

# CATALOGO DE FIRMAS ESPECTRALES DE ESPECIES FLORALES, EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA, TEGUCIGALPA, FASE 2

Rafael Enrique Corrales Andino

## RESUMEN

En virtud de los diferentes proyectos de investigación bajo las metodologías de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), como la Percepción Remota, en la que realizamos estudios de objetos o cubiertas del suelo sin estar en contacto directo con ellas, para comprobar su precisión o patrón característico es necesario contar con una librería o inventario de las firmas espectrales para cada especie vegetal, para igualarlo con lo encontrado en las imágenes de obtención remota por satélites.

En base a lo anterior se piensa crear una Catalogo de firmas espectrales de los diferentes materiales o cubiertas de suelo, en el espacio comprendido por los límites de la ciudad universitaria de Tegucigalpa, (UNAH), como apoyo para la identificación y clasificación de coberturas y uso del suelo, así como establecer una metodología de captura de firmas espectrales en ambiente natural.

**Palabras Clave:** Firma espectral, Espectro, Radiometría.

---

\* Rafael Enrique Corrales Andino

Master en Licenciado en Biología, Técnico en Percepción Remota, Profesor OACS/UNAH  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION GEOGRAFICA.  
FACULTAD DE CIENCIAS ESPACIALES. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE HONDURAS  
e-mail: rafa504@yahoo.com Teléfono (directo): (504) 2239-4948

## **ABSTRACT**

Under the various research projects under the methodologies of Geographic Information Technologies (GIT) and Remote Sensing, which conducted studies of objects or ground cover without being in direct contact with them to check their accuracy pattern or characteristic is necessary to have a library or inventory of the spectral signatures for each plant species, to match with what was found in images obtained by satellite remote. Based on the above is intended to create a catalog of spectral signatures of different materials or covered with soil, in the space by the limits of the university city of Tegucigalpa (UNAH), supporting the identification and classification of coverage and land use, and establish a methodology for capturing spectral signatures in the wild.

**Keywords:** Spectral signatures, Spectrum, radiometry.

## **INTRODUCCIÓN**

En virtud de los diferentes proyectos de investigación bajo las metodologías de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), como la Percepción Remota (Jiménez. M, Díaz-Delgado. R, Soriguer. R.C, Prado. E, García. A. Gutiérrez de la Cámara, 2004), en la que realizamos estudios de objetos o cubiertas del suelo (objetos geográficos) sin estar en contacto directo con ellas, para comprobar su precisión o patrón característico es necesario contar con una librería o inventario de las firmas espectrales para cada especie vegetal, para igualarlo con lo encontrado en las imágenes de obtención remota por satélites.

El objetivo general de esta Fase I, fue la creación de una metodología a seguir para la captura de firmas espectrales y la posterior elaboración de un Catalogo de Firmas Espectrales de los diferentes materiales o cubiertas de suelo, en el espacio comprendido por los límites de la ciudad universitaria de Tegucigalpa, (UNAH), como apoyo para la identificación y clasificación de coberturas y uso del suelo, así como prácticas de laboratorio para la asignatura CTE-111.

Los objetos geográficos tienen diferencias radiométricas, permitiéndonos identificarlos sobre una imagen compuesta por el producto de la captación remota de la señal emitida por cada objeto. Esta captación de energía es relativamente ponderada por cuatro factores en particular (Toudert Djamel, 1999):

Factor 1: Identificar lo que entendimos por los términos de objetos geográficos. Los doseles de dos árboles vecinos, en caso que constituyen dos objetos geográficos semánticamente idénticos, estos pueden ser totalmente diferentes por su composición química, su tamaño, su orientación su textura y estructura, entre otras. Esto ocasiona que a menudo otros resultados diferentes a los esperados, surjan al momento de querer pasar de una identificación individual entre un grupo de individuos geográficos.

Factor 2: Fisiología, dado el caso de dos objetos geográficos naturalmente semejantes como parcela de maíz próximas a un área urbana, nos pueden arrojar reflectancias diferentes en función de su estado fisiológico, la densidad de plantación, la orientación de las parcelas, entre otras.

Factor 3: Distorsiones del entorno, las interferencias del entorno geográfico del objeto a identificar, juegan también un papel en la distorsión de la reflectancia, como focos de contaminación en dos fechas de tiempo para el mismo escenario.

Factor 4: la adecuación entre lo que se busca y la capacidad de restitución de los sensores no constituye por sí sola una limitante única. Los parámetros intrínsecos a los satélites como la hora, la estación y el ángulo de la toma entre otros, están lejos de ser factores marginales y sus grados de incidencia son variables en función de los estudios a realizar.

La búsqueda de las firmas espectrales entre los diferentes objetos geográficos de interés, nos parece como un ejercicio difícil pero no del todo imposible. La Percepción Remota es la respuesta a estas dificultades una vez que hemos tomado conciencia de las limitaciones objetivas que presenta nuestro instrumento de trabajo.

## **Tipos de firmas espectrales**

En función a las características de captura de información de parte del sensor, accedemos a los tipos de firmas espectrales siguientes:

### **1. Firmas monobanda**

Las firmas espectrales de los objetos geográficos son contenidas en un solo canal dentro de un intervalo parcial del ancho de onda total, por lo que la firma espectral del objeto geográfico es solamente su respuesta espectral dentro del único canal disponible.



## 2. Firmas multibanda

Al contrario de las firmas monobanda, en esta caso, las firmas están contenidas en varios canales caracterizados individualmente por la cobertura de un intervalo del ancho de onda total. Otros satélites pueden ofrecer bastante más canales y los casos extremos son alguna toma en hiperfrecuencias activas alcanzando más de cien canales.

## 3. Firmas de origen opcional

Las firmas espectrales de origen opcional obedecen en su lógica de toma a algunos factores fijados por el usuario para el tratamiento de una información variable en función de los mismos factores. Para el caso, podemos mencionar las firmas de toma multitemporal: En donde la toma multitemporal, constituye una respuesta a la variación temporal de los objetos geográficos. Para el caso la variación estudiada, puede ser la de la flora en función de las estaciones del año o la variación de los usos del suelo. La temporalidad es una dimensión dependiente del objeto estudiado: para la flora, los ciclos fisiológicos y las prácticas agrícolas y forestales, determinan el uso temporal del dato espectral.

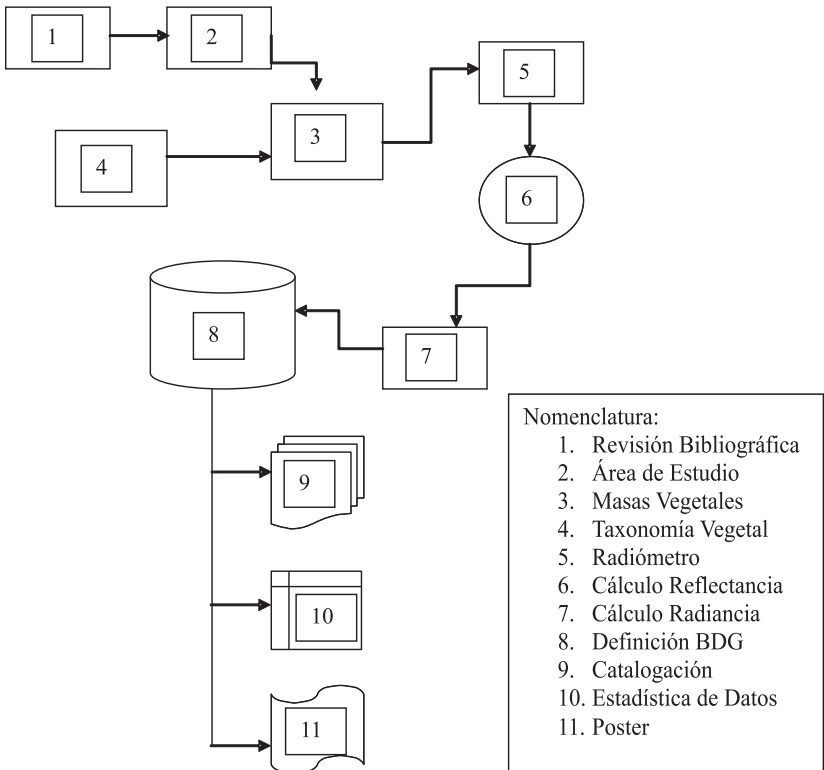
## 4. Accesibilidad a las firmas espectrales

De una manera global, tenemos dos posibilidades de acceder a firmas espectrales integradas. La primera de ellas consiste en dejar los valores digitales (VD) como están en el soporte en que se adquirió la imagen. La segunda posibilidad, se acostumbra usarla en los estudios del medio natural o de agricultura por sus estructuras y texturas homogéneas frente a las de los medios urbanos y periurbanos.

Esta posibilidad, consta en la conversión de valores de los pixeles de origen en valores porcentuales de la reflectancia para poder comparar las respuestas espectrales a una escala espacial, temporal y de fuentes diferentes. La medida en estos términos, es función de la superficie cubierta por el tamaño de cada pixel: aquí la tasa de reflectancia calculada por cada pixel, toma el valor medio de los objetos geográficos contenido en la misma superficie.

### METODO

El método es deductivo, y a continuación se presenta una organización general del mismo, el cual se desarrolló de la manera siguiente:



**1. Revisión bibliográfica:** Este paso fue importante para conocer las diferentes maneras de capturar la respuesta espectral empleadas con las nuevas Tecnologías de la Información Geográfica y adaptarlas a las necesidades de este proyecto.

**2. Área de Estudio:** El Área debe ser congruente con la forma de mapa base y la escala de representación del proyecto. En otras palabras, la distribución de los objetos geográficos se deben distinguir en el mapa base (Fotografía Aérea, o Imagen Satelital), en los cuales se hará la clasificación preliminar de las diferentes cubiertas vegetales (H. A. Weidisch-Quiñones. 2004), que posteriormente se identificaran taxonómicamente.

**3. Masas vegetales:** en esta sección se requieren recorridos de campo en toda el área de estudio, la clasificación de primer nivel de la vegetación.

**4. Taxonomía Vegetal:** en base a la experiencia profesional del investigador, y/o la implementación de guías y claves taxonómicas, la cual deberá complementarse con una hoja de registro que contendrá el nombre común, nombre científico (linaje), posición y distribución espacial (coordenadas geográficas y sistema de referencia espacial en base a datos de País) y una fotografía de la misma.

**5. Radiometría:** Con la ayuda del Radiómetro de campo, será posible distinguir las diferentes variaciones de luminosidad de las coberturas vegetales en cada rango del espectro electromagnético más frecuente en las imágenes satelitales de Percepción Remota, tales como (Spot y LandSat, entre otros), ya que estos miden la cantidad proporcional de luz reflejada por una superficie como una función de las longitudes de onda para producir un espectro de reflectancia. Para este proyecto se estableció la utilización del radiómetro JEULIN, Referencia 545031.

**6. Cálculo de Reflectancia:** La reflectancia, R, de una superficie se define físicamente como el cociente entre la potencia de la radiación reflejada y la potencia total recibida por la misma. Dado que la cantidad de radiación reflejada por la superficie siempre será menor o igual que la potencia recibida, la reflectancia tendrá valores comprendidos entre 0 y 1. Normalmente suele expresarse en porcentaje.

**7. Cálculo de Radiancia:** Se define por radiancia el cociente entre la intensidad luminosa emitida por una superficie y el área aparente de la misma, para un observador lejano. La radiancia se expresa en unidades de watos / sterorradian A m<sup>2</sup> (Carmelo Alonso, Victoriano Moreno y Elías Rodríguez. 1999). La radiancia de una Superficie depende de la longitud de onda de la luz. Por ello se define la radiación espectral L(λ) para una longitud de onda dada, como:

$$L(\lambda) = \frac{\Delta I(\lambda) \cos \theta}{\Delta A}$$

Donde θ es el ángulo formado por la normal a la superficie radiante y la dirección considerada.

**8. Definición de Base de Datos Geográfica BDG:** es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica, ya sea en archivos dentro de un sistema de ficheros o en una colección de tablas en un Sistema Gestor de Base de Datos (Microsoft Access, Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2 e Informix). Para la creación de esta se utiliza como Plataforma el Programa ArcGIS 9.2 de ESRI.

**9. Catalogación:** Esto consiste en el registro final de las diferentes firmas espectrales de las cubiertas vegetales encontradas en el análisis, las cuales se presentarán como una librería para el apoyo a la colección de firmas espectrales de todas las coberturas de uso del suelo para el País, (Patrick Vaughan Martín-Mateo. 2001).

**10. Estadística de Datos:** Generación de reportes por especie en Hoja de Cálculo y su respectiva Gráfica.

**11. Poster:** Composición Cartográfica, con documentación fotográfica, (Virginia González Acosta, Téc. Demetrio Roquionil Rodríguez, M.Sc. Jesús Moreira Martínez, sin año).

## RESULTADOS

**1. La ubicación del área de estudio:** corresponde a los predios de la Ciudad Universitaria, Tegucigalpa. Con aproximadamente 796378.39 metros cuadrados y una posición geográfica de 482188E y 1557245N, en Coordenadas UTM Zona 16P, con una Referencia Espacial en el Esferoide y Datum WGS86. La Primera Ortofotograma (Figura 1a) es del año 2001, tomada por la Cooperación Japonesa (JICA). En base a esta Ortofotograma se estableció el área como se muestra en la Figura 1b.

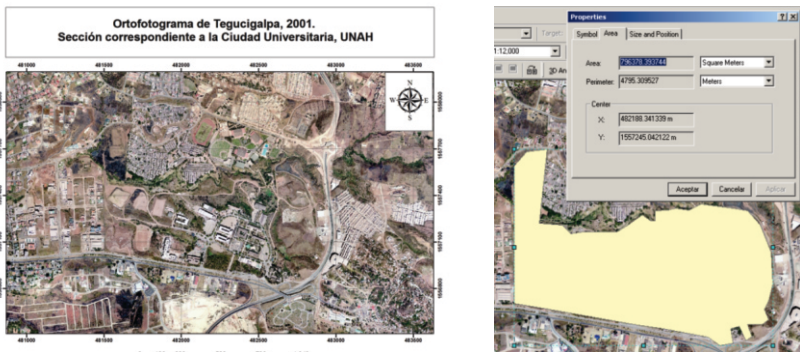


Figura 1a. Izquierda: Sección de Ortofotograma de Tegucigalpa, año 2001. 1b. Derecha: Imagen en ArcGIS 9.2.Cálculo de Área. Elaboración propia.

**2. Utilizando un radio espectrómetro:** JEULIN Radiametre 545031 (Figura 2), de fácil utilización de campo, el cual se trabaja con una fuente de energía externa (El Sol), en seis bandas del espectro electromagnético: Azul (0.4-0.5µm), verde (0.5-0.6 µm), rojo (0.6-0.7 µm), rojo lejano (0.7-0.8 µm), rojo completo (0.6-0.8 µm), e infrarrojo (0.8-1.1 µm), según Stephen Westland. 2001.

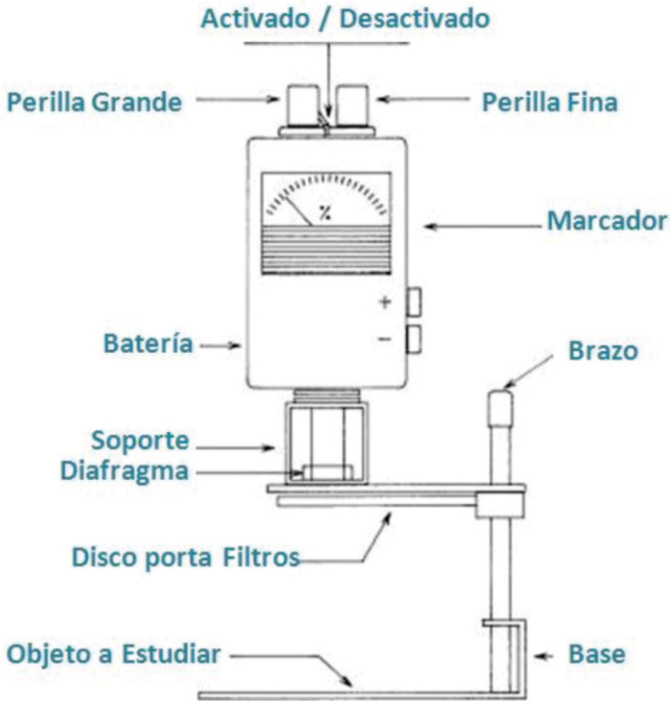


Figura 2. JEULIN Radiómetro, sus partes. Elaboración propia.

Utilizando un radiómetro para capturar el porcentaje de reflectancia o la radiancia de la cubierta, es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Reflectance} = ((\text{Sample Reflectance} - \text{Dark Current}) / (\text{Reference Value} - \text{Dark Current})) * 100$$

Cada uno de los datos medido en las diferentes bandas del espectro electromagnético por espécimen, se tabulo y se representaron en gráficos.

**Cuadro 1. Bandas espectrales del radiómetro Jeulin.**

Referencia	Filtro	Rango del Espectro (nm)
0	Cerrado	--
SF	Sin filtro	--
B	Azul	400 – 500
V	Verde	500 – 600
R	Rojo	600 – 700
RF	Rojo lejano	700 – 800
RC	Rojo completo	600 – 800
IR	Infrarrojo	800 - 1100

**3. Base de Datos:** La firmas espectrales estudiadas dentro del espacio físico de la ciudad universitaria son predominantemente de árboles y arbustos (10 especies) y 2 herbáceas (maíz y resino), tal como muestra el cuadro siguiente:

**Cuadro 2. Valores de Reflectancia de las 12 especies vegetales estudiadas en la ciudad universitaria.**

Datos por Especie	Tipo de Filtro				
	B	V	R	RF	IR
Mango	38	36	41	40	42
Ciprés	38	38	41	32	38
Ficus	40	38	40	38	48
San Andrés	18	16	30	20	58
Guayabo	10	10	23	10	34
Guanacaste	40	42	40	34	24
Casuarina	40	38	41	34	28
Resino	20	20	34	28	50
Cordia	30	28	35	40	58
Maiz	24	24	36	30	50
Aceituno	16	16	33	28	56
Pino	14	12	22	18	34

Cada una de las especies estudiadas, fue registrada en una ficha donde se especifica el número de registro dentro del proyecto, nombre de la especie, su descripción florística general, ubicación en coordenadas, su firma espectral y una pequeña reseña característica de su Reflectancia. Ver Figura 3.

## Ficha de Radiometría de Especies Vegetales

Tegucigalpa, Honduras.  
FACES-UNAH.

VEG-001

**Nombre de la Especie:**

Científico: Mangifera indica


Común: Mango

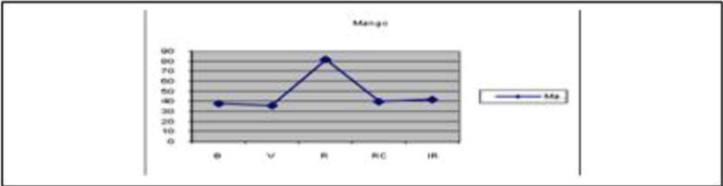
**Descripción:**

El mango es un árbol de la Zona Intertropical, pertenece a la Familia Anacardiaceae, su fruto es de pulpa carnosa y semi-ácida; esta puede ser o no fibrosa, siendo la variedad llamada "mango de hilacha" la que mayor cantidad de fibra contiene. Su fruta normalmente de color verde en un principio, y amarillo o naranja cuando está madura, de sabor medianamente ácido cuando no ha madurado completamente. De origen Asiático.

**Ubicación:** 82483.02 Este, 157050.56 Norte.

**Firma Espectral**





Wavelength	Reflectance
B	38
V	36
R	82
RC	40
IR	42

**Descripción del espectro:** en el espectro se puede ver los siguientes resultados: El azul es 38, el verde es 36, el rojo dio 82, el rojo cercano es 40 y el infrarrojo es 42.

Figura 3. Ficha de registro de las especies Florales estudiadas radiométricamente dentro de la Ciudad Universitaria.



Como el material vegetal utilizado, representaron hojas verdes recién cortadas, de diferentes especies, estas expresaban su máximo verdor, por lo tanto en la mayoría de los cosas en las bandas de rojo e infrarrojo cercano alcanzaron los valores más altos, con pocas excepciones, como el caso de la Casuarina y el Guanacaste, donde la estructura molecular se sus hojas, jugó un papel importante en la forma de reflejar la energía. Ver Figuras 4 y 5.

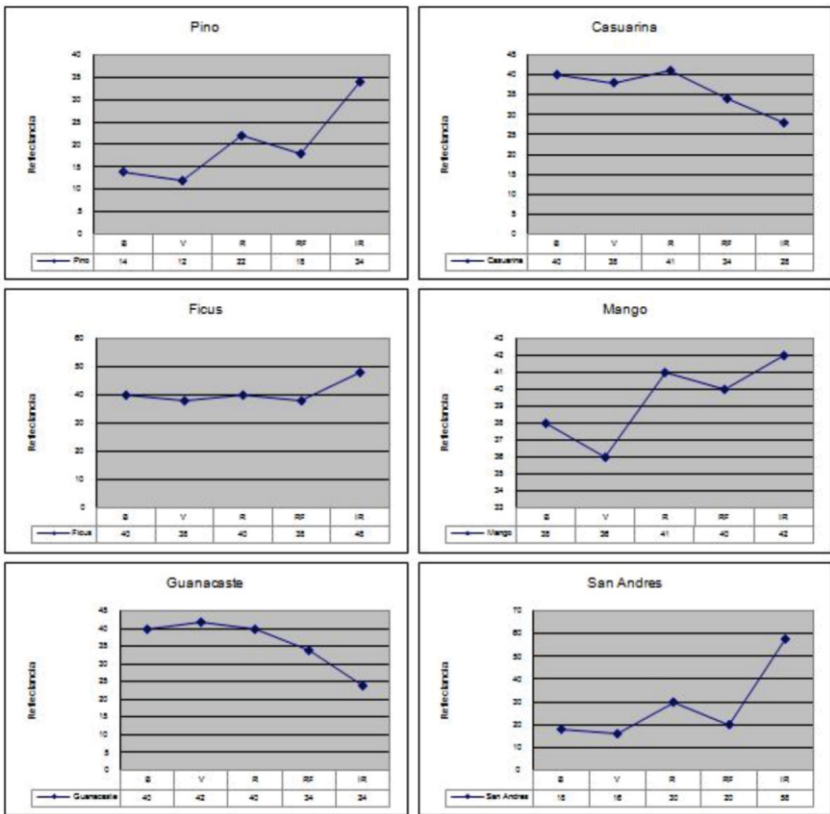
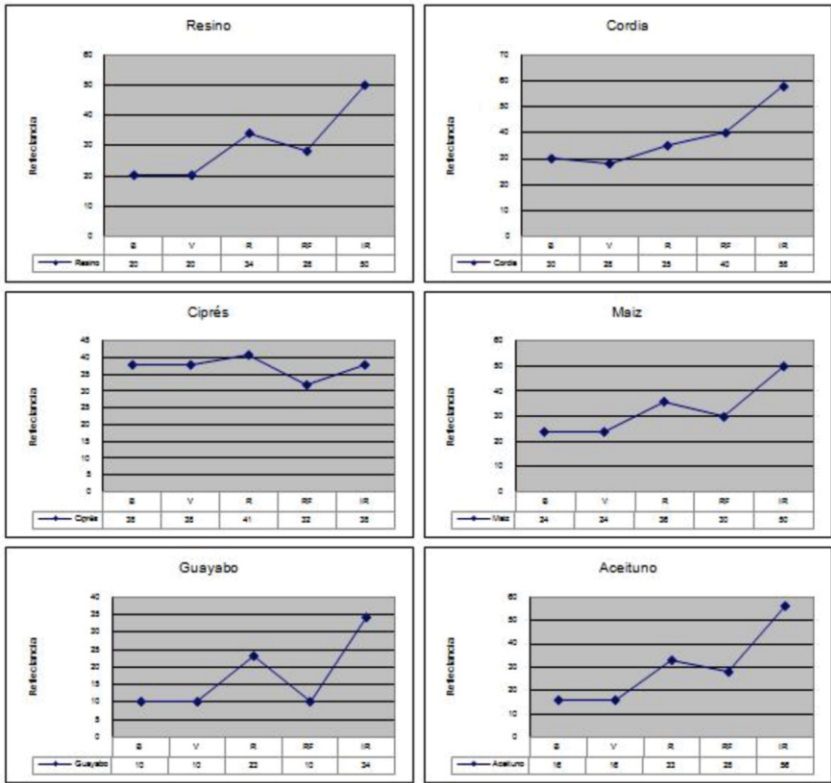


Figura 4. Firmas Espectrales de 6 especies florales, donde Guanacaste y casuarina, muestras diferencia en el patrón básico de la curva típica de la vegetación.



**Figura 5. Firmas Espectrales de 6 especies florales, caso de Ciprés, muestra poca Reflectancia, con respecto a las otras especies estudiadas, debido a su menor área foliar y alto contenido de humedad.**

A excepción del Pino las otras especies que poseen una menor área foliar, presentaron baja Reflectancia (Guanacaste, Casuarina y Ciprés), otra de las características de estas especies es que en el caso de la Casuarina y del Ciprés poseen mayor contenido de humedad. Mientras que el resto de las especies estudiadas presentaron un área foliar mayor, lo que provocó el registro de mayor Reflectancia.

## DISCUSION

Investigadores como Carmelo Alonso del Departamento de Teledetección, INDRA. Madrid, son de la opinión que “En la bibliografía suelen encontrarse bastantes trabajos sobre medidas radiométricas para diferentes coberturas y en diferentes condiciones. Sin embargo, muy pocos son asequibles para los alumnos que comienzan a introducirse en el campo de la teledetección”, es por eso que tomando en cuenta esta observación y por el incipiente desarrollo de las Tecnologías de la Información Geográfica TIG, específicamente en la Percepción Remota, área que en la actualidad es una potente herramienta para la obtención de fuentes de datos para el desarrollo de estudios de la cubierta terrestre y la posibilidad de establecer cambios a través del tiempo, es importante comenzar a inventariar o catalogar de forma espectral cada unas de las cubiertas, comenzando por establecer una metodología de aplicación sencilla y de fácil acceso por los investigadores locales.

## CONCLUSIONES

1. Este estudio es la base para el desarrollo de librerías de firmas espectrales vegetales, cuyo principal objetivo es la clasificación de coberturas por rangos espectrales determinados. Así como estudios espectrales dirigidos, esto también sirve de base para la calibración de la respuesta espectral de masas vegetales en imágenes satelitales, siempre que el rango y número de bandas sean las mismas.

2. A través del comportamiento de la curva espectral se puede establecer la fenología de la planta, ya que esta responde a estímulos o condiciones como: contenido de humedad, presencia o ausencia de pigmentos y/o distribución y forma del follaje. Esto lo podemos notar en las firmas espectrales de Ciprés y Casuarina, donde su contenido de humedad y su color predominantemente verde oscuro, hace que las curvas presenten valores bajos cuando se acerquen a los infrarrojos, acción contraria en las especies de mayor verdor y área foliar, siendo una excepción el Pino, lo que hace pensar que su comportamiento es mas fenológico que estructural.
  
3. La experiencia ganada con un radiómetro analógico, hace que trabajar con uno digital, potencialice el trabajo dentro de la línea de investigación de la espectro radiometría tanto de campo como de laboratorio.
  
4. Este estudio puede complementarse con variaciones por estaciones del año, donde existen cambios físicos como condiciones de iluminación y biológicos como variaciones fenológicas (verdor o marchites), en el caso de vegetación, así como ampliar los materiales sujetos a estudio y compararlos con resultados de firmas espectrales tomados con un radiómetro más potente (ASD); y de esta manera conocer los márgenes de error entre cada dispositivo.

## BIBLIOGRAFÍA

Carmelo Alonso, Victoriano Moreno y Elías Rodríguez. 1999. "Determinación Experimental de la Firma Espectral de la Vegetación. Una Sencilla Práctica de Introducción a la Teledetección". Disponible en <http://www.elgeomensor.cl/downloads/teledeteccion/>

Jiménez. M, Díaz-Delgado. R, Soriguer. R.C, Prado. E, García. A. Gutiérrez de la Cámara. "DIVERSIDAD BIOLÓGICA DEL MATORRAL DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE DOÑANA MEDIANTE IMÁGENES HIPERESPECTRALES AEROPORTADAS AHS". Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. Carretera de Ajalvir Km 4. Torrejón de Ardoz. (2) Estación Biológica de Doñana. CSIC. Avda. Maria Luisa s/n. Sevilla 41013.

H. A. Weidisch-Quñones. 2004. "Validación de Firmas Espectrales Utilizando Percepción Remota en Relación a los Pigmentos Asociados a las Cianobacterias en las Salinas de Cabo Rojo, Puerto Rico" Disponible en <http://gers.uprm.edu/>

Stephen Westland. 2001. "Cómo funciona un espectrofotómetro de reflectancia". Disponible en [http://www.gusgsm.com/funciona\\_espectrofotometro\\_reflectancia.](http://www.gusgsm.com/funciona_espectrofotometro_reflectancia.)

Toudert Djamel, 1999. Introducción a la Percepción Aplicada al Medio Urbano. Disponible en <http://membres.multimania.fr/teledetec/paginas/Pagina2.htm>

Patrick Vaughan Martín-Mateo. 2001. "ESTIMACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA VEGETACION MEDIANTE RADIOMETRIA DE CAMPO". DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA, UNIVERSIDAD DE ALCALÁ. Alcalá de Henares, España.

Virginia González Acosta, Téc. Demetrio Roquionil Rodríguez, M.Sc. Jesús Moreira Martínez." MAPEO ESPECTRAL DE CALIZAS EN SECTORES DE LA HABANA USANDO IMAGENES LANDSAT TM". Instituto de Geología y Paleontología. Via Blanca y Línea del ferrocarril. San Miguel del Padrón. CP 11000.Ciudad Habana, Cuba.