

# Análisis Geoespacial

*por* Jeisson Y Dago Pedraza Y Galvis

---

**Fecha de entrega:** 25-ene-2023 11:11a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1999197047

**Nombre del archivo:** F-DC-125\_INFORME\_FINAL.pdf (6.66M)

**Total de palabras:** 11127

**Total de caracteres:** 68169



Análisis Geoespacial para la determinación del deshielo de la Sierra nevada de Santa Marta mediante imágenes satelitales Landsat para los periodos (1990, 2000, 2010 y 2020)

Modalidad:

Proyecto de investigación

Dago Alberto Galvis Rincón.  
CC 1.065.626.403  
Jeison David Pedraza Castillo.  
CC 1.107.096.216

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
**Ciencias Naturales e ingenierías**  
**Ingeniería en Topografía**  
**Bucaramanga (09, DIC 2022)**



Análisis Geoespacial para la determinación del deshielo de la Sierra nevada de Santa Marta mediante imágenes satelitales Landsat para los periodos (1990, 2000, 2010 y 2020)

Modalidad:

Proyecto de investigación

Dago Alberto Galvis Rincón.

CC 1.065.626.403

Jeison David Pedraza Castillo.

CC 1.107.096.216

**Trabajo de Grado para optar al título de**  
Ingeniero topógrafo

**DIRECTOR**

Emily Núñez

Grupo de investigación – GRIMAT

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
**Ciencias Naturales e ingenierías**  
**Ingeniería en Topografía**  
**Bucaramanga (09, DIC 2022)**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Firma del Evaluador

---

Firma del Director

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto y culminación de mi carrera primeramente a Dios, a mi familia que gracias al apoyo de todos me guiaron y me llenaron de fortaleza para terminar mi carrera y a mi novia que ha estado incondicionalmente en todo mi proceso estudiantil.

JEISON PEDRAZA

Dedico la culminación de esta etapa primero que todo a Dios que fue el que me mantuvo de pies para continuar con este propósito, a mis padres que siempre me apoyaron en este proyecto de vida y muy especialmente para mi hermana menor que partió de este mundo y que fue la que en un principio me dio la motivación para luchar por lo que anhelamos.

DAGO GALVIS

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a las Unidades Tecnológicas de Santander por habernos aceptado y ser parte de esta institución que nos ayudó en el proceso de ser mejores profesionales y seres humanos. también queremos darle las gracias a todos los docentes que nos ayudaron en el proceso aportándonos sus conocimientos y dedicación para nuestra formación. A nuestra directora de proyecto por ser nuestra guía y motivarnos para sacar el proyecto adelante.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>14</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	17
<b>2. MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>19</b>
2.1. MARCO TEÓRICO.....	19
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	22
2.2.1. CAMBIO CLIMÁTICO:.....	22
2.2.2. IMÁGENES SATELITALES:.....	22
2.2.3. SIG:.....	22
2.2.4. CARTOGRAFÍA:.....	22
2.2.5. TELEDETECCIÓN:.....	22
2.3. MARCO AMBIENTAL.....	23
2.3.1. AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR.....	23
2.3.2. IMPACTO SOBRE EL CLIMA.....	23
2.3.3. DESAPARICIÓN DE ESPECIES.....	23
2.3.4. MENOS AGUA DULCE.....	23
2.4. MARCO LEGAL SE RECOMIENDA EN CADA CITA LEGAL HACER UNA PEQUEÑA DESCRIPCIÓN DE LA VINCULACIÓN DE LA LEY AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. ....	24
<b>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b> .....	<b>25</b>
<b>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</b> .....	<b>26</b>
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>49</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>59</b>

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRESARIADO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>61</b>

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Planteamiento metodológico .....	25
Figura 2. Tablero de la página Landsat.....	26
Figura 3. Tablero de la página Landsat.....	27
Figura 4. Tablero de la página Landsat.....	27
Figura 5. Tablero página Landsat.....	28
Figura 6 Tablero página Landsat.....	28
Figura 7. Se agrega imágenes a QGIS.....	29
Figura 8. Recorte de bandas.....	30
Figura 9. Recorte por lote.....	30
Figura 10. Recorte área de trabajo.....	31
Figura 11. Recorte número dos del área de trabajo.....	31
Figura 12. Recorte por lote.....	32
Figura 13. Recorte por lote.....	32
Figura 14. Recorte por lote.....	33
Figura 15. Resultado del recorte.....	33
Figura 16 Fuente: los autores.....	34
Figura 17. Juego de bandas con calculadora ráster.....	34
Figura 18. Cálculo del NDSI.....	35
Figura 19. CSP & DOCK.....	35
Figura 20. Selección de muestras.....	36
Figura 21. Toma de muestras.....	36
Figura 22. Clasificación.....	37
Figura 23. Clasificación supervisada.....	37
Figura 24. Reporte de análisis de proceso.....	38
Figura 25. Software Arcgis10.5.....	39
Figura 26. Herramienta de conversión tools.....	39
Figura 27. Imagen convertida a shapefile.....	40
Figura 28. Tabla de atributos.....	40
Figura 29. Selección por atributos.....	41
Figura 30. Nieve seleccionada.....	41
Figura 31. Export data.....	42
Figura 32. recorte nieve.....	42
Figura 33. Nueva tabla de atributos.....	43
figura 34. Configuración de tabla.....	43
Figura 35. Selección de geometría.....	44
Figura 36. Determinación de unidad.....	44
Figura 37. Áreas de nieve.....	45
Figura 38. Bases meteorológicas del IDEAM.....	48
figura 39. Gráfico de disminución del nevado.....	51
figura 40. Modelo digital de la nieve y el deshielo.....	52
Figura 41. Gráfica predicción del deshielo.....	53
Figura 42. Temperaturas.....	54
Figura 43. Datos para realizar la matriz de correlación.....	55

Figura 44.coeficiente de correlación .....	55
Figura 45.Selección de tabla de variables .....	56
Figura 46.Tablas con encabezados.....	56
Figura 47.Selección de casilla de matriz. ....	57
Figura 48. Matriz de correlación.....	57
figura 49.Grafico de dispersión .....	58

### LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Reporte de procedimiento.....	38
Tabla 2. disminución del nevado.....	46
Tabla 3. pronostico aproximado de glaciación.....	46
Tabla 4. Pronostico IDEAM.....	47
Tabla 5. Pronostico cada 5 años.....	47
Tabla 6. Temperaturas estación de alto de mira.....	48
Tabla 7. Disminución del nevado.....	51
Tabla 8. predicción del deshielo.....	52
Tabla 9. temperaturas.....	53
Tabla 10. Datos de área retroceso y temperatura.....	54
Tabla 11. Correlación entre área retroceso y temperatura.....	54
Tabla 12. Interpretación entre las variables.....	58

## RESUMEN EJECUTIVO

El área de estudio de este proyecto de grado, relacionado al análisis Geoespacial del deshielo de la sierra nevada de santa marta por el método de imágenes multitemporales para los periodos (1990,2000,2010,2020) se encuentra ubicado en el Departamento de Magdalena, municipio Santa Marta.

El análisis tiene como objetivo o propósito estimar los factores que han influido para el descongelamiento del nevado, aplicando como herramienta principal la teledetección espacial, adicionalmente se ha utilizado software como lo es Excel y Qgis para el correcto calculo de cobertura de hielo y pronostico.

Con la finalidad de obtener los resultados se han utilizado imágenes satelitales con el fin de determinar la extensión de cobertura de nieve en diferentes épocas, para así poder evaluar la influencia del deshielo de glaciar. Para este estudio se aplicó conocimientos técnicos y metodología de procedimiento de datos satelitales como lo son las imágenes raster apoyándonos en software de SIG donde podemos analizar las imágenes y poder tener un área estimada.

Los resultados del Análisis Geoespacial para la determinación del deshielo de la Sierra nevada de Santa Marta mediante imágenes satelitales Landsat y para los periodos (1990, 2000, 2010 y 2020), indica que existe un retroceso del glaciar frecuente en los últimos 40 años.

Mediante este estudio se resalta que el nevado de la Sierra Nevada de Santa Marta perdió 60.66% del área de hielo entre 1990 y 2020. la tendencia de derretimiento en los periodos analizados, evidencia un deshielo del glaciar de forma continua.

**PALABRAS CLAVE.** Imágenes satelitales, deshielo, nevado, retroceso, teledetección.

## INTRODUCCIÓN

Los glaciares que se encuentran en Colombia, y los que existen en toda la tierra, son señales de la transformación del clima por que mediante ellos se desarrolla muchos ecosistemas que ayudan a generar una mejor calidad de vida. Es por eso que el aumento de temperatura influye sobre el deshielo de los nevados a través de los rayos solares sobre el glaciar ya que se pierden por derretimiento. (Francou, Vincent, 2007).

Actualmente los glaciares son los responsables de componer reservadas de agua dulce, y esto es importante ya que puede servir como reguladores naturales de los caudales de escurrimiento. Por esta razón los glaciares se crean embalses naturales de agua dulce que producen el aumento de caudal en los ríos cual existen tormentas prolongadas o intensas. Los probables efectos de los cambios climáticos sobre la existencia de agua de escorrentía de los glaciares son circunstancias que se deben tener en cuenta para la planificación a largo plazo de los usos y recursos hídricos; ya que si se empieza a disminuir las extensiones de glaciar se empezaría a desaparecer también las reservas de agua dulce del planeta.

Los descongelamientos en los nevados son normales y de manera progresiva pero también es cierto que el cambio de clima acelera este proceso, ahora para hablar del cambio climático esto requiere un estudio en una línea del tiempo que nos lleve a deducir y poder afirmar del cambio que se está presentando. Así mismo el hielo y el área que abarca los glaciares establecen variables necesarias para el sistema climático al nivel mundial, según estudios realizado por el IDEAM el retroceso en el lapso de tiempo del 2000 al 2010 es la década que presenta mayor descongelamiento en los nevados de Colombia.

ahora para el caso de nuestra investigación coincidimos con el IDEAM que desde 1990 hasta el 2020 el mayor descongelamiento que se presento fue el de esta época del 2000 al 2010 alcanzando un área de deshielo de 5.1 km<sup>2</sup> de nieve.

Es necesario resaltar la importancia que puede tener este proyecto debido a que consiste en el análisis geoespacial del deshielo del hielo o glaciación de la Sierra nevada de Santa Marta. Para realizar este análisis fue necesario utilizar una metodología que nos indique en qué orden o fases podemos desarrollar el proyecto.

Por consiguiente, se ordenó en 3 distintas fases lo cual permitió un correcto desarrollo ya que se pudo formular el problema a resolver, recolectar datos y analizarlos, también logro preparar los archivos y procesarlos para finalmente obtener resultados y conclusiones del trabajo realizado.

Al final se aplicó el uso de imágenes satelitales para la obtención de mapas o gráficos que demuestren el retroceso del nevado, el método de trabajo fue descriptivo y cualitativo ya que se busca representar gráficamente pero también mostrar cantidades obtenidas mediante herramientas como software e imágenes satelitales para determinar el área de deshielo.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La alteración climática es de las principales circunstancias que en los últimos años ha alertado al mundo, ya que su principal causa ha sido la acción humana, debido a la industrialización y explotación frecuente de los recursos naturales y la industrialización produciendo pérdidas de bosques, glaciales y ríos. Diversos estudios han determinado que la media climática se encuentra en constante aumento, lo cual provoca modificaciones en las lluvias, la nieve, el nivel del mar, etc. (National Geographic, 2020) han calculado que en los últimos 50 años se ha descongelado aproximadamente 9.600.000.000.000 billones de toneladas de hielo.

La deforestación, las explotaciones mineras y el monóxido de carbono son unas de las constantes que viene produciendo el calentamiento global y que afecta a gran escala el derretimiento de los nevados provocando su extinción. Es por eso que hay que hacer énfasis que la Sierra Nevada de Santa Marta se ha derretido el 90% de la superficie nevada según datos del (IDEAM, 2021) a causa del cambio climático generando varias consecuencias como lo son la alteración del ciclo hidrológico, modificación del ecosistema y avalanchas.

Es por esto que se plantea la siguiente inquietud ¿Debido al transcurso del tiempo, qué cobertura de hielo se ha perdido?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Sin duda alguna el calentamiento global es el mayor generador del cambio en el clima, son estas variaciones las que han deteriorado ríos, nevados y glaciares.

Una de las técnicas para determinar qué tan variante y efectiva son los cambios que se presentan en diversos aspectos que ocurren en nuestro planeta es la teledetección, que podemos realizar estudios mediante imágenes satelitales que proporcionan diferentes proyectos satelitales exclusivos en la observación del planeta Tierra. Estos insumos son fundamentales para el momento de pretender presentar un estudio ambiental, debido a que el procesamiento de estas imágenes posee ciertas particularidades para cada tipo de estudio en el que lo pretendemos enfocar.

La finalidad de este proyecto es plantear un análisis que permita evaluar la transición del derretimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta durante cuarenta años y hacer una predicción mediante cálculos estadísticos para determinar una probable fecha de la extinción total del nevado, este planteamiento se resuelve mediante el uso de software SIG e imágenes satelitales.

La propuesta es relevante para las UTS porque alimenta la línea de investigación de Geomática y Gestión territorial del Grupo de exploración en medio ambiente y territorio GRIMAT, lo cual hace reforzar la actividad investigativa del programa académico.

11

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis multitemporal del deshielo de la Sierra Nevada de Santa Marta mediante el uso de datos cuantitativos y usando intervalo de tiempo con imágenes satelitales para determinar el índice de pérdida de hielo entre 1990 a 2020.

#### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar los insumos necesarios para la obtención de imágenes satelitales utilizando las páginas de libre acceso como es Landsat obteniendo las imágenes de las fechas establecidas.
- Aplicar técnicas para el análisis y procesamiento de las imágenes mediante juego de bandas y clasificación supervisada, obteniendo datos cuantitativos que nos permite determinar la cartografía temática y cálculo de áreas para cada época.
- Demostrar que los estudios con imágenes multitemporales sirve para determinar los cambios que se pueden presentar en una superficie en un lapso de tiempo.

#### 1.4. ESTADO DEL ARTE

<sup>21</sup> El proyecto se centra en el estudio del análisis Multitemporal de imágenes satelitales, sobre cómo ha sido el comportamiento del glaciar de Murrurata y cuál ha sido su retroceso en el periodo de tiempo estudiado que es desde 1988-2018, el nevado se encuentra en la paz Bolivia exactamente en el municipio de palca, con el estudio del retroceso se busca evaluar la disminución del glaciar mediante un estudio de multitemporal con imágenes satelitales. (Parra, 2019).

<sup>3</sup> En este proyecto de investigación quieren realizar un análisis multitemporal de Glaciares y lagunas en la cordillera blanca en Perú e identificar los cambios que han ido surgiendo en las lagunas glaciares y glaciares, que a su vez sí podrían representar una amenaza de eventos Glof que es justamente un desbordamiento de glaciar. (Arevalo, 2015)

<sup>20</sup> El proyecto siguiente trata de un análisis multitemporal de la cobertura vegetal del valle de interandino Ecuador, y tiene como objetivo poder evaluar los cambios temporales de la cobertura vegetal en la zona mediante el uso de imágenes satelitales en unos tiempos determinados, para lograr identificar las zonas de restauración ecológica. (Suárez, 2017)

En el proyecto siguiente busca encontrar las aceleraciones del retroceso glacial de la criosfera temporal usando el sistema de información geográfica (SIG) junto con su extensión digital shoreface análisis System (DSAS) donde se puede medir la distancia entre Intersectos desde la línea base (baseline). Llegando a la conclusión que se muestra pequeñas aceleraciones en distintas partes del glaciar del volcán del Nevado Santa Isabel (Arias, 2021).

Este proyecto quiere determinar el retroceso del glaciar de la región Huancavelica a través de imágenes satelitales usando técnicas como la son la teledetección y usando los índices diferenciales de agua normalizada (NDWI) y índice normalizado de nieve (NDSI) para logra identificar el retroceso del glaciar mediante comparaciones de fechas de inicios y finales (Albornoz, 2012).

Para este proyecto se busca realizar un análisis multitemporal del cambio de las áreas de la cubierta de nieve de la sierra nevada de Santa Marta en los años 2014 y 2018 mediante la aplicación de (SIG) para logra identificar a qué ritmo está avanzando el cambio climático y en especial el derretimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta para establecer las áreas y su variación en el transcurso del tiempo estudiado (Moreno, 2019).

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. MARCO TEÓRICO

El deshielo de los glaciales y casquetes, este evento se pronunció durante el siglo XX, esto hace que el planeta se vaya quedando sin hielo. La mayor emisión de dióxido de carbono y otros gases el cual son responsables de del calentamiento son producidos por el ser humano. El nivel del mar y la mayoría del agua dulce depende de los nevados. (Iberdrola, 2021).

Colombia se está quedando sin nevados solo quedan 6 de los 19 que existían en el siglo XIX. El área glaciaria paso de 348 kilómetros cuadrados en 1850 a 36.6 en 2018. Algunos expertos en el tema consideran la opción de revertir el deshielo de los nevados, pero hay otros que consideran que no se puede hacer nada. (Sociedad, s.f.).

El ecosistema de la sierra nevada es poco lo que va quedando en los últimos 150 años perdió el 92 por ciento nieve. Ese porcentaje restante es solo 6.7 kilómetros cuadrados de nieve el cual se van desapareciendo con los vientos calurosos que azotan la región Caribe, el aumento de las temperaturas y los fenómenos naturales como lo es el del niño hace que esté más cerca de la extinción total de este nevado. (tiempo, 2017).

Fenómeno del niño y la niña: Oscilación del sur -ENOS, estos fenómenos se producen en el océano pacífico mediante los vientos que se originan en el sur y que produce un cambio en la temperatura del agua oceánica ya sea enfriándola o calentándola dependiendo cual sea el fenómeno esto genera grandes sequías o altas precipitaciones en ciertas parte del planeta, en este caso queremos mencionar el fenómeno del niño que es el causante que en nuestra zona a finales de los 90s se produjera fuerte sequías que ayudara al descongelamiento acelerado de las sierras nevadas de Colombia. (Bocanegra, 2007).

19

La teledetección o bien sea percepción remota esto hace referencia a la captación de información sobre la superficie terrestre y además como de procesa esta información, en otras palabras, la teledetección se basa en determinar las características físicas de la capa superficial de la tierra mediante las mediciones realizadas ya sea por satélites o radar, estas emiten unas ondas la cual mediante la reflectancia se van determinado las características de la capa terrestre. Las imágenes que proporcionan los satélites son muy útiles para realizar trabajos de investigación ambiental, cartografías geológicas debidos a las condiciones de iluminación en la detección de estructuras y las dimensiones regionales. Además, se cuenta con sensores remotos que permiten realizar estudios espectrales el cual proporciona información más detallada entre los componentes geomorfológicos y litológicos. (miargentina, 2019).

La clasificación supervisada es una metodología mediante la cual se toman unas series de muestras para determinar la categoría de diferentes coberturas o áreas las cuales deben tener características particulares como son la vegetación, cuerpo de agua, y otras las cuales permitan diferenciarse; utiliza firmas espectrales que se obtiene de las muestras de la capacidad para clasificar una imagen, con la ayuda de herramientas de clasificación de imágenes y los algoritmos de los software se crea fácilmente las clasificaciones. Para nuestro proyecto de grado se realizó la clasificación supervisada mediante el software de uso libre Qgis donde se hizo primero un ajuste de bandas, luego se reclasificó la imagen satelital para así poder tener un resultado de las coberturas naturales que existen en la zona de estudio (desktop.arcgis, 2016).

Landsat es uno de los programas proyectos satelitales más antiguos. Proporciona imágenes satelitales de alta calidad tiene un gran rango de longitud de onda del espectro electromagnético, de lo contrario serían invisibles al ojo del ser humano. Las imágenes Landsat están compuesta por una serie de bandas que nos permite hacer combinaciones y determinar las características físicas de la superficie terrestre. (learn.arcgis, 2022).

Las imágenes de satélite o satelital son fotografías tomadas desde un satélite artificial, también hay imágenes de radar que muestra la cartografía de los lugares que deseamos o para estudiar fenómenos de tiempos. (ucontinental, 2015).

Los análisis multitemporales es un estudio que se realiza en diferentes épocas y se analiza las coberturas de interés para esto se utiliza las imágenes satelitales y

aéreas, las imágenes de satélites se asigna una clase de los píxeles las cuales conforman una matriz de ráster, cuando los píxeles de agrupan forman un clúster, después de ser procesados se forman en una unidad de área que determina una cobertura.. (Pérez, 2019).

El (NDSI) índice normalizado de nieve es la diferencia de la reflectancia en las bandas únicas para identificar la nieve entre las otras coberturas incluyendo las nubes, este índice es muy importante al momento de realizar estudios de nevados y poder determinar las áreas de coberturas. (eos, 2020).

La combinación de imágenes o de bandas en el rango visible con distintas bandas de satélite que permite visualizar los datos que de una u otra manera no serían detectables. Un ejemplo claro es el rango del infrarrojo medio y el espacio que ocupa la humedad en las vegetaciones. (eos, 2020).

Las bandas de los satélites pueden ser capaces de combinarse o unirse de diferentes maneras dependiendo la utilidad que se le vaya a dar, sus principales colores de banda son el rojo, verde y azul lo cual permite imitar el espectro visible y estas combinaciones a su vez se conoce con el color natural o verdadero. (eos, 2020).

Teledetección Activa es un proceso de teledetección el cual funciona con una fuente propia de luz o de emisión. (eos, 2020).

Teledetección Pasiva Son sensores que transmiten energía propia a los objetos en estudio, este proceso necesita de la energía natural como lo son los rayos del sol , por esto este proceso solo se podría utilizar cuando hay suficiente luz solar. (eos, 2020).

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1. *Cambio climático:*

Es un fenómeno natural que analiza el comportamiento de las temperaturas a largo plazo también infiere los patrones climáticos, estos cambios pueden presentarse de forma natural como por ejemplo las variaciones de los ciclos solares. (nacionesunidas, 2018)

### 2.2.2. *Imágenes satelitales:*

Son fotografías desde el espacio y es el producto que se obtiene mediante un sensor que está instalado en el satélite artificial, este proceso se logra por la captación de la radiación electromagnética que se emite o se refleja por un cuerpo y posteriormente se transmite a las estaciones para así obtener sus visualizaciones, proceso y análisis. (axess, 2016)

### 2.2.3. *SIG:*

Un sistema de información geográfica es un entorno de trabajo que sirve para reunir, analizar y gestionar datos a partir de una ubicación espacial y organización de capas de información. (aeroterra, 2019)

### 2.2.4. *Cartografía:*

Es una ciencia que se dedica a estudiar las cartas geográficas y mapas y como se realiza cada uno. (ignpanama, 2014)

### 2.2.5. *Teledetección:*

Es un procedimiento que se produce en la superficie de la tierra mediante usos de herramientas como los satélites y sondas artificiales. (um, 2012)

## 2.3. MARCO AMBIENTAL

### 2.3.1. <sup>13</sup> *Aumento del nivel del mar*

El aumento del nivel del mar se está originando por el derretimiento de los glaciares ya estudios realizados muestran que han contribuido a la crecida de todos los océanos. (iberdrola, 2021)

### 2.3.2. <sup>1</sup> *Impacto sobre el clima*

El deshielo glaciar en los polos está ralentizando las corrientes oceánicas, un fenómeno relacionado con la alteración de la climatología mundial y la sucesión de episodios meteorológicos cada vez más extremos en todo el globo. (iberdrola, 2021)

### 2.3.3. *Desaparición de especies*

El derretimientos de los glaciares a nivel mundial está alterando los ecosistemas por ende provoca la extinción de numerosas especies , ya que se les ha perdido en mayor parte su hábitat natural. (iberdrola, 2021)

### 2.3.4. *Menos agua dulce*

La desaparición de los glaciares afecta en gran cantidad las reservas de agua dulce ya que sin glaciares se extinguiría el agua dulce por ende nos afectaría poblacionalmente ya que dependemos del agua dulce para el consumo para generar energía etc. (iberdrola, 2021)

#### 2.4. MARCO LEGAL Se recomienda en cada cita legal hacer una pequeña descripción de la vinculación de la ley al proyecto de investigación.

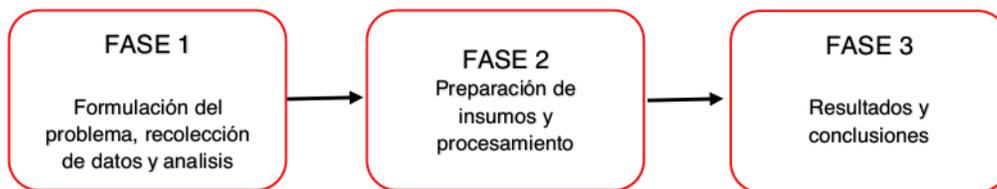
- Ley 2811 de 1974 y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas<sup>6</sup>. La ejerce la protección ambiental, esta ley nos sirve para nuestro proyecto ya que la Sierra Nevada de Santa Marta hace parte de las zonas de protección ambiental.
- resoluciones<sup>9</sup> 0157 de 2004 uso sostenible. Por la cual se reglamentan el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales. Si nos basamos en esta resolución se puede analizar que tiene unos parámetros para la conservación de los nevados
- Ley<sup>4</sup> 981 de 2005 la sobretasa ambiental. Es un como un mecanismo de compensación a la afectación y deterioro derivado de las vías que transitan sobre reservas naturales.
- Decreto número<sup>12</sup> 3572 de 2011 Áreas Protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Es el decreto por el cual se clasifican las áreas protegidas. Este decreto es muy importante para nuestro proyecto ya que nos aclara que la Sierra Nevada de Santa Marta es un área de parques nacionales protegida.

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION <sup>17</sup>

En este proyecto de investigación se puede tener un enfoque de tipo cuantitativo, cualitativo y descriptivo ya que se busca representar gráficamente pero también mostrar cantidades obtenidas mediante cálculos números y herramientas como software e imágenes satelitales para determinar el área de deshielo también podría ser exploratoria ya que se pueden analizar datos de temas pocos trabajados en el país. Las técnicas empleadas fueron el análisis y uso de herramientas tales como los sistemas de información geográficos (SIG).

El presente proyecto se ha desarrolla en 3 fases:

Figura 1 Planteamiento metodológico



Fuente: Los autores

Para la primera fase fue necesario realizar la formulación del problema, esto se logró mediante investigaciones y antecedentes, también en esta fase se realizó la recolección de datos que se descargaron de la página de libre acceso y se analizaron que se podría obtener.

En la segunda fase se prepararon los insumos como lo son imágenes satelitales y software, se realizó el debido procesamiento que era adecuar los colores de las imágenes satelitales de cada época mediante el uso correcto de Qgis también se ejecuta la clasificación supervisada para finalmente obtener datos estadísticos.

Al final se realizó la tercera fase que fue la obtención de resultados y conclusiones de los pasos anteriormente mencionados.

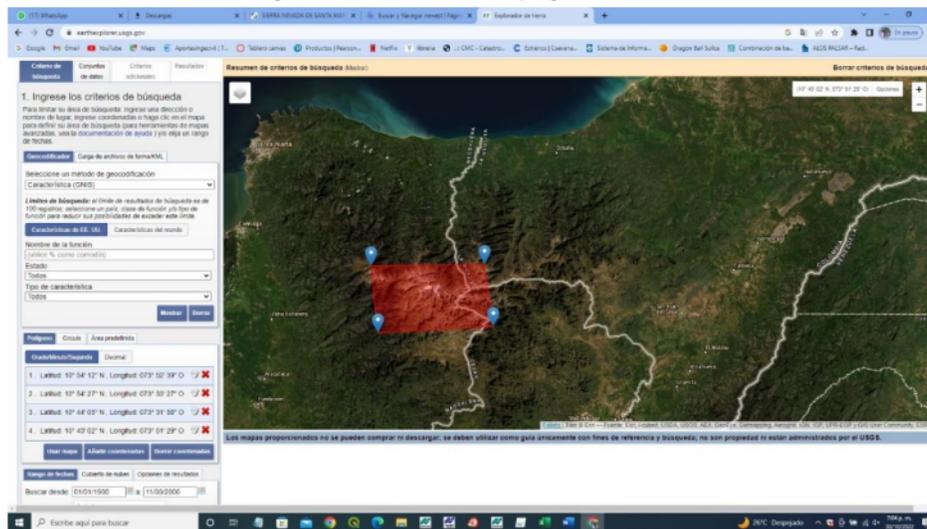
#### 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Este es un proyecto que tiene por objeto realizar un análisis multitemporal para identificar el retroceso glaciar de la Sierra Nevada de Santa Marta, para realizar este proceso es muy importante identificar los insumos necesario para obtener el alcance que se busca.

En nuestro caso los insumos que tenemos son; software libre QGIS, acceso a la página del satélite Landsat, imágenes satelitales.

En el primer paso es ingresar a la página de earth explorer, después de estar allí es muy importante ingresar la fecha en que queremos esta imagen, después de esto agregamos el polígono del área de influencia de la zona que vamos a trabajar esto lo ponemos en criterio de búsqueda en el parte superior izquierdo del tablero de esta página.

Figura 2. Tablero de la página Landsat.



Fuente: Los autores.

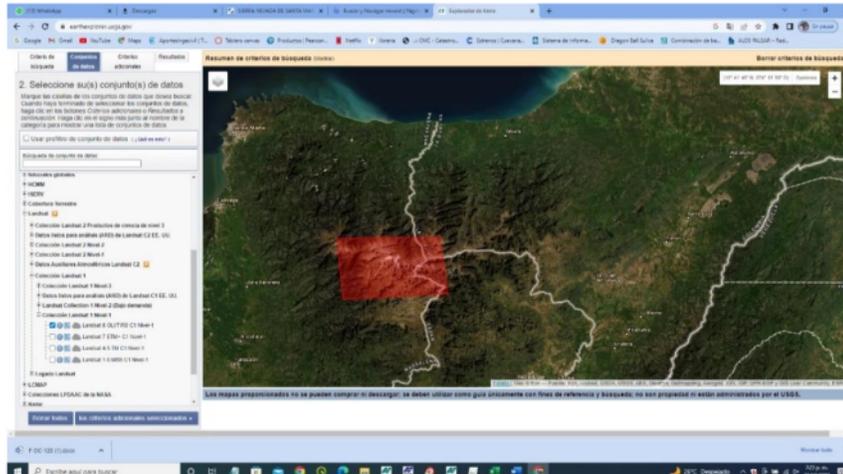
El segundo paso es ingresar al icono de conjunto de datos seleccionar donde dice Landsat, colección de Landsat 1 y luego damos un clic en Landsat 8 para nuestro caso.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

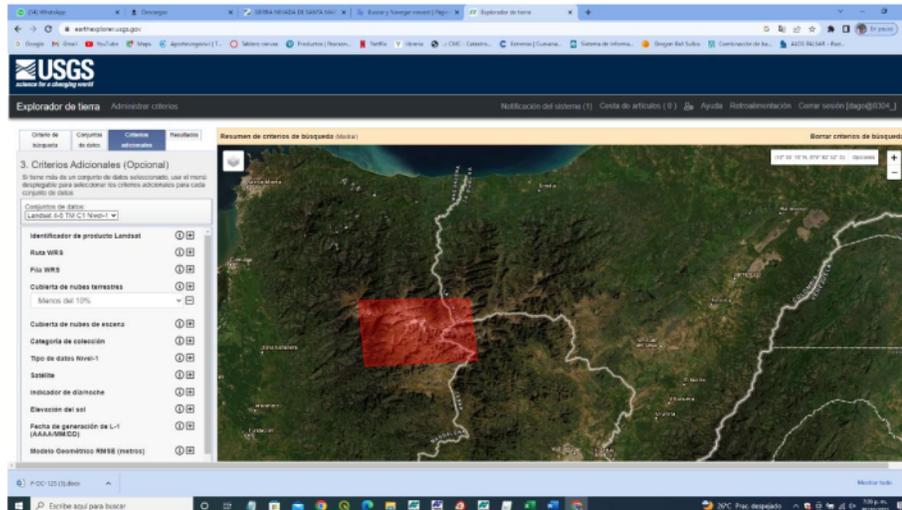
APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Figura 3. Tablero de la página Landsat.



Fuente: Los autores.

Figura 4. Tablero de la página Landsat.



Fuente: Los autores.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

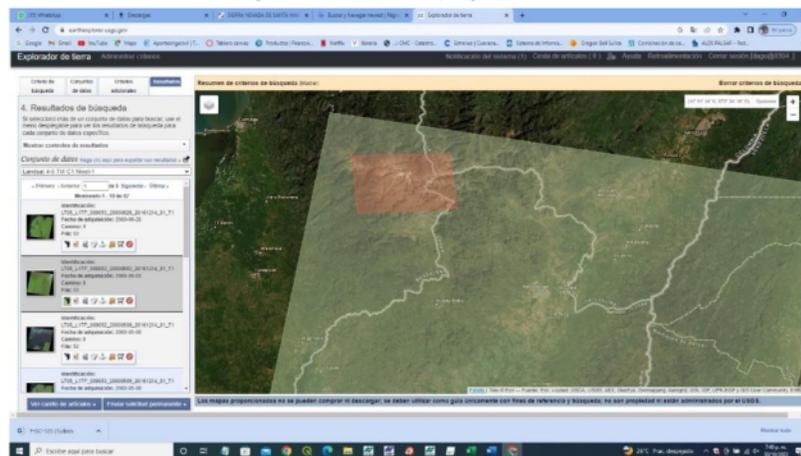
REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Para el tercer paso vamos a criterios adicionales y buscamos donde dice cubierta de nubes terrestres seleccionamos menos del 10% y buscamos resultados.

En resultados nos presenta las diferentes tomas satelitales y dentro de ellas cada cual presenta sus características.

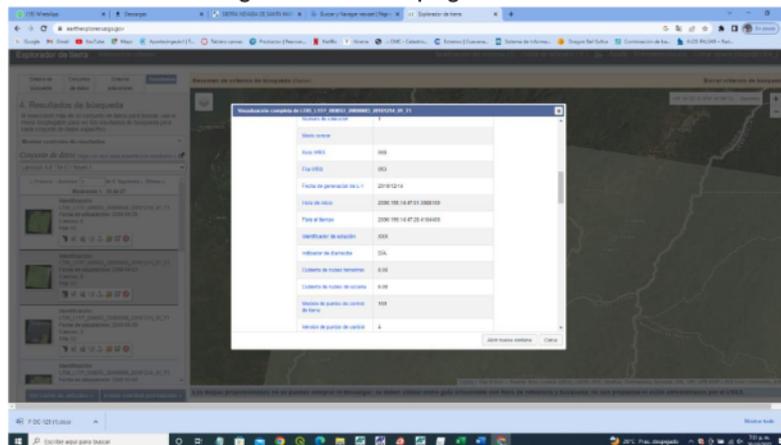
Figura 5. Tablero página Landsat.



Fuente: Los autores.

Podemos ver las características y si está dentro de lo requerido le damos descargar.

Figura 6 Tablero página Landsat



Fuente: Los autores.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

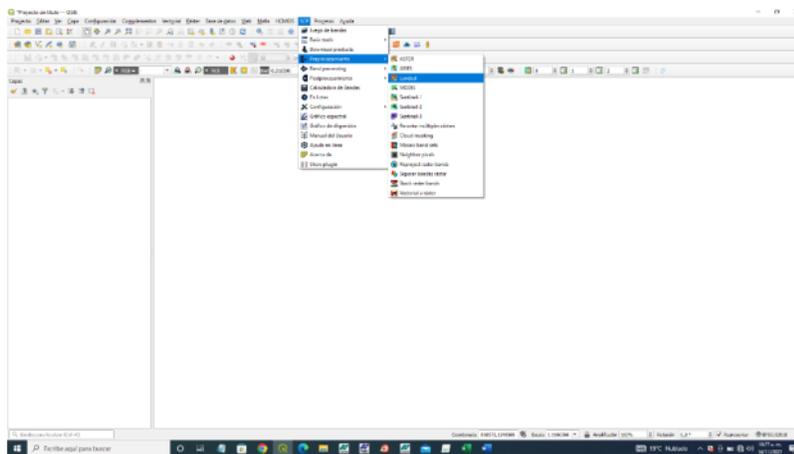
REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Después de obtener las imágenes satelitales procedemos al procesamiento de estas con un software de sistema de información geográfica. En nuestro caso quisimos hacer el análisis con QGIS, aplicando técnicas muy similares para posteriormente identificar los resultados.

A continuación, procederemos a realizar el procedimiento de clasificación supervisada con QGIS.

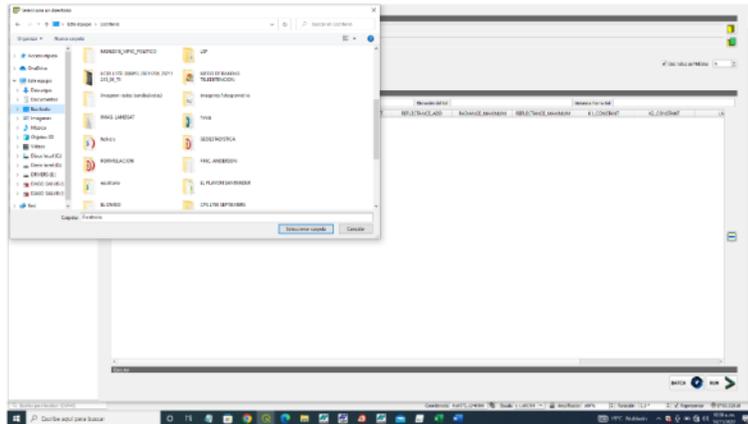
Figura 7. Se agrega imágenes a QGIS.



Fuente: Los autores.

Lo primero que realizamos al subir las imágenes es una corrección atmosférica, esto lo hacemos mediante el comando SCP, Landsat y luego en la carpeta amarilla que nos lleva a la carpeta en donde están guardada las imágenes.

Figura 8. Recorte de bandas.



fuente: los autores.

Figura 9. Recorte por lote.

Lote	Superficie	Valor	Fecha	...
1	1.0000	1.0000	1.0000	...
2	2.0000	2.0000	2.0000	...
3	3.0000	3.0000	3.0000	...
4	4.0000	4.0000	4.0000	...
5	5.0000	5.0000	5.0000	...
6	6.0000	6.0000	6.0000	...
7	7.0000	7.0000	7.0000	...
8	8.0000	8.0000	8.0000	...
9	9.0000	9.0000	9.0000	...
10	10.0000	10.0000	10.0000	...

Fuente: los autores.

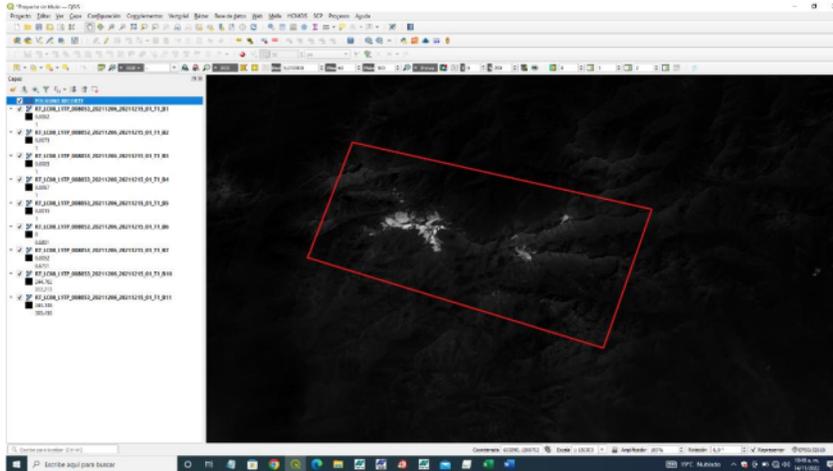
luego en la carpeta verde agregamos el archivo MTL, seleccionamos en corrección atmosférica y le damos correr.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

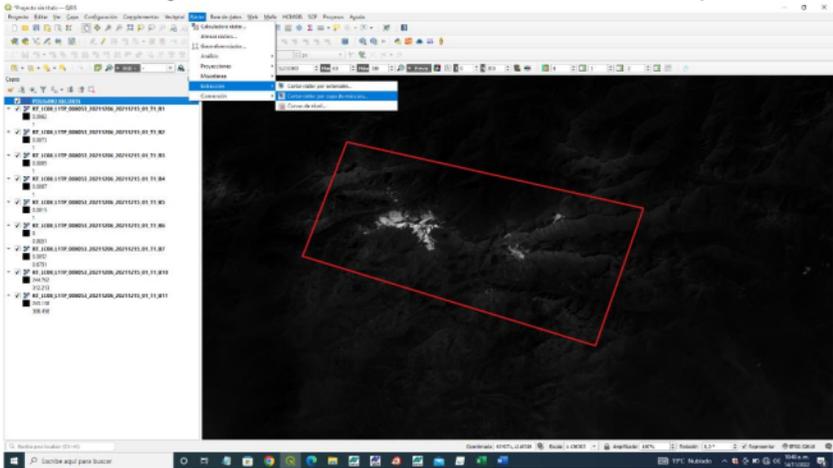
APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Figura 10. Recorte área de trabajo.



Fuente: los autores.

Figura 11. Recorte número dos del área de trabajo.



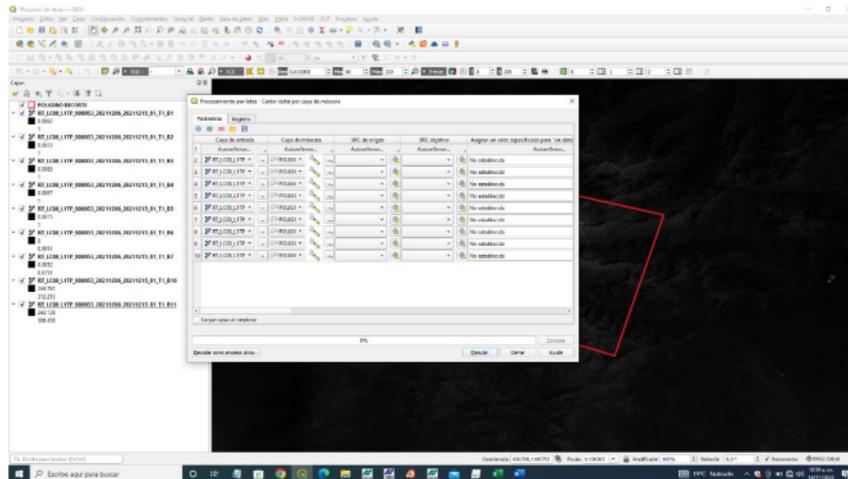
Fuente: los autores.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

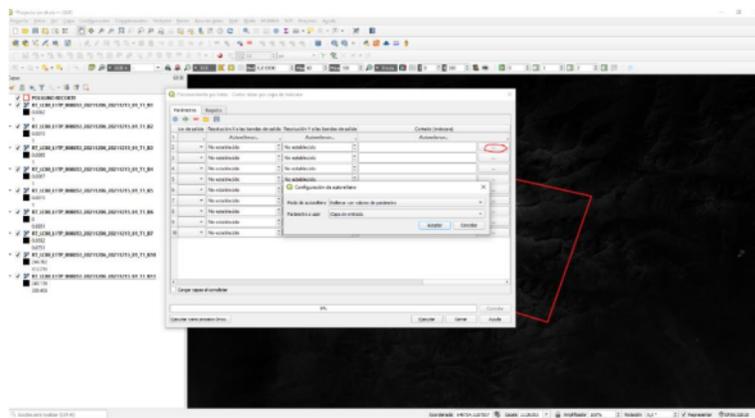
Figura 12. Recorte por lote.



Fuente: los autores.

seleccionamos recortar por lote, nos pide las imágenes que queremos recortar r el polígonos de base. En este paso nos envía a una carpeta de salida para guardar el recorte.

Figura 13. Recorte por lote.



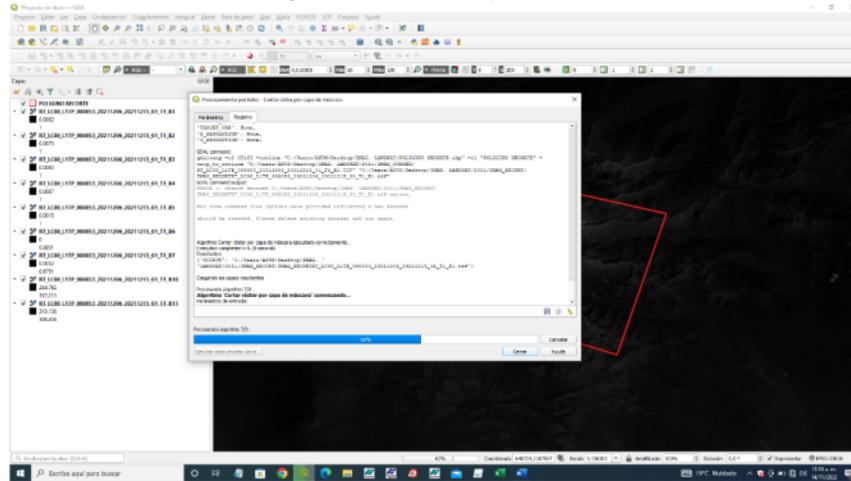
Fuente: los autores.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

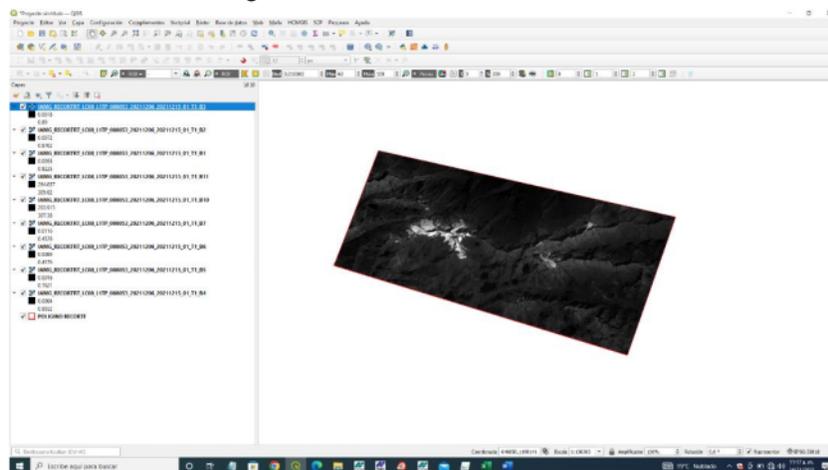
Figura 14. Recorte por lote.



Fuente: los autores.

En la opción de recorte por lote nos permite agregar muchas imágenes y agilizar el proceso, luego escogemos la carpeta de salida y le damos ejecutar el realiza el proceso muy rápido.

Figura 15. Resultado del recorte.



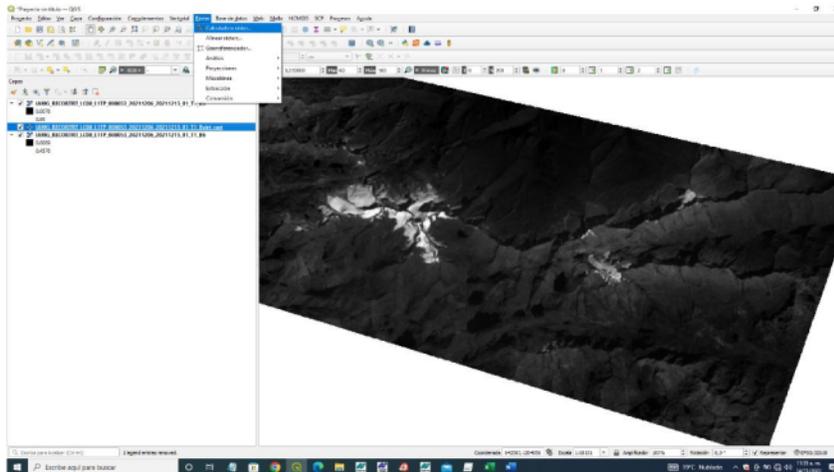
Fuente: los autores.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

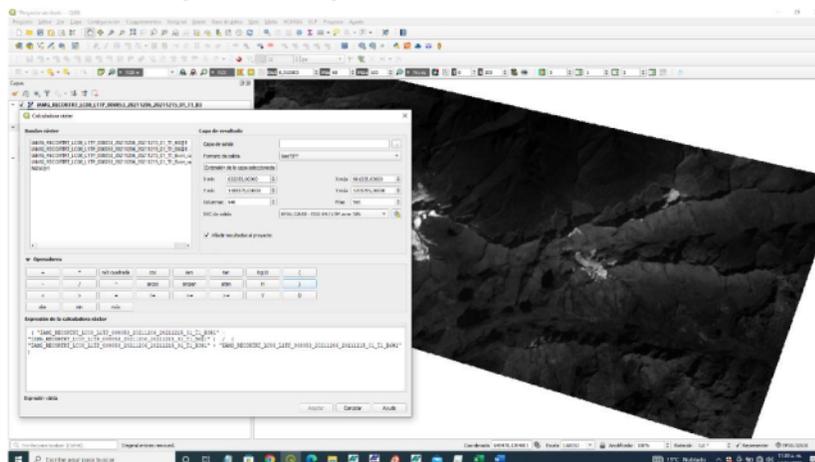
Figura 16 Fuente: los autores.



Fuente: los autores.

Después de tener la zona de investigación procedemos a realizar un juego de banda para identificar el índice diferencial normalizado de nieve (NDSI) para las imágenes Landsat 5 sería la siguiente formula  $(B2-B5) / (B2+B5)$ .

Figura 17. Juego de bandas con calculadora ráster.



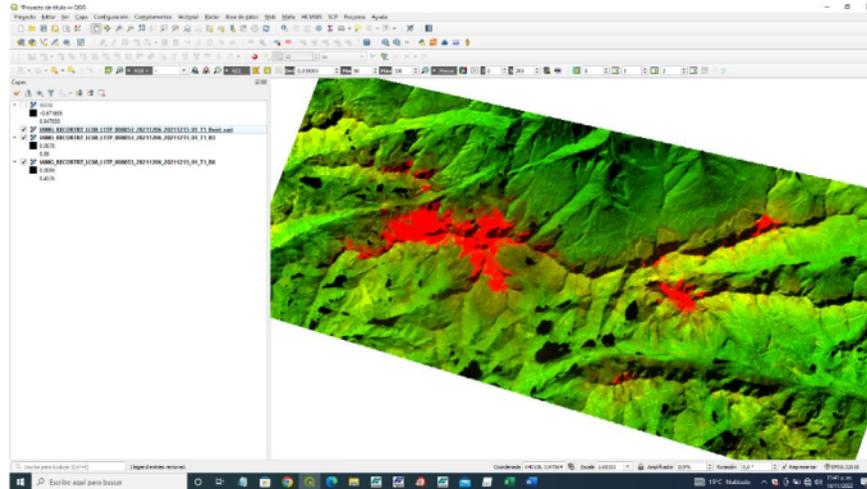
Fuente: los autores.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

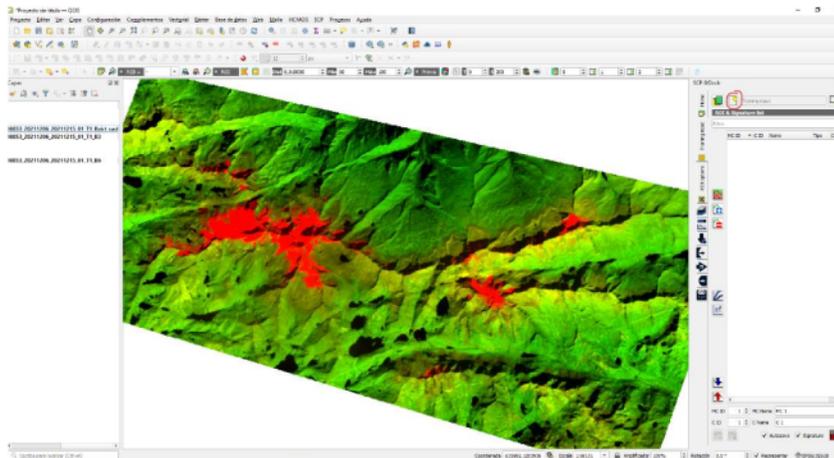
Figura 18. Cálculo del NDSI.



Fuente: los autores.

Entramos a la herramienta ráster y calculadora ráster, procedemos aplicar la formula, aquí podemos ver como se resalta el área donde se encuentra la nieve en color rojo.

Figura 19. CSP & DOCK.



Fuente: los autores.

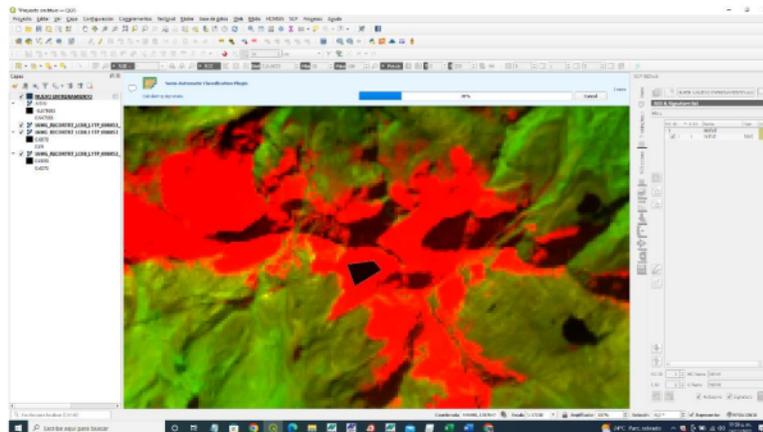
ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Para proceso de clasificación supervisada lo primero que debemos hacer es crear un nuevo entrenamiento el cual nos crea una ráster virtual mediante la herramienta scp & dock.

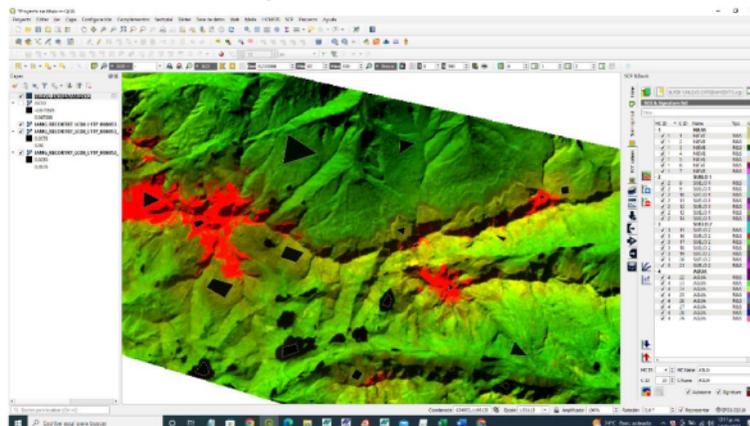
Figura 20. Selección de muestras.



Fuente: los autores.

Identificamos las variables y tomamos muestra de cada una, por cada una de 6 a 8 muestras para hacerlo más efectivo, es importante en el momento de tomar las muestras tener en cuenta la información de los pixeles y no combinarlos con los de otra variable.

Figura 21. Toma de muestras.



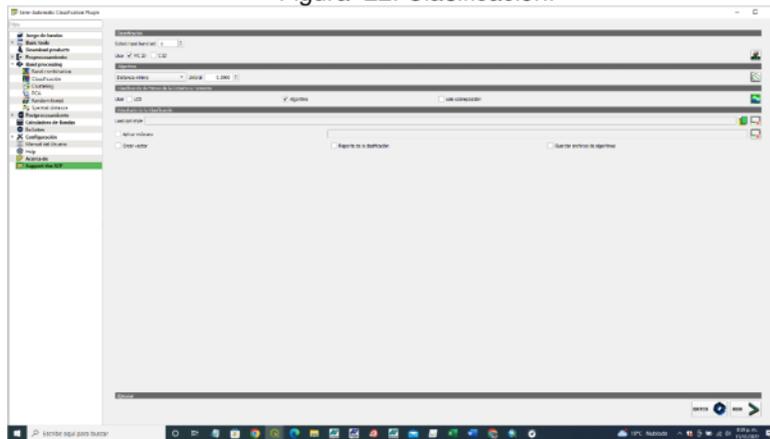
Fuente: los autores.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

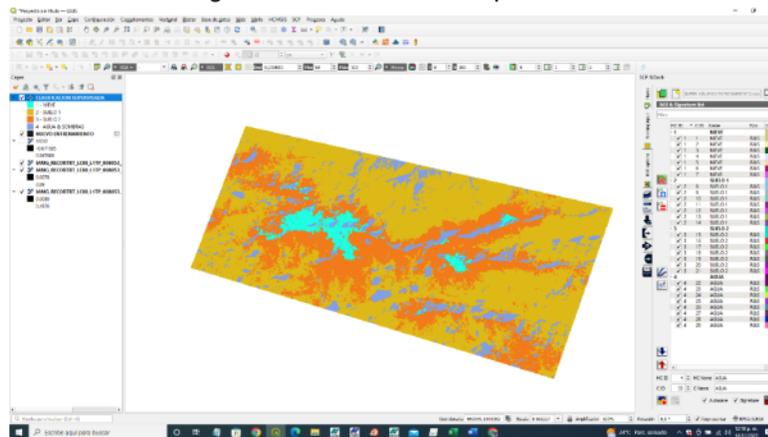
Figura 22. Clasificación.



Fuente: los autores.

Al terminar todas las muestras nos vamos a la herramienta clasificación de CSP & Dock. Seleccionamos en ID MC que hace referencia a macro muestra, distancia mínima, algoritmo y corremos el programa.

Figura 23. Clasificación supervisada.



Fuente: los autores.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

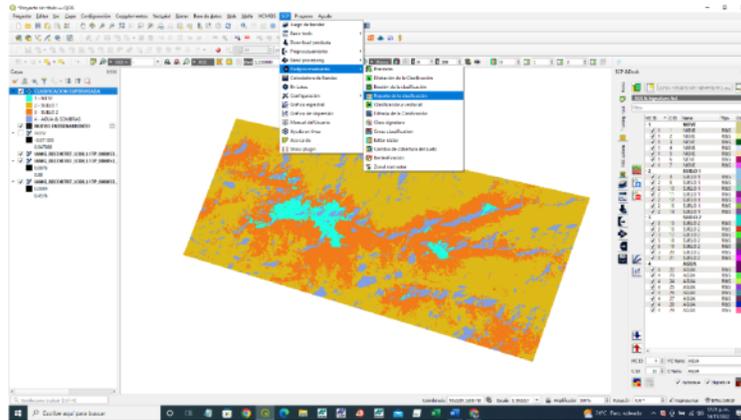
REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Este es el resultado que tenemos de la clasificación supervisada.

Después de tener este resultado nos interesa determinar el área para cada época  
en la que estamos trabajando

Figura 24. Reporte de análisis de proceso.



Fuente: los autores.

Utilizando la herramienta SCP podemos obtener un reporte del procesamiento en  
una tabla de Excel en la cual nos ayudará en el momento de tomar decisiones.

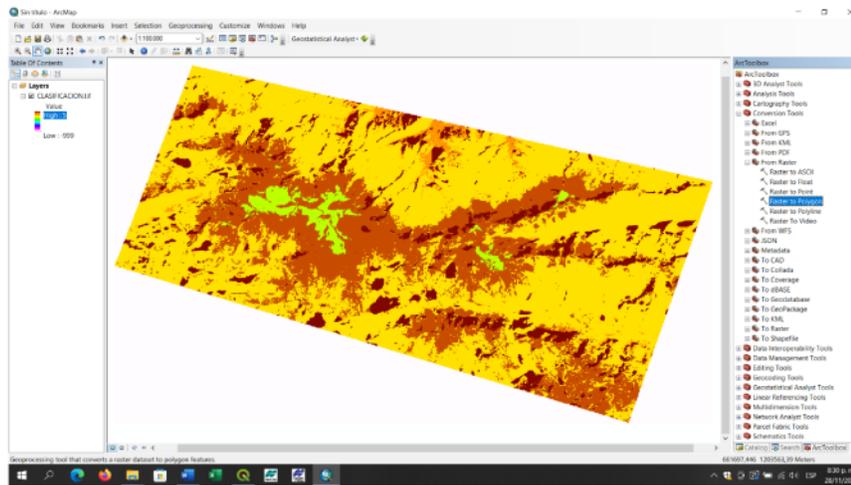
Tabla 1. Reporte de procedimiento.

Clase	Pixel Sum	Área [metros^2]	ha
Nieve	18974	17076600	1707,66
Suelo desnudo	182055	163849500	16384,95
Suelo verde	7623	6860700	686,07
Retroceso	61656	55490400	5549,04
agua	43716	39344400	3934,44
Clase	Pixel Sum	Área [metre^2]	ha

Fuente: los autores.

Ahora vamos a convertir esta imagen en polígonos, este proceso lo vamos a realizar con el software Arcgis10.5 para luego extraer el área de la nieve en archivo shapefile.

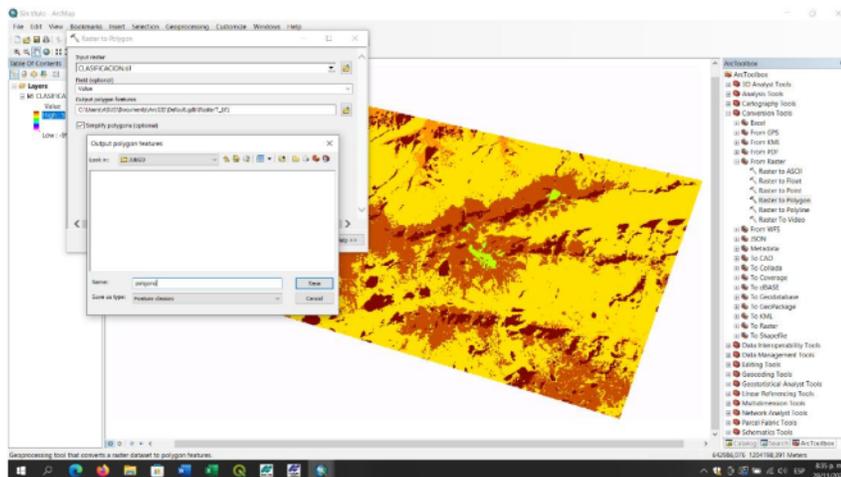
Figura 25. Software Arcgis10.5



Fuente: los autores.

Vamos a la caja de herramientas luego en la herramienta **conversión tools**, **From Raster** y **Raster to Polygon**.

Figura 26. Herramienta de conversión tools



Fuente: los autores.

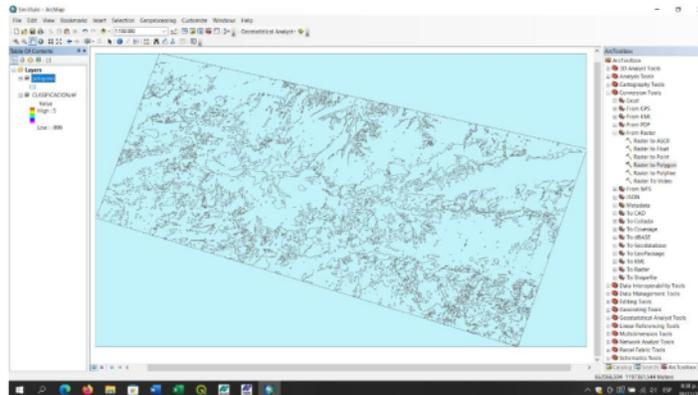
ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Aquí seleccionamos la imagen y la carpeta de salida, guardamos y le damos ok.

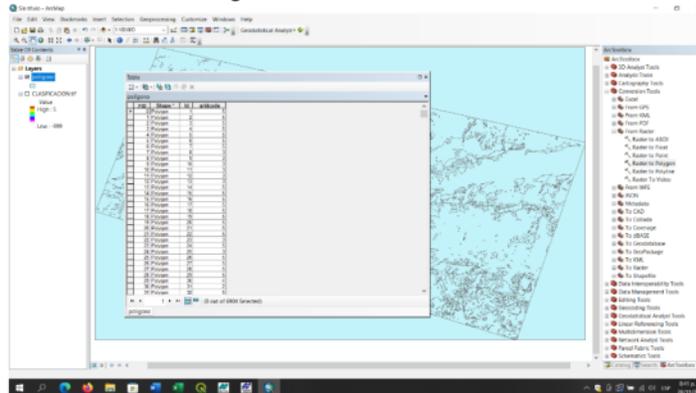
Figura 27. Imagen convertida a shapefile.



Fuente: los autores.

Ya tenemos la imagen poligonizada ahora vamos a extraer las áreas de nieve para esto vamos a la tabla de atributos de esta imagen.

Figura 28. Tabla de atributos.



Fuente: los autores.

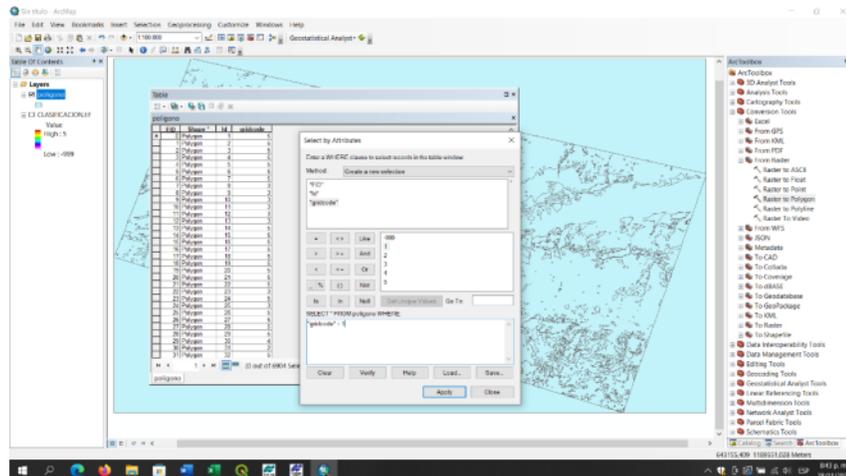
ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

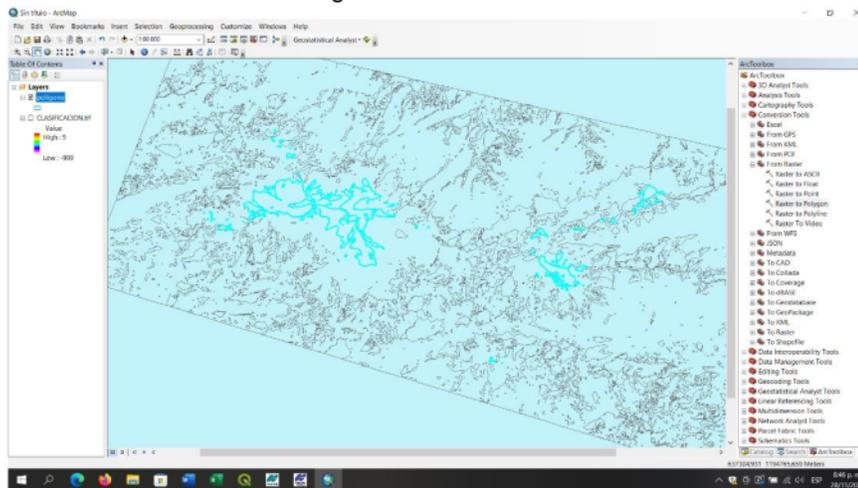
Ahora vamos a seleccionar por atributos mediante la opción de select by attributes y aplicamos la operación sabiendo que el gridcode de la nieve es 1, y aplicamos.

Figura 29. Selección por atributos.



Fuente: los autores.

Figura 30. Nieve seleccionada



Fuente: los autores.

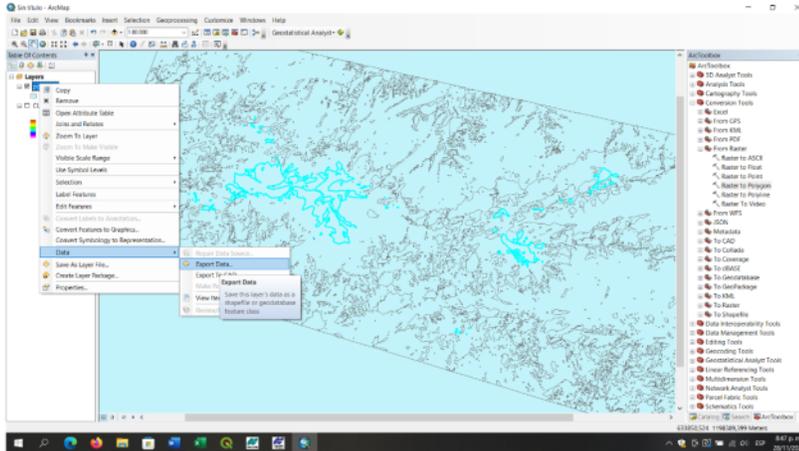
ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

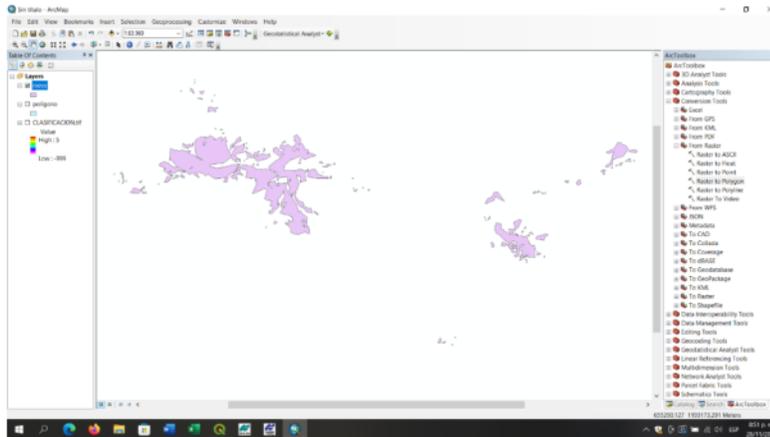
Ya teniendo el área de la nieve seleccionada la vamos a exportar, para esto hacemos lo siguiente, clic derecho Data y export Data, luego seleccionamos la carpeta de salida y le damos ok.

Figura 31.Export data



Fuente: los autores.

Figura 32.recorte nieve.



Fuente: los autores.

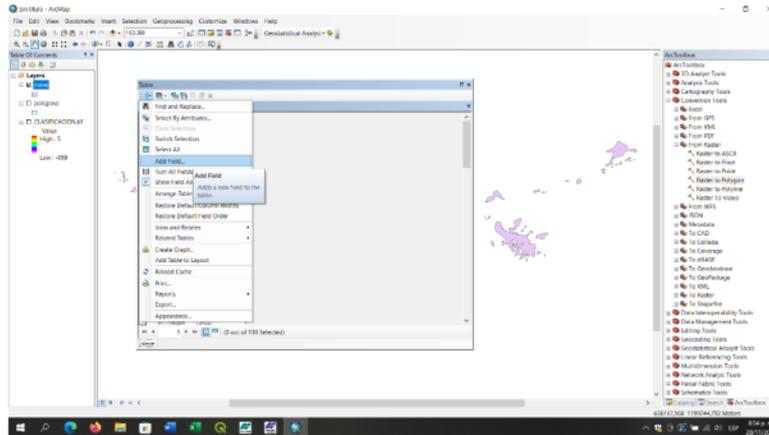
ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

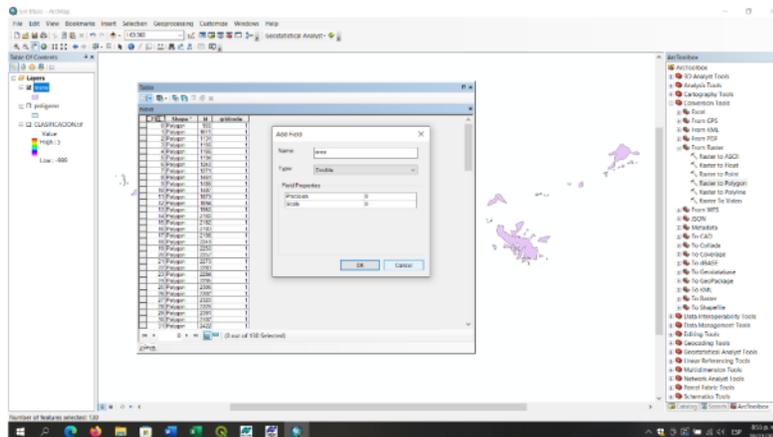
Aquí ya tenemos el polígono de la capa nieve, ahora vamos a calcular las áreas.  
Para esto vamos a la tabla de atributos de esta capa y añadimos una nueva  
columna.

Figura 33.Nueva tabla de atributos.



Fuente: los autores.

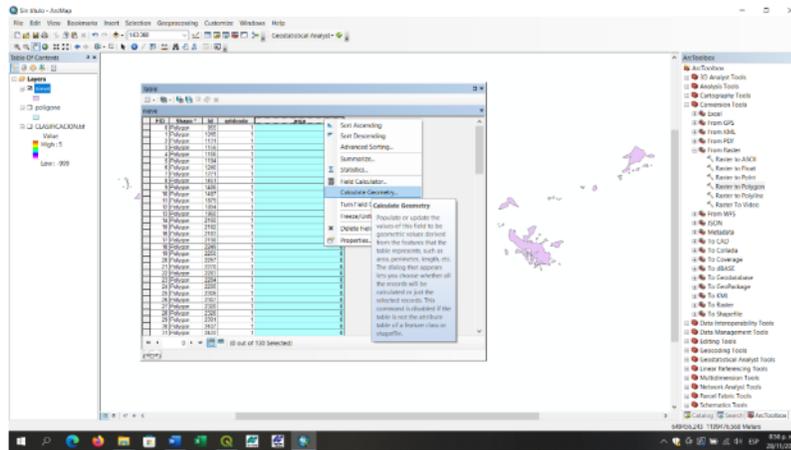
figura 34.Configuración de tabla



Fuente: los autores.

Aquí le damos el nombre de área en type seleccionamos Double.

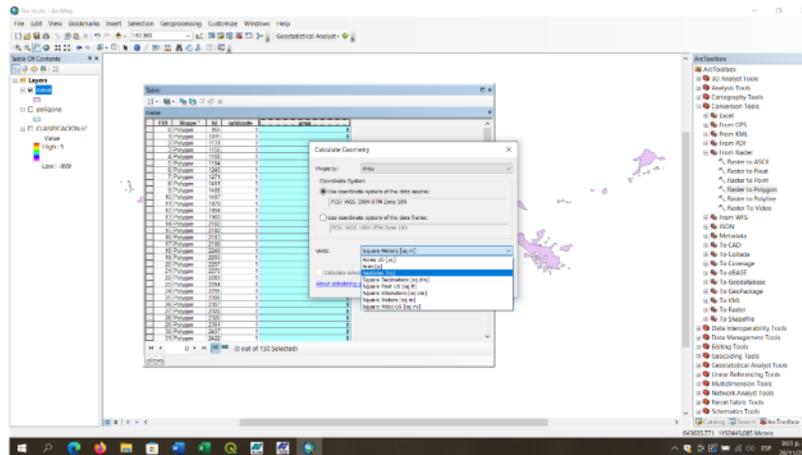
Figura 35. Selección de geometría.



Fuente: los autores.

Para realizar el cálculo de las áreas nos paramos sobre la columna que creamos con nombre área le damos clic derecho y luego seleccionamos geometría.

Figura 36. Determinación de unidad



Fuente: los autores.

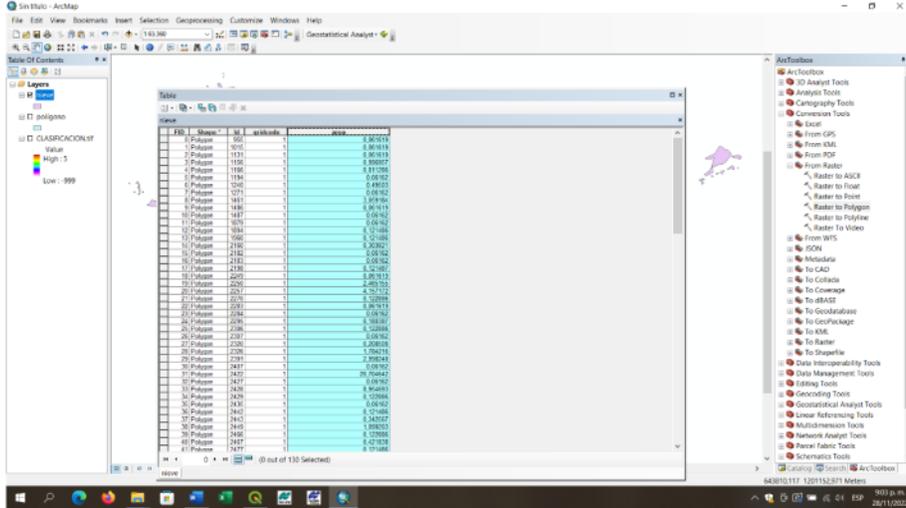
Determinamos la unidad que queremos trabajar y le damos ok.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Figura 37. Areas de nieve



Fuente: los autores.

De esta manera obtenemos el área de los polígonos correspondientes a nieve.

Después de realizar la clasificación supervisada para cada época y obtener las áreas relacionadas con la capa de interés (nieve)

En la siguiente tabla mostraremos des disminución progresiva que ha presentado la sierra nevada de Santa Marta durante los últimos cuarenta años, dentro del análisis encontramos que el mayor descongelamiento se originó del año 2000 al 2010, perdiendo un área de 6.6 km<sup>2</sup>. Esto nos pone a pensar y preguntarnos ¿que pudo pasar durante estos años?

Tabla 2. disminución del nevado

AÑOS	AREA (ha)	AREA (km2)	RETROCESO
1990	1707,66	17,08	17,08
1995	1706,69	17,07	0,01
2000	1483,2	14,83	2,25
2005	1053,58	10,54	6,54
2010	822,6	8,23	8,85
2015	721,08	7,21	9,87
2020	672,3	6,72	10,36

Fuente: los autores.

Tabla 3. pronóstico aproximado de glaciación

AÑO	AREA DE NIEVE	AREA DE DESHIELO
1850	82,6	0,688
1851	81,912	---
1852	81,224	---
1853	80,536	---
1854	79,848	---
1855	79,16	---
1856	78,472	---
1857	77,784	---
1858	77,096	---
1859	76,408	---
1860	75,72	---
1861	75,032	---
1862	74,344	---
1863	73,656	---
1864	72,968	---
1865	72,28	---

Fuente: los autores

7

Para la obtención de los datos de la tabla 3 se realizó una comparación de área de glaciación entre el año 1850 y 1939 que se encuentra en la tabla 4 del IDEAM y se realizó un cálculo aproximado realizando la resta de área entre esas 2 épocas, luego por cada año se fue calculando el área aproximada para finalmente obtener el año que tenía el área de nieve de 72,28 km<sup>2</sup>.

Tabla 4. Pronostico IDEAM

Evolución de la cobertura de glaciar en la Sierra Nevada de Santa Marta		
AÑOS	AREA CLACIAR (Km2)	Fuentes
1850	82,6	Interpretación de fotografías aéreas, IDEAM y Universidad Nacional de Colombia, 1997. Geosistemas de alta montaña. Bogotá.
1939	21,4	
50's	19,4	
80's	14,1	
90's	11,1	Interpretación de imágenes satelitales Landsat TM/ETM, spot, ALOS, RapidEye, QuickBird, Sentinel y PlanetScope. Selección autónoma a partir de combinaciones multiespectales y posterior interpretación.
2010	8,2	
2016	7,1	
2017	6,54	
2019	6,22	
2020	5,81	

Fuente: (IDEAM ,2021)

Realizamos un pronóstico para determinar un aproximado de la fecha en la que la Sierra Nevada de Santa Marta quedaría sin nieve y pasaría a la etapa de paramo.

Tabla 5. Pronostico cada 5 años

PRONOSTICO				
AÑOS	AREA (ha)	AREA (km2)	RETROCESO	CASE
1865	7257,00	72,57	0	NIEVE
1990	1707,66	17,08	55,49	NIEVE
1995	1706,69	17,07	55,5	NIEVE
2000	1483,2	14,83	57,74	NIEVE
2005	1053,58	10,54	62,03	NIEVE
2010	822,6	8,23	64,34	NIEVE
2015	721,08	7,21	65,36	NIEVE
2020	672,3	6,72	65,85	NIEVE
2025	320,15	3,20	69,37	NIEVE
2030	103,98	1,04	71,53	NIEVE
2035	-111,82	-1,12	73,69	NIEVE

Fuente: los autores

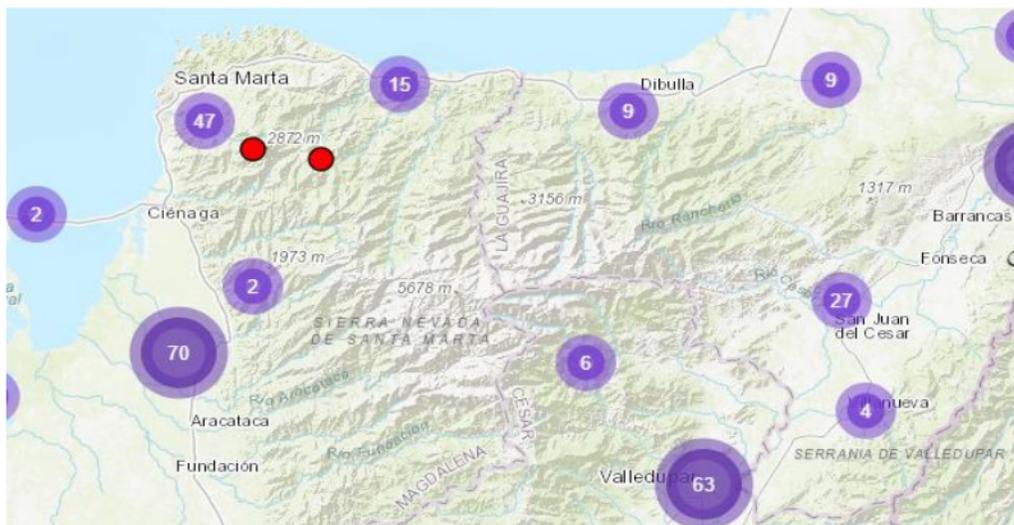
La principal variable por la cual podemos afirmar que el deshielo aumento la época del 2000 al 2010 fue el cambio de la temperatura, a continuación, mostramos una tabla de temperaturas la cual se descargó esta información de las bases meteorológicas del IDEAM que se encuentra ubicada la cabecera municipal de Santa Marta y que se encontraban encendidas para estas épocas.

Tabla 6. Temperaturas estación de alto de mira

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	AÑOS	TEMPERATURAS
ALTO DE MIRA	11,0915	-73,93238889	1990	27,2
ALTO DE MIRA	11,0915	-73,93238889	1995	26,4
ALTO DE MIRA	11,0915	-73,93238889	2000	26
ALTO DE MIRA	11,0915	-73,93238889	2005	28,6
SAN LORENZO	11,11108333	-74,05469444	2010	22,1
SAN LORENZO	11,11108333	-74,05469444	2015	20
SAN LORENZO	11,11108333	-74,05469444	2020	19,2

Fuente: (IDEAM,2022)

Figura 38. Bases meteorológicas del IDEAM



Fuente: (IDEAM,2022)

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

## 5. RESULTADOS

- tablas de postprocesos para cada época en las que se analizaron las imágenes satelitales.

Resultado de postproceso para época de 1990

Clase	PixelSum	Área [metros^2]	ha	km2
Nieve	18974	17076600	1707,66	17,08
Suelo desnudo	182055	163849500	16384,95	163,85
Suelo verde	7623	6860700	686,07	6,86
Retroceso	61656	55490400	5549,04	55,49
agua	43716	39344400	3934,44	39,34

Fuente: los autores.

Resultado de postproceso para época de 1995

Clase	PixelSum	Área [metros^2]	ha	km2
Nieve	10670	17066906	1706,69	17,07
Suelo desnudo	194321	174888900	17488,89	174,89
Suelo verde	7557	6801300	680,13	6,80
Retroceso	61621	55458900	5559,89	55,5
agua	261267	235140300	23514,03	235,14

Fuente: los autores.

Resultado de postproceso para época de 2000

Clase	PixelSum	Área [metros^2]	ha	km2
Nieve	16480	14832000	1483,20	14,83
Suelo desnudo	163986	147587400	14758,74	147,59
Suelo verde	2890	2601000	260,10	2,60
Retroceso	120357	108321300	5774,04	57,74
agua	10311	9279900	927,99	9,28

Fuente: los autores.

Resultado de postproceso para época de 2005

Clase	PixelSum	Área [metros^2]	ha	km2
Nieve	16514	10535837	1053,58	10,54
Suelo desnudo	193910	174519000	17451,90	174,52
Suelo verde	8962	8065800	806,58	8,07
Retroceso	85495	76945500	6203,21	62,03
agua	230555	207499500	20749,95	207,50

Fuente: los autores.

Resultado de postproceso para época de 2010

Clase	PixelSum	Área [metros^2]	ha	km2
Nieve	9140	8226000	822,60	8,23
Suelo desnudo	185777	167199300	16719,93	167,20
Suelo verde	86746	78071400	7807,14	78,07
Retroceso	54935	49441500	6434,32	64,34
agua	32361	29124900	2912,49	29,12

Fuente: los autores.

Resultado de postproceso para época de 2015

Clase	PixelSum	Área [metros^2]	ha	km2
Nieve	8012	7210800	721,08	7,21
Suelo desnudo	192115	172903500	17290,35	172,90
Suelo verde	5596	5036400	503,64	5,04
Retroceso	93528	84175200	6536,15	65,36
agua	236185	212566500	21256,65	212,57

Fuente: los autores.

Resultado de postproceso para época de 2020

Clase	PixelSum	Área [metros^2]	ha	km2
Nieve	7470	6723000	672,30	6,72
Suelo desnudo	188885	169996500	16999,65	170,00
Suelo verde	7583	6824700	682,47	6,82
Retroceso	80643	72578700	6937,41	69,37
agua	29443	26498700	2649,87	26,50

Fuente: los autores.

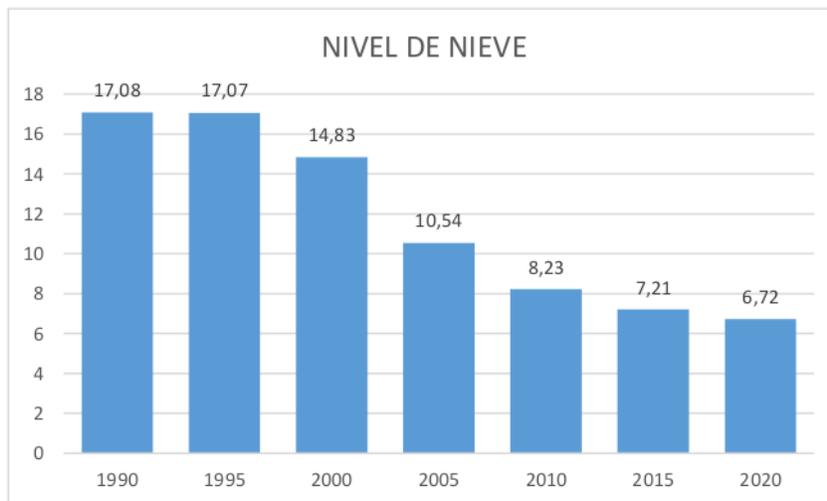
- Tabla y gráfico de disminución progresiva que ha presentado la sierra nevada de Santa Marta durante los últimos cuarenta años

Tabla 7. Disminución del nevado

AÑOS	AREA (ha)	AREA (km2)	RETROCESO(km2)	% RETROCESO
1990	1707,66	17,08	17,08	0,000
1995	1706,69	17,07	0,01	0,059
2000	1483,2	14,83	2,25	13,173
2005	1053,58	10,54	6,54	38,290
2010	822,6	8,23	8,85	51,815
2015	721,08	7,21	9,87	57,787
2020	672,3	6,72	10,36	60,656

Fuente: los autores.

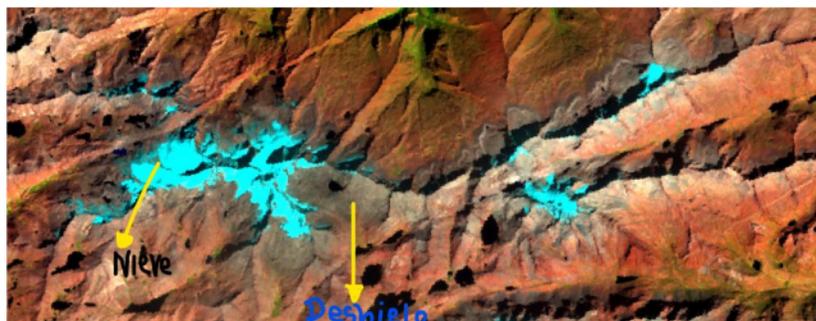
figura 39. Gráfico de disminución del nevado



Fuente: los autores

- Representación gráfica de la nieve y el deshielo.

figura 40.modelo digital de la nieve y el deshielo



Fuente: los autores.

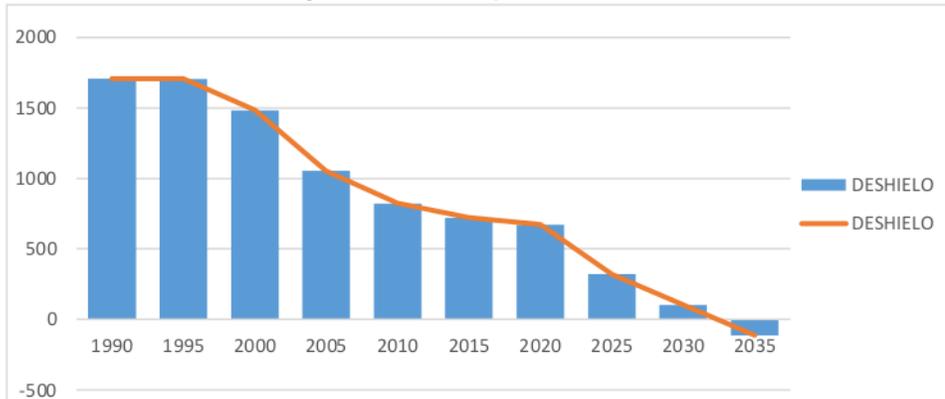
- Tablas y graficas de predicción

Tabla 8.predicción del deshielo

PRONOSTICO					
AÑOS	AREA (ha)	AREA (km2)	RETROCESO(km2)	% RETROCESO	CLASE
1865	7257	72,57	0,00	0,000	NIEVE
1990	1707,66	17,08	55,49	76,464	NIEVE
1995	1706,69	17,07	55,50	76,478	NIEVE
2000	1483,2	14,83	57,74	79,565	NIEVE
2005	1053,58	10,54	62,03	85,476	NIEVE
2010	822,6	8,23	64,34	88,659	NIEVE
2015	721,08	7,21	65,36	90,065	NIEVE
2020	672,3	6,72	65,85	90,740	NIEVE
2025	320,15	3,2	69,37	95,590	NIEVE
2030	103,98	1,04	71,53	98,567	NIEVE
2035	-111,82	-1,12	73,69	101,543	NIEVE

Fuente: los autores.

Figura 41. Grafica predicción del deshielo



Fuente: los autores.

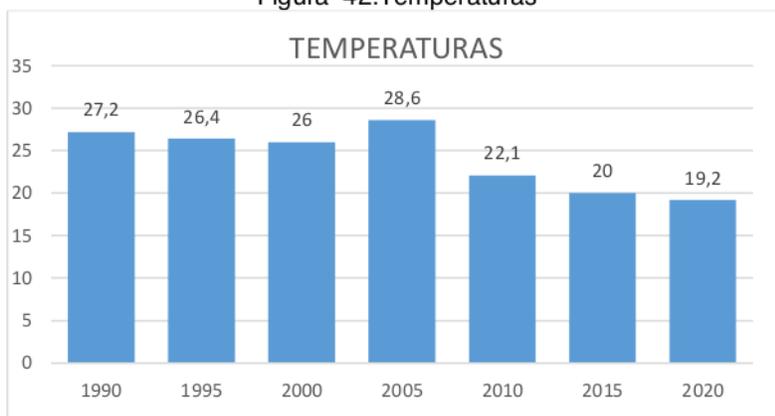
- Temperaturas en cada año de estudio

Tabla 9. temperaturas

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	AÑOS	TEMPERATURAS
ALTO DE MIRA	11,0915	-73,93238889	1990	27,2
ALTO DE MIRA	11,0915	-73,93238889	1995	26,4
ALTO DE MIRA	11,0915	-73,93238889	2000	26
ALTO DE MIRA	11,0915	-73,93238889	2005	28,6
SAN LORENZO	11,11108333	-74,05469444	2010	22,1
SAN LORENZO	11,11108333	-74,05469444	2015	20
SAN LORENZO	11,11108333	-74,05469444	2020	19,2

Fuente: IDEAM.

Figura 42. Temperaturas



Fuente: los autores.

- Tablas y grafica de correlación entre temperatura área de glaciar y retroceso

Tabla 10. Datos de área retroceso y temperatura

AÑOS	AREA (km2)	RETROCESO	TEMPERATURA
1990	17,08	17,08	27,2
1995	17,07	0,01	26,4
2000	14,83	2,25	26
2005	10,54	6,54	28,6
2010	8,23	8,85	22,1
2015	7,21	9,87	20
2020	6,72	10,36	19,2

Fuente: los autores.

Tabla 11. Correlación entre área retroceso y temperatura

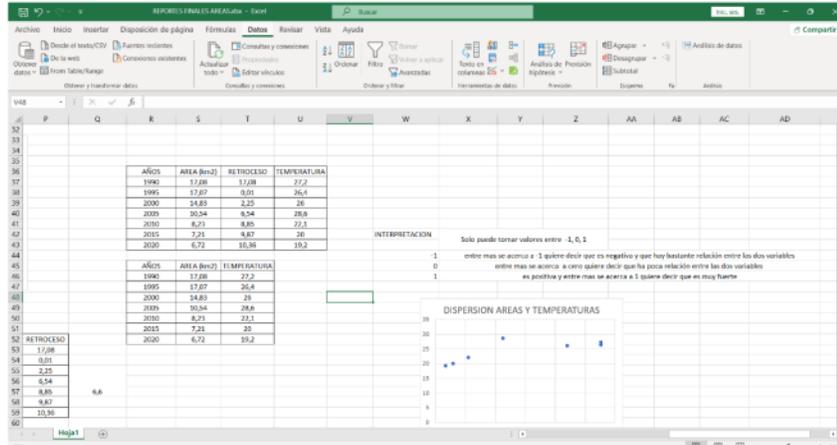
	AREA (km2)	RETROCESO	TEMPERATURA
AREA (km2)	1		
RETROCESO	-0,216	1	
TEMPERATURA	0,776	-0,226	1

Fuente: los autores.

- Matriz de correlación

Lo primero que se debe hacer es irnos a la pestaña de DATOS

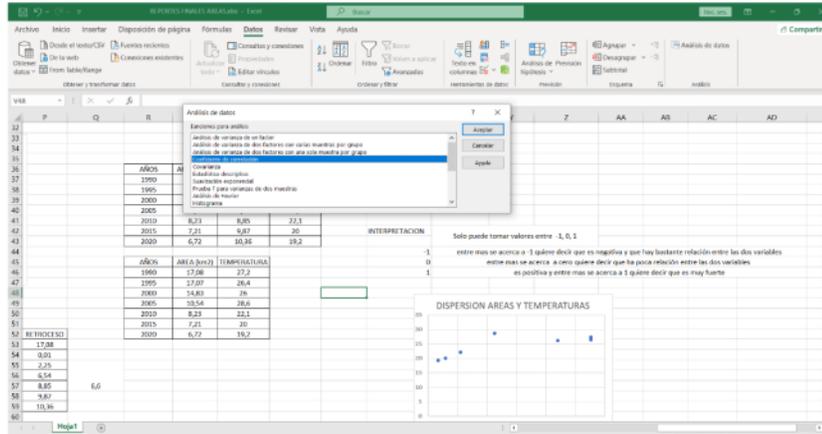
Figura 43. Datos para realizar la matriz de correlación.



Fuente: los autores.

Después en Análisis y escogemos la opción de coeficiente de correlación y damos clic

Figura 44. coeficiente de correlación



Fuente: los autores.

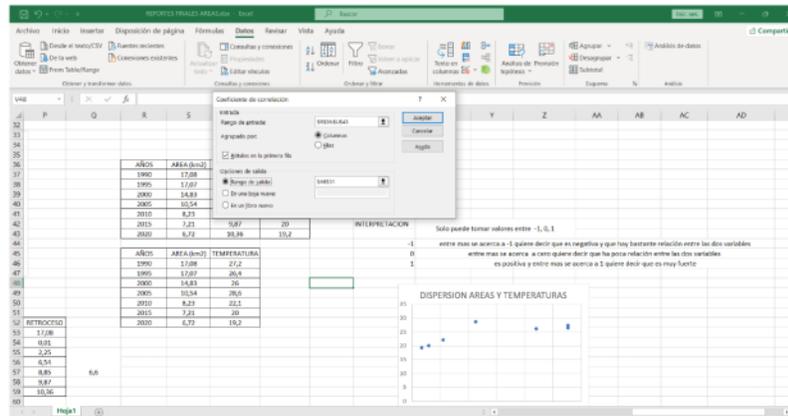
ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Ahora nos abre esta ventana en la que nos permite seleccionar la tabla con las variables que queremos relacionar

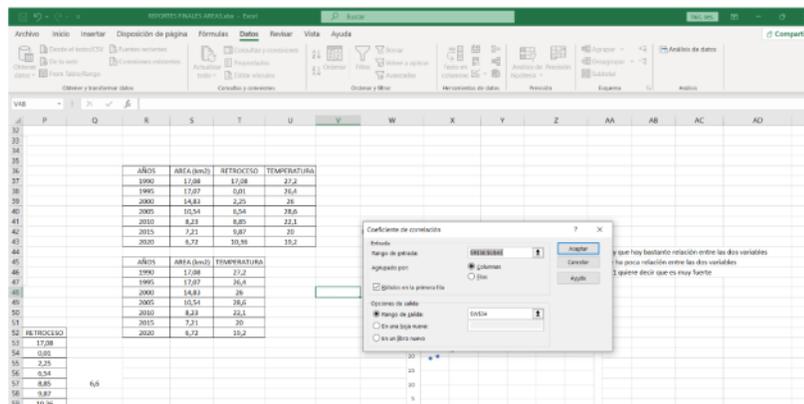
Figura 45. Selección de tabla de variables.



Fuente: los autores.

Seleccionamos toda la tabla incluyendo los encabezados.

Figura 46. Tablas con encabezados.



Fuente: los autores.

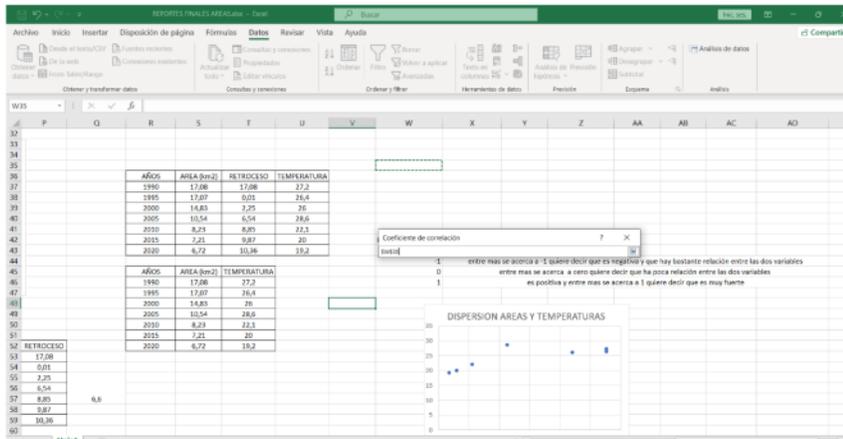
ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

En la segunda opción de seleccionar dato seleccionamos la casilla en donde queremos que nos quede la matriz le damos enter y aceptar

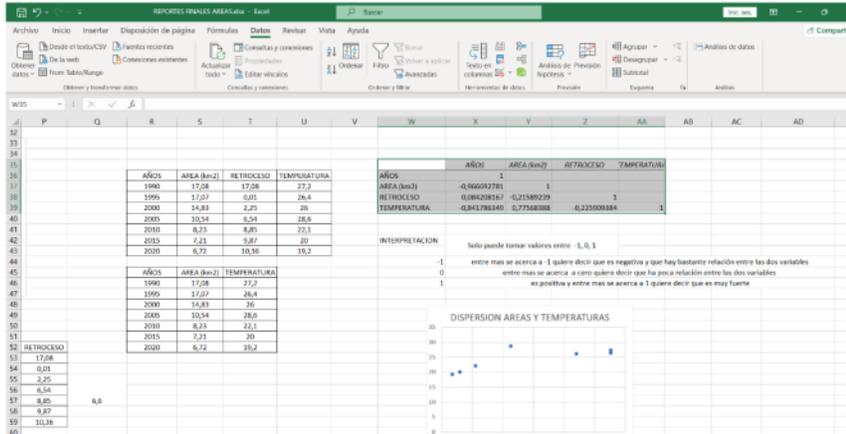
Figura 47. Selección de casilla de matriz.



Fuente: los autores.

Al final nos muestra la matriz de correlación

Figura 48. Matriz de correlación.



Fuente: los autores.

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

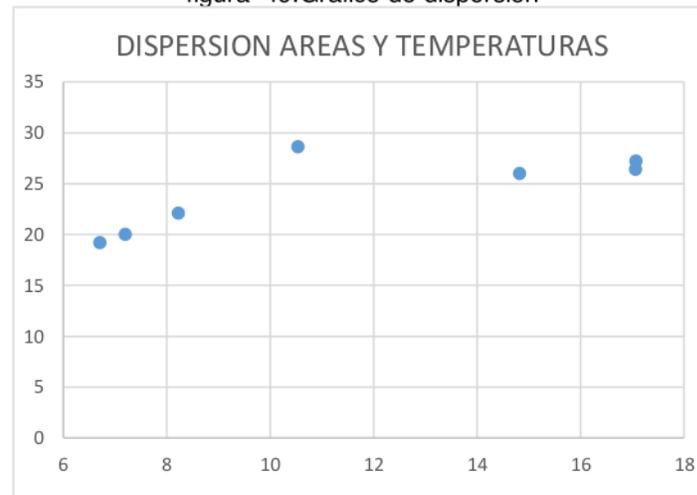
APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Tabla 12. Interpretación entre las variables.

INTERPRETACION	Solo puede tomar valores entre -1, 0, 1
-1	entre más se acerca a -1 quiere decir que es negativa y que hay bastante relación entre las dos variables
0	entre más se acerca a cero quiere decir que ha poca relación entre las dos variables
1	es positiva y entre más se acerca a 1 quiere decir que es muy fuerte

Fuente: los autores.

figura 49. Grafico de dispersión



Fuente: los autores.

## 6. CONCLUSIONES

- Durante el desarrollo del proyecto se lograron identificar dos variables que fueron relevantes para lograr argumentar la razón de la evolución del nevado, estas variables son la cantidad de nieve actual y el área de retroceso o descongelamiento, la cual se muestra de forma clara en las imágenes satelitales al momento de realizar el juego de bandas para colores naturales.
- Debido a los procesos morfodinámicos y morfoestructurales, el nevado ha sufrido un deshielo progresivo, esto quiere decir que los nevados tienen tendencia a la desaparición. Asimismo, se identificó que el cambio de temperatura acelera este proceso.
- Se observó que durante el periodo 2000-2010, se presentó el mayor nivel de deshielo, debido a que en este rango de tiempo hubo sequía y un aumento de la temperatura.
- Pese a que los ecosistemas se ven afectados en mayor medida por los fenómenos naturales, no se puede ignorar el hecho de que también influye el factor antrópico.
- La Sierra Nevada de Santa Marta ha sufrido diferentes cambios bruscos que quedan evidenciados mediante los análisis realizados y se concluye que aproximadamente para el año 2035, la Sierra no contará con nieve.

## 7. RECOMENDACIONES

- Al momento de realizar un análisis con imágenes satelitales es muy importante que el porcentaje de nubes en sea menor del 10% para poder tener una mayor aproximación de la cobertura que se está analizando.
- Comparar los datos que estamos calculando con los de otras fuentes confiables, esto nos ayuda afianzar nuestra información.
- Identificar las posibles variables que están infiriendo en la modelación del paisaje, si es posible buscar información que nos permita afirmar y cuantificarlas.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 9. Bibliografía

- Aeroterra. (2019). Obtenido de <https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/introduccion>
- Aguaysig. (2010). Obtenido de <https://aguaysig.com/algebra-de-mapas-y-las-operaciones-con-imagenes-de-satelites/>
- Albornoz, I. A. (2012). <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/435>. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/435>
- Arevalo, A. a. (2015). Obtenido de [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7268/YAP\\_AR\\_EVALO\\_ADERLY\\_GLACIARES\\_LAGUNAS.pdf?sequence=1](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7268/YAP_AR_EVALO_ADERLY_GLACIARES_LAGUNAS.pdf?sequence=1)
- Arias, J. M. (2021). <https://repositorio.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/30911/johannes-Arias-Molina-PG-20210718.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Obtenido de <https://repositorio.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/30911/johannes-Arias-Molina-PG-20210718.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Axess. (2016). Obtenido de <https://axessnet.com/las-imagenes-satelitales-y-sus-aplicaciones-en-la-vida-cotidiana/#:~:text=Las%20im%C3%A1genes%20satelitales%20tambi%C3%A9n%20conocidas,emitida%20o%20reflejada%20por%20un>
- Bocanegra, J. E. (31 de 12 de 2007). desktop.arcgis. (2016). <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/extensions/spatial-analyst/image-classification/what-is-image-classification.htm>.
- Eos. (2020). <https://eos.com/es/make-an-analysis/>. Obtenido de <https://eos.com/es/make-an-analysis/>
- eos.data.analytics. (11 de 9 de 2021). Obtenido de <https://eos.com/es/blog/teledeteccion/>
- Franco, Vincent. (2007). geograf. (2014). Obtenido de <https://www.um.es/geograf/sig/teledet/>
- Geographic, N. (2 de 2020). *National Geographic*. Obtenido de National Geographic .
- iberdrola. (2021). ignpanama. (2014). Obtenido de <https://ignpanama.anati.gob.pa/index.php/mproyectos/mcartografia/funciones#:~:text=La%20Cartograf%C3%ADa%20es%20la%20ciencia,la%20elaboraci%C3%B3n%20de%20los%20mapas>.
- Learn.arcgis. (2022). <https://learn.arcgis.com/es/projects/get-started-with-imagery/#:~:text=Landsat%20es%20uno%20de%20los,ser%C3%ADan%20invisibles%20al%20ojo%20humano>. Obtenido de <https://learn.arcgis.com/es/projects/get-started-with-imagery/#:~:text=Landsat%20es%20uno%20de%20los,ser%C3%ADan%20invisibles%20al%20ojo%20humano>.

- Miargentina. (2019). <https://www.argentina.gob.ar/produccion/segemar/geologia-y-recursos-minerales/sensores-remotos#:~:text=Los%20sensores%20remotos%20son%20sistemas,e%20interpretaci%C3%B3n%20de%20esos%20datos>. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/produccion/segemar/geologia-y-recursos-minerales/sensores-remotos#:~:text=Los%20sensores%20remotos%20son%20sistemas,e%20interpretaci%C3%B3n%20de%20esos%20datos>.
- Moreno, A. F. (2019). <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/31988>. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/31988>
- Nacionesunidas. (2018). Obtenido de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20se%20refiere,las%20variaciones%20del%20ciclo%20solar>.
- National Geographic. (2020). *National Geographic*. Obtenido de National Geographic .
- Parra, J. G. (2019). <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/25664>. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/25664>
- Pérez, A. R. (2019). Obtenido de [AN%20C3%81LISIS%20MULTITEMPORAL%20DEL%20CAMBIO%20DE%20COVERTURA%20GLACIAR%20SOBRE%20LA%20SIERRA%20NEVADA.pdf](#)
- Sociedad, A. A. (s.f.). Obtenido de <https://www.ambienteysociedad.org.co/colombia-se-derrite/>
- Suárez, C. Y. (2017). <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7235/1/03%20RNR%20252%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.
- Tiempo, e. (2017).
- Ucontinental. (2015). <https://ucontinental.edu.pe/noticias/importancia-del-uso-de-imagenes-satelitales-y-procesamiento-de-senales/>. Obtenido de <https://ucontinental.edu.pe/noticias/importancia-del-uso-de-imagenes-satelitales-y-procesamiento-de-senales/>
- Um. (2012). Obtenido de <https://www.um.es/geograf/sig/teledet/fundamento.html>



# Análisis Geoespacial

## INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to University of the Andes Trabajo del estudiante	<1 %
2	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
4	www.anla.gov.co Fuente de Internet	<1 %
5	www.unesco.org.uy Fuente de Internet	<1 %
6	albeiror24.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
7	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
8	repository.globethics.net Fuente de Internet	<1 %
9	www.juridica-colombia.com.co Fuente de Internet	<1 %

10	Submitted to Universidad Del Magdalena Trabajo del estudiante	<1 %
11	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
12	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to INACAP Trabajo del estudiante	<1 %
14	www.espacial.com.ar Fuente de Internet	<1 %
15	brainly.lat Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	www.sela.org Fuente de Internet	<1 %
19	agrotendencia.tv Fuente de Internet	<1 %
20	dspace.pucesi.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
21	www.uisek.cl Fuente de Internet	<1 %

22

Benito Mendoza, Marco Cruz, Lucero Carrera, Mauro Jimenez, Juan Caicedo, Miguel Osorio, Luis Santillán, Fabian Arias. "Biogenetic study of the emissions of species: Pinus radiata, Eucalyptus globulus Labill and Alnus acuminata in Riobamba canton, Ecuador", F1000Research, 2019

Publicación

<1 %

23

[fdocuments.es](http://fdocuments.es)

Fuente de Internet

<1 %

24

[repositorio.uam.es](http://repositorio.uam.es)

Fuente de Internet

<1 %

25

[www.iaea.org](http://www.iaea.org)

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 5 words

Excluir bibliografía

Activo