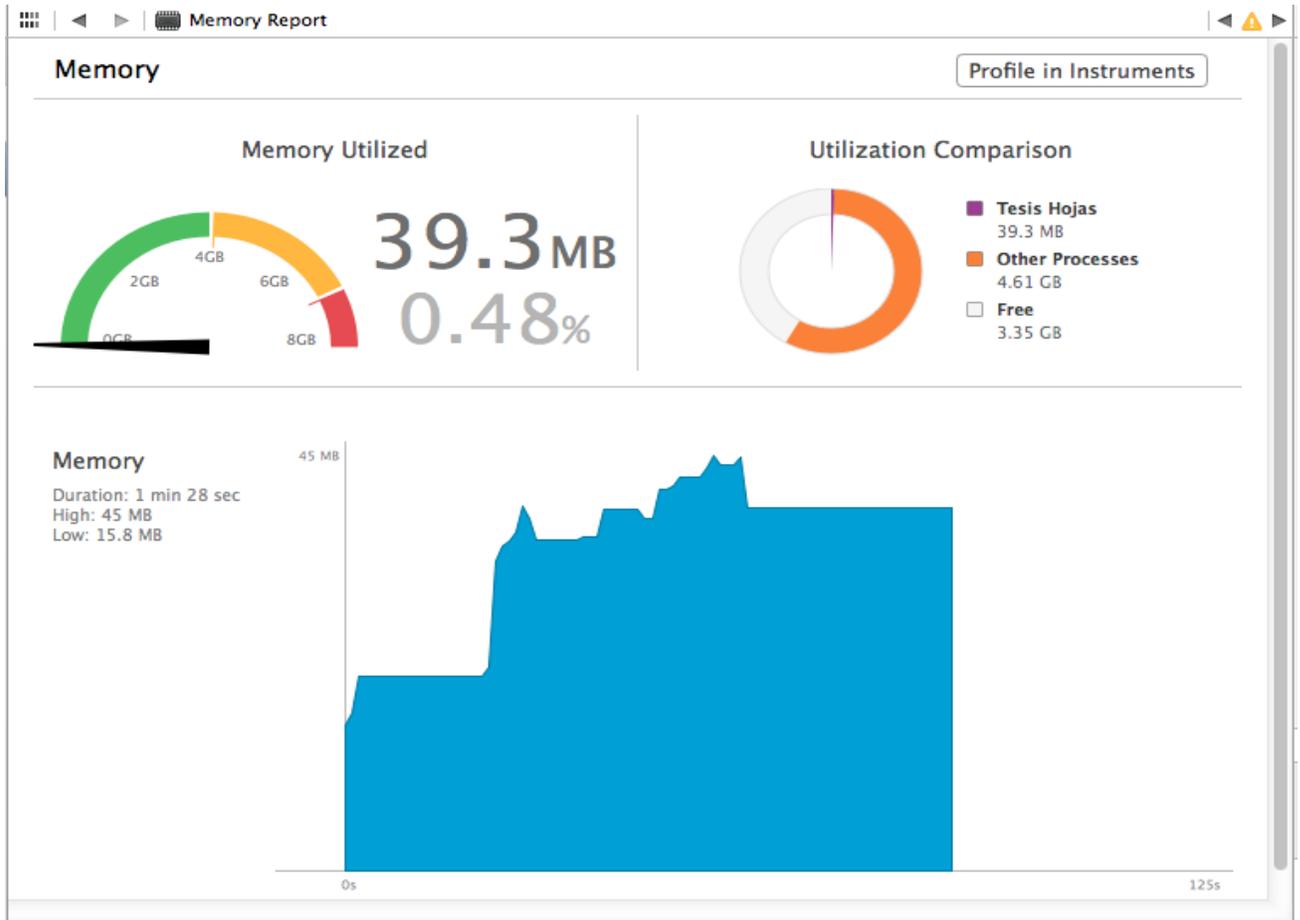


Figura 5.19: Captura de pantalla: Consumo de memoria.

El consumo de memoria mostrado por la aplicación en un inicio fue de 15.8MB con un maximo de 45MB en el proceso de mas demanda. En general la aplicación es constante manteniendose en promedio cerca de los 40MB de consumo. Siendo este consumo un equivalente al 0.48% de la memoria total disponible.

5.10 Requerimientos del Sistema.

COMPUTADORA APPLE

- Sistema operativo OS X v10.6.8 o posterior
- 2 GB de memoria
- 8 GB de espacio disponible
- XCode Version 5.1 (5B130a)

iPHONE/iPOD

- Chip A7 con arquitectura de 64 bits.
- Coprocesador de movimiento M7.
- Camara iSight :8 megapíxeles con píxeles de 1,5 μ .
- Sistema operativo iOS 7

CAPÍTULO 6: Entorno socio-económico.

La tecnología no puede constituir el fundamento de una visión educativa. Lo que importa no es que todos los alumnos tengan acceso a una computadora portátil, sino la manera en que la utilizan. La tecnología de fibra óptica no enseña a los adultos cómo ser mejores ciudadanos, pues no es un fin en sí, sino un medio entre otros muchos. El realce de la tecnología no libera a los docentes de la obligación de exponer sus principios, metas y planes. Los equipos informáticos son importantes; sin embargo, lo que cuenta son los programas. The Times, 1995 (Pérez 2002).

6.1 Discusión sobre la aplicación.



Figura 6.1: Foto del Doctor: Sergio R. Márquez Berber.

Platicando con el doctor Sergio R. Márquez Berber sobre su opinión acerca de la aplicación y su uso, nos comento:

Puede ser de gran utilidad para el usuario especializado como para el usuario común.

El Doctor trabaja actualmente con dispositivos tecnológicos como greenseeker, con el cual toma una foto que le permite analizar, identificando patrones, y mediante el uso satelital, miden el verde que se refleja con longitudes de onda, brindándoles información específica para el tratado del cultivo. Recalco que resulta costoso y que el tiene acceso a estos dispositivos gracias al fondo que invierte la Universidad Autónoma de Chapingo en investigación.

Que se invierte tanto en dispositivos electrónicos como software especializado. Al plantearle la propuesta de una aplicación de reconocimiento de imágenes, considero bastante útil y necesaria. Que existiera un desarrollo interno, ya que todo lo que se compra viene de otros países. Y con el algoritmo adecuado se puede reconocer plantas tan solo con sus hojas a un nivel bastante practico no solo para especialista si no para personas interesadas en botánica o alumnos que inician sus bases en el estudio de plantas.

Doctor Sergio Roberto Márquez Berber. Profesor Investigador del departamento de Enotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Consulta personal.

6.2 Encuestas.

Se realizo una encuesta a un grupo de estudiantes, cuya edad oscila entre 12 y 18 años de edad, de la escuela Secundaria y Preparatoria Instituto Hidalgo ubicada en la localidad de Texcoco, Estado de México, con permiso de las autoridades del colegio para realizar la encuesta.

Se eligió este grupo en particular para asegurarnos que todos sean estudiantes y para medir que tanto tienen acceso a la tecnología los jóvenes. La muestra contiene 60 estudiantes de preparatoria y 40 de secundaria.

6.3 Análisis de Resultados.

La información se obtuvo en una encuesta en forma de cuestionario, que contempla variables de tecnología: su uso, accesibilidad a los teléfonos inteligentes (**smartphones**), descarga de aplicaciones, así como preguntas de carácter educativo y social, formulado con base a los objetivos e hipótesis planteadas en el estudio.

Cuadro 6.1: Uso la aplicación para reconocer plantas tipo de objeto tomando una foto de la hoja de la planta.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

	Si	No	Total
Alumnos	80	20	100
Porcentaje	80%	20%	100%

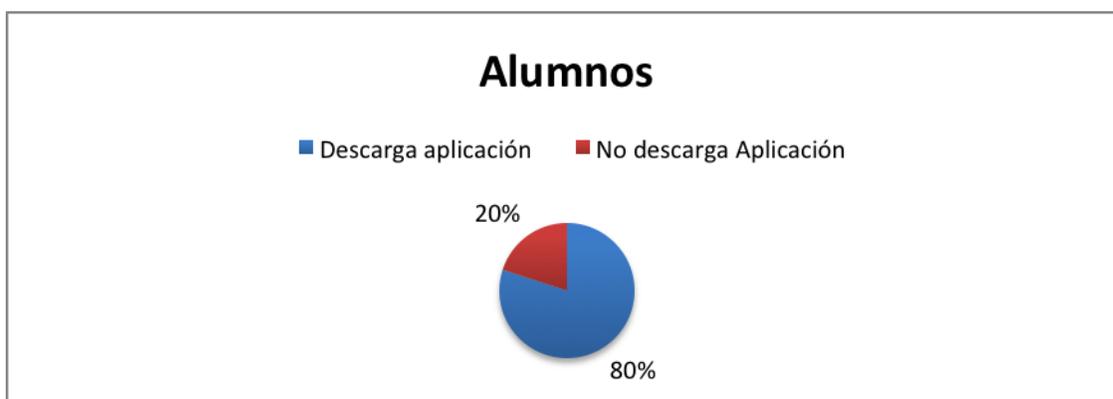


Figura 6.2: Alumnos que descargarían una aplicación para reconocimiento de plantas tomando una foto de su hoja.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

Se dividieron las muestras para comprender el comportamiento de nuestro usuario a partir de la preferencia del uso de la aplicación. Por ello se analizó cuántos de los usuarios que no descargarían la aplicación conocen, usan o han usado el dispositivo iPhone, cuántos no lo usan, y cuántos no están interesados en ningún Smartphone.

Cuadro 6.2: Preferencia del teléfono inteligente *iPhone* en la muestra.

Uso	iPhone	Porcentaje	Otro Smartphone	Porcentaje	Ninguno	Porcentaje	Total
No app	10	50	9	45	1	5	20
Si app	39	48.75	39	48.75	2	2.5	80
Total	49	49	48	48	3	3	100

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

De acuerdo con el cuadro 6.2 los individuos entrevistados, el 49% de los alumnos han usado o usan *iPhone*, 48 % tiene preferencia por otros *Smartphone* y 3 no esta interesado en los teléfonos inteligentes (*smartphones*).

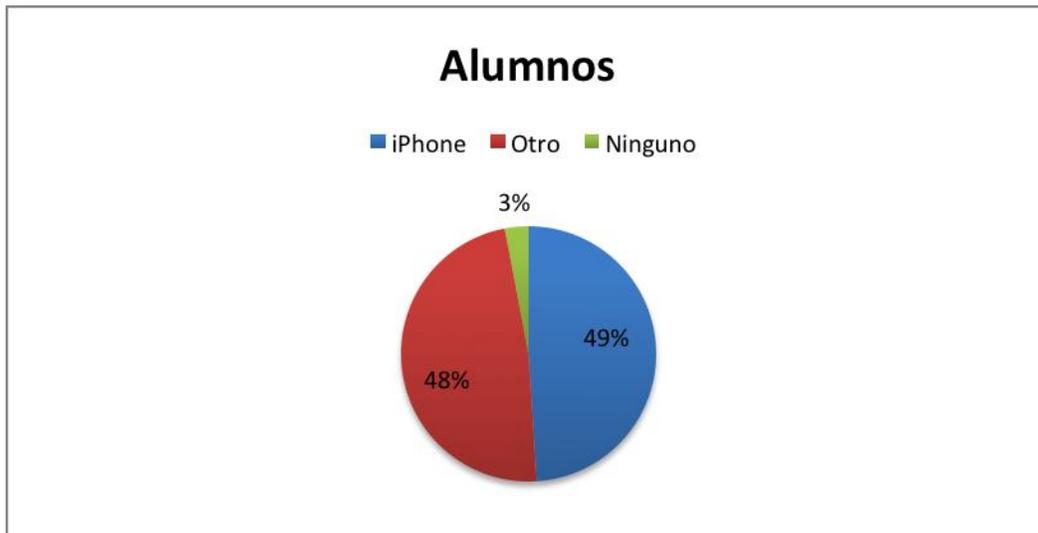


Figura 6.3: Preferencia de uso en *Smartphones* con respecto al *iPhone*.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

En la (Figura 6.3) podemos ver los alumnos con potencial para descargar la aplicación 48.75% conocen o usan *iPhone*, 48.75 % tiene preferencia por otros *Smartphone* y 2.5 no usan ningún *Smartphone*.

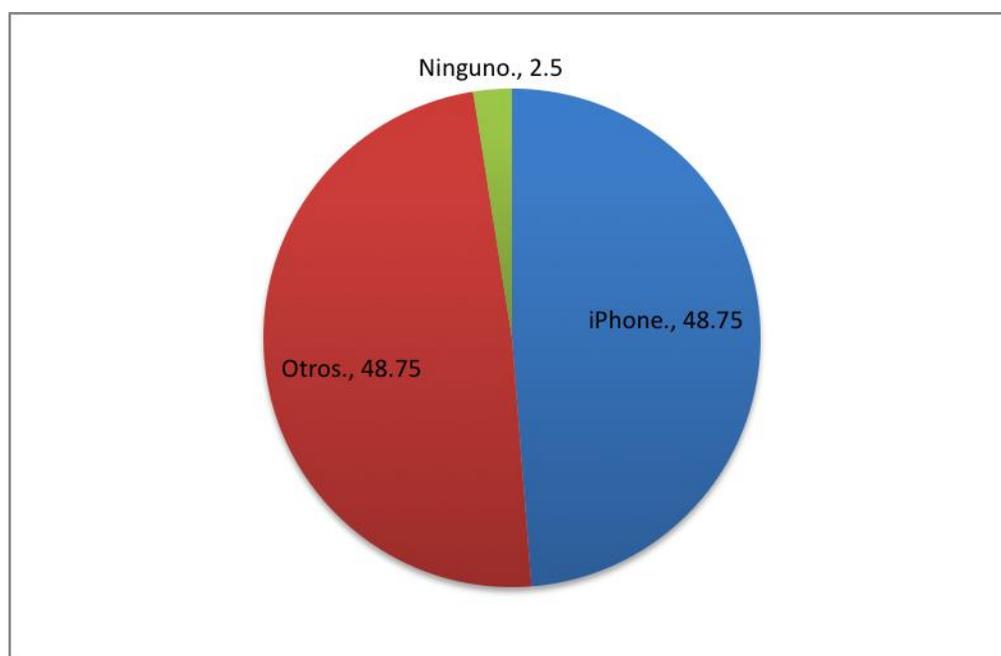


Figura 6.4: Preferencia de uso en teléfonos inteligentes (*smartphones*) con respecto al *iPhone* en alumnos con potencial de descarga de la aplicación de reconocimiento de hojas.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

Cuadro 6.3: Alumnos que descargan aplicaciones a teléfonos inteligentes.

	NO	SI	Total
No app	2	18	20
Si app	2	78	80
Total	4	96	100

De acuerdo con el (Cuadro 6.3) los individuos entrevistados, el 4 de los alumnos no descargan aplicaciones, y 96% si descargan aplicaciones a su teléfono inteligente (*Smartphone*).



Figura 6.5: Alumnos que descargan aplicaciones a teléfonos inteligentes.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

**Alumnos que descargan aplicaciones en
teléfonos inteligentes (smartphones) en
Interesados en la aplicación de identificación de
objetos "hojas".**

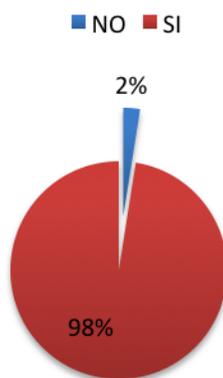


Figura 6.6: Alumnos que descargan aplicaciones en teléfonos inteligentes (*Smartphones*). Interesados en la aplicación de identificación de objetos "hojas".

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

De acuerdo con la (Figura 6.6), de los alumnos con potencial para descargar la aplicación 62% si descargan aplicaciones a su teléfono inteligente.

Alumnos que descargan aplicaciones en teléfonos inteligentes (smartphones) en NO Interesados en la aplicación de identificación de objetos "hojas".

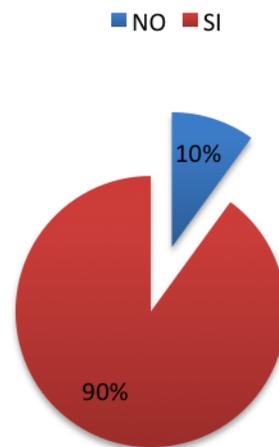


Figura 6.7: Alumnos que descargan aplicaciones en teléfonos inteligentes. No interesados en la aplicación de identificación de objetos "hojas".

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

De acuerdo con la (Figura 6.7), los alumnos que no están interesados en la aplicación descargan aplicaciones en un 90%.

Cuadro 6.4: Alumnos que consideran útil los teléfonos inteligentes para tareas escolares.

	NO	SI	Total
No app	2	18	20
Si app	11	69	80
Total	13	87	100

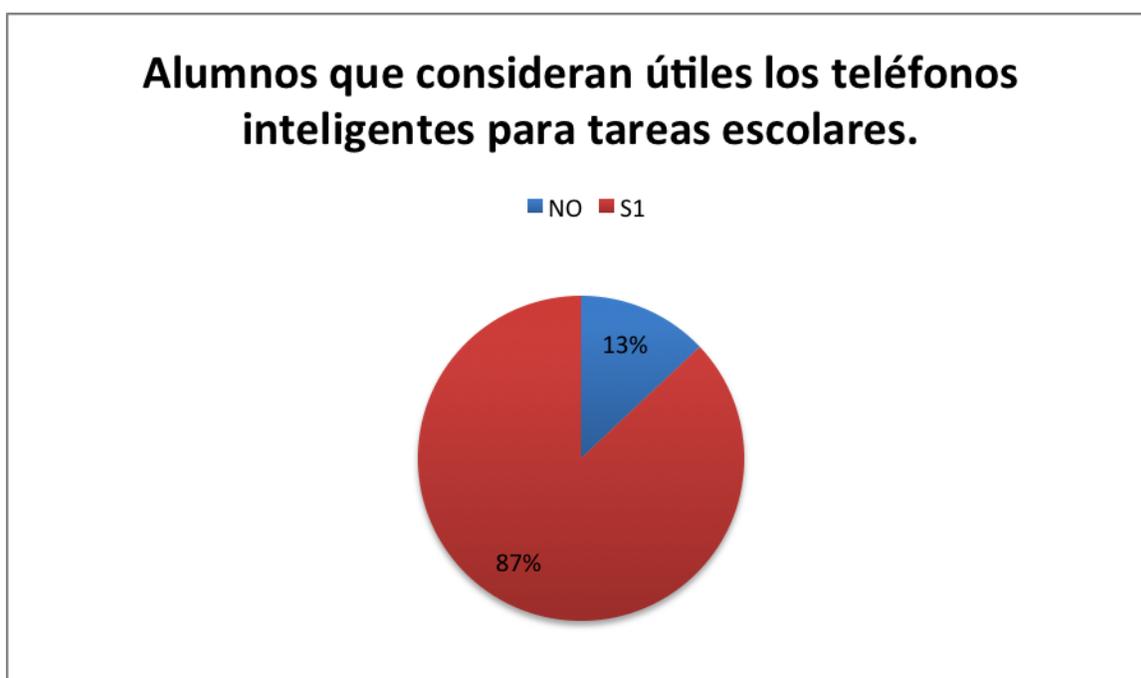


Figura 6.8: Alumnos que consideran útiles los teléfonos inteligentes para tareas escolares.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

En la (Figura 6.8), vemos que 87% de los entrevistados considera útil el uso de teléfonos inteligentes para tareas escolares.

Alumnos que consideran útiles los teléfonos inteligentes para tareas escolares en interesados en la aplicación de identificación de objetos "hojas".

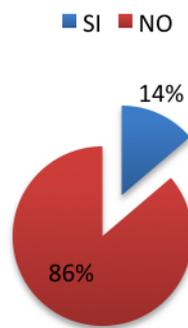


Figura 6.9: Utilidad de teléfonos inteligentes en interesados en la aplicación.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

En la (Figura 6.9), el 86% de los entrevistados de los alumnos con potencial de interés en la aplicación de identificación de objetos “hojas”, considero útil el uso de los teléfonos inteligentes para tareas escolares.

Alumnos que consideran útiles los teléfonos inteligentes para tareas escolares en NO interesados en la aplicación de identificación de objetos "hojas".

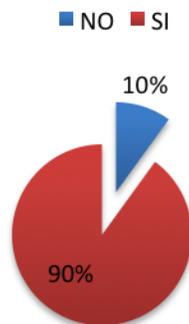


Figura 6.10: Utilidad de teléfonos inteligentes en no interesados en la aplicación.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

En la (Figura 6.10), de los no interesados en la aplicación de identificación de objetos “hojas”, fue bastante alta, ya que, un 90% si le ve utilidad a los teléfonos inteligentes para las tareas escolares.

Cuadro 6.5: Cuantos alumnos han usado alguna aplicación como ayuda para tareas escolares.

	NO	SI	Total
No app	11	9	20
Si app	32	48	80
Total	43	57	100

De acuerdo con el (Cuadro 6.5) casi un 57% de los entrevistados a usado una aplicación como ayuda para tareas escolares. Aunque no es un gran diferencia entre quienes no lo usan, si es la mayoría en el alumnado.

Uso de aplicaciones para tareas escolares.

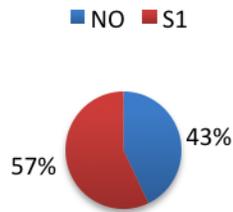


Figura 6.11: Uso de aplicaciones para tareas escolares.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

En la (Figura 6.8), podemos ver que los alumnos en un 87% del total de los alumnos consideran que las aplicaciones son útiles para tareas escolares y en la (Figura 6.11) vemos que el 57% ya las usa como herramienta de apoyo.

Uso de aplicaciones para tareas escolares en alumnos interesados en la aplicación de identificación de objetos "hojas".



Figura 6.12: Uso de aplicaciones para tareas escolares. Alumnos con potencial.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

En la (Figura 6.12), podemos apreciar que el 60% los alumnos que están interesados en nuestra aplicación, actualmente se apoyan de aplicaciones para sus tareas escolares.



Figura 6.13: Uso de aplicaciones para tareas escolares. Alumnos no interesados en al aplicación de reconocimiento de objetos “hojas”.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

Pese a su no interés en la aplicación, el grupo de alumnos muestra que un 55% actualmente usa aplicaciones para apoyo de sus tareas.

Cuadro 6.6: Preferencia por una aplicación que identificara cualquier tipo de objeto a partir de una foto.

	NO	SI	Total
No app	5	15	20
Si app	4	76	80
Total	9	91	100



Figura 6.14: Preferencia aplicación que identifique cualquier tipo de objetos.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

En la (Figura 6.14), vemos que el 91% de los alumnos le interesa identificar cualquier tipo de objeto de su interés.

Prefencia por una aplicación que identifique cualquier objeto a partir de una foto en alumnos interesados en la aplicación de identificación de objetos "hojas".

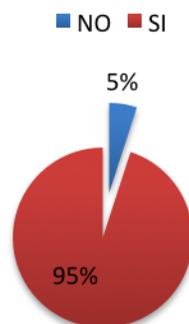


Figura 6.15: Preferencia aplicación que identifique cualquier tipo de objetos. En alumnos con potencial de descarga de la aplicación de identificación de objetos.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

De acuerdo con la (Figura 6.15). De los que mostraron interés por la identificación de hojas, sigue la tendencia a la preferencia de identificación de cualquier objeto con un 95% de aceptación.

Prefencia por una aplicación que identifique cualquier objeto a partir de una foto en alumnos NO interesados en la aplicación de identificación de objetos "h

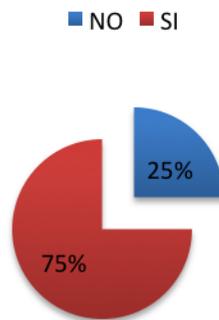


Figura 6.16: Preferencia aplicación que identifique cualquier tipo de objetos. En alumnos sin interés de descarga de la aplicación de identificación de objetos.

Fuente: Elaboración con datos de la encuesta, 2014.

En la (Figura 6.16), se muestra que aunque no hubo preferencia por la aplicación de reconocimiento de hojas, un 75% de este grupo si le gustaría identificar otro tipo de objeto de su interés.

6.4 Resumen.

Con base a los resultados de los entrevistados se concluye que (80%) afirmo que estaría interesado la aplicación de reconocimiento de objetos “hojas”, declararon también conocer o usar el teléfono iPhone (49%).

Los alumnos realizan sus tareas con apoyo de aplicaciones (57%) y desean identificar cualquier tipo de objeto a partir de una foto (91%).

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

7.1 Conclusiones.

Se concluyo el desarrollo la aplicación (*app*) para el sistema Operativo *iOS* de los teléfonos móviles *iPhone*.

Se logro la comparación de las imágenes básica pero consistente, donde se manipula la imagen en tiempo real en el dispositivo móvil y a su vez, se realiza cálculos (Porcentajes) con las imágenes previamente almacenadas.

Se utiliza de forma eficiente el hardware del dispositivo y nos muestra los resultados de las comparaciones en un tiempo aceptable.

Es por ello, que se le considera una herramienta útil para el reconocimiento de tipos de plantas a partir de comparaciones de imágenes de hojas digitalizadas; dando como resultado el porcentaje de coincidencia en los puntos clave calculados, sumado a una descripción breve que completa la información básica de la hoja y su procedencia.

Se comprobó el interés de un grupo de estudiantes en la aplicación y de especialistas, que ven potencial en la aplicación como herramienta de ayuda.

7.2 Ventajas.

Algoritmos más eficientes, rápidos que no desperdician los recursos limitados por los dispositivos móviles.

Portabilidad de la información.

Disponibilidad en tiempo real.

Procesamiento local.

7.3 Recomendaciones.

Dar de alta más secciones : Una sección que le permita al usuario tomar la foto y guardar su propia información relacionada a la hoja para robustecer la Base de Datos.

Una conexión opcional a Internet: En caso de querer ahondar en la información que se busca con respecto a la especie comparada.

Una base de datos mas extensa, que tenga guardada la información de los puntos clave (*keypoints*) almacenada en texto para evitar realizar las transformaciones de las imágenes comparadas, reduciendo todavia más el tiempo de respuesta.

Un trabajo a la par con especialistas de botanica con programadores y analistas, para tener una visión más completa del usuario a quien estaria enfocada la aplicación a la par de la parte tecnica para ir aterrizando en un plano realista y hacer un desarrollo mas robusto que pueda ser de gran utilidad tanto para especialistas como para usuarios amateurs en el tema.

BIBLIOGRAFIA

Chaki, Jyotismita, y Parekh Ranjan, 2011. Plant Leaf Recognition using Shape based Features and Neural Network classifiers . (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2 , n° 10 (2011).

Peter N. Belhumeur, 2009. <http://www.cs.columbia.edu/~belhumeur/> (Fecha de consulta: 30 de Octubre de 2013). Columbia University Department of Computer Science.

Columbia University, University of Maryland, Smithsonian Institution, 2011. Leafsnap. 2011. <http://leafsnap.com> (Fecha de consulta: 30 de Octubre de 2013).

Columbia University, University of Maryland, Smithsonian Institution, 2011. Leafsnap: An Electronic Field Guide. <http://leafsnap.com> (Fecha de consulta: 14 de marzo de 2014).

Llorente-Bousquets, j., y S. Ocegueda, 2008. Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México. Vol. 1. Mexico: Conabio, 2008.

Field Museum, la Universidad de Harvard, el Laboratorio de Biología Marina, el Jardín Botánico de Missouri y la Smithsonian Institution, 2014. *eol*. 15 de Marzo de 2014. <http://eol.org>.

Alegre Gutierrez, Enrique, Lidia Sánchez González, Ramon A. Fernández Díaz, y Juan C. Mostaza Antolín, 2003. Procesamiento Digital de imagen: Fundamentos y practicas en Matlab. Editado por Universidad de León.

Ab Jabal , Mohamad Faizal, Suhardi Hamid , Salehuddin Shuib, y Illiasaak Ahmad, 2013 .LEAF FEATURES EXTRACTION AND RECOGNITION

APPROACHES TO CLASSIFY PLANT. Journal of Computer Science (Journal of Computer Science) 9, n° 10 (2013): 295-1304.

Bay, Herbert, Tinne Tuytelaars , Luc Van Gool, 2006. Speeded-Up Robust Features (SURF). Katholieke Universiteit Leuven. ftp://ftp.vision.ee.ethz.ch/publications/articles/eth_biwi_00517.pdf.

Belhumeur, Peter N. Peter N. Belhumeur, 2009. <http://www.cs.columbia.edu/~belhumeur/> (Fecha de consulta: 15 de Marzo de 2014).

Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew, 2014. Royal Botanic Gardens, Kew. Fecha de consulta: 15 de Marzo de 2014. <http://www.kew.org>.

Du , Ji-Xiang , Xiao-Feng Wang , y Guo-Jun Zhang, 2007 . Leaf shape based plant species recognition. Applied Mathematics and Computation.: 883–893.

FLANN, Open Cv , 2014. Team. Feature Matching with FLANN. Marzo de 2011-2014. docs.opencv.org/doc/tutorials/features2d/feature_flann_matcher/feature_flann_matcher.html (último acceso: 17 de Marzo de 2014).

Field Museum, Harvard University, MacArthur Foundation, Marine Biological Laboratory, Missouri Botanical Garden, Sloan Foundation, Smithsonian Institution, 2013 . EOL. 1 de Agosto de 2011. <http://eol.org> (último acceso: 30 de Octubre de 2013).

FORBES, 2013. <http://www.forbes.com.mx/sites/cual-es-el-mejor-smartphone-de-2013/> (Fecha de consulta: 2014 de Marzo de 23).

Gov, Nasa, 2011. X-Ray Mission Science. 22 de Marzo de 2011. http://missionscience.nasa.gov/ems/11_xrays.html (Fecha de consulta :15 de Marzo de 2014).

Hortas, Marcos Ortega, 2014. Procesado de Imagen para Reconocimiento de Huellas Digitales. www.varpa.es.

Inc., Apple, 2014. *Apple - iPad - Air*. 2014. <http://www.apple.com/ipad-air/features/> (Fecha de consulta :: 15 de Marzo de 2014).

Inc., Google, 2012. 20 de Diciembre de 2012. <http://www.google.com/intl/es-419/policies/technologies/pattern-recognition/> (Fecha de consulta :: 30 de Octubre de 2013).

Inc., Google, 2012. Google Play. 22 de Noviembre de 2012. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.unveil&hl=en> (Fecha de consulta : 30 de Octubre de 2013).

Smithsonian Institution National Museum of Natural History, 2014. Fecha de consulta: 14 de Marzo de 2014. www.mnh.si.edu.

Itseez, 2014. Itseez team. <http://opencv.org>.

Kirill Korniyakov, Alexander Shishkov, 2013. Instant OpenCV for iOS. UK: Packt Publishing Ltd., 2013.

Kumar, Neeraj, 2012. Leafsnap: A computer Vision System for Automatic Plant Species Identification. Documentacion, Seattle: Investigacion, 2012.

MathWorks, 2014. The. How MATLAB Represents Pixel Colors. 1994-2014. <http://www.mathworks.com/company/newsletters/articles/how-matlab-represents-pixel-colors.html> (Fecha de consulta: 15 de Marzo de 2014).

NameMedia, 2014 Inc. and contributors. *Digital Cameras - A beginner's guide*. 1996-2014. <http://photo.net/equipment/digital/basics/> (Fecha de consulta: 15 de Marzo de 2014).

OpenCV, 2014. <http://docs.opencv.org>. <http://docs.opencv.org>.

OpenCV, 2014. *ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF)*. 2011-2014. http://docs.opencv.org/trunk/doc/py_tutorials/py_feature2d/py_orb/py_orb.html (Fecha de consulta: 15 de Marzo de 2014).

OpenCV_SURF, 2014. *SURF (Speeded-Up Robust Features)*. 2011-2014. http://docs.opencv.org/trunk/doc/py_tutorials/py_feature2d/py_surf_intro/py_surf_intro.html (Fecha de consulta: 17 de Marzo de 2014).

Pérez, Marisa Martín, 2002. Capítulo 5: La informática y las telecomunicaciones como apoyo al modelo educativo. En *El Modelo Educativo del Sistema Tecnológico de Monterrey*, de Marisa Martín Pérez. México: Tecnológico de Monterrey, 2002.

Peter N. Belhumeur, Daozheng Chen, Steven Feiner, David W. Jacobs, W. John Kress, Haibin Ling, Ida Lopez, Ravi Ramamoorthi, Sameer Sheorey, Sean White, and Ling Zhang, 2009. *Searching the World's Herbaria: A System for Visual Identification of Plant Species*. <http://www.cs.columbia.edu/~belhumeur/conference/eccv08b.pdf>.

Rosten, Edward, y Tom Drummond, 2006. Machine learning for high-speed corner detection. In *European Conference on Computer Vision*.

Shrestha, Biva, 2010. *Classification of plants using images of their leaves*. Tesis Maestría, Graduate School Appalachian State University, Carolina del Norte: Computer Science.

The University of British Columbia, 2013. <http://www.cs.ubc.ca/research/flann/> (Fecha de consulta: 30 de Agosto de 2013).

Wikipedia, 24 de Octubre de 2013. <http://en.wikipedia.org/wiki/SURF> (Fecha de consulta: 30 de Agosto de 2013).

GLOSARIO

Alta resolución

Más detalle en la imagen.

Detector

Conjunto de características que distinguen a un key point de otro.

Google goggles

Es un servicio de Google disponible para Android y iOS1 que permite reconocer cualquier objeto mediante fotos realizadas con un móvil y devolver resultados de búsqueda e información relacionados.

Key Point

Punto clave de la imagen.

Leafsnap

Una aplicación de identificación de hojas desarrollada por Universidad de Columbia, Maryland y la institución Smithsonian.

Match

Proceso de comparación de los detectors y cada key point.

Ruido digital :

Es la variación aleatoria que no corresponde a como se ve realmente, producida generalmente por el dispositivo que captura la imagen.

Math

Formato de OpenCv para trabajar imágenes.

Patrón.

Es un tipo de tema de sucesos u objetos recurrentes, puede ser una plantilla o modelo que puede usarse para generar objetos o partes de ellos.

Pixel

Un píxel es una contracción si el término Elemento de imagen.

Plantas vasculares

Tracheobionta es el nombre del taxón de plantas que abarca a las traqueófitas, también llamadas plantas vasculares. Son organismos formados por células vegetales, que poseen un ciclo de vida en el que se alternan las generaciones gametofítica y esporofítica, siendo esta última la fase dominante (sobre quien actúa más presión de selección natural).

Píxel

Un píxel es una contracción si el término Elemento de imagen.

Teléfono inteligente o Smartphone:

Teléfono móvil con mayor capacidad en su sistema.

Wikipedia

Wikipedia es una enciclopedia libre, políglota y editada colaborativamente.