



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL COMPORTAMIENTO DEL VIGOR DE  
LA VEGETACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO ARAGUA, ESTADO  
ANZOÁTEGUI, A TRAVÉS DE IMÁGENES DEL PROGRAMA SATELITAL  
LANDSAT PARA EL PERIODO 1986-2017.**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO POR:**

**MARIELIS ANTONIA LOPEZ FLORES**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MATURÍN, MAYO DE 2018**



**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL COMPORTAMIENTO DEL VIGOR DE  
LA VEGETACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO ARAGUA, ESTADO  
ANZOÁTEGUL, A TRAVÉS DE IMÁGENES DEL PROGRAMA SATELITAL  
LANDSAT PARA EL PERIODO 1986-2017.**

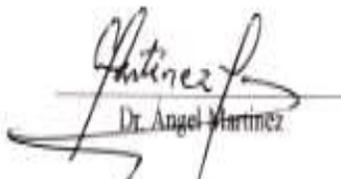
**MARIELIS ANTONIA LOPEZ FLORES**

Trabajo de grado presentado en la Escuela de Ingeniería Agronómica de la  
Universidad de Oriente, como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

  
Ms.C. Ing. Víctor Castellanos  
(JURADO PRINCIPAL)

  
Ms.C. Ing. Agr. Víctor Malavé  
(ASESOR)

  
Dr. Ángel Martínez  
(JURADO PRINCIPAL)

## **RESOLUCIÓN**

DE ACUERDO CON EL ARTÍCULO 41 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO: *“LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SOLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARA AL CONSEJO UNIVERSITARIO”*

## **DEDICATORIA**

A (DIOS) ante todo por darme el don de la vida y permitir que haya llegado hasta donde estoy. GRACIAS!

A mi padre Erasmo López y mi madre Cruz Flores, el mejor apoyo en toda mi carrera y mi vida. Sin su esfuerzo de velar por mí no hubiese sido realidad este gran paso. Gracias los adoro y AMO. Son una bendición única en mi vida.

A mis hermanas que también me ayudaron A mis sobrinas y sobrinos.

A mi abuelo Viviano López que en paz descansa, y a mi abuela Carmen. A mis tías y tíos gracias por sus consejos y bendiciones.

A la señora Midred Figueroa y al Señor Alberto Abreu “los segundos padres que Dios me regalo”

***Marielis Antonia López Flores.***

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios Todopoderoso por todas sus grandes bendiciones, por protegerme y darme fuerzas para superar cada obstáculo y dificultades a lo largo de toda mi carrera. Siempre ha sido mi luz, mi guía.*

*A mis maravillosos padres, ellos siempre han sido la razón de mi esfuerzo y constancia para graduarme. Han estado siempre apoyándome, aconsejándome y sobre todo animándome a seguir adelante y no dejarme vencer.*

*A la Sra. Mildred Figueroa y al sr Alberto Abreu también por su apoyo incondicional. Gracias a estos seres únicos, estoy hoy en día a un solo paso de cumplir una de mis tantas metas propuestas en esta vida. Los amo con toda mi alma y jamás tendré como pagarles todo el amor y apoyo recibido. Que Dios me los bendiga!*

*A mis hermanos y sobre todo a mis cuatro hermosas hermanas por compartir conmigo todos estos años de mi vida, por haberme cuidado y ayudado siempre, son seres maravillosos, no creo poder haber tenido hermanas mejores que ustedes!. Las adoro con todo mi corazón.*

*A mi adorable sobrino Jesús Alejandro Fariñas “mi compañero de campo” ese pequeño príncipe que sin duda le encanta el maravilloso mundo de la Agronomía.*

*A mi querido Tutor Víctor Malavé, sin duda tengo mucho que agradecer por su paciencia y dedicación en enseñarme como hacer mi trabajo, excelente profesional excelente persona. Gracias!*

*A todas aquellas personas allegadas a mí, que de una u otra forma influyeron en mi vida de manera positiva y que en algún momento me apoyaron, me ayudaron y me aconsejaron, gracias a Dios fueron tantas personas.*

*Muchas gracias!*

**Marielis Antonia López Flores.**

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESOLUCIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS GENERALES</b> .....	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>2</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
El agua como un recurso vital en el planeta .....	<b>4</b>
La cuenca como unidad territorial .....	<b>4</b>
La cuenca como un sistema .....	<b>5</b>
<b>COBERTURA DE SUELO</b> .....	<b>6</b>
Principales cuencas en Venezuela.....	<b>6</b>
<b>ASPECTOS IMPORTANTES PARA UN MANEJO EFICIENTE DEL RECURSO AGUA</b> .....	<b>6</b>
<b>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DIGITAL</b> .....	<b>7</b>
<b>LA TELEDETECCIÓN O PERCEPCIÓN REMOTA</b> .....	<b>8</b>
<b>SATÉLITES</b> .....	<b>10</b>
Satélite landsat .....	<b>10</b>
El satélite LANDSAT-8 .....	<b>11</b>
<b>IMÁGENES DE SATÉLITE</b> .....	<b>12</b>
<b>Clasificación de imágenes de satélites:</b> .....	<b>13</b>
Clasificación no supervisada .....	<b>14</b>
Clasificación supervisada .....	<b>14</b>
<b>CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA</b> .....	<b>15</b>
<b>SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)</b> .....	<b>16</b>
Beneficios de los Sistemas de Información Geográfica .....	<b>17</b>
<b>ÍNDICE DE VEGETACIÓN</b> .....	<b>18</b>
Índice de Vegetación Diferencial (DVI) .....	<b>19</b>
Índice Visible Atmosféricamente Resistente (VARI): .....	<b>20</b>
Radio Simple (RS).....	<b>21</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>22</b>
<b>UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>22</b>

LA INVESTIGACIÓN SE DESARROLLÓ MEDIANTE EL CUMPLIMIENTO DE CUATRO FASES .....	22
Recolección de información preliminar.....	23
Procesamiento cartográfico y espectral de datos .....	24
Importación de mapas al software Grass .....	25
Exportación de datos en forma xyz.....	27
Corrección atmosférica .....	28
Método de clasificación no supervisada .....	29
Creación del “Grupo de imagen” .....	30
Creación del archivo con <i>Signatura espectral</i> .....	31
Clasificación de Signatura Espectral .....	32
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	35
Estadística Descriptiva.....	35
Estadística Inferencial.....	38
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>43</b>
CLASIFICACIÓN DE LA COBERTURA DE SUELO .....	62
Resultados de la Determinación del Área Total de las Clases Creada en el programa GRASS GIS.....	63
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>68</b>
<b>HOJAS DE METADATOS.....</b>	<b>72</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Satélites landsat USGS, (2013) .....	11
Cuadro 2.1. Identificación de las descargas de escenas por satélites .....	24
Cuadro 4.1. Comparación de coincidencias entre índices de vegetación y resultados de clasificación no supervisada .....	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquematación de una cuenca .....	5
Figura 1.2. La Cuenca como Sistema.....	5
Figura 1.3 Esquema General de la teledetección. ....	9
Figura 2.1. Río Aragua visualizado en el software MapSource.....	22
Figura 2.2. Módulo <i>Gras Gis 7.2.0</i> .....	25
Figura 2.3. Módulo <i>r.in.gdad</i> .....	25
Figura 2.4. Nivel digital de elevación de la cuenca del río Aragua. ....	26
Figura 2.5. Módulo <i>r.watershed</i> .....	26
Figura 2.6. modelo digital de elevación .....	27
Figura 2.7. exportación de mapas <i>GRASS GIS</i> . ....	28
Figura 2.8. Módulo <i>i.group</i> de GRASS. ....	30
Figura 2.9. Organización de datos para creación de “Grupo” y “Subgrupo” .....	31
Figura 2.10. Módulo <i>i.cluster</i> de GRASS .....	31
Figura 2.11. Módulo <i>i.maxlik</i> de GRASS. ....	33
Figura 4.1. Resumen De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1986 .....	43
Figura 4.2. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1986.....	44
Figura 4.3. Resumen De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1987 .....	44
Figura 4.4. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1987.....	45
Figura 4.5. Resumen De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1989 .....	45
Figura 4.6. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1989.....	46
Figura 4.7. Resumen Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1990.....	46
Figura 4.8. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1990.....	47

Figura 4.9. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1991.....	47
Figura 4.10. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1991.....	48
Figura 4.11. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1992.....	48
Figura 4.12. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1992.....	49
Figura 4.13. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1996.....	49
Figura 4.14. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1996.....	50
Figura 4.15. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1997.....	50
Figura 4.16. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1997.....	51
Figura 4.17. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1998.....	51
Figura 4.18. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1998.....	52
Figura 4.19. Resumen Índice De Vegetacion Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1999.....	52
Figura 4.20. Histograma del Índice De Vegetacion Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1999.....	53
Figura 4.21. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2000.....	53
Figura 4.22. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial DVI, Porcentaje Infrarrojo IPVI, Simple Ratio SR, Atmosféricamente resistente VARI en la cuenca del río Aragua para el año 2000.....	54

Figura 4.23. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2002.....	54
Figura 4.24. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2002.....	55
Figura 4.25. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2003.....	55
Figura 4.26. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2003.....	56
Figura 4.27. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2014.....	56
Figura 4.28. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2014.....	57
Figura 4.29. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2015.....	57
Figura 4.30. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2015.....	58
Figura 4.31. Resumen del Índice De Vegetacion Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2016.....	58
Figura 4.32. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2016.....	59
Figura 4.33. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2017.....	59
Figura 4.34. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2017.....	60
Figura 4.35. Resumen del análisis de varianza (ANAVA) .....	60
Figura 4.36 . Desviacion Estandar de los indices de vegetacion .....	61
Figura 4.37 . Resultados de las desviaciones estandares de indices de vegetacion (1986-2017) .....	61
Figura 4.38.- Resultado clasificación no supervisada, cuenca río Aragua, escena 2017.....	62

Figura 4.39.-	Reporte de áreas para cada una de las clases obtenidas en clasificación no supervisada, escena 2014. Clase 3 vegetación. ....	63
Figura 4.40.-	Reporte de áreas para cada una de las clases obtenidas en clasificación no supervisada, escena 2015. Clases 2 vegetación.....	63
Figura 4.41.-	Reporte de áreas para cada una de las clases obtenidas en clasificación no supervisada, escena 2016. Clase 2 vegetación .....	64
Figura 4.42.	Reporte de áreas para cada una de las clases obtenidas en clasificación no supervisada, escena 2017. Clase 3 vegetación .....	64



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE MONAGAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL COMPORTAMIENTO DEL VIGOR DE LA  
VEGETACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO ARAGUA, ESTADO ANZOÁTEGUI, A  
TRAVÉS DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DEL PROGRAMA  
SATELITAL LANDSAT.**

**Autor: Marielis López**

**RESUMEN**

**La vegetación es un recurso natural clave para el equilibrio del ecosistema por lo que es necesario disponer de información cuantitativa sobre sus características pues de ello también depende la disponibilidad del recurso agua. El objetivo del presente trabajo fue Analizar el comportamiento multitemporal del vigor de la vegetación de la cuenca del río Aragua, estado Anzoátegui, a través de procesamiento digital de imágenes satelital landsat 1986-2017, con la disponibilidad de diecisiete imágenes provenientes del Satélite Landsat 4, 5, 7 TM, ETM+ y 8 , se calcularon cuatro índices de vegetación: de diferencial (DVI), Porcentaje infrarrojo (IPVI) Simple Ratio (SR), Atmosféricamente Resistente (VARI), a través del software GRASS GIS y software Estadístico R, Sus valores permitieron conocer que el mejor índice que obtuvo mejor comportamiento fue el IPVI, mostrando buena condición de Vegetación en la cuenca al pasar el tiempo. Además se realizó una clasificación de suelo en los últimos años 2014-2017 para evaluar la Vegetación, se concluyó que la misma obtuvo dominancia en gran parte de la cuenca durante esos cuatro años.**

**Palabras claves:** río Aragua, Landsat, Corrección Atmosférica, Índice de Vegetación, GRAS GIS, Software estadístico R.



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL COMPORTAMIENTO DEL VIGOR DE LA  
VEGETACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO ARAGUA, ESTADO ANZOÁTEGUI, A  
TRAVÉS DE IMÁGENES DEL PROGRAMA SATELITAL LANDSAT.**

**Autor: Marielis López**

**SUMMARY**

Vegetation is a key natural resource for the balance of the ecosystem, which is why it is necessary to have quantitative information about its characteristics, since it also depends on the availability of water resources. The objective of the present work was to analyze the multitemporal behavior of the vegetation vigor of the Aragua river basin, Anzoátegui state, through digital processing of satellite images landsat 1986-2017, with the availability of seventeen images from the Landsat 4 satellite, 5, 7 TM, ETM + and 8, four vegetation indices were calculated: from differential (DVI), Infrared Percentage (IPVI) Simple Ratio (SR), Atmospherically Resistant (VARI), through the GRASS GIS software and Statistical software R, Their values allowed to know that the best index that obtained better behavior was the IPVI, showing good condition of Vegetation in the basin over time. In addition, a soil classification was carried out in the last years 2014-2017 to evaluate Vegetation, it was concluded that it obtained dominance in a large part of the basin during those four years.

**Keywords:** Aragua River, Landsat, Atmospheric Correction, Vegetation Index, GRAS GIS, Statistical Software R.

## INTRODUCCIÓN

Una de las premisas que acompaña la administración de un recurso natural es su cuantificación y el recurso agua es uno de los principales elementos de la naturaleza que todo grupo social organizado interesa conservar, por lo que se tiene que administrar y en principio cuantificar. El agua que ingresa a un acueducto para su distribución en una población proviene de una cuenca hidrográfica. Estos espacios han sido considerados como unidades de desarrollo regional. Las cuencas hidrográficas son los espacios productores de agua, y en ella interactúa un sistema complejo, cuyo control puede estar fuera del alcance de la ciencia y la tecnología actual. Los seres humanos, en su justo interés por mejorar sus condiciones de vida constantemente incurren en impactos negativos al ambiente. Uno de ellos son los procesos que promueven la desertificación. Con ellos se fomenta la escasez de agua y se pone en peligro la condición de subsistencia mínima. Conocer el vigor de la vegetación que presenta una cuenca hidrográfica ha tomado un lugar estratégico en las actividades de inventario de recursos naturales. Es la cobertura vegetal, su salud y ubicación exacta en el espacio geográfico, determinante a la hora de establecer planes de conservación de cuencas hidrográficas. Por ende es importante conocer la condición de salud que ha mostrado la vegetación de la cuenca hidrográfica del río Aragua del estado Anzoátegui, ya que se considera como fuente de agua para un número importante de centros poblados que integran la región oriental de Venezuela en el periodo 1986-2017. Se utilizaron recursos tecnológicos de última generación, como lo son tanto la captura y el procesamiento digital de imágenes de satélites de recursos naturales, así como metodología de captura y procesamiento de información asistida por sistemas de información geográfica con el programa Grass Gis.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

Analizar el comportamiento multitemporal del vigor de la vegetación de la cuenca del río Aragua, estado Anzoátegui, a través de procesamiento digital de imágenes del programa satelital landsat.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Calcular índices de vegetación diferencial (DVI), índice de vegetación porcentaje de infrarrojo (IPVI), índice de vegetación radio simple (SR), índice visible atmosféricamente resistente (VARI) manifestados en la cuenca del río Aragua, durante el período 1986-2017.
2. Identificar la existencia de diferencias estadísticas entre los índices de vegetación: Diferencial (DVI), Porcentaje de Infrarrojo (IPVI), Visible Atmosféricamente Resistente (VARI) y Simple Radio (SR)
3. Desarrollar la clasificación de la cobertura de suelo presente en la cuenca del río Aragua a través de métodos de procesamiento digital de imágenes de satélites.
4. Comparar las coincidencias de los índices de Vegetación DVI, IPVI, VARI Y SR orientado a la determinación de la capacidad de descripción de la evolución del vigor de vegetación presente en la cuenca del río Aragua

## MARCO TEÓRICO

### ANTECEDENTES

Hernández (2010) a través del modelo digital de elevación obtenido de la Misión Topográfica de Radar Aerotransportado (SRTM por sus siglas en inglés) y mediante la aplicación de técnicas de procesamiento digital desarrolladas usando programas con capacidad para construcción de Sistemas de Información Geográfica (software GRASS), le fue posible determinar tanto la ubicación espacial como la magnitud de la superficie de la Cuenca del río Areo, en el estado Monagas Venezuela.

Gonzales (2012) evaluó a través del modelo digital de elevación y técnicas de procesamiento digital usando el software Grass calculo los Índices de Vegetación: de Diferencia Normalizada (NDVI), Ajustado al Suelo (SAVI), Perpendicular (PVI) y de Monitoreo Ambiental Global (GEMI). Resultando el GEMI el que muestra menor coeficiente de variación lo que lo convierte en el más preciso. Esto fue estudiado en cuenca del rio Aragua en el estado Anzoátegui Venezuela

Ramos (2011) A través del modelo digital de elevación SRTM y mediante la aplicación de técnicas de procesamiento digital desarrolladas en el programa Grass Gis de Sistemas de Información Geográfica, fue posible determinar los parámetros morfométricos de la Cuenca del río Neverí. Estado Anzoátegui Venezuela determino que la cuenca abarca una superficie de 116.435 hectáreas, con una longitud axial de 79,75 km<sup>2</sup>

## **El agua como un recurso vital en el planeta**

“El agua es un elemento de gran abundancia en el planeta, y es un componente muy importante de todos los seres vivos. Es una fuerza moldeadora de paisajes y aun mas, es un factor clave en la climatización del globo, que permite la existencia de la vida y el desarrollo de los pueblos” (Ruiz, 2001, p.11).

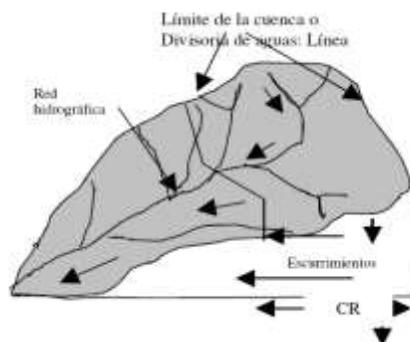
Según Murguía (1992), “El agua a causa de deficiencias en su manejo y aprovechamiento, se ha convertido en un problema social, tanto por su aparente abundancia, que eventualmente provoca catástrofes, como por cierta escasez estacional o regional, o por tener una calidad inadecuada para el uso humano debido a su estado natural” (p. 61).

## **La cuenca como unidad territorial**

En términos simples, una cuenca hidrográfica es la superficie de terreno definida por el patrón de escurrimiento del agua, es decir, es el área de un territorio que desagua en una quebrada, en un río, en un lago, en un pantano, en el mar o en un acuífero subterráneo. En un valle, toda el agua proveniente de lluvias y riego, que corre por la superficie del suelo (lo que se denomina agua de escurrimiento) desemboca en corrientes fluviales, quebradas y ríos, que fluyen directamente al mar. Tal como lo describe Maas (2005), una cuenca es una especie de embudo natural, cuyos bordes son los vértices de las montañas y la boca es la salida del río o arroyo. Puede ser tan pequeña como la palma de la mano, o tan grande como un continente completo.

“La cuenca hidrográfica también llamada base de drenaje, es el área completamente drenada por un río o sistema de ríos o quebradas, conectadas en tal

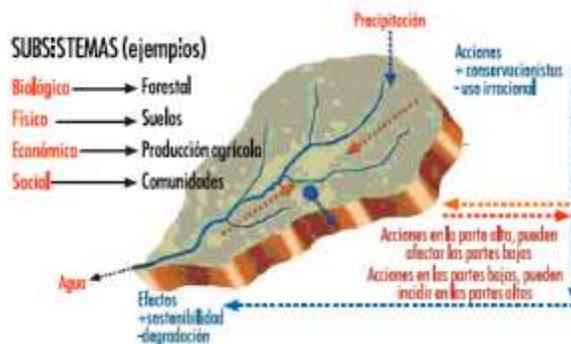
forma que todo escurrimiento originado en el área es descargada a través de una sola salida”. (Prieto, 2004, p.235).



**Figura 1.1. Esquemática de una cuenca**

### La cuenca como un sistema

La cuenca la conforman componentes biofísicos (agua, suelo), biológicos (flora, fauna) y antropocéntricos (socioeconómicos, culturales, institucionales), que están todos interrelacionados y en equilibrio entre si, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema”. (Ramakrishna, 1997, pp. 19 y 20).



**Figura 1.2. La Cuenca como Sistema.**

Todo esto antes mencionado hace referencia a lo que llamamos:

## **COBERTURA DE SUELO**

La cobertura de suelo son aquellos cuerpos naturales o artificiales que cubren la superficie del suelo, por lo tanto pueden originarse de ambientes naturales como resultado de la evolución ecológica (bosques, sabanas, lagunas, etc.) o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre cultivos, represas, ciudades, etc. López (2012).

### **Principales cuencas en Venezuela**

Según Hernández y lanza 2009 El relieve venezolano da origen a seis grandes cuencas hidrográficas de los tipos exorreicos y endorreicos, en las que encontramos:

1. Cuenca del río Orinoco
2. Cuenca del Lago de Maracaibo .
3. Cuenca del Mar Caribe
4. Cuenca del río Cuyuní
5. Cuenca del río Negro
6. Cuenca del Lago de Valencia

## **ASPECTOS IMPORTANTES PARA UN MANEJO EFICIENTE DEL RECURSO AGUA**

Para poder manejar el recurso agua en forma eficiente, es preciso considerar aspectos tales como:

- Pisos altitudinales (por los cambios en precipitación y temperatura).
- Formas del relieve y suelos (por los cambios en las rocas y materiales superficiales).
- Uso del suelo y cambio de uso de suelo.
- Cambios en la riqueza y abundancia en la biota.
- Sistemas productivos y aptitud para los mismos.
- Organización social y política para el manejo de recursos.

Todos estos componentes pueden ser inventariados, analizados y cartografiados utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y otras técnicas complementarias Cotler (2004)

## **TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DIGITAL**

De acuerdo con Castillo (2008), existe una gran disponibilidad de herramientas tecnológicas que otorga la opción de poder estudiar un determinado espacio geográfico a través de una variada gama de técnicas modernas, como:

- La Teledetección.
- Y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Estas técnicas son unas de las herramientas necesarias para el monitoreo. El proceso de evaluar consiste en estudiar y medir las características espaciales de un objeto geográfico, mientras que el monitoreo corresponde al seguimiento de un fenómeno en particular. Generalmente se acostumbra a realizar la medición Multitemporales de variables o atributos espaciales de interés Castillo (2008).

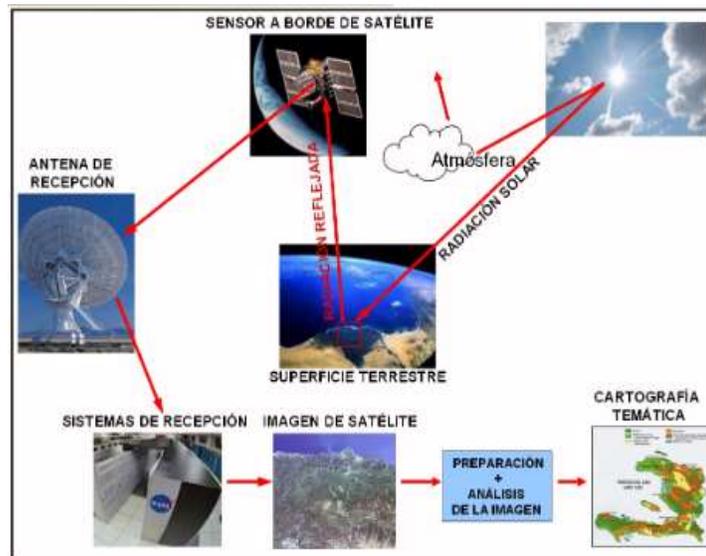
## LA TELEDETECCIÓN O PERCEPCIÓN REMOTA

De acuerdo con Ramos (2009) define la teledetección como un conjunto de técnicas que permite obtener información acerca de un objeto, área o fenómeno a través del análisis de datos adquiridos por un dispositivo que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo estudio la cual es llamado también percepción remota o estudio a distancia.

La percepción remota es posible gracias a la relación sensor -cobertura, la cual se expresa a través de la llamada radiación electromagnética (Imagen 1.3). Esta relación se puede presentar de tres formas: Emisión, reflexión, y emisión-reflexión, donde el flujo de energía que se produce por alguna de estas formas va a estar en función de la transmisión de energía térmica y conductividad espectral propia de cada elemento en la naturaleza (O. Guzmán, 2006)

La energía captada por un sistema de percepción remota sufre interacciones fundamentales que deben entenderse para interpretar apropiadamente los datos captados. La energía capturada por el sensor es la que inicialmente provee el sol, por lo que este flujo de energía pasa por las siguientes etapas:

1. Es irradiada por partículas atómicas desde el sol,
2. Se propaga a través del vacío del espacio a la velocidad de la luz hasta estrellarse con el campo magnético de la tierra.
3. Interactúa con la atmósfera terrestre.
4. Interactúa con la superficie terrestre retro-dispersándose o transformándose.
5. Interactúa nuevamente con la atmósfera.
6. Finalmente alcanza los sistemas de medición a bordo de las plataformas aéreas o espaciales, para luego ser transmitidas a estaciones de recepción distribuidas por el planeta. (O. Guzmán, 2006)



**Figura 1.3 Esquema General de la teledetección.**  
**Fuente (O. Guzmán, 2006).**

La teledetección, constituye una fuente de información valiosa para el seguimiento de procesos ambientales de gran impacto para nuestro planeta, como sería el cambio climático y además en el cartografiado y monitoreo de actividades forestales (Franklin 2001, Chuvieco 2008)

La Percepción remota resulta a menudo, una información oportuna de las condiciones del cultivo ya que la detección temprana y el manejo anticipado de problemas pueden ayudar a prevenir pérdidas potenciales de cultivos o de áreas de protección vegetal o acuífera; esto provee al productor los medios para identificar problemas potenciales antes que estos se vuelvan irreversibles en términos de rendimiento o calidad de la cosecha Martini, (2008).

Entre los sistemas de medición a bordo de las plataformas aéreas o espaciales tenemos los:

## **SATÉLITES**

Su característica más importante es que llevan sensores que pueden observar toda la superficie de la tierra de forma periódica, captando una vasta extensión en cada circunvalación. Operan a una altura suficiente para escapar a la resistencia atmosférica, pero sin abandonar el campo gravitacional dominante, es decir, a una altitud comprendida entre 150 y 40 000 km Geoffrey et al. (1992)

Geoffrey et al (1992), destacan las ventajas que poseen los satélites, donde figuran la cobertura repetitiva de la superficie terrestre a diversas escalas y con distintas resoluciones, lo que permite adquirir datos de manera periódica y eficaz en función de los costos. En muchos casos, los datos captados desde los satélites constituyen la única información disponible acerca de grandes extensiones de océanos, montañas, desiertos o bosques tropicales, difíciles de acceder por otros medios.

### **Satélite landsat**

Desde 1972, los satélites Landsat han recopilado información sobre la Tierra desde el espacio. Esta ciencia, conocida como la teledetección, ha madurado con el programa Landsat. El programa Landsat es una serie de satélites construidos y desarrollados por la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) en conjunto con el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) (USGS, 2013).

Este tipo de satélites se han especializado en las fotografías digitales de los continentes de la tierra y alrededor de las regiones costeras más de tres décadas, permitiendo a la personas a estudiar muchos aspectos de nuestro planeta y para

evaluar los cambios dinámicos generados por procesos naturales y prácticas humanas NASA, (2009)

De Acuerdo a USGS, (2013), la serie Landsat cuentan con ocho satélites que se muestran en el Cuadro 1.1.

**Cuadro 1.1. Satélites landsat USGS, (2013)**

<b>Landsat</b>	<b>Año de Lanzamiento</b>
1	1972
2	1975
3	1978
4	1982
5	1985
6	1993 (Falló lanzamiento)
7	1999
8	2013

### **El satélite LANDSAT-8**

Fue lanzado el 11 de febrero de 2013, es un satélite óptico de resolución media cuyo objetivo es proporcionar información para actividades relacionadas con la agricultura, la educación, los negocios, la ciencia y también en el ámbito estatal. Es un satélite más completo respecto a su antecesor, LANDSAT-7, con sus funciones mejoradas para monitorizar la calidad del agua y nubes atmosféricas altas. Copyright Geocento 2012-2015.

*Este satélite contiene dos sensores: Sensor operacional de imágenes de tierra (OLI) y un sensor Infrarrojos Térmico (TIRS).*

**OLI:**

*Está formado por 9 bandas espectrales que van desde lo visible pasando por los infrarrojos hasta el espectro de radiación de bajas ondas. Con las imágenes de resolución espaciales, que oscilan entre los 15 y los 30m LANDSAT-8 proporciona imágenes de satélite de calidad que podrían demostrar los diferentes usos que se le podría dar a la tierra desde el espacio.*

**TIRS:**

*Está compuesto por dos bandas espectrales, las cuales detectan infrarrojos térmicos, una herramienta imprescindible para medir la temperatura de la superficie de la Tierra.*

## **IMÁGENES DE SATÉLITE**

La imagen de satélite consiste en un conjunto de matrices, una por cada canal del sensor, en la que aparecen números del 0 al 255. El cero indica que no llega nada de radiación desde ese punto y el 255 que llega el valor más alto de radiación. Estos valores se denominan niveles digitales y será necesario transformarlos en algún tipo de variable física. La transformación suele ser a través de una ecuación lineal cuyos parámetros se suministran junto con la imagen Paco (2003).

Al mismo tiempo, este tipo de imagen es posible de ser aplicado a distintas disciplinas, como la oceanografía, la meteorología, la hidrografía, la física y la ecología UNR, (2009)

Paco (2003), comenta que para la interpretación de las imágenes de satélites los programas más acertados serían los de análisis de imagen para el tratamiento visual y los Sistemas de Información Geografía para el análisis numérico y su combinación con otro tipo de información espacial.

Actualmente la imagen satelital constituye una tecnología indispensable para la población y el conocimiento científico debido a las múltiples aplicaciones que ofrece y la diversidad de información que se obtiene con ella, tales como:

- ❖ Medio ambiente (detección de incendios, sequías e inundaciones).
- ❖ Agricultura (índices de vegetación, pasturas, estimación de cosechas).
- ❖ Urbano (obtención de datos que constaten el crecimiento urbano, la detección de bolsones de pobreza, demografía urbana, vías de comunicación).

#### **Clasificación de imágenes de satélites:**

La clasificación de imágenes digitales consiste en categorizar una imagen multibanda. “La imagen multibanda se convierte en otra imagen, del mismo tamaño y características de las originales, con la importante diferencia de que el Nivel Digital (ND) que define cada píxel no tienen relación con la radiancia detectada por el sensor, sino que se trata de una etiqueta que identifica la categoría asignada a ese píxel” (Chuvieco, 1996).

La clasificación de imágenes se ha dividido en dos grupos:

- ❖ Clasificación no supervisada
- ❖ Clasificación supervisada

### **Clasificación no supervisada**

Este método de clasificación de imágenes se basa en la definición de clases espectrales que están presentes en la imagen. Este método no implica un conocimiento previo de la zona de estudio (Chuvienco, 1996).

En esta técnica, se asume que los ND de la imagen forma una serie de agrupaciones (también llamados clusters) con un comportamiento homogéneo según sea el caso, por lo tanto, deberían definir clases temáticas de interés.

### **Clasificación supervisada**

La clasificación de imágenes supervisada parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajos de campos (Chuvienco, 1996).

Este conocimiento previo de la zona permite que el intérprete pueda delimitar en la imagen áreas representativas en cada una de las categorías que constituyen la leyenda (Chuvienco, 1996).

Estas áreas o campos de entrenamiento se denominan (Training fields), este término indica que tales áreas sirven para “Entrenar” al programa de clasificación en el reconocimiento de las distintas categorías o clases. En otras palabras, a partir de las

áreas el ordenador calcula los ND que definen cada una de las clases, para luego asignar el resto de los píxeles de la imagen a una de esas categorías en función de sus ND (Chuvieco, 1996).

## **CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA**

La corrección atmosférica es un proceso que se aplica a las imágenes digitales, con el propósito de eliminar el efecto de los aerosoles y la radiancia intrínseca que se introduce en el sensor y se ve reflejado en la imagen, como producto de la interacción del sensor con la atmósfera. Con el proceso de corrección atmosférica se logra mejorar la calidad visual de la imagen; así como, eliminar el componente intrusivo de la atmósfera. Disponible <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.2-53.2>

Según López (1991), es necesario aplicar el proceso de corrección atmosférica cuando se realizan cálculos; o bien, correlaciones donde intervienen diferentes bandas de una imagen multispectral, ya que la dispersión aumenta inversamente con la longitud de onda y los diferentes canales se verán afectados de un modo diferente; asimismo, cuando se utilizan modelos físicos para relacionar la radiancia en el sensor con alguna propiedad de la superficie, debe entonces estimarse y descontarse la componente atmosférica presente en la señal del sensor.

Debido a las distorsiones topográficas, atmosféricas y de otros tipos, es recomendable transformar incluso los valores de radiancia sobre la atmósfera a valores de reflectividad sobre el terreno con objeto de obtener resultados más precisos y consistentes. Los valores de reflectividad sobre el terreno dependen exclusivamente de las condiciones del mismo. El proceso de corrección se ha hecho utilizando el modelo digital del terreno, de acuerdo a la siguiente ecuación 1:

$$P\lambda = \frac{(M\rho * Q_{cal} + A\rho)}{\text{Sin}(\Theta_{se})}$$

Ecuación 1

DONDE

**$P\lambda$**  = Es el valor reflectancia planetaria o en el techo de la atmosfera TOA, con corrección por ángulo solar.

**$M\rho$**  = Es el factor multiplicativo de escalado específico por banda obtenido del metadato (REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, donde x es el número de la banda).

**$A\rho$**  = Es el factor aditivo de escalado específico por banda obtenido del metadato (REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, donde x es el número de la banda).

**Sin  $\Theta_{se}$**  = Es el ángulo de elevación solar. El ángulo de elevación solar del centro de la escena es provisto en el metadato de la imagen (SUN\_ELEVATION).

**$Q_{cal}$**  = Es el producto estándar cuantificado y calibrado para valores de pixel

## SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Según el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2008), el SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente así capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

Según Humboldt (2008), los SIG surgieron como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

El desarrollo de los SIG ha consistido en integrar conocimientos e innovaciones de campos tan diversos como los sistemas de información, la geografía, la cartografía, la fotogrametría, la percepción remota, la geodesia, la estadística, la informática, así también de áreas tan diversas como las ciencias sociales y naturales (Bautista, Delfin, & Palacio, 2004)

### **Beneficios de los Sistemas de Información Geográfica**

De acuerdo con Humboldt (2008), los Sistemas de Información Geográfica poseen los siguientes beneficios:

- ✓ Realizar un gran número de manipulaciones, sobresaliendo las superposiciones de mapas en corto tiempo, transformaciones de escala, la representación gráfica y la gestión de bases de datos, así como su administración y mantenimiento.
- ✓ Consultar rápidamente las bases de datos, tanto espacial como alfanumérica, almacenadas en el sistema, con información exacta, actualizada y centralizada.
- ✓ Realizar pruebas analíticas, complejas, rápidas y repetir modelos conceptuales en despliegue espacial, sin la necesidad de repetir actividades redundantes o tediosas.
- ✓ Minimización de costos de operación e incremento de la productividad.
- ✓ Ayuda en la toma de decisiones con el fin de focalizar esfuerzos y realizar inversiones más efectivas.
- ✓ Comparar eficazmente los datos espaciales a través del tiempo (análisis temporal).
- ✓ Efectuar algunos análisis, de forma rápida que hechos manualmente resultarían largos y molestos.

Entre los software de Sistemas de Información Geográfica se hace referencia al *Grass Gis*, el cual será objeto de esta investigación ya que posee características favorables porque se maneja tanto en software privados como libres en los que se destacan el *Launch GRASS GIS 7.2.0* el cual es el más estable, teniendo mayor versatilidad al momento de manejar la información que se genere.

## **ÍNDICE DE VEGETACIÓN**

Es un parámetro calculado a partir de los valores de reflectividad a distintas longitudes de onda y que pretende extraer la información relacionada con la vegetación minimizando la influencia de otros factores externos como las propiedades ópticas del suelo, la irradiación solar etc. Sobrino, (2000).

Según Jackson et al (1983) citado por Sobrino (2000) opina que el índice de vegetación ideal ha sido descrito como: "Aquel particularmente sensible a la cubierta vegetal insensible al brillo y color del suelo y poco afectado por las perturbaciones atmosféricas, los factores medioambientales y la geometría de iluminación y de observación".

Los índices de vegetación son medidas cuantitativas, basadas en los valores digitales, que tienden a medir la biomasa o vigor vegetal. Usualmente el índice de vegetación es una combinación de las bandas espectrales, siendo el producto de varios valores espectrales que son sumados, divididos, o multiplicados en una forma diseñada para producir un simple valor que indique la cantidad o vigor de vegetación dentro de un píxel. Permittiéndonos estimar y evaluar el estado de salud de la vegetación, en base a la medición de la radiación que las plantas emiten o reflejan.

A partir de las imágenes de satélite se calculan los índices de vegetación, haciendo una relación entre la reflectancia del infrarrojo cercano y la reflectancia del rojo del visible, debido a la clorofila de las hojas. Su función es permitir la evaluación del mayor o menor vigor de la vegetación y proporciona una identificación más visual al realizar una clasificación supervisada o no supervisada, ya que se mantiene la imagen en su máxima nitidez (Baldi et al, 2008; citado en Arenas & Nieto, 2015)

Índices de vegetación que se realizaron en este proyecto:

1. Índice de Vegetación Diferencial (DVI).
2. Índice de Vegetación Porcentaje Infrarrojo (IPVI).
3. Índice Visible Atmosféricamente Resistente (VARI).
4. Radio Simple (RS).

### **Índice de Vegetación Diferencial (DVI)**

Índice de Vegetación de Diferencia (DVI) también es sugerido por Richardson y Wiegand (1977) como un algoritmo para el cálculo del índice de vegetación más fácil. La particularidad del DVI es que pesa la banda infrarroja cercana por la pendiente de la línea del suelo. Este índice se basa en la distancia Se escribe:

Ecuación.№2

$$\mathbf{DVI = NIR - RED}$$

Dónde:

**NIR** = reflectancia en la banda nirchan infrarroja cercana

**RED** = reflectancia en la banda roja visible

De manera similar al PVI, con el DVI, un valor de cero indica suelo desnudo, los valores menores que cero indican agua y aquellos mayores que cero indican vegetación.

- **Índice de Vegetación Porcentaje Infrarrojo (IPVI)**

Índice de Vegetación Porcentaje Infrarrojo (IPVI): Crippen (1990) reconoció que la sustracción de radiación roja en el numerador de NDVI era irrelevante, y formuló el índice de vegetación porcentual del infrarrojo

Ecuación №3

$$\text{IPVI} = \frac{\text{NIR}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

**NIR:** valores de píxel de la banda del infrarrojo cercano

**RED:** valores de píxel de la Banda del rojo.

**Índice Visible Atmosféricamente Resistente (VARI):**

El Índice de resistencia atmosféricamente visible (VARI) está diseñado para resaltar la vegetación en la parte visible del espectro, a la vez que mitiga las diferencias en la iluminación y los efectos atmosféricos. Resulta idóneo para las imágenes RGB o en color; utiliza las tres bandas de color. Gitelson (2002).

Ecuación №4

$$\text{VARI} = \frac{(\text{GREEN} - \text{RED})}{(\text{GREEN} + \text{RED}) - \text{BLUE}}$$

- GREEN = valores de píxel de la banda verde
- RED = valores de píxel de la banda roja
- BLUE = valores de píxel de la banda azul

### **Radio Simple (RS)**

El Índice de Vegetación de Cociente (RATIO) fue propuesto por Rouse y colaboradores (1974) para separar la vegetación verde del suelo de fondo usando las imágenes del LANDSAT MSS. El índice RATIO se produce simplemente dividiendo los valores de reflectancia contenidos en la banda infrarroja cercana por aquellos contenidos en la banda roja, es decir:

Ecuación №5

$$\mathbf{RATIO = \frac{NIR}{RED}}$$

**NIR:** valores de píxel de la banda del infrarrojo cercano

**RED:** valores de píxel de la Banda del rojo.

## MARCO METODOLÓGICO

### UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca hidrográfica del río Aragua, del estado Anzoátegui, se ubica en la zona occidental de dicho estado, limitando por el oeste con el estado Miranda. Latitud Norte:  $10^{\circ} 01'' 51'$  y  $64^{\circ} 38'' 18'$  Longitud Oeste:  $10^{\circ} 05'' 50'$  y  $64^{\circ} 39'' 30'$  con 304.667 hectáreas, la cuenca posee una altitud mínima de -32768 m.s.n.m. y máxima de 2401 m.s.n.m según Gonzales 2012. La siguiente figura muestra el nacimiento y la desembocadura del río, donde puede observarse como tributarios principales los ríos Carpiricual y Querecual, entre otros.



**Figura 2.1. Río Aragua visualizado en el software MapSource.**

### LA INVESTIGACIÓN SE DESARROLLÓ MEDIANTE EL CUMPLIMIENTO DE CUATRO FASES

- 1-Fase de recolección de información preliminar.
- 2-Fase procesamiento cartográfico de datos.
- 3-Fase de análisis estadístico.
- 4-Fase discusión de resultados y elaboración de conclusiones.

A continuación se describen en detalle cada una de las fases

### **Recolección de información preliminar**

Consistió en la adquisición de los datos: las imágenes de satélite que se usaron para discriminar el vigor de la vegetación. Este material, considerado como material espectral fue descargado de varios portales web especialmente diseñados para tal fin. Se trabajó con imágenes de la familia de satélites Landsat. Existen actualmente tres tipos de imágenes: aquellas derivadas del satélite Landsat 5, identificadas como imágenes TM (Mapa Temático) y las imágenes de mayor resolución: ETM (Mapa Temático Mejorado) e imágenes del satélite Landsat 8, Todos los datos de Landsat están disponibles para su descarga gratuita y sin restricciones para los usuarios del programa Earth Explorer del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) en las direcciones: [http: // .usgs.gov](http://.usgs.gov), [http: // GloVisglovis.USGS.gov](http:// GloVisglovis.USGS.gov), o <http:// landsatlook.usgs.gov>.

Para obtener las imágenes fue necesario tener una cuenta en Earth Explorer una vez confirmado el correo enviaron un reporte de confirmación y listo se seleccionó el archivo más pesado para la descarga después de pasar por una serie de pasos como lo explica González 2012.

El siguiente **Cuadro 2.2** muestra de donde fue obtenida las imágenes dependiendo su disposición satelital desde el año 1989-2017

**Cuadro 2.1. Identificación de las descargas de escenas por satélites**

LANSAD.4-5 TM	LANSAD 7 TM	LANSAD 8 ETM
1986 -12-28		
1987 -03-02		
1989 -11-02	1999-07-01	
1990- 12-31	2000-06-25	2014-08-03
1991 -11-24	2002-05-06	2015-09-23
1992-10-01	2003-03-06	2016-12-14
1996-09-18		2017-01-15
1997-10-07		
1998-03-16		

Otro de los materiales que se empleó en esta investigación es el modelo digital de elevación de la zona de estudio. Igualmente está disponible para descarga sin restricciones de costos en los portales anteriormente señalados. Se le conoce como material SRTM (Modelo Topográfico de Radar Aerotransportado). Se empleó para delimitar el área de la cuenca.

### **Procesamiento cartográfico y espectral de datos**

La mayor parte de la presente investigación se desarrolló en ambiente de sistema de información geográfico (SIG) utilizando el software GRASS-GIS. Para el uso de este fue necesaria la creación de un área de trabajo, que en el ámbito del SIG es conocida como la creación de la Location.

Este procedimiento fue desarrollado como lo exponen Hernández (2010) y Pisani (2010). Una vez creada la Location se importó al área de trabajo el conjunto de imágenes descargadas en la fase de recolección de información preliminar, así como todos los segmentos SRTM necesarios para delimitar la cuenca hidrográfica.

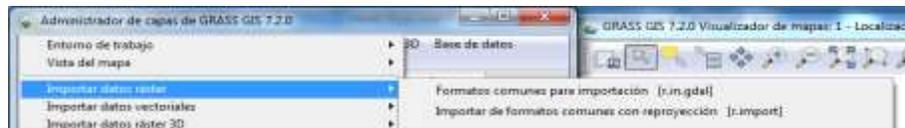
La siguiente imagen de captura muestra el módulo del *Gras Gis 7.2.0* donde fue creada mi locación de trabajo y procesamiento de imágenes y fue llamada *RIO\_ARAGUA*, además un directorio de mapas de GRASS llamado *MAPAS\_RIO\_ARAGUA*.



**Figura 2.2. Modulo *Gras Gis 7.2.0***

### **Importación de mapas al software Grass**

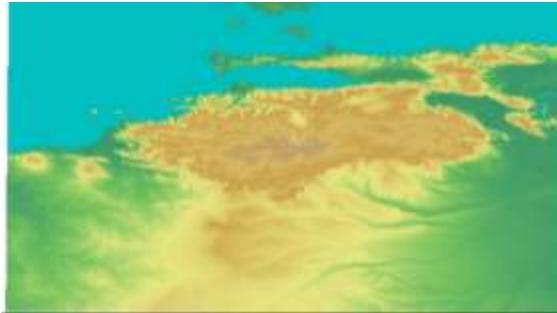
Luego de crear el directorio se exporto la imagen *SRTM\_002/053* siguiendo el modulo *administrador de capas—importar mapa raster—datos---formatos comunes para importación*, se selecciona el archivo de la imagen *RSTM 053* como se muestra en la siguiente imagen.



**Figura 2.3. Modulo *r.in.gdad***

Al archivo importado se le cambio el color que adopta por defecto dando clic derecho sobre el archivo *srtm* en el Administrador de Capas de GRASS GIS (*GRASS GIS Layer Manager*) y seleccionando la opción (*establecer tabla de color*) la cual da paso al módulo *r.colors*, en el cual en su segunda pestaña (*Colors*) se selecciona el

color srtm. La imagen siguiente muestra el modulo *r.colors* de GRASS. Donde se muestra con claridad el modelo de elevación de la zona donde se ubica la cuenca del rio Aragua.



**Figura 2.4. Nivel digital de elevación de la cuenca del rio Aragua.**

- **Delimitación de la cuenca**

Posteriormente se utilizó el modulo *r.watershed* de GRASS al cual se accede mediante la secuencia *Raster---modelo hidrológico ---análisis de cuenca hidrológica Watershed*, con el cual generamos un mapa de cuencas, las cuales varían en tamaño según el “umbral” en este caso fue de 20000, para terminar el siguiendo el módulo *raster---cambiar valores de categoría y etiqueta---reclasificar r.reclass---* y se le da valores al mapa raster- luego al formar el área de trabajo se procedió a formar una máscara en el módulo *raster-mascar*.



**Figura 2.5. Modulo *r.watershed***

- **Creación de la máscara:**

A continuación se creó una máscara utilizando el modulo *r.mask* de GRASS al cual se accede mediante la secuencia de comandos *Raster---Mask* en el administrador de Capas de Grass, para la cual se utilizó el archivo *cuena\_aragua* con un humbral de 20000. Se puede visualizar con claridad el mapa, luego de una serie de pasos tal como lo explica González 2012.

La imagen a continuación muestra una captura de pantalla del módulo *r.mask* de GRASS.



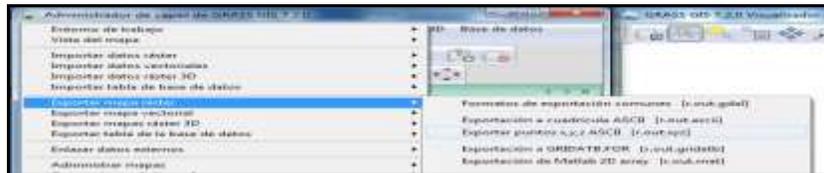
**Figura 2.6. modelo digital de elevación**

Luego que se obtuvo la cuenca delimitada se procedió a importar todas las bandas para la creación de los mapas de acuerdo a cada índice que se calculó.

### **Exportación de datos en forma xyz**

Cada uno de los mapas generados, fueron exportado en formato texto de la forma xyz usando el comando de exportación disponible en *GRASS-GIS –Archivo-exportar mapa raster—exportar puntos x,y,z ASCII (r.outxyz)* que luego fueron importado por el programa estadístico R para el cálculo de los índices de Vegetacion

y la realización de los análisis estadísticos para realizar su posterior proceso estadístico el modulo a seguir se muestra en la siguiente imagen:



**Figura 2.7. exportación de mapas *GRASS GIS*.**

### **Corrección atmosférica**

Debido a las distorsiones topográficas, atmosféricas y de otros tipos, es recomendable transformar incluso los valores de radiancia sobre la atmósfera a valores de reflectividad sobre el terreno con objeto de obtener resultados más precisos y consistentes. Los valores de reflectividad sobre el terreno dependen exclusivamente de las condiciones del mismo.

El proceso de corrección se ha hecho utilizando la ecuación 1, esta fue empleada en el código R para el previo cálculo de índices de Vegetación también se realizaron en el GRAS

### **Clasificación de la cobertura de suelo**

Como última parte de la fase de Análisis Cartográfico y Espectral de datos se condujo la clasificación de cobertura de suelo presente en la cuenca del río Aragua, a fin de usar este material en la evaluación de la capacidad de describir el vigor de la vegetación de los índices evaluados. Esta fase dio a determinar el objetivo №2 del presente trabajo.

La clasificación de imágenes de satélites se realiza a través de dos métodos conocidos como:

Clasificación no supervisada

Clasificación supervisada

### **Método de clasificación no supervisada**

Se utilizó el método de clasificación no supervisada, dado que solo se necesita obtener una agrupación de elementos presentes sobre la superficie terrestre en función de sus particulares características espectrales. Luego, revisando imágenes de satélite se definen áreas de tipos de cobertura conocidas: vegetación, suelo desnudo, agua e infraestructura (vialidad y urbanismos) y se asocian a las clases agrupadas en la fase de clasificación no supervisada.

Para el desarrollo de esta fase de la investigación se utilizó el material espectral ya procesado con la corrección atmosférica señalada en la sección anterior. Se organizaron los grupos de bandas de acuerdo con las fechas de adquisición por parte del satélite, en orden cronológico desde las más antiguas hasta las más nuevas. Para cada fecha de adquisición se creó una LOCATION en GRASS cuyo nombre se asociaron a la fecha. En cada LOCATION se creó el correspondiente MAPSET.

El procedimiento consistió en los pasos siguientes:

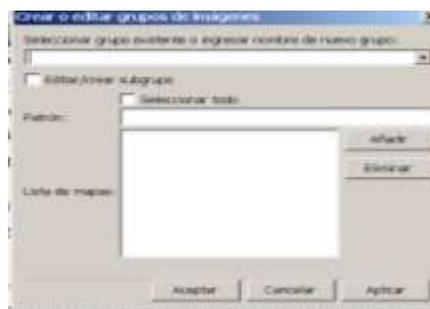
- 1.- Creación de un “*Grupo de imagen*”,
- 2.- Creación de la “*signatura espectral*”, y
- 3.- Clasificación no supervisada usando el método de máxima probabilidad.

A continuación se describen algunos detalles de cada uno de estos pasos realizados.

### Creación del “Grupo de imagen”

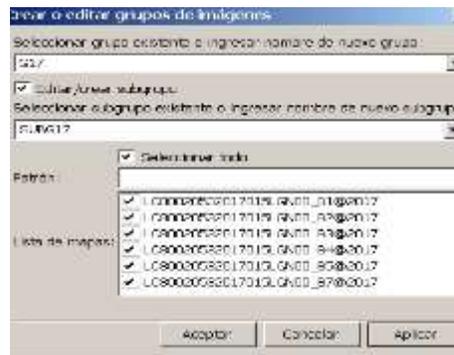
Para cada MAPSET se creó un “*Grupo de imagen*” que incluyó las bandas 1, 2, 3, 4, 5 y 7, tanto del sensor TM, del sensor ETM+ y del sensor OLI, previamente corregidas. La creación del “*Grupo de imagen*” implicó la creación de un “*SubGrupo*”. Esta operación se hizo utilizando los módulos que para procesamiento digital de imágenes de satélite dispone el programa GRASS. El “*Grupo de imagen*” y el “*SubGrupo*” se crearon, para cada MAPSET con el módulo *i.group*, al cual se accede desde la ventana de *Administrador de Capas* con la secuencia de comandos: *Imágenes \ Crear imágenes y grupos \ Crear / Editar grupo*

Luego de aplicar la secuencia de comandos desde el *Administrador de Capas* el sistema arrojó la ventana que maneja el módulo *i.group*, la cual se muestra en la figura 2.8



**Figura 2.8. Módulo *i.group* de GRASS.**

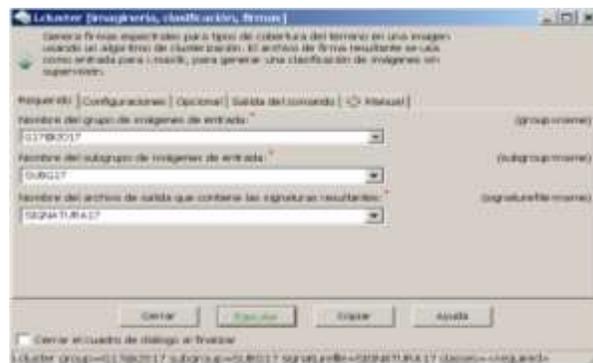
En los espacios que para tal fin reserva el módulo *i.group* se indicaron: el nombre del grupo, el nombre del subgrupo, y los nombres de cada banda que forma una escena, luego de lo cual se ejecutó el módulo para obtener el grupo deseado.



**Figura 2.9.** Organización de datos para creación de “Grupo” y “Subgrupo”

### Creación del archivo con *Signatura espectral*

A efecto de abordar la *clasificación no supervisada* el paso siguiente a la creación de un “*Grupo de imagen*” es la generación de un archivo que contiene la *Signatura Espectral* del grupo de bandas contenidas en el “*Grupo de imagen*” del paso anterior, para identificar los tipos de cobertura espacial, usando un algoritmo de agrupamiento. Esta operación se realizó en GRASS corriendo el módulo *i.cluster*, al cual se tiene acceso desde la ventana *Administrador de Capas* aplicando la siguiente secuencia de comandos: *Imágenes / clasificar imagen / Entrada de agrupaciones para clasificación no supervisada*. Da acceso al módulo “*i.cluster*” se muestra en la **figura 13**:



**Figura 2.10.** Módulo *i.cluster* de GRASS

Para agregar el nombre del grupo y del subgrupo en el módulo *i.cluster* se accedió al mismo desde la lista desplegable. Para la creación de la signatura espectral debe indicarse en este módulo el número de clases. En esta investigación se pidió la creación de cinco clases, a fin de clasificarlas como: vegetación, suelo desnudo, agua, nubes e infraestructura. Este tipo de clasificación no permite definir qué hay en cada clase, por lo que la asociación de las clases con la realidad se hará usando imágenes de satélite de alta resolución disponibles online.

El archivo resultante, se identificó con el nombre *SIGNATURA17*, y fue el usado como “entrada” para correr el módulo *i.maxlik* con el que se ejecutó la última fase de la clasificación *no supervisada*.

### **Clasificación de Signatura Espectral**

El proceso de clasificación no supervisada continuó con la fase de clasificación del archivo de *Signatura Espectral* obtenido anteriormente. Para esta investigación se usó una herramienta disponible en GRASS que se fundamenta en la aplicación del método de máxima probabilidad, desarrollado con el módulo *i.maxlik*.

A esta ventana de control del módulo se accede desde el *Administrador de capas* aplicando la secuencia de comandos: *Imágenes / Clasificar de imagen / Clasificación de máxima similitud (MLC)*.

En la **figura 2.11** se muestra las variables señaladas anteriormente que forman parte de la información que solicita el módulo *i.maxlik* para el desarrollo de esta fase en el proceso de clasificación no supervisada.



Figura 2.11. Módulo *i.maxlik* de GRASS.

- **Determinación de la capacidad de descripción de la evolución del vigor de vegetación**

Esta fase me ayudo a desarrollar el objetivo №4 de la presente investigación utilizando las funciones de programación disponibles en lenguaje R se desarrolló un algoritmo que permitió evaluar el grado de correlación existente entre cada índice de vegetación para cada escena y los resultados obtenidos del proceso de clasificación no supervisada, asociados a una interpretación visual de cada escena desarrollada sobre los mapas que muestren una composición cartográfica en color natural.

El objetivo del algoritmo fue identificar cual índice de vegetación representa de manera más exacta, en asociación con el comportamiento multitemporal de las clases de agrupamiento, el cambio en el vigor de la vegetación del área estudiada.

Para generar este código lo primero fue consultar la clasificación no supervisada e identificar que numero fue asignado a la clase vegetación. Esto se hizo consultando qué partes mostraban vegetación en la composición cartográfica en color verdadero y posteriormente se consultó esa área en la Clasificación no Supervisada usando el *Query raster/vector map(s)* del Display de GRASS para así determinar que clase le fue asignada.

Una vez identificada la clase de interés (Clase 2 para dos de las escenas y 3 para las otras dos) se procedió a exportar los archivos de la clasificación no supervisada para cada fecha desde GRASS empleando el modulo *r.out.xyz*, los mismos fueron ubicados en la misma carpeta donde se encuentran los archivos de los índices de vegetación.

Posteriormente se construyó un código en lenguaje R el cual tenía como objetivo encontrar similitudes entre los índices de vegetación y la clasificación no supervisada para cada fecha. El código se muestra y se explica a continuación, el mismo se creó empleando el programa Tinn-R.

```
DVI<-read.table("1DVI2014.txt", header=T)
names(DVI)=c("ND")
attach(DVI)
CLASIFICADO<-read.table("clasif14.txt", header=T)
names(CLASIFICADO)=c("este", "norte", "clase")
attach(CLASIFICADO)
##Las siguientes líneas convierten los archivos importados a Matriz.
MATRIZ_DVI<-as.matrix(ND)
MATRIZ_CLASIFICADO<-as.matrix(clase)
comparacion<-matrix(nrow=nrow(MATRIZ_DVI),ncol=1)
resultado_comparacion=
matrix(nrow=nrow(MATRIZ_CLASIFICADO),ncol=1)
##reclasificación del índice:
for (i in 1:length(MATRIZ_DVI))
{if (MATRIZ_DVI[i]>= 0.2) {
MATRIZ_DVI[i] = 2;}else {MATRIZ_DVI[i] =MATRIZ_DVI[i];
}}for (i in 1:length(MATRIZ_DVI))
```

```

{resultado_comparacion[i]<-MATRIZ_DVI[i] - MATRIZ_CLASIFICADO[i] ;
if (resultado_comparacion[i]==0)
{resultado_comparacion[i] = 1;}
else {resultado_comparacion[i]=0;}}
Coincidencia= (sum(resultado_comparacion)*100)/(length(ND))
Coincidencia

```

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### Estadística Descriptiva

Se consultó para cada índice de vegetación DVI, IPVI, SR, VARI para las diecisiete escenas (17) los valores máximos, mínimos, media aritmética, la varianza y la desviación estándar consultando el resumen del Programa R. Esto consistió en crear una carpeta donde se exporto las bandas originales que se encontraban en GRAS en este caso las bandas Red(1), Blue(2), Green(3), Nir4) de las escenas obtenidas del landsat 5-7 y las del landsat 8 bandas red(2), blue(3), green(4), Nir(5), de acuerdo a la fórmula de cada índice de vegetación.

La carpeta fue llamada DATOS\_R allí se encuentran todas las bandas necesarias para calcular los índices de vegetación. Luego se direcciona R a esa carpeta para realizar el resumen numérico de cada índice, como se muestra a continuación.

```

setwd("C:/Users/mari/Desktop/DATOS_R/1986")

b1=read.table("b1original.txt")
b2=read.table("b2original.txt")
b3=read.table("b3original.txt")

```

```

b4=read.table("b4original.txt")
names(b1)=c("eb1","nb1","ndb1")
names(b2)=c("eb1","nb1","ndb2")
names(b3)=c("eb1","nb1","ndb3")
names(b4)=c("eb1","nb1","ndb4")
attach(b1)
attach(b2)
attach(b3)
attach(b4)

###transformación de nd a valores de radiancia
b1_rad=RADIANCE_MULT_BAND_1*ndb1+RADIANCE_ADD_BAND_1
b1_reflec=(REFLECTANCE_MULT_BAND_1*b1_rad +
REFLECTANCE_ADD_BAND_1)/sin(SUN_ELEVATION*pi/180)
b2_rad=RADIANCE_MULT_BAND_2*ndb2+RADIANCE_ADD_BAND_2
b2_reflec=(REFLECTANCE_MULT_BAND_2*b2_rad +
REFLECTANCE_ADD_BAND_2)/sin(SUN_ELEVATION*pi/180)
#
b3_rad=RADIANCE_MULT_BAND_3*ndb3+RADIANCE_ADD_BAND_3
b3_reflec=(REFLECTANCE_MULT_BAND_3*b3_rad+REFLECTANCE_A
DD_BAND_3)/sin(SUN_ELEVATION*pi/180)
#
b4_rad=RADIANCE_MULT_BAND_4*ndb4+RADIANCE_ADD_BAND_4
b4_reflec=(REFLECTANCE_MULT_BAND_4*b4_rad +
REFLECTANCE_ADD_BAND_4)/sin(SUN_ELEVATION*pi/180)

##evaluación valores de reflectividad
##el rango debe ser de 0.00 a 1.00 máximo
range(b1_reflec)
range(b2_reflec)

```

```

range(b3_reflec)
range(b4_reflec)
##EXPORTACIÓN DE LAS BANDAS CORREGIDAS AL GRASS
**blue_ref=cbind(eb1,nb1,b1_reflec)
write.table(blue_ref,file="blue_ref.txt",col.names=F,row.names=F)
**green_ref=cbind(eb1,nb1,b2_reflec)
write.table(green_ref,file="green_ref.txt",col.names=F,row.names=F)
**red_ref=cbind(eb1,nb1,b3_reflec)
write.table(red_ref,file="red_ref.txt",col.names=F,row.names=F)
**nir_ref=cbind(eb1,nb1,b4_reflec)
write.table(nir_ref,file="nir_ref.txt",col.names=F,row.names=F)
##RENOMBRAR LAS BANDAS SEGÚN LAS FÓRMULAS
nir=b4_reflec
red=b3_reflec
green=b2_reflec
blue=b1_reflec
####CÁLCULO DE LOS INDICES DE VEGETACIÓN####
DVI=nir-red
IPVI=nir/(nir+red)
SR=nir/red
VARI=(green-red)/(green+red-blue)
#####EVALUACIÓN GRÁFICA#####
par(mfrow=c(2,2))
hist(DVI), hist(IPVI),hist(SR),hist(VARI)
####EXPORTACIÓN DE ÍNDICES
write.table(DVI,file="DVI1986.txt",row.names=F,col.names=F)
write.table(IPVI,file="IPVI1986.txt",row.names=F,col.names=F)
write.table(SR,file="SRI1986.txt",row.names=F,col.names=F)

```

```

write.table(VARI,file="VARI1986.txt",row.names=F,col.names=F)
resumen=cbind(summary(DVI),summary(IPVI),
summary(SR),summary(VARI))
resumen=data.frame(resumen)
names(resumen)=c("DVI", "IPVI", "SR", "VARI") resumen

```

### **Estadística Inferencial**

Luego de calcular todos los índices de vegetación sobre las bandas previamente corregidas por el método de Reflectividad, se desarrolló una prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) con el propósito de identificar la existencia de diferencias estadísticamente significativa entre los diferentes índices calculados. Se pretende con esto confirmar la hipótesis nula de igualdad de medias. Para este diseño de experimento la Unidad Experimental es la cuenca del río Aragua, los tratamientos son los Índices de Vegetación (DVI, IPVI, SR y VARI), las repeticiones el número de escenas. Se trabajó con diecisiete (17) escenas, que corresponden a fechas diferentes cada tratamiento fue repetido diecisiete veces.

### **Código en el software r para la ejecución del análisis estadístico de datos:**

```
setwd("C:/Users/mari/Desktop/todos")
```

```

dvi_1986=read.table("DVI1986.txt")
dvi_1989=read.table("DVI1989.txt")
dvi_1990=read.table("DVI1990.txt")
dvi_1991=read.table("DVI1991.txt")
dvi_1992=read.table("DVI1992.txt")
dvi_1996=read.table("DVI1996.txt")
dvi_1997=read.table("DVI1997.txt")
dvi_1998=read.table("DVI1998.txt")
dvi_1999=read.table("DVI1999.txt")
dvi_2000=read.table("DVI2000.txt")
dvi_2002=read.table("DVI2002.txt")

dvi_1987=read.table("DVI1987.txt")
dvi_2003=read.table("DVI2003.txt")
dvi_2014=read.table("DVI2014.txt")
dvi_2015=read.table("DVI2015.txt")
dvi_2016=read.table("DVI2016.txt")
dvi_2017=read.table("DVI2017.txt")
ipvi_1986=read.table("IPVI1986.txt")
ipvi_1987=read.table("IPVI1987.txt")
ipvi_1989=read.table("IPVI1989.txt")
ipvi_1990=read.table("IPVI1990.txt")
ipvi_1991=read.table("IPVI1991.txt")

```

```

ipvi_1992=read.table("IPVI1992.txt")
ipvi_1997=read.table("IPVI1997.txt")
ipvi_1998=read.table("IPVI1998.txt")
ipvi_1999=read.table("IPVI1999.txt")
ipvi_2000=read.table("IPVI2000.txt")
ipvi_2002=read.table("IPVI2002.txt")
ipvi_2003=read.table("IPVI2003.txt")
ipvi_2014=read.table("IPVI2014.txt")
ipvi_2015=read.table("IPVI2015.txt")
sr_1986=read.table("SRI1986.txt")
sr_1987=read.table("SRI1987.txt")
sr_1989=read.table("SRI1989.txt")
sr_1990=read.table("SRI1990.txt")
sr_1991=read.table("SRI1991.txt")
sr_1992=read.table("SRI1992.txt")
sr_1996=read.table("SRI1996.txt")
sr_1997=read.table("SRI1997.txt")
sr_1998=read.table("SRI1998.txt")
sr_1999=read.table("SRI1999.txt")
sr_2000=read.table("SRI2000.txt")
sr_2002=read.table("SRI2002.txt")
sr_2003=read.table("SRI2003.txt")
sr_2014=read.table("SRI2014.txt")
sr_2015=read.table("SRI2015.txt")
sr_2016=read.table("SRI2016.txt")
sr_2017=read.table("SRI2017.txt")

ipvi_1996=read.table("IPVI1996.txt")
ipvi_2016=read.table("IPVI2016.txt")
ipvi_2017=read.table("IPVI2017.txt")
sr_1986=read.table("SRI1986.txt")
sr_1987=read.table("SRI1987.txt")
sr_1989=read.table("SRI1989.txt")
sr_1990=read.table("SRI1990.txt")
sr_1991=read.table("SRI1991.txt")
sr_1992=read.table("SRI1992.txt")
vari_1986=read.table("VARI1986.txt")
vari_1987=read.table("VARI1987.txt")
vari_1989=read.table("VARI1989.txt")
vari_1989=read.table("VARI1989.txt")
vari_1989=read.table("VARI1989.txt")
vari_1990=read.table("VARI1990.txt")
vari_1991=read.table("VARI1991.txt")
vari_1992=read.table("VARI1992.txt")
vari_1996=read.table("VARI1996.txt")
vari_1997=read.table("VARI1997.txt")
vari_1998=read.table("VARI1998.txt")
vari_1999=read.table("VARI1999.txt")
vari_2000=read.table("VARI2000.txt")
vari_2002=read.table("VARI2002.txt")
vari_2003=read.table("VARI2003.txt")
vari_2014=read.table("VARI2014.txt")
vari_2015=read.table("VARI2015.txt")
vari_2016=read.table("VARI2016.txt")
vari_2017=read.table("VARI2017.txt")

```

#### ##NOMBRES DE LAS COLUMNAS PARA CADA ARCHIVO

```

names(dvi_1986)=c("ivd86")
names(dvi_1987)<-c("ivd87")
names(dvi_1989)<-c("ivd89")
names(dvi_1990)<-c("ivd90")
names(dvi_1991)<-c("ivd91")
names(dvi_1992)<-c("ivd92")
names(dvi_1996)<-c("ivd96")
names(dvi_1997)<-c("ivd97")
names(dvi_1998)<-c("ivd98")
names(dvi_1999)<-c("ivd99")
names(dvi_2000)<-c("ivd00")
names(dvi_2002)<-c("ivd02")

names(dvi_2003)<-c("ivd03")
names(dvi_2014)<-c("ivd14")
names(dvi_2015)<-c("ivd15")
names(dvi_2016)<-c("ivd16")
names(dvi_2017)<-c("ivd17")
names(ipvi_1986)<-c("ipvi86")
names(ipvi_1987)<-c("ipvi87")
names(ipvi_1989)<-c("ipvi89")
names(ipvi_1990)<-c("ipvi90")
names(ipvi_1991)<-c("ipvi91")
names(ipvi_1992)<-c("ipvi92")
names(ipvi_1996)<-c("ipvi96")

```

```

names(ipvi_1997)<-c("ipvi97")
names(ipvi_1998)<-c("ipvi98")
names(ipvi_1999)<-c("ipvi99")
names(ipvi_2000)<-c("ipvi00")
names(ipvi_2003)=c("ipvi03")
  names(ipvi_2002)<-c("ipvi02")
names(ipvi_2014)<-c("ipvi14")
  names(ipvi_2015)<-c("ipvi15")
  names(ipvi_2016)<-c("ipvi16")
names(ipvi_2017)<-c("ipvi17")
names(sr_1986)<-c("sr86")
names(sr_1987)<-c("sr87")
names(sr_1989)<-c("sr89")
names(sr_1990)<-c("sr90")
names(sr_1991)<-c("sr91")
names(sr_1992)<-c("sr92")
names(sr_1996)<-c("sr96")
names(sr_1997)<-c("sr97")
names(sr_1998)<-c("sr98")
names(sr_1999)<-c("sr99")
names(sr_2000)<-c("sr00")
names(sr_2002)<-c("sr02")
names(sr_2003)<-c("sr03")
names(sr_2014)<-c("sr14")
names(sr_2015)<-c("sr15")
names(sr_2016)<-c("sr16")
names(sr_2017)<-c("sr17")
names(vari_1986)<-c("vari86")
names(vari_1987)<-c("vari87")
names(vari_1989)<-c("vari89")
names(vari_1990)<-c("vari90")
names(vari_1991)<-c("vari91")
names(vari_1992)<-c("vari92")
names(vari_1996)<-c("vari96")
names(vari_1997)<-c("vari97")
names(vari_1998)<-c("vari98")
names(vari_1999)<-c("vari99")
names(vari_2000)<-c("vari00")
names(vari_2002)<-c("vari02")
names(vari_2003)<-c("vari03")
names(vari_2014)<-c("vari14")
names(vari_2015)<-c("vari15")
names(vari_2016)<-c("vari16")

```

```

names(vari_2017)<-c("vari17")
#####3
  attach(dvi_1986)
  attach(dvi_1987)
  attach(dvi_1989)
  attach(dvi_1990)
  attach(dvi_1991)
  attach(dvi_1992)
  attach(dvi_1996)
  attach(dvi_1997)
  attach(dvi_1998)
  attach(dvi_1999)
  attach(dvi_2000)
  attach(dvi_2002)
  attach(dvi_2003)
  attach(dvi_2014)
  attach(dvi_2015)
  attach(dvi_2016)
  attach(dvi_2017)
  attach(ipvi_1986)
  attach(ipvi_1987)
  attach(ipvi_1989)
  attach(ipvi_1990)
  attach(ipvi_1991)
  attach(ipvi_1992)
  attach(ipvi_1996)
  attach(ipvi_1997)
  attach(ipvi_1998)
  attach(ipvi_1999)
  attach(ipvi_2000)
  attach(ipvi_2002)
  attach(ipvi_2003)
  attach(ipvi_2014)
  attach(ipvi_2015)
  attach(ipvi_2016)
  attach(ipvi_2017)
  attach(sr_1986)
  attach(sr_1987)
  attach(sr_1989)
  attach(sr_1990)
  attach(sr_1991)
  attach(sr_1992)
  attach(sr_1996)

```

```

attach(sr_1997)
attach(sr_1998)
attach(sr_1999)
attach(sr_2000)
attach(sr_2002)
attach(sr_2014)
attach(sr_2015)
attach(sr_2016)
attach(sr_2017)
attach(vari_1986)
attach(vari_1987)
attach(vari_1989)
attach(vari_1990)

attach(vari_1991)
attach(vari_1992)
attach(vari_1996)
attach(vari_1997)
attach(vari_1998)
attach(vari_1999)
attach(vari_2000)
attach(vari_2002)
attach(vari_2003)
attach(vari_2014)
attach(vari_2015)
attach(vari_2016)
attach(vari_2017)

```

Luego se calculó todas las medias para cada año de la siguiente manera en cada índice de Vegetación:

```

dvi=c(mean(ivd86),mean(ivd87),mean(ivd89),mean(ivd90),mean(ivd91),mean(
ivd92),mean(ivd96),mean(ivd97),mean(ivd98),mean(ivd99),mean(ivd00),mean(ivd02
),mean(ivd03), mean(ivd14), mean(ivd15), mean(ivd16), mean(ivd17))

```

```

ipvi=c(mean(ipvi86),mean(ipvi87),mean(ipvi89),mean(ipvi90),mean(ipvi91),m
ean(ipvi92),mean(ipvi96),mean(ipvi97),mean(ipvi98),mean(ipvi99),mean(ipvi00),me
an(ipvi02), mean(ipvi03), mean(ipvi14), mean(ipvi15), mean(ipvi16),mean(ipvi17))

```

```

sr=c(mean(sr86),mean(sr87),mean(sr89),mean(sr90),mean(sr91),mean(sr92),m
ean(sr96),mean(sr97),mean(sr98),mean(sr99),mean(sr00),mean(sr02),mean(sr03),me
an(sr14), mean(sr15), mean(sr16), mean(sr17))

```

```

vari=c(mean(vari86),mean(vari87),mean(vari89),mean(vari90),mean(vari91),m
ean(vari92),mean(vari96),mean(vari97),mean(vari98),mean(vari99),mean(vari00),me
an(vari02),mean(vari03),mean(vari14),mean(vari15),mean(vari16),mean(vari17))

```

```

ivi=c(dvi,ipvi,sr,vari)
t_dvi=rep("dvi",17)
t_ipvi=rep("ipvi",17)
t_sr=rep("sr",17)
t_vari=rep("vari",17)

tratamientos=c(t_dvi,t_ipvi,t_sr,t_vari)
tratamientos=as.factor(tratamientos)
anava=aov(ivi~tratamientos)
summary(anava)

```

Luego de realizar el código para el cálculo del análisis de varianza se realizó lo siguiente: cálculo de las desviaciones estándares para cada año con los cuatros (4)

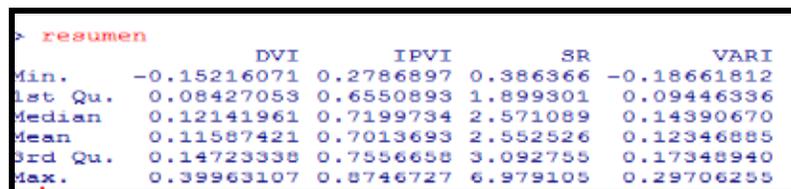
índices calculados. Ya que el resultado arrojado por este fue altamente significativo  
Se construyó un código de programación en R como lo explica González 2012.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para dar respuesta al objetivo N° 1.1 de esta investigación se muestran a continuación los resultados de los índices de Vegetación Diferencial DVI, Porcentaje Infrarrojo IPVI, Simple Ratio SR, Atmosféricamente resistente VARI, en la cuenca del río Aragua.

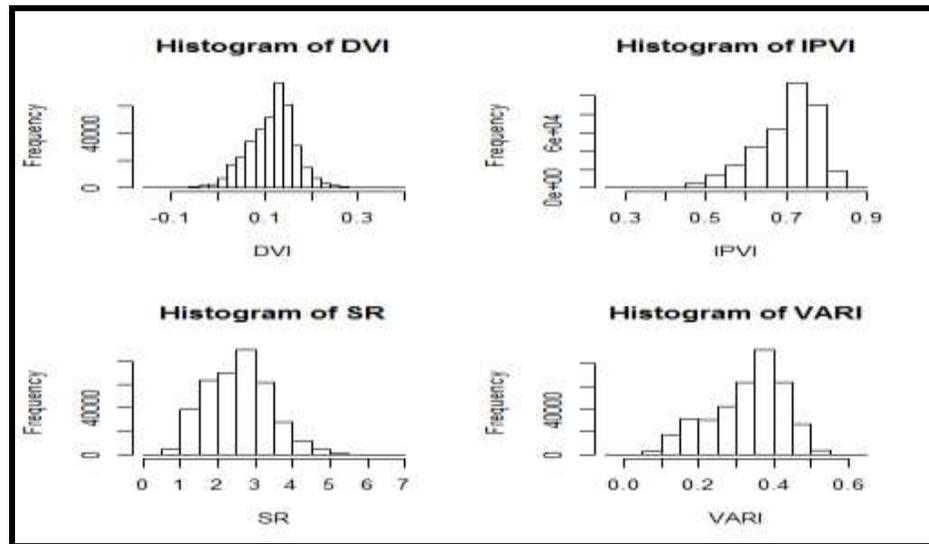
De acuerdo con Sobrino (2000) los valores negativos representan áreas con características de suelo desnudo, roca, agua y/o nubosidad; por otra parte los valores positivos representan la vegetación considerando los iguales o superiores a 0.5 como vegetación vigorosa, densa o fotosintéticamente activa y según esta información nos basamos para analizar los resultados de los índices calculados.

En la cuenca del río Aragua para el año 1986: Lo que se muestra en la **figura 4.1** quiere decir que los índices que muestran vigor de vegetación es el IPVI y SR, con valores mayores a 0,5. Por otro lado el índice DVI y VARI muestran vegetación no vigorosa con un mínimo valor de -0,15, el VARI con un valor -0,18 indicando que existen partes de la cuenca con suelo desnudo. Sin embargo todos los índices me indican que existe Vegetación en la cuenca y sus diferencias relevantes las podemos ver en la **figura 4.2**



```
> resumen
      DVI      IPVI      SR      VARI
Min.  -0.15216071  0.2786897  0.386366  -0.18661812
1st Qu.  0.08427053  0.6550893  1.899301  0.09446336
Median  0.12141961  0.7199734  2.571089  0.14390670
Mean    0.11587421  0.7013693  2.552526  0.12346885
3rd Qu.  0.14723338  0.7556658  3.092755  0.17348940
Max.    0.39963107  0.8746727  6.979105  0.29706255
```

**Figura 4.1. Resumen De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1986**

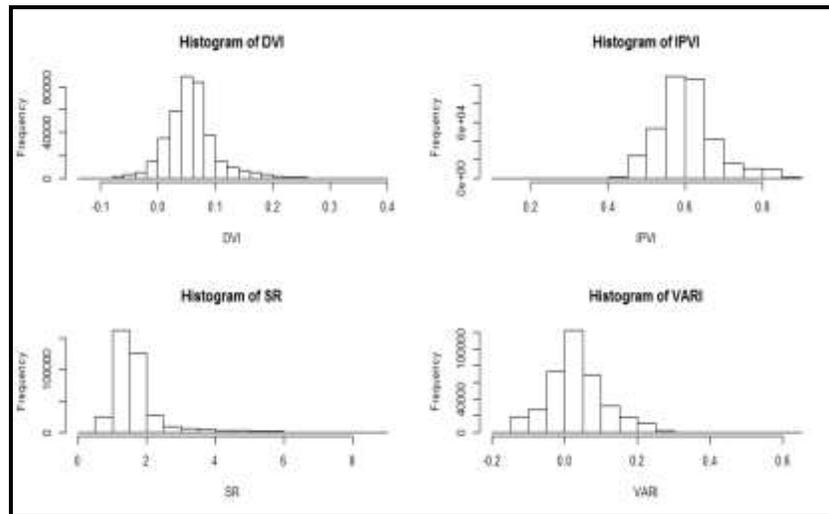


**Figura 4.2. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1986**

En la cuenca del río Aragua para el año 1987 los índices arrojaron resultados positivos en cuanto a buena condición de la vegetación presente en el año 1987, con un porcentaje muy bajo a suelos desnudos el menor valor fue en el DVI de -0,13 y un máximo de 0.13 como lo muestra la **figura 4.3**. Resultando el IPVI el que muestra los valores esperados entre los rangos de igual forma lo podemos apreciar en el histograma **figura 4.4**.

```
> resumen
      DVI      IPVI      SR      VARI
Min. -0.13605042 0.1143931 0.1291691 -0.17798213
1st Qu. 0.03358750 0.5593456 1.2693520 -0.01376517
Median 0.05552230 0.5993740 1.4960936 0.03013853
Mean 0.05794144 0.6061932 1.6770221 0.03419438
3rd Qu. 0.07666994 0.6415468 1.7897645 0.07676949
Max. 0.38736264 0.8973745 8.7441638 0.63288254
```

**Figura 4.3. Resumen De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1987**

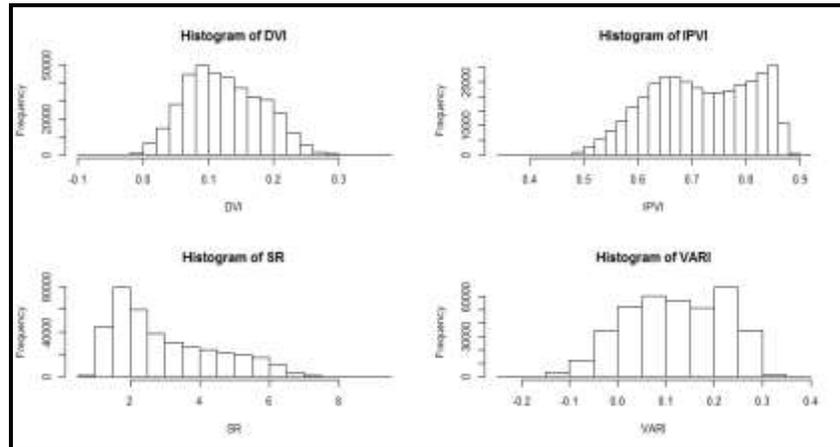


**Figura 4.4. Histograma del Índice De Vegetacion Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1987**

En la cuenca del río Aragua para el año 1989 los resultados fueron satisfactorios para el IPVI con un mínimo de 0.35 para Vegetacion y máximo de 0,9 Vegetacion vigorosa fotosintéticamente activa igual que SR un mínimo de 0.54 y máximo de 9.02 sin embargo el VARI y el DVI muestran valores que me indican que existen áreas en la cuenca que presentan suelos desnudos y Vegetacion no vigorosa como se muestra en la **figura 4.5**. Igualmente de manera más explícita se muestra el histograma en la **figura 4.6**

```
> resumen
      DVI      IPVI      SR      VARI
Min. -0.08606331 0.3533194 0.5463584 -0.21119085
1st Qu. 0.07959521 0.6432665 1.8032133 0.03866463
Median 0.11934703 0.7171306 2.5352003 0.12147078
Mean 0.12382738 0.7175307 3.0054106 0.11919324
3rd Qu. 0.16650639 0.8014302 4.0360134 0.20741818
Max. 0.36647986 0.9002780 9.0278772 0.38759718
```

**Figura 4.5. Resumen De Vegetacion Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1989**

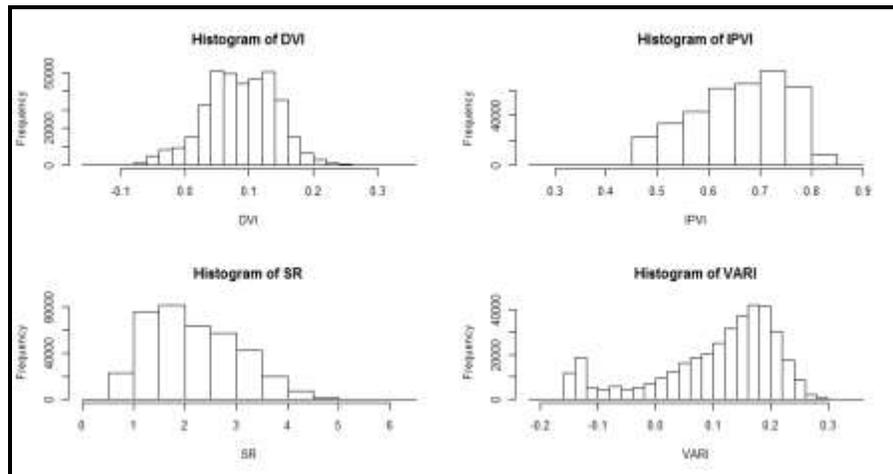


**Figura 4.6. Histograma del Índice De Vegetacion Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1989**

En la cuenca del río Aragua para el año 1990 se puede señalar que la cuenca al transcurrir los años ha mostrado vegetación no vigorosa con un valor mínimo de -0.14 en el DVI y un máximo de 0,34 el IPVI y SR siguen mostrando sus valores dentro del rango esperado indicándome que la cuenca presenta Vegetacion vigorosa el resumen lo podemos ver a continuación en la **figura 4.7** y más detalladamente con los **histogramas 4.8**:

```
> resumen
      DVI      IPVI      SR      VARI
Min.  -0.14048921  0.2754567  0.3801797 -0.20326493
1st Qu.  0.04940193  0.5943040  1.4648997  0.05431409
Median  0.08674772  0.6707202  2.0369311  0.13212561
Mean    0.08646798  0.6603364  2.1658548  0.10399561
3rd Qu.  0.12742858  0.7372031  2.8052201  0.18311914
Max.    0.34310082  0.8647378  6.3930497  0.34655950
```

**Figura 4.7. Resumen Índice De Vegetacion Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1990**



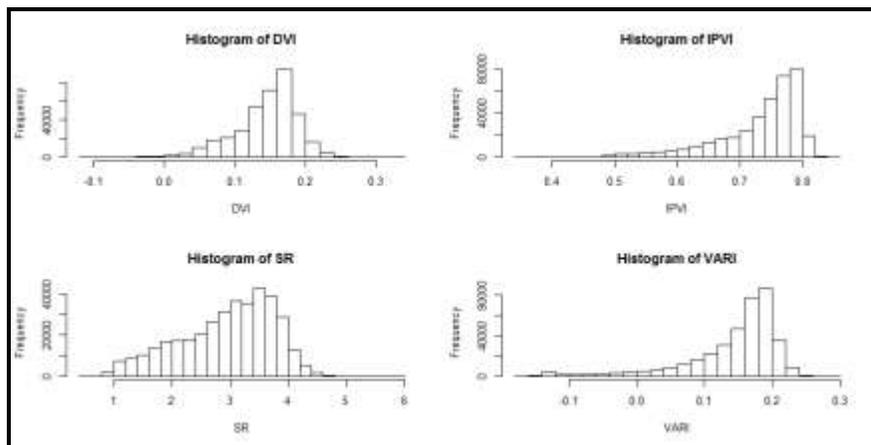
**Figura 4.8. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1990**

En la cuenca del río Aragua para el año 1991 se obtuvo un valor positivo en cuanto a vigor vegetal en la cuenca el IPVI con un mínimo de 0,35 y máximo de 0,85 mostrando el SR Vegetación fotosintéticamente activa sin embargo el DVI con un mínimo de -0,16 en el VARI cabe señalar que arrojó un valor máximo de 0,29 para el VARI, mostrando completamente valores positivos para Vegetación no vigorosa y suelo desnudo. El resumen lo tenemos en la siguiente **figura 4.9** y con más detalle en el histograma **figura 4.10**

```
> resumen
```

	DVI	IPVI	SR	VARI
Min.	-0.1074564	0.3573078	0.5559549	-0.1602855
1st Qu.	0.1240547	0.7058743	2.3999067	0.1242710
Median	0.1540922	0.7560306	3.0988742	0.1680197
Mean	0.1455904	0.7335289	2.9479180	0.1451449
3rd Qu.	0.1743930	0.7815856	3.5784527	0.1910461
Max.	0.3382972	0.8563087	5.9593640	0.2819612

**Figura 4.9. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1991**



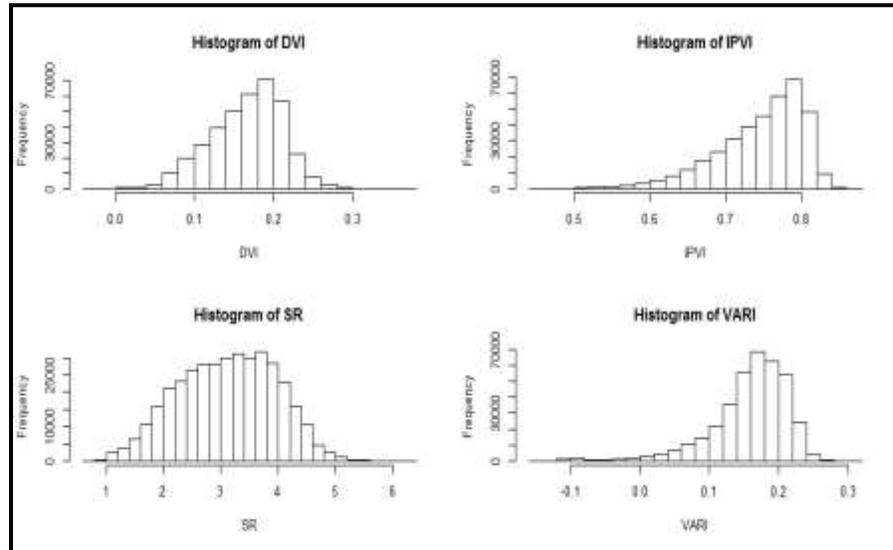
**Figura 4.10. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1991**

En la cuenca del río Aragua para el año 1992 el valor mínimo fue el del DVI con un  $-0,03$  y un máximo de  $0,37$  cabe señalar que este índice se comportó parecido al VARI con respecto a los resultado mostrando Vegetacion no vigorosa, sin embargo el IPVI y SR muestran buena calidad y salud en la vegetación para este año. Resumen en la **figura 4.11** El mismo resumen numérico se puede observar claramente en forma de histogramas en **la figura 4.12**

```
> resumen
```

	DVI	IPVI	SR	VARI
Min.	-0.03949597	0.4412116	0.7895862	-0.1451714
1st Qu.	0.13627649	0.7129787	2.4840626	0.1345051
Median	0.17272790	0.7588880	3.1474508	0.1673734
Mean	0.16633794	0.7451878	3.1104880	0.1575349
3rd Qu.	0.19896435	0.7896947	3.7549920	0.1960547
Max.	0.37401267	0.8615733	6.2240410	0.3091997

**Figura 4.11. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1992**



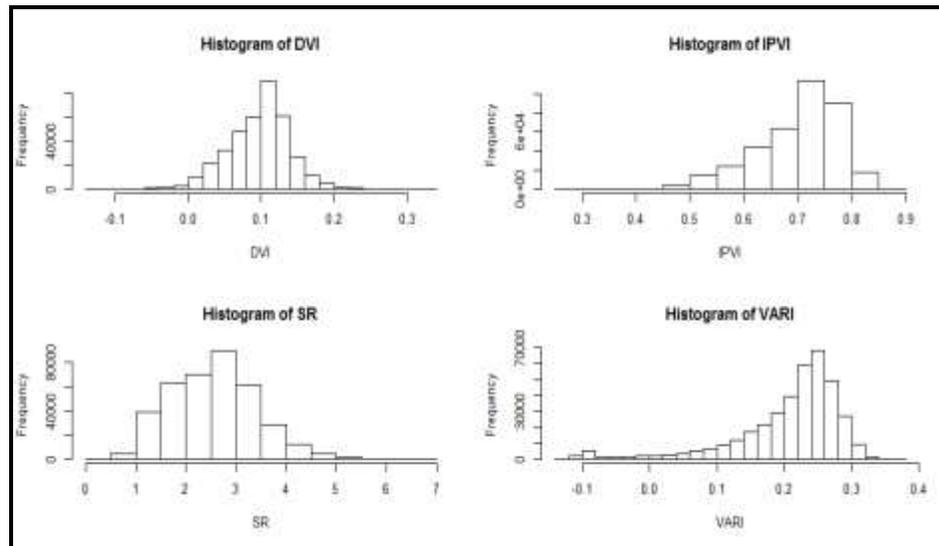
**Figura 4.12. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1992**

En la cuenca del río Aragua para el año 1996 es importante acotar que el DVI Y VARI arrojaron resultados similares en cuanto al mínimo con un -0,12 para ambos y máximo de 0,33 y 0,37 mostrando Vegetacion no vigorosa en este año, evaluando IPVI Y SR me sigue mostrando buena salud con vegetación vigorosa. Se muestra en la **Figura 4.13** más detalladamente en el histograma de la **Figura 4.14**

```
> resumen
```

	DVI	IPVI	SR	VARI
Min.	-0.12865323	0.2786894	0.3863652	-0.1228198
1st Qu.	0.07125155	0.6550880	1.8992905	0.1809254
Median	0.10266115	0.7199726	2.5710785	0.2292627
Mean	0.09797250	0.7013685	2.5525155	0.2074156
3rd Qu.	0.12448685	0.7556649	3.0927402	0.2581693
Max.	0.33789202	0.8746721	6.9790705	0.3760120

**Figura 4.13. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1996**



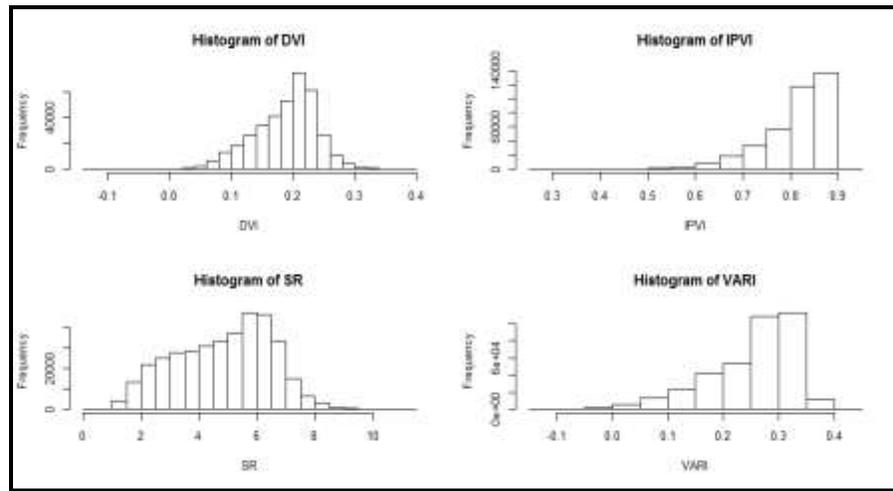
**Figura 4.14. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1996**

En la cuenca del río Aragua para el año 1997 el DVI Y VARI obtuvieron un mínimo de -0,13 mostrando Vegetacion no vigorosa ambos índices en cambio el IPVI y SR muestran un buen estado en la vegetación vigorosa, el resumen lo detallamos mejor en la **figura 4.15** y lo apreciamos mejor en el histograma **figura 4.16**

```
> resumen
```

	DVI	IPVI	SR	VARI
Min.	-0.1337546	0.2784369	0.3858802	-0.1380691
1st Qu.	0.1562555	0.7792638	3.5302947	0.2127920
Median	0.1973928	0.8345194	5.0430037	0.2795561
Mean	0.1882706	0.8108099	4.8307727	0.2541103
3rd Qu.	0.2246753	0.8597607	6.1306669	0.3154407
Max.	0.3942734	0.9175377	11.1267499	0.4464302

**Figura 4.15. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1997**

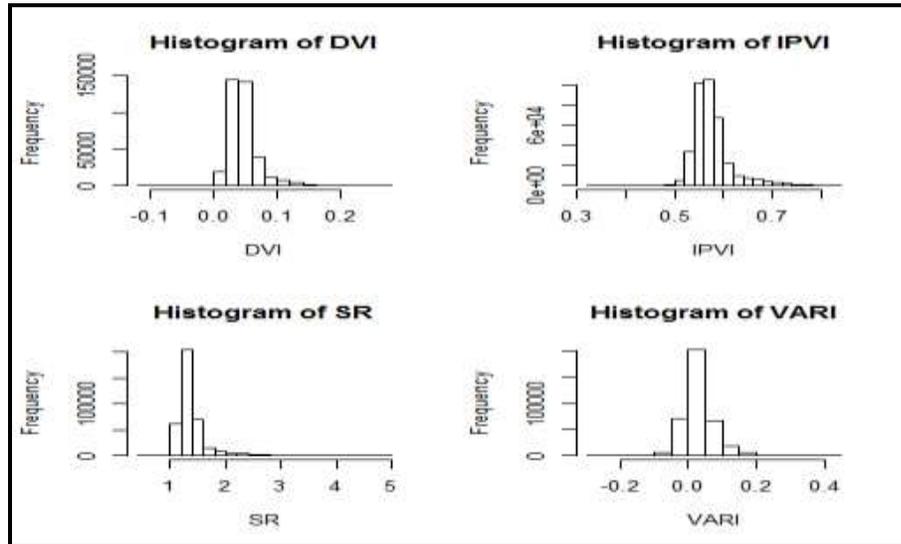


**Figura 4.16. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1997**

En la cuenca del río Aragua para el año 1998 el DVI obtuvo un mínimo de -0,11 y un máximo de 0,27 el VARI con -0,27 en mínimo y máximo de 0,44 mostrando Vegetacion no vigorosa. Recalcando que el IPVI Y SR no muestran ningunos valores negativos demostrando que la cuenca se viene manteniendo con buena salud en vegetación vigorosa. Como muestra en la **figura 4.17** y con su respectivo histograma en la **figura 4.18**.

```
> resumen
      DVI      IPVI      SR      VARI
Min. -0.11490401 0.3268060 0.4854559 -0.27080124
1st Qu. 0.03157575 0.5515738 1.2300214 0.00505777
Median 0.04257641 0.5679661 1.3146334 0.02710977
Mean 0.04702146 0.5754640 1.3827081 0.03177669
3rd Qu. 0.05567502 0.5871865 1.4224014 0.05070958
Max. 0.27996734 0.8313476 4.9293557 0.44630344
> |
```

**Figura 4.17. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1998**

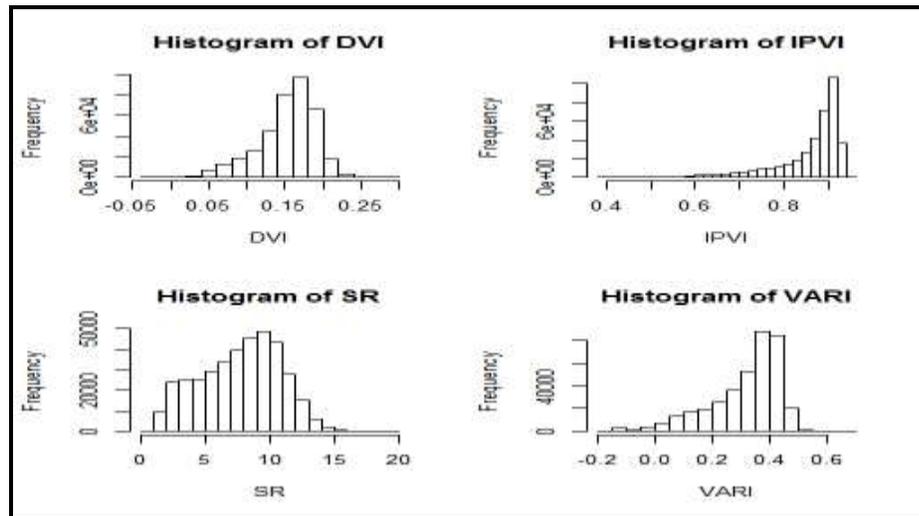


**Figura 4.18. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1998**

En la cuenca del río Aragua para el año 1999 sigue el DVI mostrando el mínimo de -0,02 y un máximo de 0,29 con Vegetacion no vigorosa el IPVI,VARI muestran buena condición de salud. Recalcando que el SR señala el 100% de buena salud en vegetación vigorosa de la cuenca. Como se muestra en la siguiente **Figura 4.19** y más detalladamente en el histograma de la **Figura 4.20**

```
> resumen
      DVI      IPVI      SR      VARI
Min. -0.02805685 0.3911493 0.6424389 -0.1777963
1st Qu. 0.13404856 0.8428819 5.3646381 0.2543213
Median 0.15942111 0.8893398 8.0366766 0.3545086
Mean 0.15272394 0.8633455 7.6952699 0.3170478
3rd Qu. 0.17865879 0.9093055 10.0260254 0.4072013
Max. 0.29695498 0.9502375 19.0954632 0.6649367
> |
```

**Figura 4.19. Resumen Índice De Vegetacion Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1999**

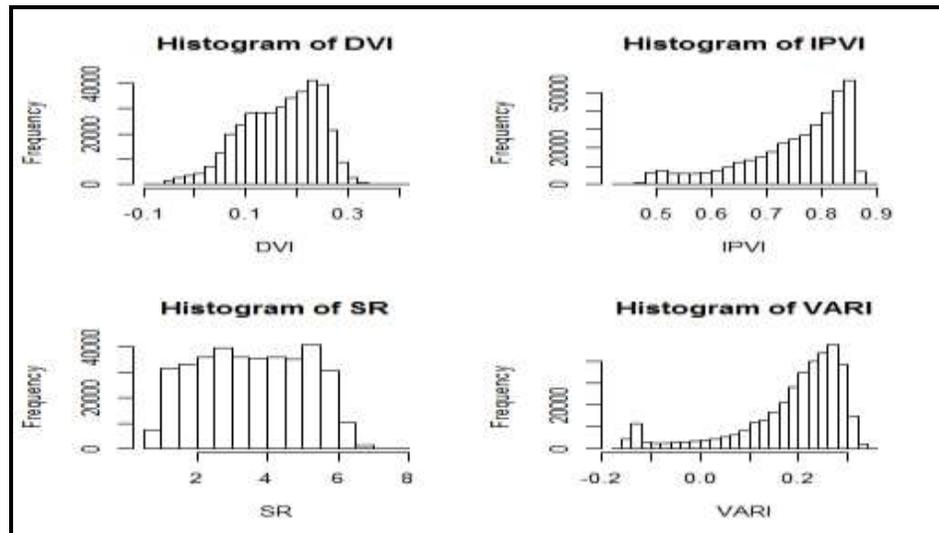


**Figura 4.20. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 1999**

En la cuenca del río Aragua para el año **2000** el DVI arrojó un valor mínimo de -0,08 mostrando suelos sin Vegetación y un máximo de 0.04 señalando que en este año subió el nivel en Vegetación. el VARI con 0.35 observando que la cuenca posee vegetación no vigorosa y por otro lado el IPVI Y SR Vegetación vigorosa al transcurrir los años se muestra más detalles en la **figura 4.21** e histograma **figura 4.22**

```
> resumen
      DVI      IPVI      SR      VARI
Min. -0.08647864 0.4316198 0.7593857 -0.1675278
1st Qu. 0.11398940 0.6970652 2.3010407 0.1484843
Median 0.17927282 0.7801142 3.5478145 0.2199356
Mean 0.16906712 0.7501459 3.5546362 0.1859935
3rd Qu. 0.23112843 0.8294224 4.8624334 0.2639562
Max. 0.41008946 0.8886802 7.9831298 0.3565597
> |
```

**Figura 4.21. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2000**



**Figura 4.22. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial DVI, Porcentaje Infrarrojo IPVI, Simple Ratio SR, Atmosféricamente resistente VARI en la cuenca del río Aragua para el año 2000**

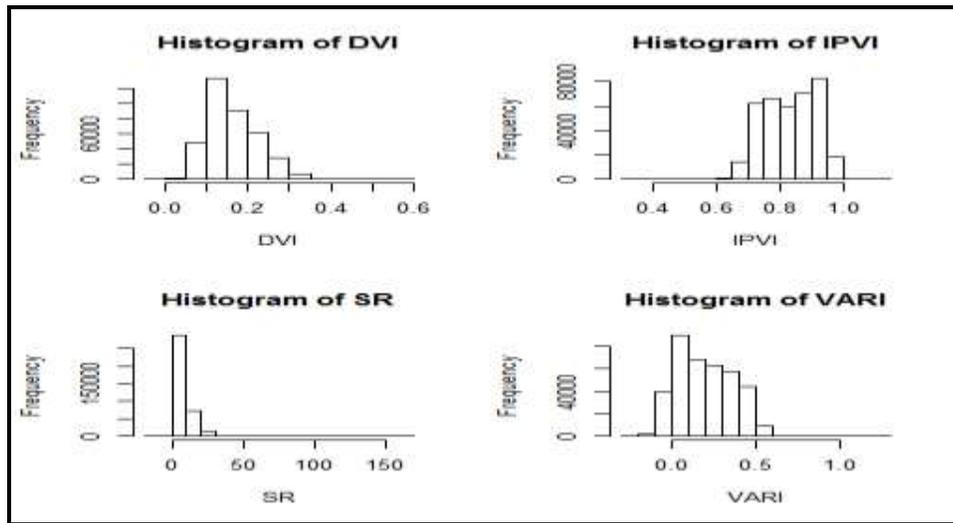
En la cuenca del río Aragua para el año 2002 el DVI con un mínimo de -0,03 y 0,5 en máximo señalando que en este año los valores para Vegetacion vigorosa se manifestó en los cuatro índices calculados, se puede notar que SR se salen de los rangos sin embargo es aceptable ya que es un cociente y ese valor no altera los resultados, también se puede observar que el DVI, SR, VARI mostraron ciertos valores con suelos sin Vegetacion.

```

v resumen
      DVI      IPVI      SR      VARI
Min. -0.03075291 0.3032880 -11.955010 -0.20783735
1st Qu. 0.11264011 0.7617171 3.196692 0.05622687
Median 0.15086683 0.8370053 5.135165 0.17978506
Mean 0.16225165 0.8324686 7.316146 0.19657347
3rd Qu. 0.20271087 0.9047634 9.500162 0.32921893
Max. 0.57743761 1.1150722 160.884613 1.20166856
v |

```

**Figura 4.23. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2002**

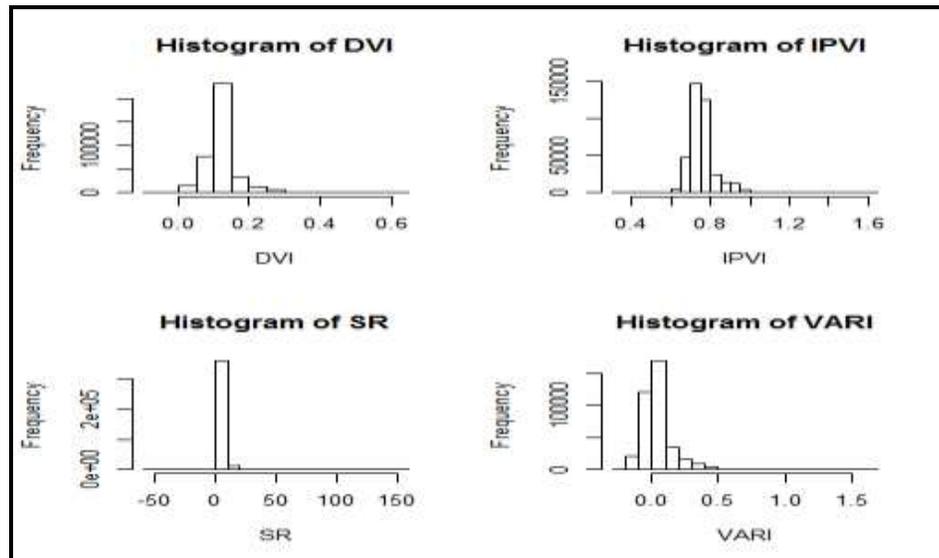


**Figura 4.24. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2002**

En la cuenca del río Aragua para el año 2003: el DVI muestra un mínimo de -0,06 y un máximo de 0.60 al igual que IPVI, SR, VARI, mostraron presencia de vigor de Vegetacion durante este año. También se mostro presencia de suelos desnudos y Vegetacion no vigorosa detalles numéricos en la **figura 4.25** y de manera gráfica en el histograma **figura 4.26**.

```
> resumen
      DVI      IPVI      SR      VARI
Min. -0.06600526 0.3037124 -50.550392 -0.20504749
1st Qu. 0.10078999 0.7200918  2.572600 -0.02399834
Median 0.11621851 0.7471066  2.954235  0.02111092
Mean  0.12256450 0.7536699  3.567694  0.03842903
3rd Qu. 0.13316708 0.7754428  3.453208  0.06973380
Max.  0.60351824 1.6356783 151.812371  1.66673647
> |
```

**Figura 4.25. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2003**

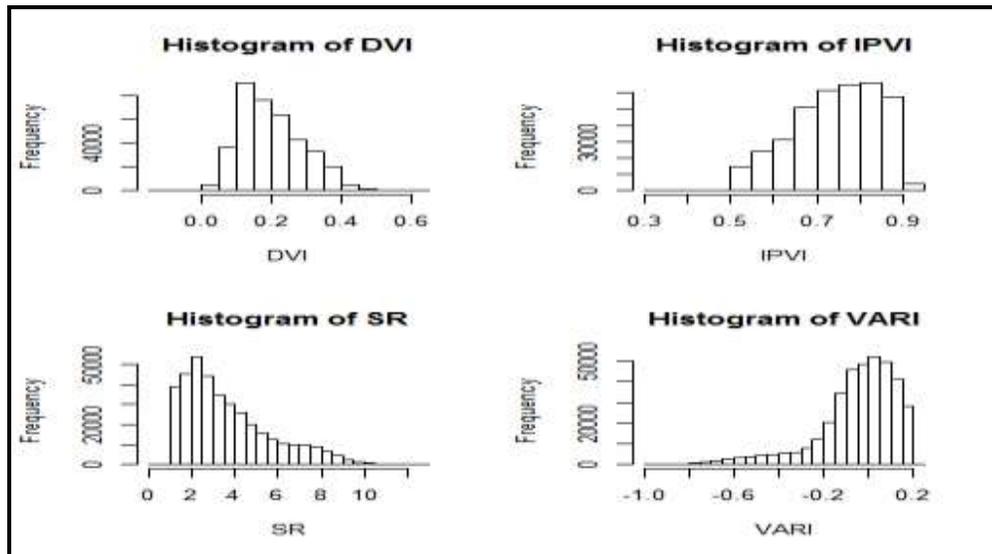


**Figura 4.26. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2003**

Cuenca del río Aragua para el año 2014: El DVI se muestra con un mínimo de -0,11 y el máximo de 0.6 mostrando igual que el IPVI Y SR presencia de vigor de Vegetacion en la cuenca sin embargo el VARI en este año arrojo resultados resaltantes en cuanto a los negativos en mínimo, primer Q, mediana y media con un máximo de 0,21 en Vegetacion no vigorosa como se muestra en el resumen de la **figura 4.27** y en el histograma **figura 4.28**.

```
> resumen
          DVI      IPVI      SR      VARI
Min.    -0.1170611  0.3146188  0.4590421 -0.99241842
1st Qu.  0.1294958  0.6764797  2.0909961 -0.11896321
Median   0.1843612  0.7541692  3.0678386 -0.01593188
Mean     0.1991243  0.7444556  3.6160229 -0.04889691
3rd Qu.  0.2581596  0.8240262  4.6826625  0.07486221
Max.     0.6181349  0.9267131  12.6449977  0.21879326
> |
```

**Figura 4.27. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2014**

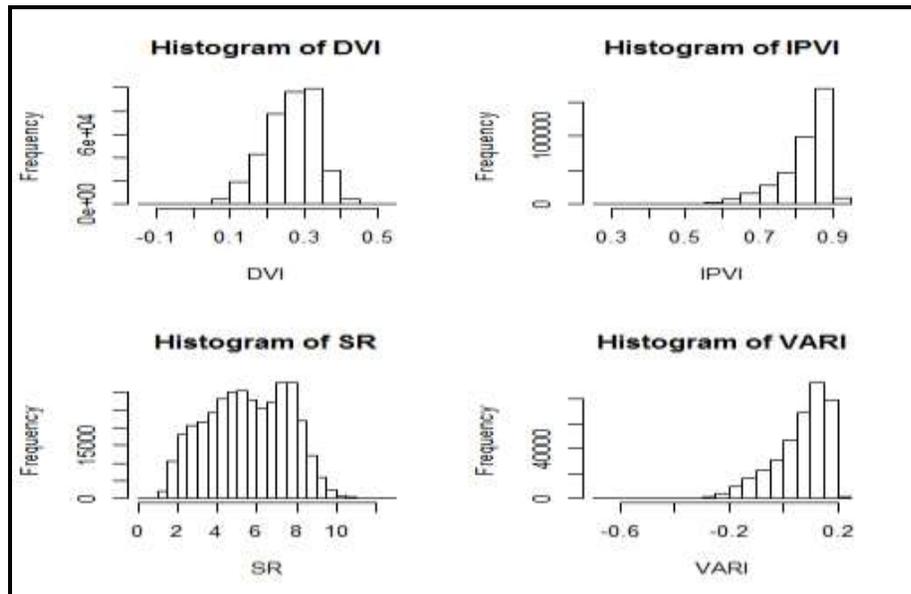


**Figura 4.28. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2014**

En la cuenca del río Aragua para el año 2015 el DVI arrojó un resultado negativo mínimo de -0,11 y observando el IPVI, SR, VARI muestra que la cuenca en este año obtuvo buena salud en vegetación resultados se muestran en la **figura 4.29** y **figura 4.30**

```
> resumen
      DVI      IPVI      SR      VARI
Min. -0.1188751 0.2787611 0.3865031 -0.660334283
1st Qu. 0.2197925 0.7975298 3.9389976 0.009888502
Median 0.2726677 0.8468813 5.5308829 0.090919996
Mean 0.2659970 0.8274763 5.5225954 0.063612401
3rd Qu. 0.3183378 0.8787168 7.2451626 0.144454844
Max. 0.5400812 0.9272599 12.7475728 0.233261363
```

**Figura 4.29. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2015**

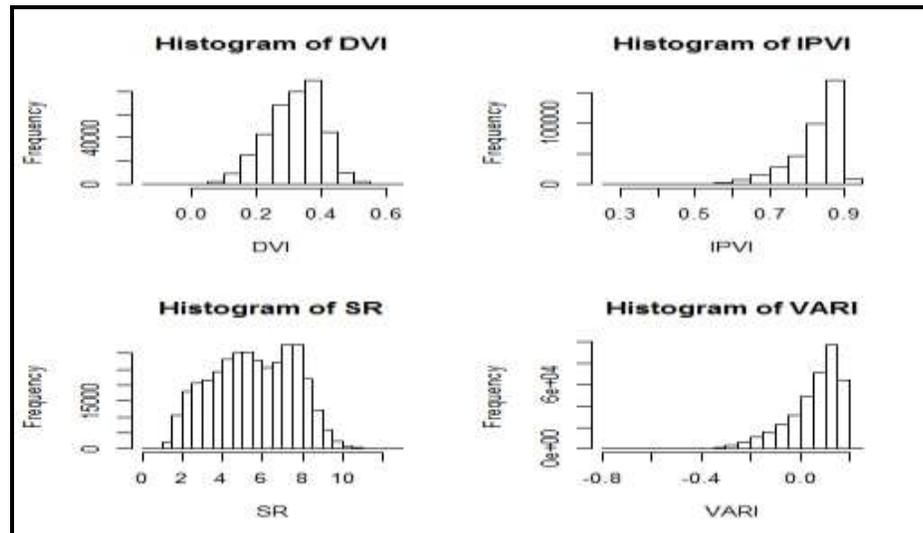


**Figura 4.30. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2015**

Cuenca del río Aragua para el año 2016: el DVI sigue arrojando el mínimo valor negativo en este año con un -0,14 y el VARI con -0,77. Mostrando el IPVI y SR que la cuenca esta en excelente condiciones en cuanto a la vegetación observación en la figura 4.31 y figura 4.32.

	DVI	IPVI	SR	VARI
Min.	-0.1418059	0.2787611	0.3865031	-0.7795653340
1st Qu.	0.2621901	0.7975298	3.9389976	0.0006200406
Median	0.3252649	0.8468813	5.5308829	0.0834201320
Mean	0.3173074	0.8274763	5.5225954	0.0534419637
3rd Qu.	0.3797446	0.8787168	7.2451626	0.1387133072
Max.	0.6442621	0.9272599	12.7475728	0.2129189041

**Figura 4.31. Resumen del Índice De Vegetacion Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2016**



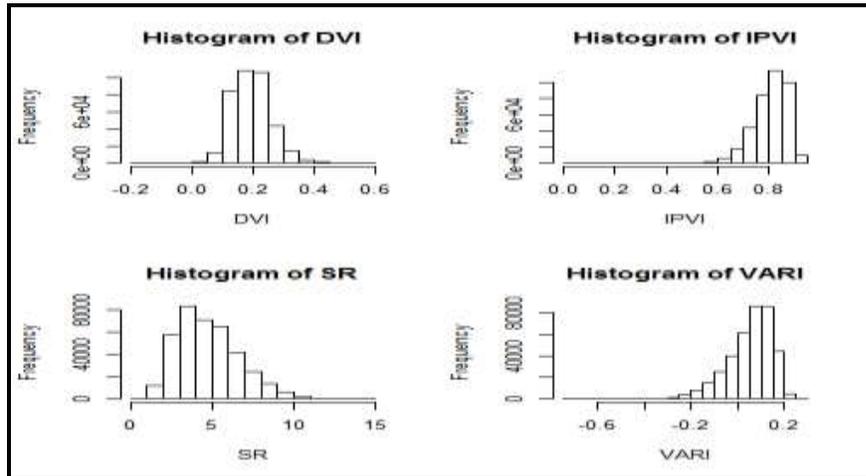
**Figura 4.32. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2016**

Cuenca del río Aragua para el año 2017: observando el siguiente resumen **figura 4.33** y en el histograma **figura 4.34** se puede decir que la cuenca del río Aragua muestra una buena condición en cuanto al vigor de vegetación y según en los cálculos de los índices el DVI muestra el menor valor con un negativo de -0,16 y el VARI con -0,70. IPVI Y SR muestra que la cuenca goza de excelente condición en vegetación.

```
> resumen
```

	DVI	IPVI	SR	VARI
Min.	-0.1609279	0.04625893	0.0485026	-0.7012644397
1st Qu.	0.1480484	0.76730024	3.2973831	0.0007767202
Median	0.1912202	0.81767921	4.4848380	0.0704678191
Mean	0.1939381	0.80629462	4.7368000	0.0535050621
3rd Qu.	0.2324722	0.85508992	5.9008310	0.1214869613
Max.	0.5933401	0.93475295	14.3263625	0.2760306042

**Figura 4.33. Resumen del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2017**



**Figura 4.34. Histograma del Índice De Vegetación Diferencial, Porcentaje Infrarrojo, Simple Ratio, Atmosféricamente resistente en la cuenca del río Aragua para el año 2017**

▪ **Resultados arrojados por el programa R para la prueba de (ANAVA)**

En la **figura 4.35** muestra los valores promedios de cada escena de todos los índices de vegetación calculados en la presente investigación, utilizando el análisis de varianza, que se realizó en el software estadístico R mediante una serie de códigos empleados señala que el resultado arrojado permite concluir que existen diferentes altamente significativas entre los índices a los efectos de conducir una investigación orientada a evaluar el comportamiento Multitemporales del vigor de la vegetación, y en atención al resultado del análisis de la varianza, debe emplearse el índice que muestre la menor variabilidad y así dar respuesta al objetivo N<sup>o</sup>2 de la investigación.

```
> summary(anava)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
tratamientos  3  157.3   52.45  60.17 <2e-16 ***
Residuals    60   52.3    0.87
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

**Figura 4.35. Resumen del análisis de varianza (ANAVA)**

A continuación se muestra los resultados que darán respuesta al objetivo N° 2.2 de la investigación.

La variabilidad se calculó consultando el estadístico “desviación estándar” para los índices calculados y se seleccionó el índice que mostró el menor valor en este caso resultado ser el DVI con un mínimo en desviaciones de 0,02 se muestra en la figura 4.36.

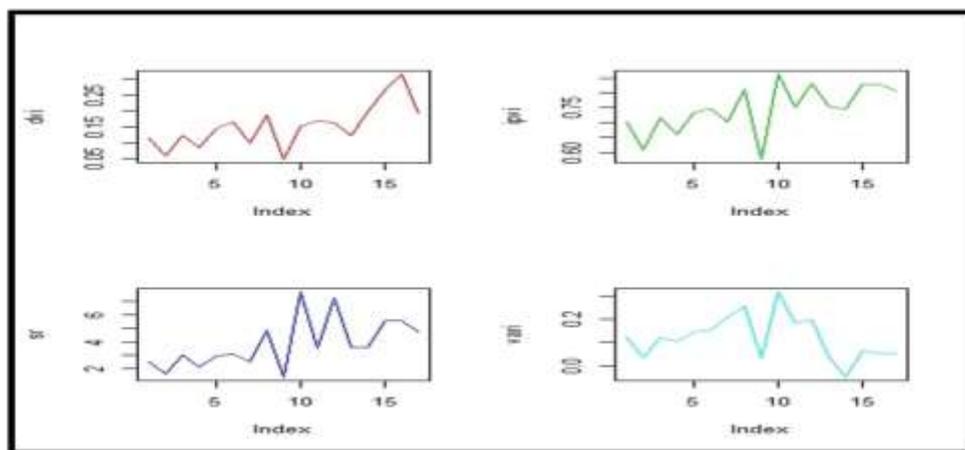
```

>
> desviaciones
      dvi      ipvi      sr      vari
Min. 0.02463467 0.03993349 0.2976344 0.04382251
1st Qu. 0.04506916 0.06645792 0.8437169 0.07944731
Median 0.05103899 0.06846869 1.5003512 0.09961818
Mean 0.05515360 0.07335329 1.7034106 0.09880805
3rd Qu. 0.06114243 0.08091417 2.0246875 0.10902833
Max. 0.08861286 0.09870902 5.4549035 0.17736958
> |

```

**Figura 4.36 . Desviacion Estandar de los indices de vegetacion**

Además se construyó un código de programación en R a fin de evaluar la capacidad de descripción de la evaluación del vigor de la vegetación presente en la cuenca del río Aragua, con el propósito de seleccionar de entre ellos aquél que muestre mayor capacidad y sugerir su empleo para futuras evaluaciones.



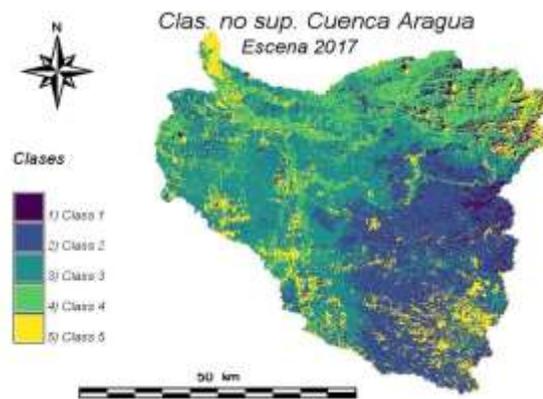
**Figura 4.37 . Resultados de las desviaciones estandares de indices de vegetacion (1986-2017)**

La **figura 4.37** muestra que la vegetación ha variado en el pasar los años tomando en cuenta que cada índice muestra comportamientos distintos sin embargo sus resultados arrojan que la cuenca ha tenido buen estado en cuanto al vigor de vegetación en los diecisiete años.

**Resultados que daran respuesta al objetivo N° 2.3 se realizo lo siguiente:**

### **CLASIFICACIÓN DE LA COBERTURA DE SUELO**

Los resultados de estas se muestran a continuación: Se consultó el mapa de una composición cartográfica en color verdadero las aéreas que presentaban vegetación, posteriormente empleando el *Query raster/vector map(s)* del *Display* de GRASS se consultó la clase de estas aéreas en el mapa de la clasificación no supervisada como se muestra en la **figura 4.38**. Así se determinó que la vegetación es la Clase 2.



**Figura 4.38.- Resultado clasificación no supervisada, cuenca río Aragua, escena 2017.**

### Resultados de la Determinación del Área Total de las Clases Creada en el programa GRASS GIS.

Para determinar el área total de cada clase que constituye el mapa ráster ya clasificado por el método de clasificación no supervisada, se procede de la siguiente manera, en la ventana *Administrador de capa SIG GRASS*, siguiendo la secuencia de comando: *Ráster / Informes y estadísticas / suma de área por mapa ráster y categoría*. Da acceso al módulo “r.report”. En dicho módulo, en la pestaña *Requerido* se selecciona el mapa ráster resultante de la clasificación no supervisada creado en la sección anterior en el módulo “i.maxlik” Luego en la pestaña *Opcional* en la parte Unidades se selecciona la opción *Kilometers* (Kilómetros) y *hectares* (Hectáreas), y se hace clic en *Ejecutar*

Una vez ejecutada el módulo se muestra el resultado de la clasificación con el área total de cada clase. Estos pasos se realizó en cada mapa ráster resultante de la clasificación no supervisada

#description	Category Information	hectare
1 Class 1.		59,874.3
2 Class 2.		79,947.0
3 Class 3.		114,006.6
4 Class 4.		32,508.5
5 Class 5.		18,331.1
TOTAL		304,667.7

**Figura 4.39.- Reporte de áreas para cada una de las clases obtenidas en clasificación no supervisada, escena 2014. Clase 3 vegetación.**

#description	Category Information	hectareas
1 Class 1.		86,419.80
2 Class 2.		141,331.23
3 Class 3.		52,623.27
4 Class 4.		24,302.43
TOTAL		304,667.73

**Figura 4.40.- Reporte de áreas para cada una de las clases obtenidas en clasificación no supervisada, escena 2015. Clases 2 vegetación.**

#description	Category Information	hectares
1 Class 1.		27,626.67
2 Class 2.		224,028.99
3 Class 3.		53,012.07
TOTAL		304,667.73

**Figura 4.41.- Reporte de áreas para cada una de las clases obtenidas en clasificación no supervisada, escena 2016. Clase 2 vegetación**

1 Class 1.	15,479.10
2 Class 2.	90,730.53
3 Class 3.	111,239.73
4 Class 4.	51,017.04
5 Class 5.	36,201.33
TOTAL	304,667.73

**Figura 4.42. Reporte de áreas para cada una de las clases obtenidas en clasificación no supervisada, escena 2017. Clase 3 vegetación**

#### **Resultados que dieron respuesta al objetivo N° 2.4.:**

- **Capacidad de descripción de la evolución del vigor de vegetación**

Empleando un código en R se determinó las coincidencias existentes entre cada uno de los Índices de Vegetación (DVI, IPVI, SR y VARI) y la Clasificación No supervisada de la cobertura de suelo para cuatro años de escenas disponibles del satélite Landsat 8. Esta comparación se realizó pixel a pixel igualando a 2 los valores que fueran iguales o superiores a 0.5 en los Índices de Vegetación y restándolos de los valores de la Clasificación No Supervisada. Cada resta era contabilizada por R obteniendo así la similitud pixel a pixel y contabilizando el número de píxeles que coincidieron.

La coincidencia del índice DVI del año 2014 con el archivo clasificado para la clase de vegetación (clase 3) fue de 35.39 %. Para el IPVI fue de 31.74%, para el SR de 27.95%, y para el VARI fue de 31.43%, pudiendo descartarse para este año, a

simple vista, una diferencia marcada en los resultados. Estos resultados y las evaluaciones de los años 2015 al 2017 se muestran en la tabla 4.1

**Cuadro 4.1. Comparación de coincidencias entre índices de vegetación y resultados de clasificación no supervisada**

Año	DVI	IPVI	SR	VARI	Mayor
2014	35.39	31.74	27.95	31.43	IPVI
2015	34.49	43.45	34.85	41.81	VARI
2016	44.12	50.83	41.35	49.10	IPVI
2017	29.66	31.07	27.35	30.01	IPVI

De la prueba anterior resulta evidente la mayor coincidencia mostrada por IPVI en los cuatro años empleados para la comparación.

## CONCLUSIONES

De los índices calculados; el índice de Vegetación Porcentaje Infrarrojo IPVI y Simple Ratio fueron quienes mejor manifestaron que la cuenca presento Vegetacion vigorosa durante el período 1986-2017 por otra parte el DVI mostro presencia de Vegetacion vigorosa a partir del año 2002-2017 y VARI solo poca presencia de Vegetacion vigorosa en el año 1987 y 1999

Resulta evidente que hubo diferencias entre los índices, siendo el DVI el que mostro menor coeficiente de variación en la desviación estándar lo que convierte a este en el más preciso y con mayor capacidad para sugerir su empleo para futuras evaluaciones.

En la clasificación no supervisada de la cobertura de suelo, con cinco clases para cada escena, la clase número dos, que representa la vegetación, mostro dominio espacial en la mayoría de las escenas

Comparando los valores de cada pixel de los índices de vegetación con los de la clasificación no supervisada de cada escena se demostró que el índice de Vegetacion Porcentaje Infrarrojo IPVI describe mejor la evolución del vigor de la vegetación de la cuenca del río Aragua que los otros índices empleados en este estudio ya que este mostro mayor número de coincidencias.

## RECOMENDACIONES

Para mejorar la precisión de los datos y obtener un conocimiento más profundo de la zona estudiada, si está entre las posibilidades de realizar visitas de campo, que permita verificar el estado de la cobertura vegetal no quedarnos solo con la información satelital.

Utilidad de los índices espectrales, ya que son herramientas para determinar algunas variables físicas de la vegetación, así como el análisis del cambio de las dinámicas medibles en bosques, y la interacción del hombre con su entorno.

La implementación de software estadísticos R ,ya que mediante la elaboración de códigos podemos obtener respuestas claras y precisas sin muchas complicaciones para los resumen estadísticos en cualquier trabajo de investigación.

## LITERATURA CITADA

**Arce, L. (2005)** Actualización Cartográfica con Imágenes Satelitales (Documento en línea) Disponible:[http://www.cartografia.cl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=31&Itemid=9](http://www.cartografia.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=31&Itemid=9)(Consulta: 2017, Septiembre)

**Bense, C. (2007).** TUTORIAL - INTRODUCCION A LA PERCEPCION REMOTA. (Documento en línea) Disponible: <http://www.teledet.com.uy/>: <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/aplicaciones-percepcion-remota.htm> (Consulta: 2017, Enero)

**Capillo, (2003)** MANUAL DE GRASS INTRODUCCIÓN A GRASS V.1.1. Área de Ecología, Departamento de Física, Universidad de Extremadura (Documento en línea) Disponible: [cemml.carleton.ca/grass\\_Misc/Introduccion\\_a\\_Grass\\_v.1.1.1.pdf](http://cemml.carleton.ca/grass_Misc/Introduccion_a_Grass_v.1.1.1.pdf) (Consulta: 2016, Diciembre )

**LARED,**<http://lared.com.ve/noticias/satelite-simon-bolivar-cumple-7-anos-en-orbita/>(Consulta: 2017,Julio )

**Gitelson, A. et ál.** "Vegetation and Soil Lines in Visible Spectral Space: A Concept and Technique for Remote Estimation of Vegetation Fraction". *International Journal of Remote Sensing* 23 (2002): 2537–2562

**LANDSAT-8,**<http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-landsat-8/>

**SATELITES,**[tv.gob.ve/especial-satelites-venezolanos-son-punta-de-lanza-para-el-desarrollo-tecnologico-y-productivo-de-la-nacion](http://tv.gob.ve/especial-satelites-venezolanos-son-punta-de-lanza-para-el-desarrollo-tecnologico-y-productivo-de-la-nacion). (Consulta: 2017, Julio)

**Castillo, J. (2008).** La Importancia de la Evaluación y Monitoreo de los Recursos Naturales. Universidad de Chile - Departamento de Manejo de Recursos

**Ciat.cgiar.org (2009).** Centro Internacional de Agricultura Tropical. Conceptos Básicos de Teledetección. (Documento en línea) Disponible: <http://www.ciat.cgiar.org/dtmradar/factores.htm> (Consulta: 2009, Agosto)

**CLAS. (2006).** El Centro de levantamientos aeroespaciales y aplicaciones SIG para el Desarrollo Sostenible de los Recursos Naturales. Sistemas de Información Geográfica como Herramienta (Documento en línea) Disponible: <http://www.clas.umss.edu.bo/general/sig.htm#bdat> (Consulta: 2017, Noviembre)

**Cotler, B. (2004).** El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y Reflexiones para Orientar la Política Ambiental. (Primera ed.). Sistema de Publicaciones del INE. (Documento en línea) Disponible: [http://www.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=452](http://www.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=452) (Consulta: 2016, Octubre)

**Fernández, I (2009).** El Satélite Landsat. Análisis Visual de Imágenes Obtenidas del Sensor ETM+ Satélite Landsat. Universidad de Valladolid. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. (Documento en línea) <http://www.caece.edu.ar/tea/Apuntes/landsat-analisis-visual.pdf> (Consulta: 2016, Octubre)

**Gandia, J (s.f.)** La Teledetección en el Seguimiento de los Fenómenos Naturales. Recursos Renovables: Agricultura, Curso de Posgrado. Universitat de València Estudi General Departament de Termodinàmica. Unidad de Investigación de Teledetección. (Documento en línea) Disponible:

[http://books.google.co.ve/books?id=t8ZLSpM20m8C&printsec=frontcover&source=gbs\\_v2\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.co.ve/books?id=t8ZLSpM20m8C&printsec=frontcover&source=gbs_v2_summary_r&cad=0#v=onepage&q=&f=false) (Consulta: 2017, Octubre)

**González, R (2002)** Un Método Sencillo para la Corrección Topográfica de Imágenes de Satélite. Aplicación a Imágenes Landsat-TM de los Concejos de Mieres y San Martín del Rey Aurelio (Asturias) para Obtener Mapas de Vegetación Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. (Documento en línea) Disponible: [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=103](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=103) (Consulta: 2016, octubre)

**Grass, itc, (2009).** (Documento en línea) Disponible: <http://grass.itc.it/index.php> (Consulta: 2016, Julio)

**Humboldt, (2008).** Los Sistemas de Información Geográfica - SIG. (Documento en línea) Disponible: <http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=70001#2> (Consulta: 2016, Noviembre )

**Marini, F. (2005).** Determinación del Índice de Vegetación. Obtenido de Revista Desafío 21: (Documento en línea) Disponible: [http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/fabian/desafio\\_imag.pdf](http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/fabian/desafio_imag.pdf) (Consulta: 2017, Octubre )

**Martini, A. (2008).** Percepción Remota - Proyecto Agricultura de Precisión INTA Manfredi. (Documento en línea) Disponible: <http://www.agricultura.deprecision.org/percrem/PercepcionRemota.htm>

**NASA, (2009)** Landsat. (Documento en línea) Disponible: [http:// landsat.gsfc.nasa.gov/](http://landsat.gsfc.nasa.gov/)

**Priego de los Santos, (2009)** La Triangulación De Delaunay Aplicada A Los Modelos Digitales Del Terreno. Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Universidad Politécnica de Valencia (Documento en línea) Disponible: [www.ieg.csic.es/age/metodos/docs/doc1\\_8](http://www.ieg.csic.es/age/metodos/docs/doc1_8).

**Rodríguez, A. (2004).** I Curso de experto Universitario en Sistemas de Información Geográfica. Entrada de datos y edición ráster. Análisis ráster y tratamiento digital de imágenes de satélite. Universidad Internacional de Andalucía Sede Iberoamericana Santa María de la Rábida (Documento en línea) Disponible: [200.0.31.72/sigutpl/biblioteca/manuales/teoria%204.pdf](http://200.0.31.72/sigutpl/biblioteca/manuales/teoria%204.pdf)

**Sobrin, P. (2000).** Teledetección. (Primera ed) Valencia - España (Documento en línea) Disponible: <http://books.google.co.ve/books?id=Yb6xIldfoT0C&printsec=frontcover&lr=&client=firefox-a#PPA464,M1>

**Zerda, (2008).** Potencialidad de los Índices de Vegetación para la Discriminación de Coberturas Forestales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: (Documento en línea) Disponible: [www.inta.gov.ar/manfredi/info/boletines/areasuelos/ndvi\\_forestal.pdf](http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/boletines/areasuelos/ndvi_forestal.pdf)

**ABAE, (2009).** Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales. (Documento en línea) Disponible: <http://www.abae.gob.ve/observacionesfisicadelatierra8.html> (Consulta: 2017, Julio)

## HOJAS DE METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	<b>Análisis multitemporal del comportamiento del vigor de la vegetación de la cuenca del río Aragua, estado Anzoátegui, a través de imágenes del programa satelital landsat para el periodo 1986-2017.</b>
---------------	--

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

### Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
López Flores, Marielis Antonia	<b>CVLAC</b>	22.702.319
	<b>e-mail</b>	lopezflores0509@gmail.com
	<b>e-mail</b>	

Se requieren por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: “Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2.”. Si el autor está registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el número de la Cédula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

### Palabras o frases claves:

río aragua
landsat
corrección atmosférica
índice de vegetación
gras gis
software estadístico r
tesis de grado

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras clave. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y ciencias aplicadas	Ingeniería Agronómica

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos una subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

### Resumen (abstract):

La vegetación es un recurso natural clave para el equilibrio del ecosistema por lo que es necesario disponer de información cuantitativa sobre sus características pues de ello también depende la disponibilidad del recurso agua. El objetivo del presente trabajo fue Analizar el comportamiento multitemporal del vigor de la vegetación de la cuenca del río Aragua, estado Anzoátegui, a través de procesamiento digital de imágenes satelital landsat 1986-2017, con la disponibilidad de diecisiete imágenes provenientes del Satélite Landsat 4, 5, 7 TM, ETM+ y 8 , se calcularon cuatro índices de vegetación: de diferencial (DVI), Porcentaje infrarrojo (IPVI) Simple Ratio (SR), Atmosféricamente Resistente (VARI), a través del software GRASS GIS y software Estadístico R, Sus valores permitieron conocer que el mejor índice que obtuvo mejor comportamiento fue el IPVI, mostrando buena condición de Vegetación en la cuenca al pasar el tiempo. Además se realizó una clasificación de suelo en los últimos años 2014-2017 para evaluar la Vegetación, se concluyó que la misma obtuvo dominancia en gran parte de la cuenca durante esos cuatro años.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Ms.C.Ing. Malave Víctor	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	8.895.244
	<b>e-mail</b>	victorhugomalave@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
Ms.C.Ing. For Castellanos Hector	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	4.259.885
	<b>e-mail</b>	h.castellanos0457@hotmail.com
	<b>e-mail</b>	
Dr. Martínez S. Ángel S.	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	3.172.672
	<b>e-mail</b>	amartinez@udo.edu.ve
	<b>e-mail</b>	

Se requieren por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: “Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2.”. Si el contribuidor está registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el número de la Cédula de Identidad). La Codificación del ROL es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2018	05	04

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

**Lenguaje:** spa Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es *spa*. El código para inglés es *en*. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (*en*).

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

### Archivo(s):

Nombre de archivo
NMOTTG_LFMA2018

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M  
N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2  
3 4 5 6 7 8 9 \_ - .**

### Alcance:

**Espacial:** \_\_\_\_\_ (Opcional)

**Temporal:** \_\_\_\_\_ (Opcional)

### Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Agrónomo

---

Dato requerido. Ejs: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarium en Investigación de Operaciones, Profesor Asociado, Administrativo III, etc.

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Ingeniería

---

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Postdoctorado, etc.

### Área de Estudio:

Tecnología y ciencias aplicadas

---

Usualmente el nombre del programa o departamento.

### Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

---

Si como producto de convenios, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el Título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. **Abul K. Bashirullah**, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

**JUAN A. BOLANOS CUNDELA**  
Secretario

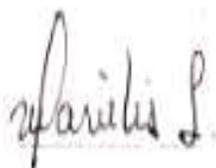


C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Controloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/maruja

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): "Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."



AUTOR



TUTOR

VICTOR HILAVE  
CZ 8895244