

**DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DE PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS Y DE  
CONFORMACIÓN DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PALMICHALA CON  
FINES DE MODELAMIENTO**

**IVAN DARIO DALLOS LEON**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2011**

**DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DE PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS Y DE  
CONFORMACIÓN DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PALMICHALA CON  
FINES DE MODELAMIENTO**

**IVAN DARIO DALLOS LEON**

**Trabajo de grado como requisito para optar al Título de  
Ingeniero Civil**

**Ing. JUAN CARLOS FORERO SARMIENTO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, debo agradecer Dios, y a mis padres por brindarme la oportunidad de formarme a nivel personal y profesional.

Debo agradecer también a mi Director de Tesis y amigo, Ingeniero Juan Carlos Forero Sarmiento, por su paciente labor y porque es gracias a él que elabore las bases de este trabajo, y por haber sido un amigo en momentos de tribulación.

Debo agradecer a Liliana Urbano, al Ingeniero Rafael Ortiz, por creer en mí, por brindarme su apoyo y solidaridad.

Debo agradecer también a mi gran amigo Ingeniero Cesar Tarazona Cely por su preocupación, por su voz de aliento, por su ayuda y conocimiento.

Gracias a todos y cada una de las persona que no menciono, pero que saben que los estoy nombrando, y que tiene claro que de una u otra manera hicieron posible y realidad este sueño.

## **DEDICATORIA**

A Dios, a Leidy Johana, a mis hijos María Victoria e Iván Ramiro, y a toda mi familia, por todo su amor.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	10
1. OBJETIVOS	13
1.1 OBJETIVO GENERAL	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2. LOCALIZACION	14
3. CLIMATOLOGÍA	17
3.1 PRECIPITACIÓN	17
3.2 PISOS TERMICOS	18
4. GEOLOGIA	23
4.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	28
5. GEOMORFOLOGÍA Y PROCESOS MORFODINAMICOS	33
5.1 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLOGÍA:	33
6. ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	36
6.1 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA PRELIMINAR DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	36
6.1.1 Meteorización.	37
6.1.2 Clima.	37
6.1.3 Litología.	37
6.1.4 Topografía.	38
6.1.5 Tiempo.	38
6.1.6 Fracturamiento.	38
6.2 ZONAS DE INTERES HIDROGEOLOGICO	40
6.2.1 Características Morfodinámicas.	41
7. CLASIFICACION GENERAL DE LOS SUELOS	44
8. ASPECTOS BIÓTICOS	48
8.1 FORMACIONES VEGETALES	48

9. USO DE LAS TIERRAS	52
9.1 DISTRITO DE MANEJO INTEGRADO	56
10. MODELO DIGITAL DE ELEVACION (MDE):	59
10.1 CONCEPTO DE MODELO	59
10.1.1 Tipos básicos de modelos.	59
10.2 MODELOS DIGITALES DE TERRENO	60
10.3 MODELOS DIGITALES DE ELEVACION	60
10.4 ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO DE LOS MDE	60
10.4.1 Vectorial.	60
10.4.2 Modelo vectorial: Contornos.	60
10.4.3 Modelo vectorial: Redes de triángulos irregulares.	60
10.5 RASTER	61
10.5.1 Modelo raster: Matrices regulares	61
10.5.2 Modelo raster: Matrices de resolución variable	61
10.6 CAPTURA DE DATOS	61
10.6.1 Directos.	62
10.6.2 Indirectos.	62
10.7 METODOS DE INTERPOLACION	62
10.7.1 Ponderación en función inversa de la distancia.	62
10.7.2 Superficies de tendencia.	62
10.7.3 Kriging.	62
10.8 DETECCION Y CORRECCION DE ERRORES EN LOS MDE:	63
10.8.1 Errores posicionales o cartográficos	63
10.8.2 Errores atributivos o temáticos.	63
10.9 MEDIDA DEL ERROR ATRIBUTIVO EN LOS MDE MATRICIALES:	63
10.10 NATURALEZA Y DETECCIÓN DE LOS ERRORES POSICIONALES:	63
10.10.1 Error derivado del proceso de digitalización.	63
10.10.2 Operacional.	64
10.11 ERROR DE GENERALIZACION	64

10.12 DETECCION DE LOS ERRORES ATRIBUTIVOS EN LOS MDE MATRICIALES	64
10.13 CORRECCION DE LOS MDE MATRICIALES:	64
11. PROCEDIMIENTO PARA LA CREACION DE LOS MDE DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PALMICHALA	65
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFIA	96

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Características Pisos térmicos	19
Tabla 2. Forma de origen denudacional	33
Tabla 3. Forma de origen estructural denudacional	34
Tabla 4. Forma de origen fluvial	35
Tabla 5. Espesores de los Sistemas de Fracturas	40
Tabla 6 Zonas de interés hidrogeológico	40
Tabla 7. Clasificación general de suelos	44
Tabla 8. Especificaciones de las formaciones vegetales	49



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localización general	14
Figura 2. Cauce	15
Figura 3. Pisos térmicos	18
Figura 4. Características de Sistemas de Fracturas que controlan el flujo de agua.	39

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DE PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS Y DE CONFORMACIÓN DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PALMICHALA CON FINES DE MODELAMIENTO

**AUTOR:** IVAN DARIO DALLOS LEON

**FACULTAD:** INGENIERIA CIVIL

**AUTOR:** Ing. JUAN CARLOS FORERO SARMIENTO

### **RESUMEN**

Este trabajo se realizó con el fin de recopilar la información preliminar de parámetros como la clasificación general del suelo, zonas de interés hidrogeológico, geología de la zona, aspectos bióticos de la cobertura vegetal y el tipo de uso del suelo de la cuenca de la quebrada Palmichala, necesarios para comprender los procesos de lluvia – escorrentía para posteriores tesis de grado que se enfoquen o que tengan como objetivo y fin el modelamiento hidrológico.

Además la mayoría de estudios de modelamiento hidrológico son de origen europeo en los cuales estos parámetros son diferentes a las condiciones encontradas en nuestro país. Por tanto, se hace necesario presentar esta información para resolver, entender, predecir y comprender a través del modelamiento hidrológico los diferentes fenómenos o eventos extraordinarios que se presentan en temporadas invernales en las regiones del país.

También, para el aprovechamiento posicional con el que cuenta nuestro campus universitario ya que se encuentra cercano a fuentes hídricas de pequeño tamaño lo cual permite recolectar información con pocos recursos para desarrollar una serie de propuestas de investigación conducentes al estudio de diferentes aspectos y metodologías aplicables a nuestra región o que se puedan aplicar con mayor confianza para corroborar o desechar procesos acordes con nuestra condición local.

Durante el desarrollo del cuerpo de este proyecto se presentarán las variables que interviene en la determinación de dichos parámetros preliminares necesarios para futuros proyectos de modelación hidrológica y algunas recomendaciones y observación que se detectaron durante este proceso.

**PALABRAS CLAVES:** GEOMORFOLÓGICOS, QUEBRADA PALMICHALA

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

**TITLE:** PARAMETER DESCRIPTION PRELIMINARY  
GEOMORPHOLOGIC AND CONFORMATION OF THE  
CREEK WATERSHED MODELING PURPOSES PALMICHAL

**AUTHOR:** IVAN DARIO DALLOS LEON

**FACULTY:** CIVIL ENGINEERING

**AUTOR:** Ing. JUAN CARLOS FORERO SARMIENTO

### ABSTRACT

This work was undertaken to gather preliminary information and the overall parameters of the soil, hydrogeological zones of interest, geology of the area, biotic aspects of the vegetation cover and type of land use in the basin of the creek Palmichal necessary to understand the processes of rainfall - runoff later thesis that focus or that aim and purpose hydrological modeling.

In addition, most hydrologic modeling studies are of European origin in which these parameters are different to the conditions encountered in our country. Therefore, it is necessary to present this information to solve, understand, predict and understand through the hydrologic modeling different phenomena or extraordinary events that occur in winter seasons in the country.

Also, for positional advantage that counts as our campus is located near water sources of small size which allows the collection with few resources to develop a series of research proposals leading to the study of various aspects and methodologies our region and that can be applied with confidence to confirm or discard our processes in line with local conditions.

During development of the body of this project will present the variables involved in determining these preliminary parameters needed for future projects and hydrologic modeling and monitoring recommendations that were detected during this process.

**KEY WORDS:** Geomorphological

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo se realizó con el fin de recopilar la información preliminar de parámetros como la clasificación general del suelo, zonas de interés hidrogeológico, geología de la zona, aspectos bióticos de la cobertura vegetal y el tipo de uso del suelo de la cuenca de la quebrada Palmichala, necesarios para comprender los procesos de lluvia – escorrentía para posteriores tesis de grado que se enfoquen o que tengan como objetivo y fin el modelamiento hidrológico.

Además la mayoría de estudios de modelamiento hidrológico son de origen europeo en los cuales estos parámetros son diferentes a las condiciones encontradas en nuestro país. Por tanto, se hace necesario presentar esta información para resolver, entender, predecir y comprender a través del modelamiento hidrológico los diferentes fenómenos o eventos extraordinarios que se presentan en temporadas invernales en las regiones del país.

También, para el aprovechamiento posicional con el que cuenta nuestro campus universitario ya que se encuentra cercano a fuentes hídricas de pequeño tamaño lo cual permite recolectar información con pocos recursos para desarrollar una serie de propuestas de investigación conducentes al estudio de diferentes aspectos y metodologías aplicables a nuestra región o que se puedan aplicar con mayor confianza para corroborar o desechar procesos acordes con nuestra condición local.

Durante el desarrollo del cuerpo de este proyecto se presentarán las variables que interviene en la determinación de dichos parámetros preliminares necesarios para futuros proyectos de modelación hidrológica y algunas recomendaciones y observación que se detectaron durante este proceso.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

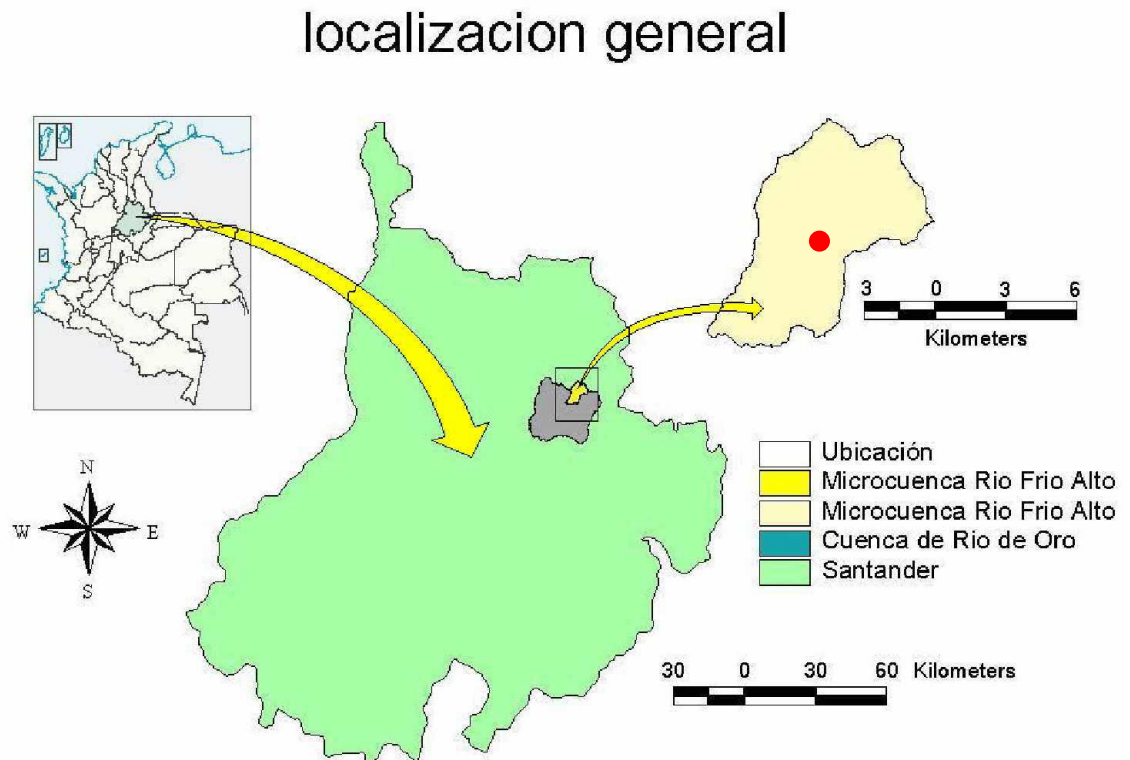
Identificar y recopilar la información preliminar morfológica, geológica y de vegetación y uso del suelo de la cuenca de la quebrada Palmichala.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Recopilar y describir las características morfológicas propias de la cuenca de estudio.
2. Recopilar la información geológica de la cuenca.
3. Clasificar e identificar las diferentes coberturas vegetales y usos de suelo existentes en la cuenca.
4. Recopilar toda esta información en archivos, bases de datos, y mapas con la escala espacio temporal más disponible.

## 2. LOCALIZACION

Figura 1. Localización general

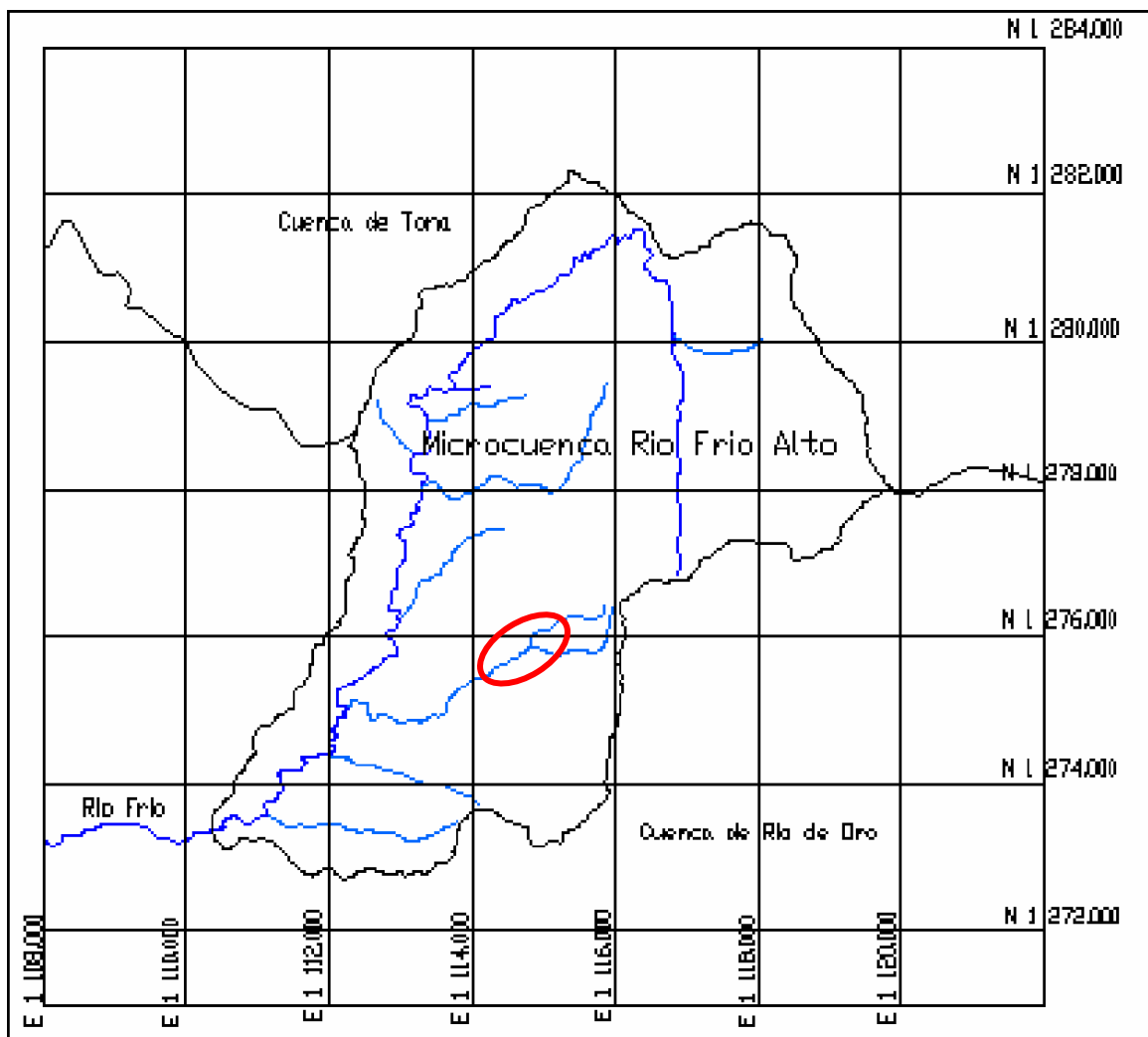


Fuente: UIS. Estimación de la recarga mensual en la parte alta de la cuenca de Río Frio 2 por medio de un modelo hidrológico distribuido

La microcuenca de Rio Frio Alto pertenece al grupo de microcuencas que conforman la cuenca del Rio de Oro, en el Departamento de Santander (Colombia). Esta cuenca posee un área de 2056,4 Ha. Dicha zona está delimitada entre las coordenadas 1.272.135 a 1.282.602 Norte y 1.110.231 a 1.120.010 Este. Sus alturas sobre el nivel del mar varían entre los 1050 y 3075 msnm.

La cuenca de la quebrada Palmichala pertenece a la cuenca que está delimitada entre las coordenadas 1.270.051 a 1.271.235 Norte y 1.111.409 a 1.113.577 Este. Sus alturas sobre el nivel del mar varían entre los 1050 y 1600 msnm., presenta un área total de 908.840,5297 m<sup>2</sup> y se encuentra ubicada en una región montañosa de la Cordillera Oriental, esta cuenca está delimitada al sur-oeste por la cuenca del Río de Oro y al Nor-este por la cuenca del río Tona.

**Figura 2. Cauce**



Fuente: UIS. Estimación de la recarga mensual en la parte alta de la cuenca de Río Frio 2 por medio de un modelo hidrológico distribuido

El cauce de la quebrada Palmichala nace en una elevación de 1600 msnm y recorre una longitud total de 4.465,3 m en dirección Nor-este al Sur-oeste; uniéndose con la Quebrada Mensulí y posteriormente con el Río de Oro en la zona Sur-oriental de la meseta de Bucaramanga<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> GOMEZ, E.; LOPEZ, C. 2005. Estimación de la recarga mensual en la parte alta de la cuenca del río frío por medio de un modelo hidrológico distribuido. Tesis de grado. UIS. Bucaramanga.



### **3. CLIMATOLOGÍA**

El estudio climático busca conocer el comportamiento de los diferentes elementos que determinan las condiciones y propiedades climáticas o atmosféricas para un período de tiempo determinado los cuales son: la presión atmosférica, la temperatura, la humedad, la dirección y velocidad del viento, la precipitación, el brillo solar y la nubosidad.

Estos elementos se convierten en variables climatológicas cuando obtienen valores cuantitativos o cualitativos en el tiempo y en el espacio, producto de las mediciones o las observaciones. Con el análisis del comportamiento de estas variables es posible hacer conclusiones sobre el clima actual y las fluctuaciones climáticas de diversa escala<sup>2</sup>.

El clima ambiental de la cuenca del Rio Frio Alto es medio, semi húmedo para una altura sobre el nivel del mar de entre los 1050 a 2100 msnm y su temperatura oscila entre los 16 a 18 °C<sup>3</sup>.

#### **3.1 PRECIPITACIÓN**

En la cuenca de Rio Frio Alto el régimen de lluvias es de tipo bimodal debido a que la zona de convergencia intertropical la atraviesa dos veces por año, y por la tanto existen dos temporadas lluviosas anualmente: la primera; se extiende desde mediados de abril a mitad del mes de junio y la segunda de mitad de agosto hasta mediados de noviembre; durante el resto del año se observa dos períodos secos: el primero de diciembre a marzo y el segundo; menos severo, entre junio a julio.

---

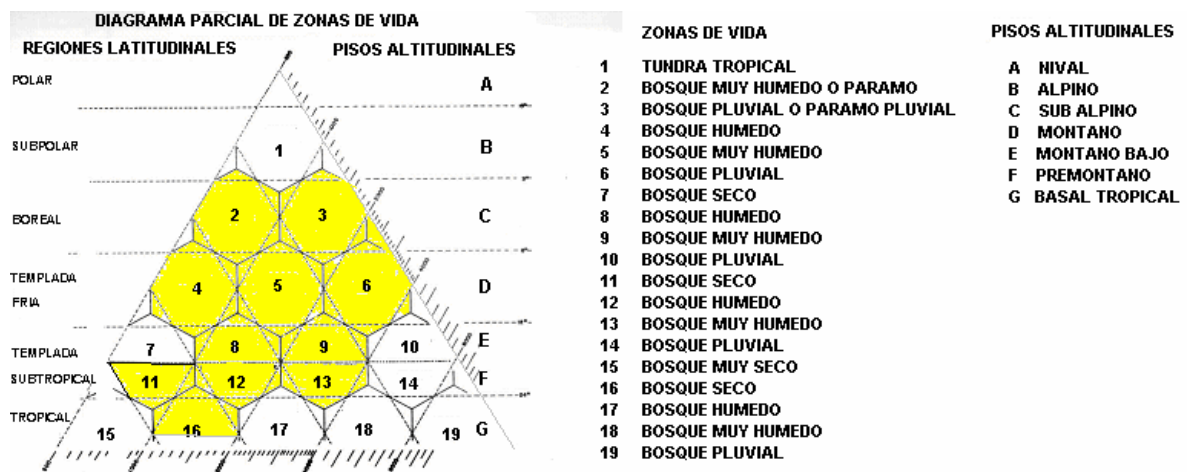
<sup>2</sup> Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. Documento Técnico de Soporte.

<sup>3</sup>Op. Cit. Gómez.

Las estaciones que aportan información diaria de precipitación encontradas dentro del área de estudio son: La Galvicia monitoreada por el IDEAM, la Mariana y la Esperanza monitoreada por la CDMB, y San Antonio. Su precipitación anual está entre los 1200 y 1400 mm.

### 3.2 PISOS TERMICOS

Figura 3. Pisos térmicos<sup>4</sup>



- **Piso basal tropical:** Corresponde al valle del Río de Oro, sector suroccidental, entre Girón y Chocóa; el Bosque seco tropical se localizaría entre el valle bajo del Río de Oro entre Girón y Café Madrid y la escarpa occidental de Bucaramanga.
- **Piso Premontano:** El bosque seco premontano se localiza en las estribaciones de las mesas de los Santos y Ruitoque; el bosque húmedo premontano se encontrará en las poblaciones de Suratá, Matanza,

<sup>4</sup> GUZMAN, J.; ANAYA, A.; NIÑO, E., GOMEZ, S.; COLEGIAL, J. 2005. Cuenca experimental del río sucio municipio de Toná – Santander. CONVENIO INTERINSTITUCIONAL AMB – UIS. Bucaramanga.

Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta, Mesas de Ruitoque, los Santos y valles altos entre estas mesas.

- **Piso montano bajo:** Corresponde a la parte media de la cordillera oriental, incluyendo los municipios de Charta, Tona y California. El bosque muy húmedo montano bajo en zonas localizadas en el extremo norte de la cuenca y alrededor de la Corcova.
- **Piso montano:** Se localiza en el oriente de la cuenca, en las partes altas del municipio de Vetas y el extremo oriental de la cuenca entre el páramo de la Corcova y la Cuchilla el Rasgón, así como en el extremo norte de la cuenca.
- **Piso subalpino:** Se localiza al oriente de la cuenca en la mesa de Berlín.

**Tabla 1. Características Pisos térmicos**

REGION ALTITUDINAL	PISO ALTITUDINAL	ZONA DE VIDA
POLAR	NIVAL	
SUBPOLAR	ALPINO	TUNDRA TROPICAL
BOREAL	SUB ALPINO	BOSQUE MUY HUMEDO O PARAMO
		BOSQUE PLUVIAL O PARAMO PLUVIAL
TEMPLADA FRIA	MONTANO	BOSQUE HUMEDO
		BOSQUE MUY HUMEDO
		BOSQUE PLUVIAL
TEMPLADA	MONTANO BAJO	BOSQUE SECO
		BOSQUE HUMEDO
		BOSQUE MUY HUMEDO
		BOSQUE PLUVIAL
SUB TROPICAL	PREMONTANO	BOSQUE SECO

		BOSQUE HUMEDO
		BOSQUE MUY HUMEDO
		BOSQUE PLUVIAL
TROPICAL	BASAL TROPICAL	BOSQUE MUY SECO
		BOSQUE SECO
		BOSQUE HUMEDO
		BOSQUE MUY HUMEDO
		BOSQUE PLUVIAL

Fuente: Autor del proyecto

### Zona de vida:

- **Páramo Subalpino y Páramo Pluvial Subalpino:** corresponde a la zona de páramo. Temperaturas entre 3°C y 6°C, promedio anual de lluvias entre 500 y 1.000 mm para el subalpino y entre 1.000 y 2.000 mm para el pluvial subalpino. Elevaciones entre 3.650 y 4.110 msnm aproximadamente y evapotranspiración real menores a 820 mm/año.
- **Bosque Pluvial Montano:** temperaturas entre 6°C y 12°C, pluviosidad anual promedio superior a 2.000 mm; elevaciones entre 2.720 y 3.650 msnm y evapotranspiración real entre 820 y 990 mm/año.
- **Bosque muy Húmedo Montano:** temperaturas entre 6°C y 12°C, pluviosidad anual promedio entre 1.000 y 2.000 mm. Elevaciones entre 2.720 y 3.650 msnm aproximadamente y evapotranspiración real entre 820 y 990 mm/año.
- **Bosque Húmedo Montano:** temperaturas entre 6°C y 12°C, promedio anual de lluvias entre 500 y 1.000 mm. Elevaciones entre 2.720 y 3.650 msnm y evapotranspiración real entre 820 y 990 mm/año.

- **Bosque muy Húmedo Montano Bajo:** temperaturas entre 12°C y 17°C, pluviosidad anual promedio superior a 2.000 mm Elevaciones entre 1.950 y 2.720 msnm aproximadamente y evapotranspiración real entre 990 y 1150 mm/año.
- **Bosque Húmedo Montano Bajo:** temperaturas entre 12°C y 17°C, pluviosidad anual promedio entre 1.000 y 2.000 mm. Elevaciones entre 1.950 y 2.720 msnm y evapotranspiración real entre 990 y 1.150 mm/año.
- **Bosque Húmedo Premontano:** temperaturas entre 17°C y 24°C, pluviosidad anual promedio entre 1.000 y 2.000 mm. No se presentan deficiencias de agua. Elevaciones entre 880 y 1.950 msnm y evapotranspiración real entre 1.150 y 1.430 mm/año.
- **Bosque muy Húmedo Premontano:** temperaturas entre 17°C y 24°C, pluviosidad anual promedio superior a 2.000 mm. Elevaciones entre 880 y 1.950 msnm aproximadamente y evapotranspiración real entre 1.150 y 1.430 mm/año.
- **Bosque Seco Premontano:** temperaturas entre 17°C y 24°C, pluviosidad anual promedio entre 500 y 1.000 mm. En verano pueden presentarse deficiencia de agua para los cultivos. Elevaciones entre 880 y 1.950 msnm y evapotranspiración real entre 1.150 y 1.430 mm/año.
- **Bosque Seco Tropical:** temperaturas superiores a 24°C, pluviosidad anual promedio entre 1.000 y 2.000 mm. La evapotranspiración es menor que el agua de lluvia. Elevaciones menores a 880 msnm aproximadamente y evapotranspiración real mayores a 1.430 mm/año<sup>5</sup>.**[2]**

---

<sup>5</sup> GUZMAN, J.; ANAYA, A.; NIÑO, E., GOMEZ, S.; COLEGIAL, J. 2005. Cuenca experimental del río sucio municipio de Toná – Santander. CONVENIO INTERINSTITUCIONAL AMB – UIS. Bucaramanga.

- **Bosque Húmedo Premontano:** temperaturas entre 17°C y 24°C, pluviosidad anual promedio entre 1.000 y 2.000 mm. No se presentan deficiencias de agua. Elevaciones entre 880 y 1.950 msnm y evapotranspiración real entre 1.150 y 1.430 mm/año

## 4. GEOLOGIA

En la subcuenca del Río de Oro se presentan rocas ígneo - metamórficas y sedimentarias con edades que van desde el Precámbrico hasta el Terciario. Estas unidades de roca se encuentran cubiertas parcialmente por depósitos cuaternarios de origen diverso.

Se presentan las unidades estratigráficas. A continuación se describen de la más antigua a la más reciente unidad crono - estratigráfica observada en la subcuenca en un proyecto de investigación geológico e hidrogeológico realizado en el Macizo de Santander por el INGEOMINAS y la U.I.S. a través de un acuerdo realizado en el 2005 cuyas memorias explicativas se presentaron en Abril de 2007.

### - **Neis de Bucaramanga:**

Su nombre fue dado por Ward y Goldsmith, 1973 y consiste en rocas metasedimentarias de alto grado de metamorfismo comprendiendo principalmente neis biotítico y anfibólico y en menor proporción neis cuarzofeldespático y migmatitas. Su distribución dentro de la subcuenca del Río de Oro corresponde al piedemonte del Macizo de Santander; que abarca la parte media de las microcuencas Oro Alto, Río Frío y Río Lato, siguiendo dirección N-NW.

### - **Ortoneis:**

Esta unidad corresponde a un neis cuarzofeldespático de composición cuarzomonzonítica a granodiorítica de grano medio. Los análisis petrográficos describen estructuras relícticas de origen ígneo. Su distribución dentro de la Subcuenca corresponde a la parte alta de la microcuenca Oro Alto, donde tiende a encontrarse altamente fracturado por las Fallas de Sevilla y Picacho.

- **Formación Silgará:**

Corresponde a una secuencia de rocas de parametamórficas de grado medio y comprende pizarras, filitas, esquistos metareniscas y metaconglomerados, que afloran en límites con la microcuenca del Río Tona y como relictos altamente denudados al oeste de la Falla de Bucaramanga, al sur de Piedecuesta dentro de la microcuenca Oro Alto.

- **Formación Diamante:**

Está constituida por caliza gris cristalina intercalada con lutita y arenisca de grano fino a medio, gris a pardo rojiza. El espesor de la formación se estima alrededor de los 400 m. Rocas de esta formación afloran sobre la Microcuenca Río Frío al Oeste de la Falla de Bucaramanga, pero el espesor en el área no es representativo para ser cartografiado.

- **Formación Bocas**

Esta formación de edad Triásica, consta principalmente de limolita gris verdosa a parda, ligeramente calcárea, con delgadas intercalaciones de arenisca de grano fino y conglomerado calcáreos duros y masivos (Ward et al, 1973). En la subcuenca del Río de Oro aflora en un pequeño sector de la Microcuenca Oro Alto, sobre la zona de piedemonte del Macizo de Santander, al sur de Piedecuesta.

- **Cuarzomonzonita de la Corcova:**

Es una roca equigranular de grano fino a medio y de textura sacaroide con biotita uniformemente diseminada de color gris. Se localiza en la parte media de las microcuencas, Río Frío, Lato y Oro Alto, al Suroeste de la Corcova, extendiéndose



como una faja alargada de aproximadamente tres kilómetros de ancho con dirección Norte-Sur, intruyendo al Neis de Bucaramanga.

- **Granito de Pescadero:**

Es un granito leucocrático de color rosado naranja, de grano fino, equigranular, ligeramente porfirítico, con fenocristales de feldespato potásico y unos pocos nidos dispersos de minerales máficos. En general se meteoriza en un suelo arenoso, poroso de color claro. Cerca de Los Curos y está notablemente brechado y diaclasado, debido a la proximidad de la Falla de Bucaramanga. Este granito se ubica al Oeste de la Falla de Bucaramanga al sur de Piedecuesta dentro de la Microcuenca Oro Alto, constituyendo un plutón alargado de forma irregular, cuyo nombre se deriva de los afloramientos localizados en el corregimiento de Pescadero.

- **Cuarzomonzonita de Santa Bárbara:**

Roca fanerítica inequigranular de grano grueso a muy grueso, de color rosado naranja a gris violáceo. Su distribución puede variar de un lugar a otro, debido a procesos de diferenciación magmática. Esta unidad se localiza sobre la parte alta de la Microcuenca Oro Alto, en su costado Suroriental, sobre la zona límite con el Páramo de Berlín. Esta unidad de roca es afectada por meteorización esferoidal y desarrolla suelos residuales arenosos espesos muy susceptibles a la acción de la erosión hídrica.

- **Cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso:**

Intrusiones pequeñas de cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso, micáceos de color gris claro a rosado pálido de grano medio a grueso están distribuidos puntualmente instruyendo la Formación Silgará a lo largo de todo el Macizo de

Santander. Un cuerpo de esta unidad se localiza en la microcuenca Oro Bajo, sobre la cabecera del área urbana de Bucaramanga.

- **Formación Jordán:**

Esta formación consta de limolita y arenisca de grano fino, color marrón rojizo, bien estratificada, en contactos discordantes con la Formación Bocas y la Formación Girón, alcanzando un espesor de aproximadamente 300 m sobre el área de la subcuenca. La Formación Jordán; aflora sobre el sector de piedemonte del Macizo de Santander al Oeste de la Falla de Bucaramanga, en las microcuencas Río Frío y Oro Alto, constituyendo adicionalmente en un alto porcentaje, el sustrato de los depósitos cuaternarios de este sector.

- **Formación Girón:**

Esta formación de origen continental consta de una secuencia espesa de arenisca conglomerática y conglomerado de color gris amarillento a pardo rojizo, masivo y lenticular, intercalados con capas de limolita pardo rojiza. Su espesor sobre el macizo de Santander se estima alrededor de los 700 m. Sin embargo en el sector del Picacho este espesor puede ser menor y en el sector de las mesas de Ruitoque y Lebrija, supera los 2.000 m. En la subcuenca del Río de Oro aflora localmente en la parte alta de la microcuenca Oro Alto, en el sector del Picacho, mientras en las microcuencas Oro Medio y Oro Bajo.

- **Formación Tambor:**

La formación Tambor constituye la base de la sedimentación cretácica en el área de Santander. Está constituida en su parte superior por arenisca cuarzosa clara, con capas conglomeráticas y en la parte inferior limolita y arenisca pardo rojiza, alcanzando un espesor aproximado de 150 m. sobre el área del Macizo

Santander, mientras en el sector de la Mesa de Ruitoque y Los Santos supera los 200 m. Suprayace discordantemente a la Formación Girón e infrayace concordantemente a la Formación Rosa Blanca. Esta unidad se presenta sobre la parte alta de la Microcuenca Oro Alto (Sector del Picacho), y en las microcuenca Oro Medio, y constituye superficies planas denudadas de las Mesas de los Santos, Ruitoque y Lebrija.

- **Formación Rosa Blanca:**

Esta formación del Cretáceo Inferior consta principalmente de caliza gris oscura, masiva, fosilífera e intercalaciones menores de lutita gris oscura. Suprayace concordantemente la Formación Tambor, alcanzando espesores hasta de 100 m sobre el Macizo de Santander. Esta formación aflora en la parte alta de la Microcuenca Oro Alto, al sur del Picacho, formando fuertes escarpes y formas cársticas sobre zonas fracturadas.

- **Formación Bucaramanga:**

Los sectores más erosionados sobre esta unidad se localizan sobre la zona del actual DMI de Bucaramanga. Otros depósitos de abanicos torrenciales, corresponden a los abanicos de Río de Oro y Río Frío, más recientes y de menor espesor. En la subcuenca afloran los diferentes miembros de la Formación Bucaramanga que se describen a continuación teniendo como base los documentos que hacen parte del trabajo de microzonificación sísmica realizado por el Ingeominas para la ciudad de Bucaramanga.

- **Depósitos coluviales:**

Los principales depósitos de este tipo, se encuentran sobre el pie de ladera de zonas escarpadas como son el Ato del Picacho en la microcuenca Oro Alto, y

laderas de la Mesa de Lebrija y Los Santos en las microcuencas Oro Medio y Oro Bajo.<sup>678</sup>

#### **4.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

La Subcuenca del Río de Oro se encuentra localizada dentro de uno de los sectores de la Cordillera Oriental más afectados por la tectónica regional. En el Macizo de Santander se presentan fallas regionales menores de tipo normal, con dirección general hacia el Noreste, controlando algunos cursos de ríos que drenan el Macizo. En la zona de Mesas, localizada al Oeste de la Falla de Bucaramanga, la actividad tectónica ha sido enmascarada por depósitos cuaternarios. En este sector la falla de Bucaramanga constituye la estructura tectónica más importante. En general, la tectónica está determinada por una serie de fallas de gran longitud de tipo normal que muestran una dirección predominante NE- SW y NW-SE y que tienen asociadas fallas satélites en todas las direcciones al igual que una serie de lineamientos claramente apreciados y que se reflejan en el grado de fracturamiento de las rocas aflorantes.

##### **- Falla de Bucaramanga:**

Es uno de los accidentes más representativos del Oriente y Norte colombiano, ya que se extiende desde el norte del Departamento de Boyacá hasta Santa Marta incluso penetrando la plataforma continental con una longitud estimada de 550 Kms. Es una falla de desplazamiento de rumbo lateral izquierdo y localmente inversa, que forma la faja suroeste del Macizo de Santa Marta y el Macizo de Santander como lo indica Kellog J.N (1.984).

---

<sup>6</sup>Op. Cit. Gómez.

<sup>7</sup> ULLOA, A.; GOMEZ, S. 2007. Proyecto de investigación geológica e hidrogeológica en la región central del Departamento de Santander. ACUERDO ESPECIFICO 002/2005 INGEOMINAS – UIS. Bucaramanga.

<sup>8</sup> Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. Documento Técnico de Soporte.

Este sistema de fallas con numerosas estructuras transversales y subparalelas, ha estado activa desde el pleistoceno, como lo constatan las evidencias de neotectónica sobre depósitos que han sido deformados, levantados y basculados, ubicados sobre los sectores de Pan de Azúcar, Lagos del Cacique y el Carrasco, hechos que corroboran la actividad posterior sobre la terraza de Bucaramanga, la cual es relativamente contemporánea con los depósitos que se encuentran en los valles de Guatiguará, Mensulí, Río de Oro y Quebrada Grande.

La actividad de la falla se hace manifiesta por la presencia de cerros alineados y lagos de origen estructural como es el caso de Pan de Azúcar, Morrórico, La Cumbre y los Lagos del Cacique. Morfológicamente, la Falla de Bucaramanga separa claramente el Macizo de Santander, la zona de mesas y cuestas y los valles intramontanos entre Piedecuesta y Floridablanca.

Sobre el flanco occidental del Macizo de Santander se observan fallas que corren subparalelas al trazo principal y que hacen parte del sistema, como en es caso de las Fallas de Umpalá, Río Lato, Sevilla, La Corcova y Río Perchiquéz. Estas han desplazado localmente el trazo de la Falla de Bucaramanga en sentido lateral derecho por los esfuerzos tensionales ocurridos durante su activación.

- **Falla del Suárez:**

Se localiza sobre el costado occidental de la subcuenca, presentando dirección N30°E; su carácter es inverso y se extiende a lo largo del Valle del río Suárez desde límites con el Departamento de Boyacá, hasta su confluencia con la Falla de Bucaramanga en el sector de los Colorados. Su desplazamiento vertical se estima entre 400 y 700 m. En el área de Bucaramanga, según los principales investigadores sobre el tema, es responsable de más del 60% de la Sismicidad en el Departamento de Santander.

- **Falla de Ruitoque:**

Es una de las fallas que se presenta asociada a la zona de Mesas y Cuestas, con dirección N80°E y el bloque sur levantado, que corresponde a la zona del escarpe al Norte de la Mesa de Ruitoque.

- **Falla Mariposa:**

Se localiza sobre la ladera oriental de la Mesa de Ruitoque, prolongándose hacia el Norte sobre los estratos de la Formación Girón que suprayacen el cuaternario del abanico de Bucaramanga.

- **Falla de Río de Oro:**

Es una estructura rectilínea de aproximadamente 15 kms de longitud con desplazamiento vertical, que se desprende de la falla de Sevilla al Noreste de Piedecuesta con dirección Norte, siguiendo el curso de Río de Oro en su parte media y continúa con dirección Noreste hasta unirse con la falla Tona.

- **Falla del Río Lato:**

Es una falla vertical con una longitud aproximada de 20 km, que se desprende de la Falla de Bucaramanga al Noreste de Piedecuesta; sigue el curso del Río Lato en su parte alta y continúa con dirección Norte en el curso de Río Frío para unirse con la Falla Río Frío en cercanías al corregimiento de La Corcova.

- **Falla del Picacho:**

Falla normal, con un salto vertical de 400 a 500 m con el bloque occidental levantado y una longitud aproximada de 10 kms. Se desprende de la falla Río de

Oro, y se extiende con dirección Noreste de forma paralela a la Falla Sevilla, formando una serie de bloques fallados sobre rocas cretácicas en el sector del Picacho.

- **Falla de Sevilla:**

Falla normal con una longitud aproximada de 20 km y una dirección N20°E. Se desprende de la Falla de Bucaramanga, en el sector comprendido entre Los Curos y Piedecuesta y sigue el curso de la quebrada Sevilla. Más al Norte, sobre la margen izquierda de Río de Oro, se evidencian saltos importantes de hasta 500 m con el bloque Oeste levantado, afectando las calizas de la Formación Rosa Blanca y areniscas de la Formación Tambor. La falla se ramifica en el sector del Picacho, terminando cerca de la quebrada Cristalina, afluente del río Tona.

- **Falla Río Frío:**

Es una estructura normal, de más de 25 km. de longitud, que se desprende de la Falla de Bucaramanga al Este del Municipio de Floridablanca. Tiene dirección N40°E, sigue el curso del Río Frío en su parte media hasta los alrededores del corregimiento de La Corcova, donde se une a la Falla Río Lato y continúa con dirección N20°E hasta la Microcuenca del Río Charta.

**SISMICIDAD:**

Según el CCCSR-98 la tectónica de la zona de estudio, ésta se puede clasificar como una zona de alta amenaza sísmica. Para la Subcuenca del Río de Oro, las estructuras más importantes que guardan relación con la actividad sísmica de la región son: El Sistema de fallas Bucaramanga – Santa Marta, el Nido Sísmico de

Cepitá – Los Santos y las Fallas del Suárez, La Salina, Suratá - Gramalote, Chitagá y Boconó<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup>Ibid. GUZMAN, J.; ANAYA, A.; NIÑO, E., GOMEZ, S.; COLEGIAL, J. 2005.



## 5. GEOMORFOLOGÍA Y PROCESOS MORFODINAMICOS

### 5.1 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLOGÍA:

Este sistema reúne de manera resumida y se fundamenta en el origen de las unidades geomorfológicas considerando el carácter de los procesos que permitieron su formación, En las siguientes tablas se incluye la descripción de las principales unidades que hacen parte de los grupos que se presentan en el área de trabajo:

**Tabla 2. Forma de origen denudacional<sup>10</sup>**

CODIGO	UNIDAD	CARACTERISTICAS GENERALES
D2	PENDIENTES Y COLINAS DENUDACIONALES	PENDIENTES MODERADAMENTE EMPINADAS A EMPINADAS. TOPOGRAFIA RIZADA A COLINADA. MODERADAMENTE A SEVERAMENTE DISECTADAS. MICROCUENCA ORO ALTO.
D3	COLINAS MONTAÑAS DENUDACIONALES	EMPINADAS A MUY EMPINADAS CON TOPOGRAFIA COLINADA A MONTAÑOSA. MODERADA A SEVERAMENTE DISECTADA. MICROCUENCA ORO BAJO, ORO MEDIO.
D4	COLINAS RESIDUALES	COLINAS CON PENDIENTES EMPINADAS A MUY EMPINADAS, MODERADAMENTE DISECTADAS. ( PEÑONES, MORROS O FORMAS IRREGULARES CON O SIN CUBIERTA DE BLOQUES). MICROCUENCA RIO LATO, ORO MEDIO
D6	PENEPLANICIES O MESETAS	APROXIMADAMENTE PLANAS CON TOPOGRAFIA ONDULADA A RIZADA . LIGERAMENTE A MODERADAMENTE DISECTADA. MICROCUENCA ORO BAJO, ORO MEDIO.
D7	DEPOSITOS DE LADERAS	RELATIVAMENTE CORTAS, PENDIENTES APROXIMADAMENTE CERCANAS A LA HORIZONTAL A SUAVEMENTE EMPINADAS . TOPOGRAFIA APROXIMADAMENTE PLANA A ONDULANTE. NADA O LIGERAMENTE DISECTADAS. ORO MEDIO, RIO FRIO, ORO BAJO.
D8	TALUS FOOTSLOPES	PENDIENTES SUAVES A MODERADAMENTE EMPINADAS CON TOPOGRAFIA SUAVE A RIZADA AL PIE DE COLINAS. ORO MEDIO, ORO BAJO.
D9	ESCARPES	PENDIENTES EMPINADAS A MUY EMPINADAS, MODERADAMENTE A SEVERAMENTE DISECTADAS. MICROCUENCA ORO MEDIO.
D10	CONOS ABANICOS	PENDIENTES SUAVES A EMPINADAS. LIGERAMENTE A MODERADAMENTE DISECTADAS, RIO FRIO, BUCARAMANGA. MICROCUENCA RIO FRIO, ORO BAJO
D12	TIERRAS MALAS	TOPOGRAFIA CON PENDIENTES EMPINADAS A MUY EMPINADAS. SEVERAMENTE DISECTADAS. (FILOS, CRESTAS REDONDEADAS Y FORMAS CASTELARES). ESCARPES DEL ABANICO. ORO BAJO Y RIO FRIO.

<sup>10</sup> Op. Cit. GUZMAN, J.; ANAYA, A.; NIÑO, E., GOMEZ, S.; COLEGIAL

**Tabla 3. Forma de origen estructural denudacional<sup>11</sup>**

CODIGO	UNIDAD	CARACTERISTICAS GENERALES
S1	TOPOGRAFIA ONDULANTE A RIZADA CON SISTEMAS DE DRENAJE RELACIONADOS A FRACTURAS, FALLAS O PADRONES DE ESQUISTOSIDAD.	PENDIENTES SUAVES A MODERADAMENTE DISECTADAS. MICROCUENCA ORO ALTO, MICROCUENCA RIO LATO, RIO FRIO.
S2	LOMOS Y VERTIENTES ONDULADAS RIZADAS CON SISTEMAS DE DRENAJE PREDOMINANTE RELACIONADOS A AFLORAMIENTO DE ROCAS ESTRATIFICADAS.	TOPOGRAFIA CON PENDIENTES SUAVES A MODERADAMENTE EMPINADAS CON PATRON LINEAL MICROCUENCA ORO ALTO, ORO MEDIO.
S3	TOPOGRAFIA RIZADA A COLINADA CON SISTEMA DE DRENAJES PREDOMINANTE A FRACTURAS, FALLAS O PADRONES DE ESQUISTOSIDAD.	PENDIENTES MODERADAMENTE EMPINADAS A EMPINADAS. MODERADAMENTE A SEVERAMENTE DISECTADAS. MICROCUENCA ORO ALTO, MICROCUENCA RIO LATO, RIO FRIO.
S4	TOPOGRAFIA DE LOMOS Y VERTIENTES ONDULADAS RIZADAS SISTEMAS DE DRENAJE PREDOMINANTE RELACIONADOS A AFLORAMIENTOS DE ROCAS ESTRATIFICADAS.	TOPOGRAFIA CON PENDIENTES EMPINADAS A MUY EMPINADAS CON PADRON LINEAL. MICROCUENCA ORO ALTO, MICROCUENCA RIO LATO, RIO FRIO.
S5	MESAS O PLANICIES ESTRUCTURALMENTE CONTROLADAS. EL PICACHO LOS SANTOS.	TOPOGRAFIA PLANA A ONDULADA, APROXIMADAMENTE HORIZONTAL A SUAVEMENTE EMPINADA SOBRE LA PLANICIE Y MUY EMPINADAS EN LAS ZONAS DE ESCARPE. MICROCUENCA ORO ALTO, LATO.
S9	LOMOS, NARICES Y ZONAS DE FLEXION ANTICLINALES Y SINCLINALES.	LOMOS CON PENDIENTES MODERADAMENTE EMPINADAS A MUY EMPINADAS, MODERADAMENTE DISECTADAS.
S10	DOMOS, COLINAS RESIDUALES AISLADAS. CERRÓ LA CANTERA.	COLINAS MODERADAMENTE EMPINADA A MUY EMPINADAS. MODERADAMENTE DISECTADAS, MICROCUENCA ORO ALTO.
S11	DIQUES.	LOMOS CON PENDIENTES MODERADAMENTE EMPINADOS A MUY EMPINADAS. MODERADAMENTE DISECTADAS.
S12	ESCARPES DE FALLA Y ESCARPE DE LINEA DE FALLA	PENDIENTES MODERADAMENTE EMPINADAS. MODERADAMENTE A SEVERAMENTE DISECTADAS. MICROCUENCA ORO ALTO, MICROCUENCA RIO LATO, ORO FRIO.
S15	FOLIS ROCOSOS.	FORMAS SOBRESALIENTES ESTRECHAS Y ALARGADAS ORIENTADAS POR EL RUMBO DE LAS ROCAS Y/O LIMITADAS POR FALLAS. MICROCUENCA ORO ALTO, MICROCUENCA RIO LATO ORO FRIO.
S16	DEPRESION ESTRUCTURAL.	SUBCUENCAS AFECTADAS POR FALLAS Y ESTRATIFICACION. MICROCUENCA RIO LATO, ORO FRIO, ORO MEDIO.

<sup>11</sup> Op. Cit. GUZMAN, J.; ANAYA, A.; NIÑO, E., GOMEZ, S.; COLEGIAL

**Tabla 4. Forma de origen fluvial**

<b>CODIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>
F1	LECHO FLUVIAL.	APROXIMADAMENTE PLANOS DE TOPOGRAFIA IRREGULAR, CON VARIACION DE PORTADA DE AGUA Y AREAS DE ACUMULACION Y EROSION. MICROCUENCA RIO LATO, ORO FRIO.
F2	LAGOS Y CANALES FLUVIALES ABANDONADOS CON AGUA PERMANENTE.	CUERPOS DE AGUA, MICROCUENCA ORO BAJO.
F6	TERRAZAS FLUVIALES.	TOPOGRAFIA CON PENDIENTES APROXIMADAMENTE PLANAS A SUAVEMENTE EMPINADAS. LIGERAMENTE A MODERADAMENTE DISECTADAS. MICROCUENCA ORO ALTO, MICROCUENCA RIO LATO, ORO FRIO, ORO BAJO, ORO MEDIO.
F8	ABANICOS ALUVIALES INACTIVOS.	PENDIENTES SUAVES A MODERADAMENTE EMPINADAS, RARA VEZ INUNDADAS Y LIGERA A MODERADAMENTE DISECTADAS, ORO FRIO, ORO MEDIO, ORO BAJO <sup>12</sup> .

---

<sup>12</sup> Op. Cit. GUZMAN, J.; ANAYA, A.; NIÑO, E., GOMEZ, S.; COLEGIAL

## **6. ESTUDIO HIDROGEOLOGICO**

El estudio hidrogeológico permite analizar el comportamiento hidráulico de las diferentes unidades, a partir de la litología, geología estructural, geología de arcillas. Con este fin se desarrolla la caracterización hidrogeológica de las diferentes unidades que permiten plantear zonas homogéneas de interés hidrogeológico.

### **6.1 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA PRELIMINAR DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS**

El sistema físico de características hidrogeológicas son algo particulares, ya que se encuentra conformado en su gran mayoría por rocas cristalinas de composición variable de muy baja a nula porosidad primaria. Estas rocas han sido afectadas por condiciones climáticas propias de páramos secos y zonas tropicales. Estos factores condicionan la generación de niveles de roca meteorizada con espesores considerables y con un alto grado de porosidad intergranular. Así mismo, en los niveles subyacentes a las áreas meteorizadas se disponen en estas rocas intrincadas redes de fracturamiento que son ocasionadas como respuesta a los esfuerzos tectónicos. Estas discontinuidades le otorgan a la roca cristalina un grado importante de porosidad secundaria, además de aumentarla rata de desarrollo de los procesos de meteorización y aumentar la capacidad de generación de niveles de roca alterada.

La importancia hidrogeológica se encuentra en los niveles superficiales que presentan las rocas cristalinas y sedimentarias, por lo tanto se hace énfasis en el análisis de los factores que más influyen en la generación de dichos niveles alterados, como la meteorización, grados de fracturamiento, respuesta del material de arcilla. A partir de la respuesta de las rocas presentes en el área a procesos de almacenamiento y circulación de agua, se ha llegado a proponer zonas de interés

hidrogeológico con características de porosidad primaria y/o secundaria similares, las cuales se describen detalladamente a continuación.

**6.1.1 Meteorización.** La meteorización física y química relacionada con factores ambientales y el tiempo disgrega y descompone los minerales que constituyen las rocas, dando origen a un manto de alteración de características hidrogeológicas muy variables, formado por arenas con granos de cuarzo, micas y feldespatos en menor porcentaje y una matriz arcillosa representada principalmente por caolinita, illita, haloisita, esméctica y clorita, estos minerales arcillosos producidos a partir de la alteración de feldespatos y minerales ferromagnesianos.

La abundancia de arcillas influye directamente sobre la permeabilidad de los niveles superficiales producto de la meteorización, y estos a su vez se relacionan directamente con la composición original de la roca madre, grado de meteorización y lavado por escorrentía superficial. La siguiente es una breve relación de los principales factores que inciden en el proceso de meteorización de las rocas.

**6.1.2 Clima.** Tiene una influencia fundamental, ya que controla la mayor o menor abundancia de agua y de vegetación en la zona. Otro factor asociado es la temperatura y sus oscilaciones. Así, el clima más favorable para los procesos de meteorización es el tropical, en el que la abundancia de agua, unida a las altas temperaturas existentes, favorece la mayor parte de los mecanismos erosivos.

**6.1.3 Litología.** Este aspecto tiene una influencia decisiva sobre determinados mecanismos. Una observación importante es que en las rocas cristalinas, la estabilidad de los minerales que las forman es contraria al orden en que se forman, definido por la Serie de Bowen. Otras características asociadas a la litología son la porosidad y permeabilidad que pueda presentar la roca, y su mayor

o menor grado de facturación, que favorecen la infiltración de aguas superficiales, acelerando a su vez los procesos de meteorización química y/o biológica.

Por otro lado, aproximadamente el 40% de las rocas que conforman la cuenca del Rio de Oro son rocas graníticas distribuidas desde la zona media a alta entre los 1.200 a 3.600 msnm, este tipo de roca se altera con gran facilidad en climas cálidos por la hidrólisis de sus feldespatos y luego del lavado de las arcillas producidas durante este proceso se llegan a generar importantes niveles arenosos y un modelado del paisaje característico aumentando la porosidad y permeabilidad de los perfiles de meteorización.

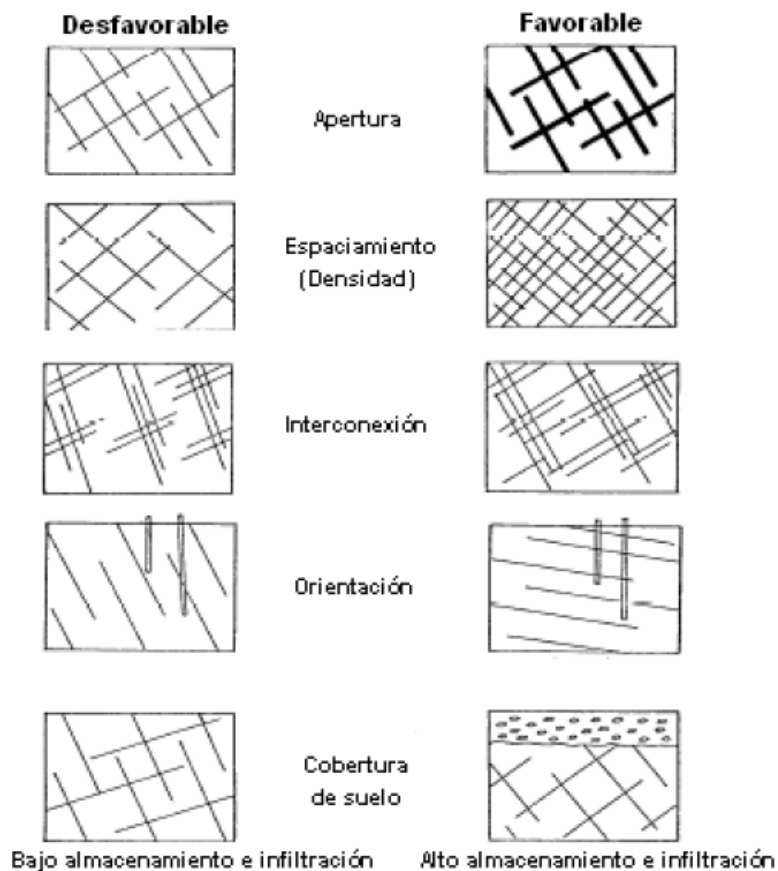
**5.1.4 Topografía.** Formas locales del relieve, pueden afectar algunos de los mecanismos activos de erosión: por ejemplo; las laderas de que son afectadas por los rayos solares sufren procesos distintos que los de las de sombra. En las primeras, los veranos serán favorecedores de los procesos que implican la insolación, mientras que en las segundas, durante los inviernos, la acción del hielo podrá ser un agente erosivo importante. También el hecho de que exista una pendiente favorece procesos distintos a los propios de las planicies; en las primeras, el agua discurre arrastrando los iones, mientras que en las segundas se produce un contacto más continuado entre el agua cargada de sales y las rocas.

**6.1.5 Tiempo.** Favorece los procesos de meteorización. En general, todos estos procesos son de carácter lento, con lo que, cuanto más tiempo queden sometidas las rocas a la acción de la intemperie, mayor facilidad tendrán los procesos erosivos para actuar. Así, si las rocas que albergan un depósito mineral son rápidamente cubiertas por otras, éste será preservado de los procesos erosivos. En este sentido, la tectónica regional puede jugar un importante papel.

**6.1.6 Fracturamiento.** Su importancia está relacionada con la presencia de diaclasas, fallas, o diques. Algunas de estas discontinuidades pueden permitir la

circulación del agua a través suyo, siempre y cuando se trate de fracturas interconectadas y tengan una apertura mínima que permita la circulación de un cierto caudal. La infiltración del agua a través de fracturas se favorece en la medida que existe una mayor densidad de fracturas que afloren en superficie. La presencia de un manto de alteración superficial recubriendo las fallas y diaclasas, con frecuencia puede favorecer la infiltración de los excedentes pluviométricos y contribuir en la recarga.

**Figura 4. Características de Sistemas de Fracturas que controlan el flujo de agua.**



Fuente: Modificado de WaterFacts, 1991

La alta densidad de diaclasamiento es un factor que favorece la infiltración y movimiento de agua desde la parte alta de la cuenca del Rio de Oro, hacia la zona

de Bucaramanga. Para cuantificar las densidades de diaclasamiento en cada unidad se cuenta con una relación de proximidad de diaclasas tomada y modificada de Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas.

**Tabla 5. Espesores de los Sistemas de Fracturas**

NOMBRE	ESPACIAMIENTO (CM)	RANGO DE DENSIDAD	INTERES HIDROGEOLOGICO
Muy juntas a bastante próximas	Menor de 20	ALTA	ALTO
Bastante próximas a próximas	Entre 20 - 50	MEDIA	MEDIO
Próximas a separadas	Mayor de 50	BAJA	BAJO

Fuente: Tomada y Modificada de Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas  
(Beltrán y Rey, 2003)

## 6.2 ZONAS DE INTERES HIDROGEOLOGICO

**Tabla 6. Zonas de interés hidrogeológico**

ZONA	UNIDADES DE ROCA	DENSIDAD DIACLASAMI	BUZAMIENTO P/PAL	DESCRIPCION TIPO DE METEORIZACION	ESPEJOR APROX. METEORIZAC.	TIPO DE POROSIDAD
Z1	Ortoneis de Berlín, Cuarzomonsonita de Santa Barbará, Tonalita, Formación Silgara, Deposito Fluvioglaciario	MEDIA	80 - 90	Niveles de meteorización granulares, con granos de cuarzo de hasta 0,8 mm, se generan cárcavas de hasta 1 m de apertura.	4 - 6 m	PRIMARIA Y SECUNDARIA
Z2	Rocas, Cuarzo feldespáticas de la Cuarzomonsonita de La Corcova y el Neis de Bucaramanga	MEDIA	60 - 70	Niveles arenos Limosos de color beige - amarillo claro, se forma carcavamiento de hasta 15 cms de apertura	20 - 25 m	PRIMARIA Y SECUNDARIA
Z3	Rocas cretácicas, síliceas y calcáreas	ALTA	50 - 80	Niveles de meteorización incipiente, de textura arenosa y en las rocas calcáreas se genera disolución pudiéndose	< A 1 m	SECUNDARIA Y PRIMARIA



				observar fracturas abiertas de hasta 2 m, dolinas en la zona de picacho y llano adentro		
Z4	Neis de Bucaramanga de composición cuarzo feldespática	MEDIA	70 - 80	Afloramientos de colores claros, textura arcillo arenosa, con colores amarillos a rojizos, por estar cerca de la falla se notan rasgos de trituramiento.	7 - 8 m	SECUNDARIA Y PRIMARIA
Z5	Neis de Bucaramanga de composición máfica	ALTA	- 0 -	Afloramientos fuertemente diaclasados, presentan en algunos sectores niveles arcillosos debidos a la alteración de los neises biotíticos, los neises anfibolíticos se pueden encontrar en menor grado de meteorización.	0 - 3 m	PRIMARIA
Z6	Neis de Bucaramanga, Cuarzomonsonita de La Corcova, Cuarzomonsonita de Santa Barbará	MEDIO	80 - 90	Afloramiento de color amarillo - rojizo, de textura limo arcillosa, carcavamiento con una apertura de 15 cm.	3 m	SECUNDARIA Y PRIMARIA
Z7	Esquistos Biotíticos y Cloríticos de la Formación Silgara	BAJA	70 - 80	Niveles arcillosos de color naranja. Café claro <sup>13</sup> .	2 m	-

**6.2.1 Características Morfodinámicas.** Son estructuras de forma que surgen debido a procesos dinámicos de los suelos. Dentro de los procesos y formas más

<sup>13</sup>Op. Cit. ULLOA, A.; GOMEZ, S.

comunes encontradas se describen a continuación, por microcuencas, las siguientes:

- **Río Frío:**

La presencia de suelos residuales en espesores que en ocasiones alcanzan los dos o tres metros, y las inadecuadas prácticas agrícolas, generan de manera localizada la ocurrencia de procesos de remoción en masa, que no afectan la estabilidad en el área de la microcuenca, pero que, sin embargo, deben ser subsanados a fin de evitar su avance sobre el resto de la microcuenca.

- **Río Lato:**

Al igual que en el caso de la microcuenca de Oro Alto se presentan evidencias de erosión laminar y pastoreo intenso que precipita la consolidación de este fenómeno, como el principal proceso erosivo que amenaza en convertirse en un agente detonante de nuevos procesos de remoción en masa de mayor alcance.

- **Oro Alto:**

De manera contraria a como sucede en los dos casos anteriores, en esta microcuenca con abundante cobertura vegetal, los procesos erosivos naturales se ven acelerados y potencializados por la ocurrencia de proyectos viales sin las especificaciones técnicas requeridas, con pendientes que propician altas velocidades en las aguas de escorrentía y cuyo vertimiento sobre las laderas genera daños a los predios aledaños, razón por la que se deben establecer por parte de la entidad y de las administraciones municipales criterios de diseño acordes a las restricciones ambientales del medio biofísico para este tipo de proyectos de infraestructura. En la parte alta de la microcuenca el avance de la frontera agrícola y el sobre pastoreo del ganado en zonas de recarga hídrica

favorece la ocurrencia de terracetos y desgarres menores sobre suelos residuales y coluviales.

- **Oro Medio:**

Se presentan zonas intensas de erosión laminar a concentrada, por la carencia de cobertura vegetal de forma natural, propiciada por las condiciones climáticas del área y el muy inadecuado uso a que son sometidos los suelos a través de cultivos limpios y ganadería extensiva en zonas de pendientes moderadas a altas.

- **Oro Bajo:**

En esta microcuenca se presentan zonas con cárcavas y tierras malas, que son objeto de tratamiento por parte de la CDMB, en el denominado distrito de manejo integrado de Bucaramanga.

## 7. CLASIFICACION GENERAL DE LOS SUELOS

Para la clasificación taxonómica de los suelos se llegó hasta el nivel de subgrupo utilizando el sistema taxonómico americano (Soil Survey Staff 1998). Para la descripción de las unidades cartográficas y de los suelos que las conforman, se presentan las características geográficas sobresalientes de cada una de ellas así como lo relacionado con su geomorfología, clima ambiental, material litológico, relieve, pendiente, erosión, drenaje, apreciación textural, vegetación natural y uso actual. También se hace referencia a las características físicas, químicas y de la composición taxonómica de los suelos. El estudio de suelos va acompañado de dos (2) mapas, elaborados sobre planchas restituidas del IGAC: un mapa de suelos y un mapa de clasificación de las tierras por su capacidad de uso, ambos a escala 1:25.000.

**Tabla 7. Clasificación general de suelos**

PAISAJE	CLIMA	RELIEVE	LITOLOGIA	CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS
MONTAÑA	MUY FRIO, LIGERAMENTE HUMEDO, SUBPARAMO	CUESTA	ARENISCAS, LUTITAS Y CALIZAS	TOPOGRAFIA INCLINADA CON PENDIENTE DEL 12 AL 25%. SUELOS DE TEXTURA, FRANCO ARCILLO ARENOSA, DESCANSANDO SOBRE ROCA. FERTILIDAD BAJA.
		CORNIZA	ARENISCAS Y CALIZAS	TOPOGRAFIA ESCARPADA CON PENDIENTES MAYORES DEL 75%. ESTRATO DE ARENISCAS MUY GRUESOS.
		TALUD DE DERRUBIO	LODOLITAS Y CALIZAS	TOPOGRAFIA FUERTEMENTE INCLINADA CON PENDIENTES DEL 25 AL 50%. ABUNDANTES FRAGMENTOS DE PIEDRA EN SUPERFICIE. SON DE TEXTURA FRANCA Y A LOS 60 CM SE ENCUENTRA ROCA CALIZA. FERTILIDAD ALTA.
	MUY FRIO, MODERADAMENTE HUMEDO, SUBPARAMO	CRESTA RAMIFICADA	GNEIS DE BUCARAMANGA, CUARZOMONZONITA, FILITAS Y CUARCITAS	TOPOGRAFIA FUERTEMENTE QUEBARADA CON PENDIENTES MAYORES DEL 75%, TEXTURA FRANCOARCILLO ARENOSA SOBRE ARCILLO ARENOSA GRAVILLOSA. FERTILIDAD BAJA.
FRIO,				

	MODERADAMENTE HUMEDO	VALLECITO	DEPOSITOS ALUVIO-COLUVIALES	TOPOGRAFIA LIGERAMENTE INCLINADA CON PENDIENTES 1-3-7%. TEXTURA FRANCO ARENOSA SOBRE FRANCA. FERTILIDAD MEDIA.	
	FRIO, SEMIHUMEDO	CRESTA RAMIFICADA	GNEIS DE BUCARAMANGA, CUARZOMONZONITA, FILITAS Y CUARCITAS	TOPOGRAFIA FUERTEMENTE QUEBRADA CON PENDIENTES MAYORES AL 75%, TEXTURA FRANCOARCILLO ARENOSA GRAVILLOSA. FERTILIDAD BAJA.	
	MEDIO, SUPERHUMEDO			TOPOGRAFIA FUERTEMENTE QUEBRADA CON PENDIENTES MAYORES DEL 50%, TEXTURA FRANCO ARCILLOSA. FERTILIDAD BAJA.	
	MEDIO, MODERADAMENTE HUMEDO			TOPOGRAFIA FUERTEMENTE QUEBRADA A ESCARPA CON PENDIENTES MAYORES DEL 75%. TEXTURA FRANCO ARCILLOSA. FERTILIDAD BAJA.	
				TOPOGRAFIA FUERTEMENTE QUEBRADA CON PENDIENTES MAYORES DEL 50%, EROSION MODERADA, TEXTURA FRANCO ARENOSA, FERTILIDAD MODERADA.	
		VALLECITO	DEPOSITOS ALUVIO-COLUVIALES	TOPOGRAFIA LIGERAMENTE PLANA A LIGERAMENTE INCLINADA, CON PENDIENTES 1-3-7%. TEXTURA FRANCO ARENOSA SOBRE FRANCA, FERTILIDAD MEDIA.	
	ALTIPLANICIE	MEDIO, SEMIHUMEDO	CORNIZA	ARENISCAS Y LODOLITAS	TOPOGRAFIA FUERTEMENTE ESCARPADA CON PENDIENTES MAYORES DEL 75%. ESTRATOS DE ARENISCAS MUY GRUESOS.
			CRESTA RAMIFICADA	GNEIS DE BUCARAMANGA, GRANITO, FILITAS Y CUARCITAS	TOPOGRAFIA FUERTEMENTE QUEBRADA CON PENDIENTES MAYORES DEL 50%, EROSION MODERADA, TEXTURA FRANCO ARENOSA. FERTILIDAD MODERADA.
					TOPOGRAFIA FUERTEMENTE QUEBRADA CON PENDIENTES MAYORES DEL 50%, MATERIAL SAPROLITICO DE ROCAS IGNEAS DESDE LOS 5 CM DE PROFUNDIDAD HASTA LOS 80 CM.
			TALUD DE DERRUBIO	ARENISCAS Y LODOLITAS	TOPOGRAFIA FUERTEMENTE INCLINADA CON PENDIENTES MENORES DEL 50%, TEXTURA FRANCO ARCILLOSA SOBRE ARCILLOARENOSA Y FERTILIDAD BAJA.
MEDIO, SEMISECO		LOMAS	LODOLITAS, ARCILLOLITAS Y ARENISCAS	TOPOGRAFIA ONDULADA FUERTEMENTE ONDULADA CON PENDIENTES 12-25% Y 25-50%, EROSION MODERADA Y SEVERA. TEXTURA ARCILLOSA. FERTILIDAD DE BAJA A ALTA.	
		CORNIZA	ARENISCAS Y LODOLITAS	TOPOGRAFIA FUERTEMENTE ESCARPADA CON PENDIENTES MAYORES DEL 75%, ESTRATOS DE	

				ARENISCA MUY GRUESOS.	
		TALUD DE DERRUBIO		TOPOGRAFIA FUERTEMENTE INCLINADA CON PENDIENTES MENORES DEL 50%, TEXTURA FRANCO ARCILLOSA SOBRE ARCILLOARENOSA Y FERTILIDAD BAJA.	
				TOPOGRAFIA ONDULADA CON PENDIENTES MENORES DEL 25%. EROSION MUY SEVERA.	
	CALIDO, SEMISECO	TALUD DE DERRUBIO	ARENISCAS Y LODOLITAS	TOPOGRAFIA FUERTEMENTE INCLINADA CON PENDIENTES MENORES DEL 50%. TEXTURA FRANCO ARCILLOSA SOBRE ARCILLOARENOSA Y FERTILIDAD BAJA.	
PIE DE MONTE	MEDIO, SEMIHUMEDO	RELICTO DE ABANICO TORRENCIAL	DEPOSITOS COLUVIO-ALUVIALES	TOPOGRAFIA LIGERAMENTE ONDULADA CON PENDIENTE 3-7%. EROSION MODERADA. TEXTURA FRANCO ARENOSA SOBRE FRANCO ARCILLO ARENOSA. FERTILIDAD MODERADA.	
		TERRAZA ANTIGUA		TOPOGRAFIA LIGERAMENTE INCLINADA E INCLINADA. CON PENDIENTES MENORES DEL 25%, EROSION MODERADA, TEXTURA FRANCO ARCILLOARENOSA SOBRE ARCILLO ARENOSA. FERTILIDAD BAJA.	
		VALLECITO		TOPOGRAFIA LIGERAMENTE PLANA CON PENDIENTES MENORES DEL 3%. TEXTURA FRANCO ARENOSA SOBRE FRANCA. FERTILIDAD MODERADA.	
		LOMAS	ARENISCAS Y LODOLITAS	TOPOGRAFIA ONDULADA FUERTEMENTE ONDULADA CON PENDIENTES 12-25% Y 25-50%, EROSION MODERADA Y SEVERA. TEXTURA ARCILLOSA. FERTILIDAD DE BAJA A ALTA.	
	CALIDO, SEMISECO	RELICTO DE ABANICO	DEPOSITOS COLUVIO-ALUVIALES	TOPOGRAFIA FUERTEMENTE QUEBRADA CON PENDIENTES MAYORES DEL 50%. EROSION MUY SEVERA - BAD LANDS-	
		VALLECITO		TOPOGRAFIA LIGERAMENTE PLANA CON PENDIENTES MENORES DEL 3%. TEXTURA FRANCO ARENOSA SOBRE FRANCA. FERTILIDAD MODERADA.	
	VALLE		VEGA		TOPOGRAFIA PLANA CON PENDIENTE MENOR DE 3%, AFECTADO POR INUNDACION. TEXTURA FRANCO ARENOSA SOBRE ARENOSA. FERTILIDAD MODERADA

		TERRAZA RECIENTE	DEPOSITOS ALUVIALES	TOPOGRAFIA PLAN A CON PENDIENTE DE 1 AL 3%. TEXTURA FRANCO ARCILLO ARENOSA SOBRE CAPA DE CANTOS REDONDEADOS. FERTILIDAD MODERADA
				TOPOGRAFIA LIGERAMENTE PLANA CON PENDIENTE DE 1 A 3 A 5%, AFECTADOS EN PEQUEÑOS SECTORES POR FRAGMENTOS DE PIEDRAS EN SUPERFIE. TEXTURA FRANCO ARCILLO ARENOSA SOBRE ARCILLOARENOSA. FERTILIDAD MODERADA.
	MEDIO, SEMISECO	TERRAZA ANTIGUA	DEPOSITOS ALUVIO-COLUVIALES	TOPOGRAFIA LIGERAMENTE INCLINADA E INCLINADA. CON PENDIENTES MENORES DEL 25%, EROSION MODERADA, TEXTURA FRANCO ARCILLOARENOSA SOBRE ARCILLO ARENOSA. FERTILIDAD BAJA.
		VEGA	DEPOSITOS ALUVIALES	TOPOGRAFIA PLANA CON PENDIENTE MENOR DE 3%, AFECTADO POR INUNDACION, TEXTURA FRANCO ARENOSA SOBRE ARENOSA. FERTILIDAD MODERADA.
	MEDIO, SEMIHUMEDO	TERRAZA RECIENTE		DEPOSITOS ALUVIALES
		VEGA	TOPOGRAFIA PLANA CON PENDIENTE MENOR DE 3%, AFECTADO POR INUNDACION. TEXTURA FRANCO ARENOSA SOBRE ARENOSA. FERTILIDAD MODERADA.	
TERRAZA ANTIGUA		DEPOSITOS COLUVIO-ALUVIALES	TOPOGRAFIA LIGERAMENTE INCLINADA E INCLINADA. CON PENDIENTES MENORES DEL 25%, EROSION MODERADA, TEXTURA FRANCO ARCILLOARENOSA SOBRE ARCILLO ARENOSA. FERTILIDAD BAJA.	

Fuente: Autor del proyecto

## **8. ASPECTOS BIÓTICOS**

### **8.1 FORMACIONES VEGETALES**

En la subcuenca Río de Oro, se dan las siguientes formaciones vegetales, que a continuación se presentan con sus características generales:

La Subcuenca del Río de Oro se encuentra en la Cordillera Oriental la cual se ha caracterizado por ser la más diversa del país ubicándose dentro de las siguientes zonas de vida basadas en los parámetros climáticos, bioclimáticos o simplemente biológicos, en clasificaciones propuestas por Cuatrecasas (1958) y por Holdridge (1967) y adaptado por Espinal y Montenegro (1977), además a los ajustes del trabajo de campo.

1. Bosque Seco Basal Tropical.
2. Bosque Seco Subandino.
3. Bosque Húmedo Subandino.
4. Bosque Húmedo Andino.
5. Bosque muy Húmedo Alto Andino.
6. Páramo Húmedo.



**Tabla 8. Especificaciones de las formaciones vegetales**

FORMACION VEGETAL	ALTITUD M	COBERTURA	CARATERISTICAS GENERAL
BOSQUE SECO BASAL TROPICAL	0-1000	RASTROJO ALTO	HACEN PARTE DEL ESTRATO SUPERIOR LAS SIGUIENTES ESPECIES: MACANILLO (MABEA MONTANA), TUNO NEGRO (BLAKEA CF. ANDREANA) LA JARILLA (CHROMOLANEANA SCABRA), MULATO (POLLALESTA SP) ARRAYAN (MYRCIARIA SP) AJICITO (N.N). EN CUANTO A VOLUMEN POR ESPECIE SOBRESALE EL MACANILLO QUE ADEMAS PRESENTA EL MAYOR NUMERO DE EJEMPLARES, SEGUIDO DE ZANCA DE DIABLO (MICONIA SP). EN CUANTO A LA ABUNDANCIA, FRECUENCIA Y DOMINANCIA, ES EL MACANILLO (MABEA MONTANA), SEGUIDO DE ESPECIES COMO LA PAJA PUYA (PASPALUM SP) CON 27.66%; EL TUNO NEGRO (BLAKEA CF. ANDREANA) Y EL ZANCA DE DIABLO CON EL 17.35%. LA ESPECIE DE MAYOR VALOR ECOLOGICO ES EL MACANILLO (MABEA MONTANA) SEGUIDO DE LA PAJA PUYA (PASPALUM SP), EL TUNO NEGRO (BLAKEA CF. ANDREANA) Y EL ZANCA DE DIABLO.
		BOSQUE SECO BASAL	EL ESTRATO SUPERIOR ESTA CONFORMADO POR ESPECIES COMO EL HIGUERON (FICUS SP), GUARUMO (CRECOPIA PELTATA). EN EL ESTRATO INFERIOR SE PRESENTAN ESPECIES COMO EL GUARUMO ( CRECOPIA PELTATA) SEGUIDO DE LA YERBA MORA (SOLANUM NIGRUM), EL CUCHARACHO (DIFFEMBACHIA PARLATORI) Y EL CORDONCILLO (PIPER SP). LA ESPECIE QUE PRESENTA LOS MAYORES VALORES EN ABUNDANCIA Y FRECUENCIA, ES EL GUARUMO (CRECOPIA SP). LA ESPECIE DE MAYOR VALOR ECOLOGICO ES EL HIGUERON (FICUS SP), EL GUARUMO (CRECOPIA PELTATA) LA SUELDA CON SUELDA (ZEBRINA PENDULA).
BOSQUE SECO SUBANDINO	1000-1400	BOSQUES NATURALES SECUNDARIOS	PREDOMINA EL GUACHARACO (OCOTEA SP), SEGUIDO DEL MACANILLO (MABEA MONTANA) EN EL ESTRATO INFERIOR PREDOMINA EL AJILLO O COL DE MONTE (ANTHURIUM SEMANII), EL HELECHO VARILLA (DIACRANOPTERIS BIFIDA). LA ESPECIE CONOCIDA COMO LECHOSO (SAPIUM UTILE) POSEE EL MAYOR VOLUMEN, EL COPILLON (XILOPIA AROMATICA) Y EL MULATO (POLLALESTA SP) POSEEN EL MAYOR NUMERO DE ARBOLES. LA ESPECIE DOMINANTE ES LECHOSO (SAPIUM UTILE), EN ABUNDANCIA Y FRECUENCIA SE TIENE EL MACANILLO (MABEA MONTANA), LA ESPECIE DE MAYOR VALOR ECOLOGICO ES EL LECHOSO (SAPIUM UTILE) EL GUACHARACO (OCOTEA SP) EL COPILLO (XILOPIA AROMATICA).

BOSQUE HUMEDO SUBANDINO	1400-1800	BOSQUES NATURALES SECUNDARIOS	EL MACANILLO (MABEA MOTANA), ES LA ESPECIE CON MAYOR NUMERO DE INDIVIDUOS, EXISTEN BEJUCOS COMO EL CLAVITO (TETRACERA ROTUNDIFOLIA), LA ESPECIE CONOCIDA COMO GRANIZO (HEDYOSMUM BOMPLANDIANUM) POSEE EL MAYOR VOLUMEN CON UN EJEMPLAR EL PEDRO HERNANDEZ (TOXICODENDROM SP). LA ESPECIE DOMINANTE ES EL GRANIZO (HEDYOSMUM BOMPLANDIANUM) EN CUANTO A LA ABUNDANCIA ES EL MACANILLO (MABEA MONTANA). LA ESPECIE DE MAYOR VALOR ECOLOGICO ES EL GRANIZO (HEDYOSMUM BOMPLANDIANUM) SEGUIDO DEL PEDRO HERNANDEZ (TOXICODENDROM SP) Y EL MACAILLO (MABEA MONTANA) .
BOSQUE HUMEDO ANDINO	1800-2500	BOSQUES NATURALES SECUNDARIOS	PREDOMINA EL SANGREGAO (CROTON FUNCKIANUS), SEGUIDO DE SAN PABLO (RENEALMIA OCCIDENTALIS); EL OTOBO (DIALYANTHERA OTOBA), LA PALMA BOBA (TRICHIPTERIS FRIFIDA(KARTS) LA ESPECIE CONOCIDA COMO MURILLO (SAPIUM SP) POSEE EL MAYOR VOLUMEN SEGUIDO DEL SANGREGAO (CROTON FUNKIANUS) EL OTOBO (DIALYANTHERA OTOBA) Y LA PALMA MACLENQUE (NN SP) POSEEN EL MAYOR NUMERO DE ARBOLES, PRESENTA LA MAYOR DOMINANCIA, ES EL SANGREGAO (CROTON FUNKIANUS), EN ABUNDANCIA EL HELECHO ESPADA (POLYPODIUM SP), CON RELACION A LA FRECUENCIA LA PALMA BOBA (TRICHIPTERIS FRIGIDA). LA ESPECIE DE MAYOR VALOR ECOLOGICO ES EL SANGREGAO (CROTON FUNKIANUS) EN SU ORDEN SE PRESENTAN EL OTOBO (DIALYANTHERA OTOBA) Y LA PALMA MACLENQUE. LA ESPECIE DE MAYOR ABUNDANCIA ES EL HELECHO ESPADA (POLYPODIUM SP) SEGUIDO DE LA PALMA BOBA CON 6.46% Y EL SANGREGAO (CROTON FUNCKIANUS).
BOSQUE MUY HUMEDO ALTO ANDINO	2500-3400	BOSQUES NATURALES SECUNDARIOS	PREDOMINA EL TUNO NEGRO (BLAKEA CF. ANDREANA) SEGUIDO DEL CUCHARO (MYRSINE GUIANENSIS), EN EL ESTRATO INFERIOR PREDOMINA EL MORCATE (MICONIA SP) Y GUARDA ROCIO (HYPERICUM SP9. LA ESPECIE CONOCIDA COMO ROBLE (QUERCUS HUMBOLDTII) POSEE EL MAYOR VOLUMEN, SEGUIDO DE EL TUNO AMARRABOLLO (MICONIA SP). EL TUNO (MICONIA SP) Y EL MORCATE (MICONIA SP) POSEEN EL MAYOR NUMERO DE EJEMPLARES LE SIGUE EN ORDEN DESCENDENTE EL ROBLE (QUERCUS HUMBOLDTII). LA ESPECIE QUE PRESENTA EL MAYOR VALOR EN DOMINANCIA ES EL ROBLE (QUERCUS HUMBOLDTII), EN ABUNDANCIA Y FRECUENCIA SE PRESENTA EL MORCATE (MICONIA SP). LA ESPECIE DE MAYOR VALOR ECOLOGICO, ES EL MORCATE (MICONIA SP), EN SU ORDEN SE PRESENTA EL CUCHARO (MYRSINE GUIANENSIS).

PARAMO HUM,EDO	> 3400-3800	VEGETACION DE HERBACEAS, PAJONALES Y MATORRALES	EN EL PISO SUPERIOR SE DESTACAN DOS ESPECIES EL CARBON (CYTHAREXYLUM SUBFLAVESCENS) Y LA LUNARIA (HYPERICUM MEXICANUM), EN EL ESTRATO INFERIOR PREDOMINA EL GUARDA ROCIO (HYPERICUM JUNIPERRINUM), LAS ESPECIES QUE PRESENTAN LOS MAYORES VALORES EN CUANTO A LA DOMINANCIAS ES EL CARBON (CYTHAREXYLUM SUBFLAVESCENS); EN ABUNDANCIA Y FRECUENCIA SE PRESENTA EL GUARDA ROCIO (HYPERICUM JUNIPERRINUM), LA ESPECIE DE MAYOR VALOR ECOLOGICO ES EL GUARDA ROCIO (HYPERICUM JUNIPERRINUM) Y LA LUNARIA (HYPERICUM MEXICANUM) <sup>14</sup> .
-------------------	-------------	---	---

Fuente: Autor del proyecto

---

<sup>14</sup> Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. Documento Técnico de Soporte.

## 9. USO DE LAS TIERRAS

### - **Cultivos agrícolas:**

El uso del territorio para el desarrollo de actividades agrícolas comprende principalmente cultivos transitorios homogéneos de hortalizas localizados en la vereda Santa Bárbara del municipio de Bucaramanga, microcuenca Oro Bajo.

Cultivos semipermanentes homogéneos de piña, en la microcuenca Oro Medio y Oro Bajo.

Cultivos mixtos de tomate de mesa, hortalizas, fríjol, maíz, entre otros, localizados en las partes medias y bajas de la Subcuenca con una extensión de 4068 Has.

### - **Potreros con Pastos Mejorados:**

Esta categoría, comprende un primer sector en áreas de pastos mejorados con Kikuyo, dedicadas a explotaciones parcialmente tecnificadas de ganadería principalmente de bovinos de doble propósito, en potreros abiertos. La localización de estas áreas se encuentra principalmente en zonas de cordillera de media y alta montaña en la Subcuenca y alcanza una extensión total de 1,872 hectáreas. Un segundo sector en áreas de pastos mejorados como Brachiaria, Punteros, Estrella, dedicadas a explotaciones tecnificadas de ganadería principalmente de bovinos de doble propósito, en praderas extensivas o potreros abiertos. La localización de estas áreas se encuentra principalmente en zonas aluviales del Río de Oro, Lato y Río Frío.

- **Potreros con Pastos Naturales:**

Esta categoría comprende áreas en pastos naturales, dedicados a explotaciones no tecnificadas de ganadería principalmente de bovinos de doble propósito, en praderas extensivas de predios de la economía campesina. La localización de estas áreas se encuentra principalmente en zonas del piedemonte del costado occidental de la Cordillera Oriental en la Subcuenca: microcuencas Río Lato, Oro Alto y en zonas de laderas del costado norte de la Mesa de los Santos y del costado oriental de la mesa de Lebrija.

- **Tierras agropecuarias mixtas:**

Algunas áreas se encuentran establecidas con actividades agrícolas y pecuarias, reverenciándose como tierras mixtas por la dificultad de establecer su uso principal, y presentar algún grado de rastrojo influenciado por la dinámica sucesional de la vegetación o de especies forestales pioneras o tempranas. Alcanza una extensión de 6,517 Has.

- **Tierras agroforestales:**

Comprende a sistemas silvo agrícolas o tierras en cultivos establecidos con algún porcentaje de cobertura de árboles entre los que se observan: Cultivos agrícolas de caña panelera con sistemas arbolados de franjas de “caracolí”, localizados en la zona del piso basal tropical en áreas aluviales de los ríos de Oro-Lato-Mensulí, microcuencas: Río Frío, Río Lato, Oro Alto. Y cultivos de café con sombrío o fajas de árboles protectores, localizados en la zona subandina en la microcuenca Río Frío. En esta categoría de uso actual se ubicaron 279 hectáreas que corresponden al 0.5% del total de la subcuenca.

- **Bosques naturales y rastrojos altos:**

Comprende esta categoría la cobertura vegetal forestal natural de rastrojos y los relictos de los bosques naturales localizados en el territorio en su mayoría de tipo secundario. Entre el bosque natural secundario (16,061) y los rastrojos (4,454) se alcanza a obtener una extensión de 20,515 Has que corresponden al 36.03% del área total de la subcuenca.

- **Bosques plantados:**

Comprende esta categoría la cobertura vegetal forestal cultural de bosques plantados; en un alto porcentaje son bosques homogéneos de coníferas de propiedad de la Empresa Metropolitana del Acueducto de Bucaramanga 375 Hectáreas.

- **Formas especiales de vegetación:**

Comprende esta categoría la cobertura vegetal natural arbustiva y herbácea de matorral y pajonales localizados en la zona de páramo al oriente de la Subcuenca Río de Oro. De igual manera, comprende formaciones vegetales de matorrales y pajonales de las zonas de vida del bosque seco tropical y transicional al bosque seco subandino, localizados en las laderas de la Mesa de los Santos, de la Mesa de Ruitoque y de Lebrija, sectores Suroccidental y Centro de la Subcuenca respectivamente.

La vegetación especial alcanza una importante extensión de 6.767,6 hectáreas representadas en 2.137 Has de pajonales y 4.629 Has de matorrales.

- **Vegetación de páramo:**

A esta categoría pertenece la vegetación que se ubica por encima de los 3.200 msnm y corresponde al nacimiento del Río de Oro en cercanías de El Picacho. Alcanza una extensión aproximada de 318 hectáreas.

- **Tierras eriales:**

Comprende áreas con alto grado de erosión de tipo hídrico, localizadas principalmente en la parte alta de la microcuenca Río Frío, y áreas en erosión de tipo antrópico por uso intensivo de las tierras, en las escarpas de “Malpaso” y laderas occidentales de la mesa de Ruitoque, localizadas en el sector occidental de las microcuencas Río Frío y Oro Medio, con una extensión de 42 Has.

- **Minería:**

Áreas actualmente en explotación de materiales de arrastre en la parte baja de la microcuenca Río de Oro Bajo en donde existe concesión para explotación de este tipo de materiales en una extensión de 21 Has.

- **Suelo urbano:**

Es el tipo de uso que corresponde a tierras dedicadas a vivienda e infraestructura urbana actual en los municipios de Bucaramanga-Floridablanca – Girón - Piedecuesta y de expansión urbana establecida en los POT ya aprobados de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón. Esta área tiene una extensión de 6.691 hectáreas.

## 9.1 DISTRITO DE MANEJO INTEGRADO

En el sector bajo de la Subcuenca Río de Oro, Microcuenca Oro Bajo y Microcuenca Río Frío, se encuentran actualmente reglamentados, a través de Decreto Presidencial, el uso del suelo mediante la normatización de un Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables, que comprende áreas urbanas y rurales de protección y producción con restricciones en un área de 5.073 hectáreas.

El Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables (DMI) de Bucaramanga es una norma establecida por el Acuerdo No 0839 de Diciembre 23/96 del Consejo Directivo de la CDMB y refrendada a nivel nacional por el Decreto Presidencial 1539 de junio 12 de 1997. El DMI comprende:

### - **Zonas de recuperación para la preservación:**

**Escarpa Occidental:** Esta zona corresponde a las zonas declaradas como reserva forestal protectora occidental delimitada nuevamente para el Distrito de Manejo Integrado.

**Escarpa de Malpaso:** Esta zona corresponde a las zonas declaradas como reserva forestal protectora de Malpaso delimitadas nuevamente para el Distrito de Manejo Integrado.

**Escarpa Norte:** Esta zona corresponde a la escarpa de fuerte pendiente al norte de las instalaciones del Batallón de Ingenieros Caldas y áreas aledañas, las cuales poseen una vocación forestal protectora.

**Ladera oriental, sector Corcovado-Pan de Azúcar:** Esta zona corresponde a un sector de bosques naturales en buen estado de conservación al oriente de la



quebrada de la Flora y áreas contiguas los cuales se requiere preservar y se requiere recuperar los cauces de las corrientes de agua.

Un área alargada de protección delimitando el sector urbano en el límite oriental del área urbana de Bucaramanga, la cual posee vocación forestal y se requiere recuperar para que actúe como barrera ambiental contra el crecimiento de la ciudad hacia áreas susceptibles de sufrir procesos de erosión.

Zonas especiales de preservación correspondientes a bosques naturales existentes dentro de las zonas de producción o contiguas a ellas y vertientes de las corrientes de agua, las cuales es necesario recuperar y preservar.

- **Zona rural de recuperación para la producción agroforestal:**

En el Distrito de Manejo Integrado de Bucaramanga las Zonas rurales de recuperación para la producción agroforestal son zonas de propiedad pública o privada localizadas en las laderas orientales, sector norte, que se requiere recuperar para que sirvan de barrera natural contra el crecimiento urbano de la ciudad de Bucaramanga.

- **Zonas suburbanas de producción:**

En el Distrito de Manejo Integrado de Bucaramanga las Zonas suburbanas de producción son áreas contiguas a zonas urbanas de producción, las cuales pueden tener vocación urbanística pero que tienen limitantes ambientales, tales como la presencia de bosques en buen estado de conservación los cuales requieren el establecimiento de limitaciones que aseguren su protección.

- **Zona urbana de recuperación para la producción:**

En el Distrito de Manejo Integrado de Bucaramanga las Zonas urbanas de recuperación para la producción son zonas urbanas localizadas en las laderas orientales, sector norte, que se requiere recuperar para el mejoramiento de las condiciones ambientales de las viviendas existentes.

- **Zonas urbanas de producción:**

En el Distrito de Manejo Integrado de Bucaramanga las Zonas urbanas de producción, corresponden a las áreas urbanizadas o que puedan ser potencialmente urbanizables (los denominados Suelos de Expansión Urbana establecidos en los POT municipales), sin deterioro del Medio Ambiente que pueda generar procesos de erosión o deslizamientos<sup>15</sup>.**[1]**

---

<sup>15</sup> GOMEZ, E.; LOPEZ, C. 2005. Estimación de la recarga mensual en la parte alta de la cuenca del río frío por medio de un modelo hidrológico distribuido. Tesis de grado. UIS. Bucaramanga.

## 10. MODELO DIGITAL DE ELEVACION (MDE):

### 10.1 CONCEPTO DE MODELO

Es una representación o versión simplificada de la realidad que pretende reproducir sólo algunas propiedades del objeto o sistema original que por lo tanto se ve representado por un objeto de menor complejidad el cual se construye estableciendo una relación de correspondencia.

#### 10.1.1 Tipos básicos de modelos.

**Icónico:** Relación de correspondencia establecida a través de propiedades morfológicas, es decir una reducción de escala.

**Análogos:** No es una réplica morfológica; pero posee propiedades similares al objeto representado.

**Simbólico:** Es una abstracción representada mediante simbolización matemática, geométrica, estadística, etc.

Los modelos digitales son modelos simbólicos cuyas relaciones de correspondencia tiene forma de algoritmos o formalismos matemáticos. Algunas ventajas del modelo digital es que no es ambiguo, permite una deducción estricta, es verificable y sus resultados son repetitivos.

El objeto de un modelo digital es para conocer o predecir propiedades que se desconocen del objeto real. Por consiguiente la relación de correspondencia debe ser simétrica.

## **10.2 MODELOS DIGITALES DE TERRENO**

Es un modelo simbólico, es un conjunto de datos numéricos que describe la distribución espacial de una característica del terreno. Por lo tanto se considera como un modelo digital, que necesita una codificación de la información lo cual nos permitirá una representación virtual.

## **10.3 MODELOS DIGITALES DE ELEVACION**

Es una estructura numérica de datos que representa una distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno. Un MDE en forma genérica es la altitud de un punto situado en unas coordenadas x e y, y la función que relaciona dicha variable con su localización geográfica.

## **10.4 ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO DE LOS MDE**

**10.4.1 Vectorial.** Basado en puntos y líneas definidos por coordenadas.

**10.4.2 Modelo vectorial: Contornos.** Su estructura básica es el vector, compuesto por un conjunto de pares de coordenadas que describe la trayectoria de las líneas isométricas que coinciden con las curvas de nivel del mapa topográfico convencional.

**10.4.3 Modelo vectorial: Redes de triángulos irregulares.** Es un conjunto de triángulos irregulares, que se construyen ajustando un plano a tres puntos cercanos no colineales, y se adosan sobre el terreno formando un mosaico que se adapta a la superficie en función de la complejidad del relieve.

## 10.5 RASTER

Los datos se interpretan como el valor medio de unidades elementales de superficie no nula, con distribución regular.

**10.5.1 Modelo raster: Matrices regulares:** Su estructura es la superposición de una retícula sobre el terreno y extrae la altitud media de cada celda. Esto se puede hacer en cada nudo de la celda o punto medio de ella. La retícula puede tener diversas formas pero la más usada es una red regular de malla cuadrada.

**10.5.2 Modelo raster: Matrices de resolución variable:** Algunas ventajas de este modelo son: la sencillez conceptual y operacional y que no tienen problemas de resolución prefijada. Es un árbol jerárquico y dinámico de submatrices con profundidad arbitraria y resolución duplicada en cada nivel.

Los modelos más utilizados son matrices regulares y redes de triángulos irregulares; pero su criterio de selección es más práctico que teórico. Los modelos matriciales facilitan las labores de análisis, y los modelos vectoriales facilitan las labores de inventario.

## 10.6 CAPTURA DE DATOS

La captura de datos es de gran transcendencia ya que de la calidad de su resultado dependen los tratamientos que se realicen posteriormente.

La captura de datos puede ser directa o indirecta. Es más frecuente el uso indirecto al momento de capturar datos.

**10.6.1 Directos.** Su principal limitación es la presencia física para la toma de los datos, pero una de sus ventajas es que son muy precisos. Altimetría, GPS, y topografía.

**10.6.2 Indirectos.** No necesita presencia física y utiliza documentos preexistentes como restitución y digitalización.

Para el proceso de digitalización es necesario la utilización de programas digitales que permitan trabajos relativamente complejos y la utilización de un ordenador con gran capacidad en transferencia de datos. Además, el uso de mapas en buen estado, una calibración del mapa, y realizar puntos de control, y que como mínimo la digitalización del mapa tenga tres capas o niveles de información que son: Curvas de nivel, puntos acotados y líneas auxiliares.

## **10.7 METODOS DE INTERPOLACION**

**10.7.1 Ponderación en función inversa de la distancia.** Se realiza asignando pesos a los datos en función inversa de la distancia que los separa del punto problema.

**10.7.2 Superficies de tendencia.** Se realiza mediante un ajuste de mínimos cuadrados.

**10.7.3 Kriging.** Asume la variación espacial de la variable como la suma de tres componentes: El primer componente es un valor medio constante relacionado con una superficie de tendencia. El segundo es la representación de unas desviaciones o residuos sin considerar errores aleatorios en las medidas y correlacionado espacialmente. El tercero es un término residual de error aleatorio no correlacionado espacialmente.

## **10.8 DETECCION Y CORRECCION DE ERRORES EN LOS MDE:**

El MDE es la fuente básica de información para la elaboración de otros modelos total o parcialmente dependientes de la topografía. La calidad de un MDE depende del tipo y magnitud de los errores implicados.

Los errores en los MDE pueden ser clasificados en:

**10.8.1 Errores posicionales o cartográficos:** Implican una deficiente localización de la cota o trayectoria de la curva de nivel y afectan, por tanto la situación en el plano XY, y afectan los modelos vectoriales.

**10.8.2 Errores atributivos o temáticos.** Suponen una asignación imprecisa de la altitud asociada a la cota o curva de nivel e implican a las coordenadas en el eje Z, y afectan tanto los modelos vectoriales como matriciales.

## **10.9 MEDIDA DEL ERROR ATRIBUTIVO EN LOS MDE MATRICIALES:**

Se realiza por comparación de un conjunto de valores conocidos de altitudes con los correspondientes puntos homólogos del modelo, usando pruebas estadísticas convencionales. Es decir, el error de altitud en un punto es la diferencia entre ambos datos: dato del punto del modelo menos el dato del punto real.

## **10.10 NATURALEZA Y DETECCIÓN DE LOS ERRORES POSICIONALES:**

**10.10.1 Error derivado del proceso de digitalización.** Según su origen pueden ser por causa externa y operacional.

**Externa:** Deformación de los documentos, mapas antiguos, en mal estado de conservación.

### **10.10.2 Operacional.** Inexactitud en la colocación del cursor.

Otros errores tienen su origen en factores fisiológicos como temblores, así como errores lógicos en el seguimiento de las líneas y la identificación de puntos críticos.

## **10.11 ERROR DE GENERALIZACION**

Derivado de la reducción de una línea curva a una compuesta por pequeños segmentos rectilíneos entre los puntos digitalizados. Este se reduce en la medida que existan más puntos.

## **10.12 DETECCION DE LOS ERRORES ATRIBUTIVOS EN LOS MDE MATRICIALES**

Tiene causas diversas, como problemas operativos debido al bajo contraste de las imágenes, ambigüedades por la repetición de objetos, por la existencia de texturas periódicas sobre el terreno, reflejos solares y de agua y por las operaciones de interpolación las cuales introducen desviaciones no aleatorias en el modelo digital. Estos errores suelen ser locales; por lo tanto las técnicas de detección también suelen ser locales.

Este error en los valores de altitud se corrige calculando las diferencias de altitud entre el punto problema y sus vecinos.

## **10.13 CORRECCION DE LOS MDE MATRICIALES:**

En el caso de los modelos vectoriales se procede a la eliminación del dato sin pérdida apreciable de información. En los modelos matriciales es necesario sustituir el valor erróneo por el correcto ya que no son aceptables huecos en la matriz.<sup>1617</sup>

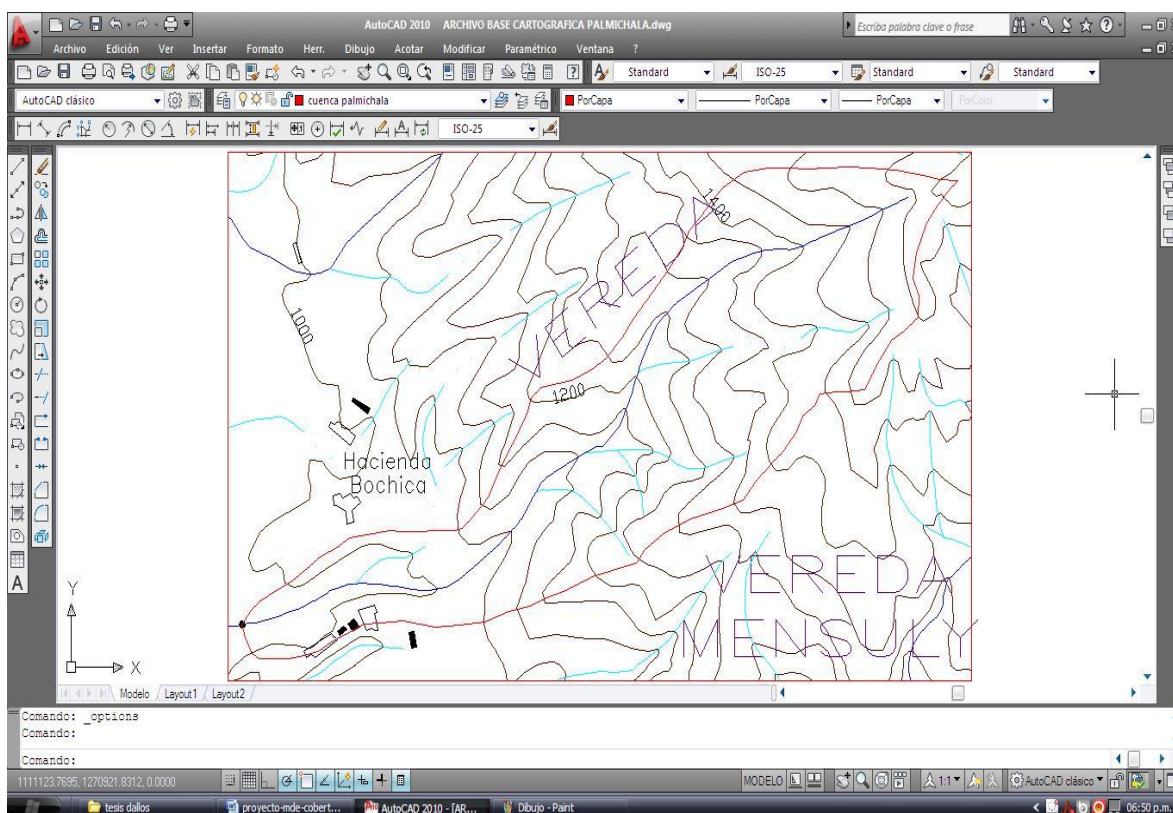
---

<sup>16</sup> FRANCES, F.; VÉLEZ, J. 2008. Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica TETIS V. 7.3. UPV. España.



## 11. PROCEDIMIENTO PARA LA CREACION DE LOS MDE DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PALMICHALA

11.1 Partiendo de la base cartográfica<sup>18</sup> de la región en archivo DWG, se procedió a la localización de la cuenca; se trazan los límites externos de la cuenca o parte aguas, con la herramienta polilínea; para realizar el cerramiento de la cuenca para posteriormente poder calcular el área de la cuenca, el perímetro, la longitud del cauce principal con fines de determinar la forma de la cuenca a partir de esta información.

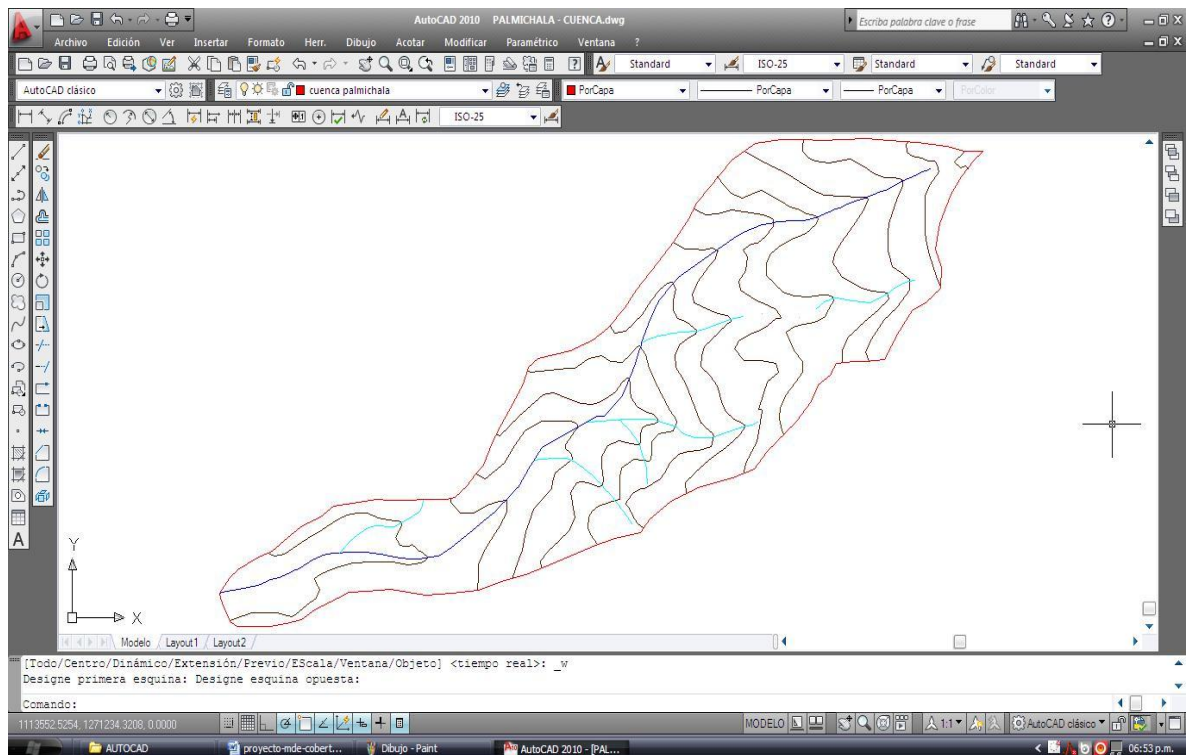


**IMAGEN BASE CARTOGRAFICA.**

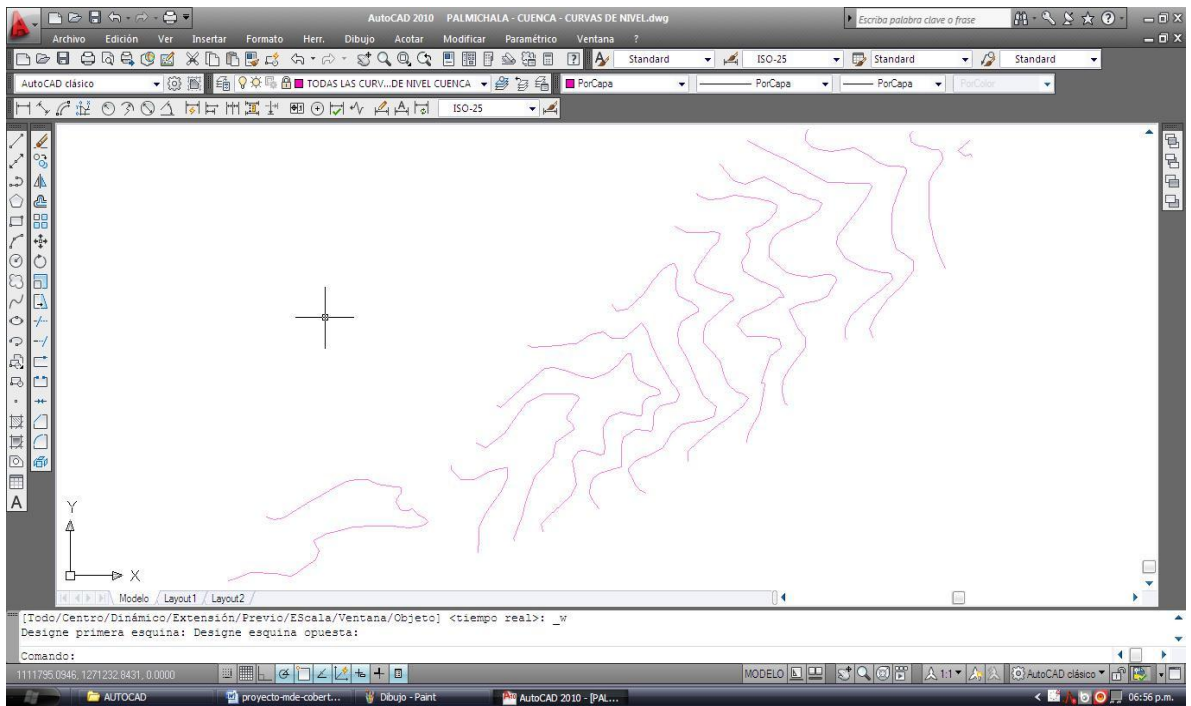
<sup>17</sup> ULLOA, ALEXANDRA; GOMEZ, SULLY. Mapa Geológico del Macizo de Santander cuenca superior del Rio Lebrija (Escala 1:75.000) Acuerdo Especifico 002/2005, INGEOMINAS – UIS, Bucaramanga.

<sup>18</sup> ULLOA, A.; GOMEZ, S. 2007. Proyecto de investigación geológica e hidrogeológica en la región central del Departamento de Santander. ACUERDO ESPECIFICO 002/2005 INGEOMINAS – UIS. Bucaramanga.

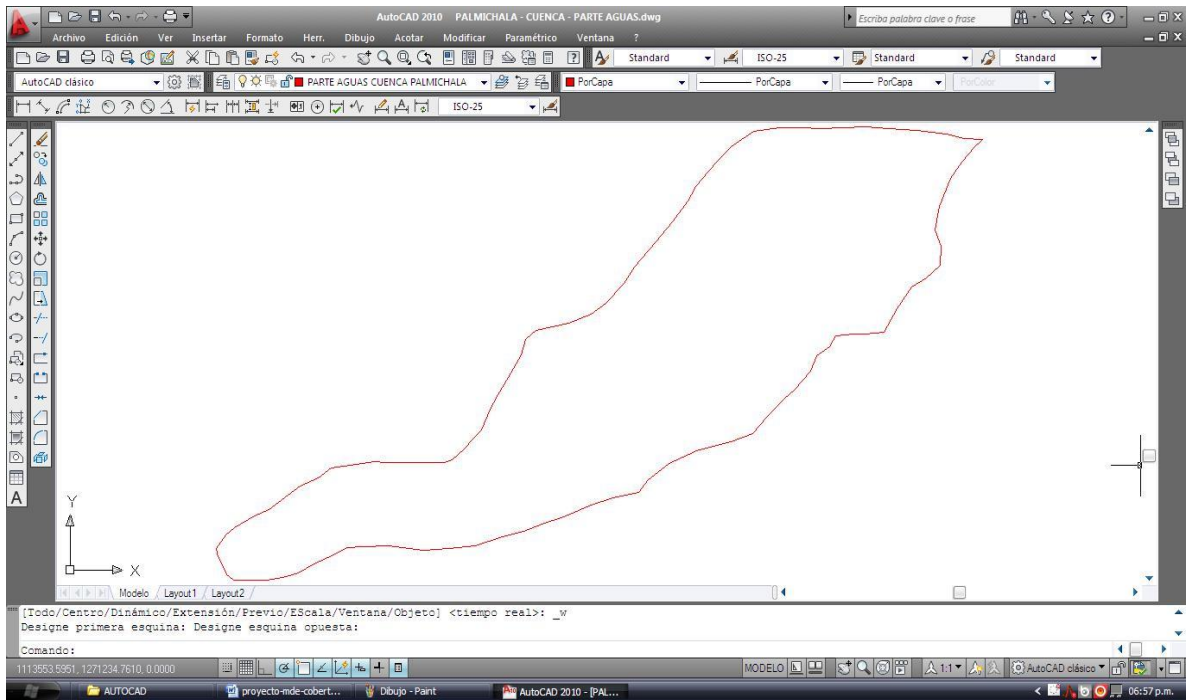
**11.2** Se procede a limpiar el documento o base cartográfica de cualquier información diferente a las curvas de nivel y del límite de la cuenca es decir; dejamos como únicas capas; la capa que contiene la información de las curvas de nivel de la cuenca y del parte aguas. Estas dos capas se guardan en archivos diferentes, uno que contiene únicamente la capa de las curvas de nivel y el otro que contiene la información o coordenadas del parte aguas de la cuenca.



**IMAGEN CURVAS DE NIVEL Y PARTE AGUAS DE LA CUENCA.**

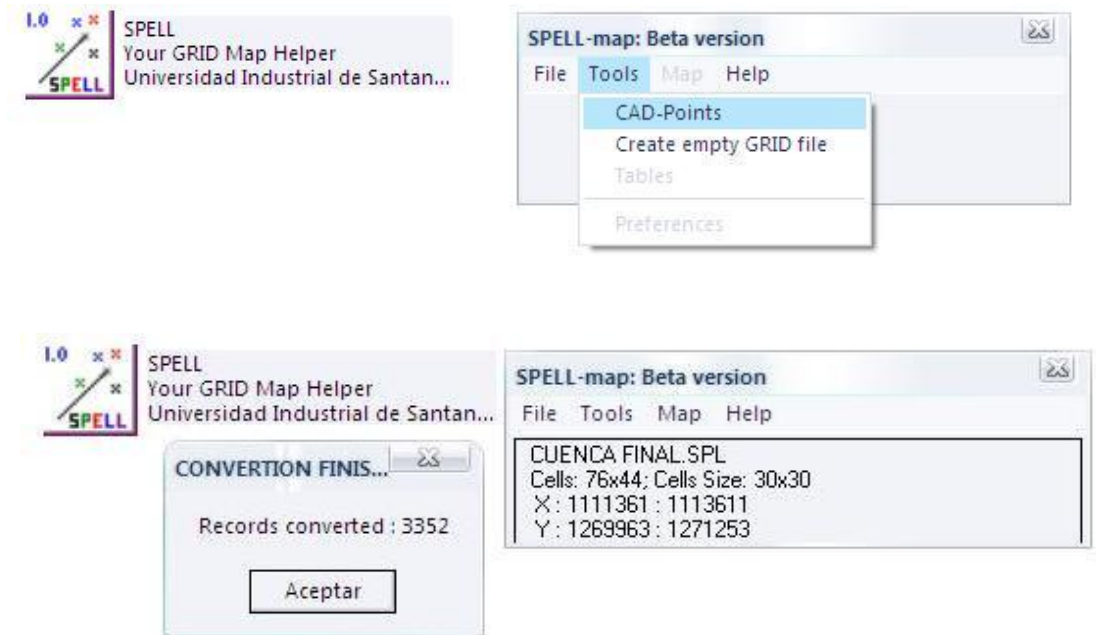


**IMAGEN CAPA CURVAS DE NIVEL.**



**IMAGEN CAPA PARTE AGUAS DE LA CUENCA.**

**11.3** Abrimos estos archivos DWG con el software spell<sup>19</sup>: TOOLS > CAD-POINTS > EXTRACT PROPERTY FROM DXF > POLYLINE > OK. El cual se encarga de convertir las curvas de nivel y el parte aguas en un archivo de coordenadas x, y, z, el cual se guardara como archivo DXF y como archivo txt.

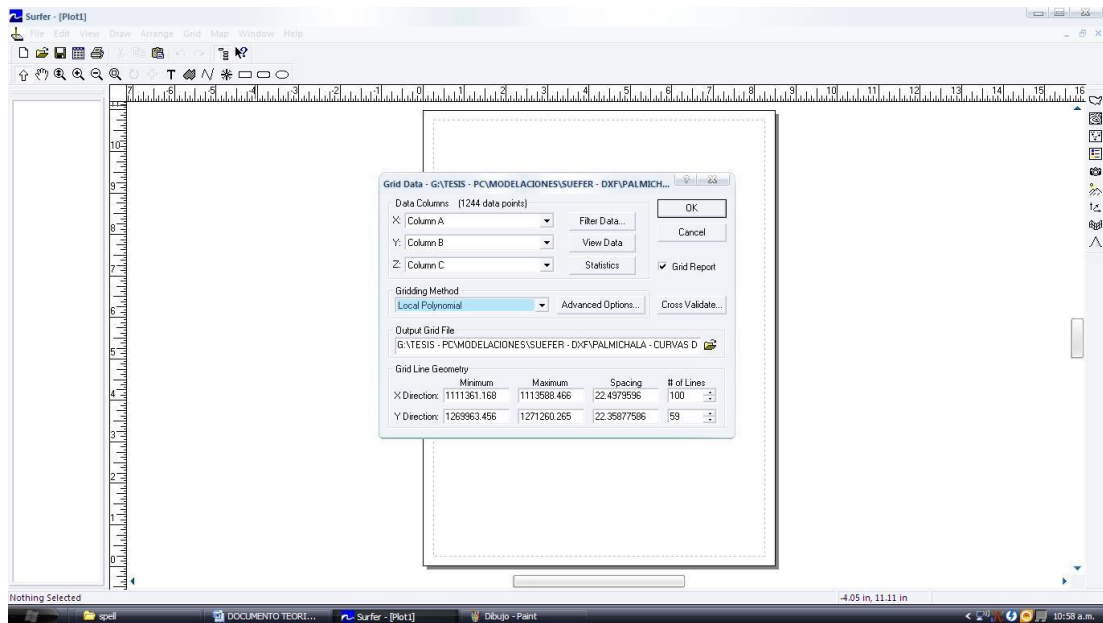


**IMAGEN DEL PROCEDIMIENTO PARA CONVERTIR COORDENADAS.**

**11.4** Con el software Surfer abrimos el archivo txt de las curvas de nivel: GRID > DATA > Abrir archivo<sup>20</sup>.

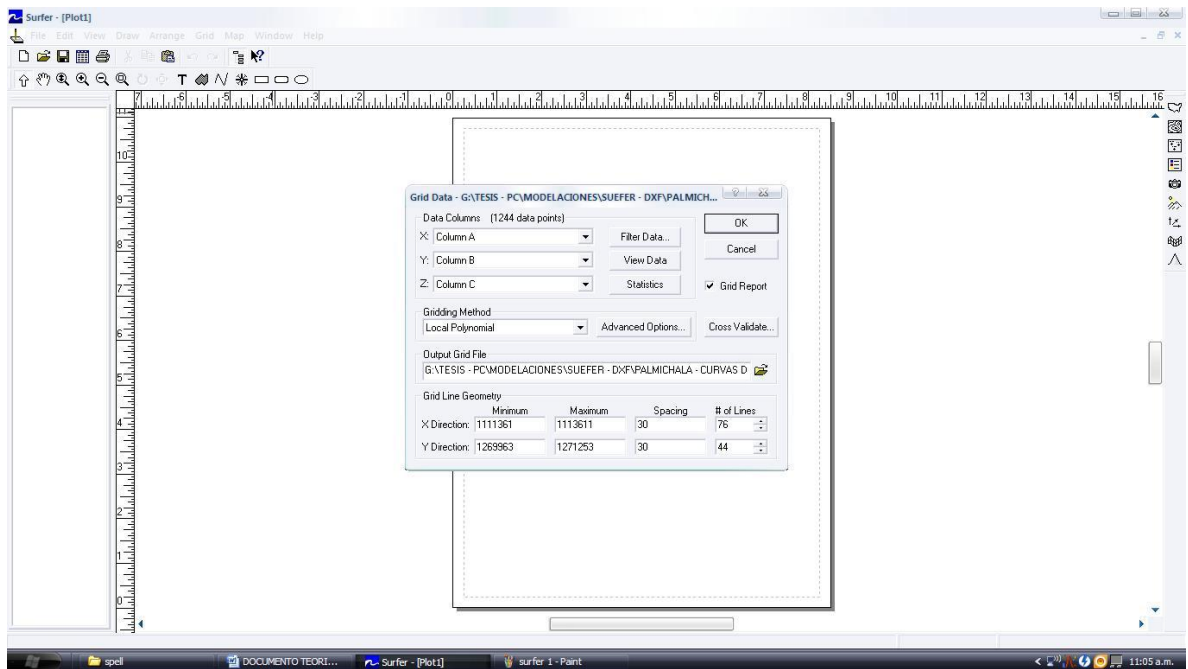
<sup>19</sup> Producto de uso gratuito de la U.I.S. y el autor es JORGE A. GUZMAN. Es de uso gratuito.

<sup>20</sup> SURFER(R) Version 8.01 ReadMe File 4-24-02, Copyright (c) 2002 Golden Software, Inc. Allrightsreserved.[Disponibile en:]: <http://www.goldensoftware.com>



**IMAGEN INICIAL AL ABRIR EL ARCHIVO.**

**11.5** Se procede a aproximar o redondear la casilla X DIRECTION y Y DIRECTION de tal forma que la casilla SPACING sea de 30 por 30 m ya que es el espacio mínimo para la escala 1:25000 y así poder tener como resultado en la casilla # OF LINES un número exacto de particiones.



**IMAGEN NÚMERO EXACTO DE PARTICIONES.**

**11.6** Una vez realizado esto se procede a aplicar los diferentes métodos de interpolación que se encuentran en la casilla GRIDDING METHOD.

Por cada método de interpolación se generara un archivo DXF.GRD el cual se guardará para posteriormente volverlo a abrir con este software por medio de los siguientes comandos: GRID > RESIDUAL > ABRIR archivo DXF.GRD de cada método de interpolación > ABRIR archivo txt de las curvas de nivel > OK.

Lo cual nos genera una ventana similar a una ventana del software Excel que contiene una columna A que corresponde a las coordenadas X, una columna B que corresponde a las coordenadas Y, una columna C que corresponde a las coordenadas Z o cota u altura sobre el nivel del mar, y una columna D que corresponde al RESIDUAL del método de interpolación; que viene siendo la diferencia de cota o altura entre los datos de coordenadas de la base cartográfica o archivo DWG y el generado por el método de interpolación en formato DXF.GRD.

Este es un cálculo interno que realiza el programa en el cual el aplica la fórmula de cada método de interpolación. Los datos del residual de cada método se les aplica o se les calcula el error medio cuadrático y se escoge el método de interpolación que tenga menor PORCENTAJE DE ERROR MEDIO CUADRATICO.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1				Residuals													
2	1113588.5	1271260.3	1600	0													
3	1113677.6	1271249.6	1600	0.3887457													
4	1113554.6	1271234.5	1600	1.7385662													
5	1113641.1	1271221.3	1600	1.7186939													
6	1113520.0	1271206.8	1600	3.8400146													
7	1113495.1	1271193.1	1600	1.1284099													
8	1113465.6	1271166.0	1600	1.7842780													
9	1113482.7	1271151.2	1600	4.6270723													
10	1113497.3	1271156.8	1600	0.0365677													
11	1113527.6	1271129.9	1600	3.3149190													
12	1113550.5	1271127.1	1600	3.7954869													
13	1113566.4	1271130.2	1600	1.5366941													
14	1113588.5	1271139.9	1600	-3.1005899													
15	1112541.3	1271260.3	1350														
16	1112570.7	1271243.8	1350	-0.0141762													
17	1112598.0	1271234.9	1350	-4.5284908													
18	1112611.4	1271219.0	1350	-0.6464989													
19	1112607.5	1271193.6	1350	2.8943777													
20	1112643.1	1271161.8	1350	1.8216851													
21	1112674.9	1271159.2	1350	-0.2224049													
22	1112712.4	1271148.4	1350	-0.7218343													
23	1112725.1	1271135.0	1350	-7.1339458													
24	1112718.1	1271123.0	1350	-3.2694059													
25	1112709.1	1271110.3	1350	0.1398959													
26	1112702.1	1271090.6	1350	5.0865548													
27	1112739.0	1271048.0	1350	-0.8636056													
28	1112768.8	1271035.9	1350	3.5944989													
29	1112801.2	1271038.4	1350	2.3863499													
30	1112840.7	1271049.1	1350	-9.9419575													
31	1112911.8	1271038.3	1350	-0.5162918													
32	1112927.1	1271035.1	1350	1.2691580													
33	1112941.7	1271031.3	1350	0.0582733													

### IMAGEN AL APLICAR CADA METODO DE INTERPOLACION.

Se procede a guardar dicho archivo en formato XLS. Para calcular el EMC.

11.7 Se calcula el EMC o error medio cuadrático de cada método de interpolación. Para lo cual único y exclusivamente utilizaremos la casilla D o el RESIDUAL.

$$EMC = \sqrt{\left\{ \left( \frac{1}{n} \right) * \left[ \sum_{i=1}^n (\delta Z_i^2) \right] \right\}}$$

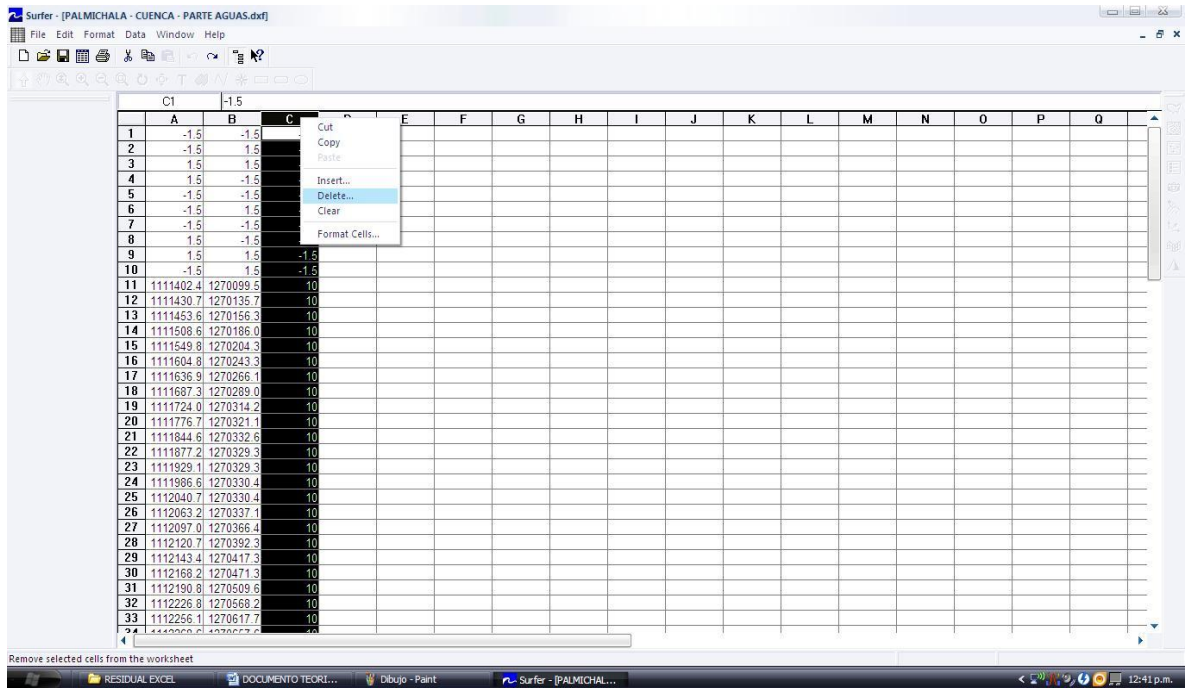
Se escoge el método de interpolación cuyo EMC sea menor que en este caso es el del método de interpolación del mínimo de curvatura.

	INVERSE DISTANCE TO A POWER	KRIGING	LOCAL POLYNOMIAL	MINIMUM CURVATURE	MODIFIED SHEPARD'S METHOD	NATURAL NEIGHBOR	NEAREST NEIGHBOR	RADIAL BASIS FUNCTION	INTERPOLATION TRIANGULATION WITH LINEAR
n	1221	1221	1221	1221	1221	1108	1221	1221	1141
$\sum \delta zi$	631.39	-420.67	295.37	-38.85	-278.49	-593.53	77.57	-420.07	-622.00
$(\sum \delta zi)^2$	398656.93	176962.83	87241.20	1509.64	77557.65	352283.16	6016.38	176455.97	386885.73
$((\sum \delta zi)^2)/n$	326.50	144.93	71.45	1.24	63.52	317.95	4.93	144.52	339.08
$((\sum \delta zi)^2/n)^{(1/2)}$	18.07	12.04	8.45	1.11	7.97	17.83	2.22	12.02	18.41
EMC(%)	0.18	0.12	0.08	0.01	0.08	0.18	0.02	0.12	0.18

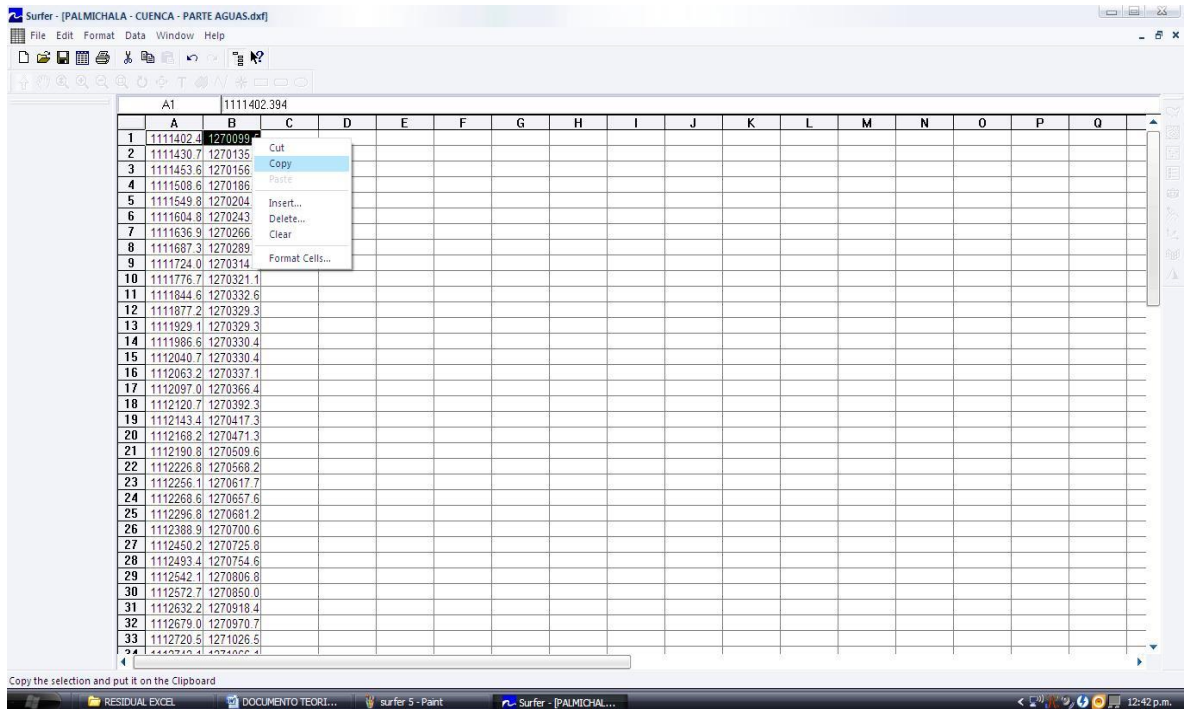
**11.8** Luego con el software Surfer se procede a abrir el archivo txt generado por el software Spell del parte aguas de la cuenca. Esto generara una ventana similar a una ventana del software Excel que contiene una columna A que corresponde a las coordenadas X, una columna B que corresponde a las coordenadas Y, una columna C que corresponde a las coordenadas Z, cota u altura sobre el nivel del mar.

**11.9** Se procede a eliminar la columna C y a copiar la primera fila de la columna A y B al final de las filas para realizar el cerramiento del parte aguas de la cuenca.

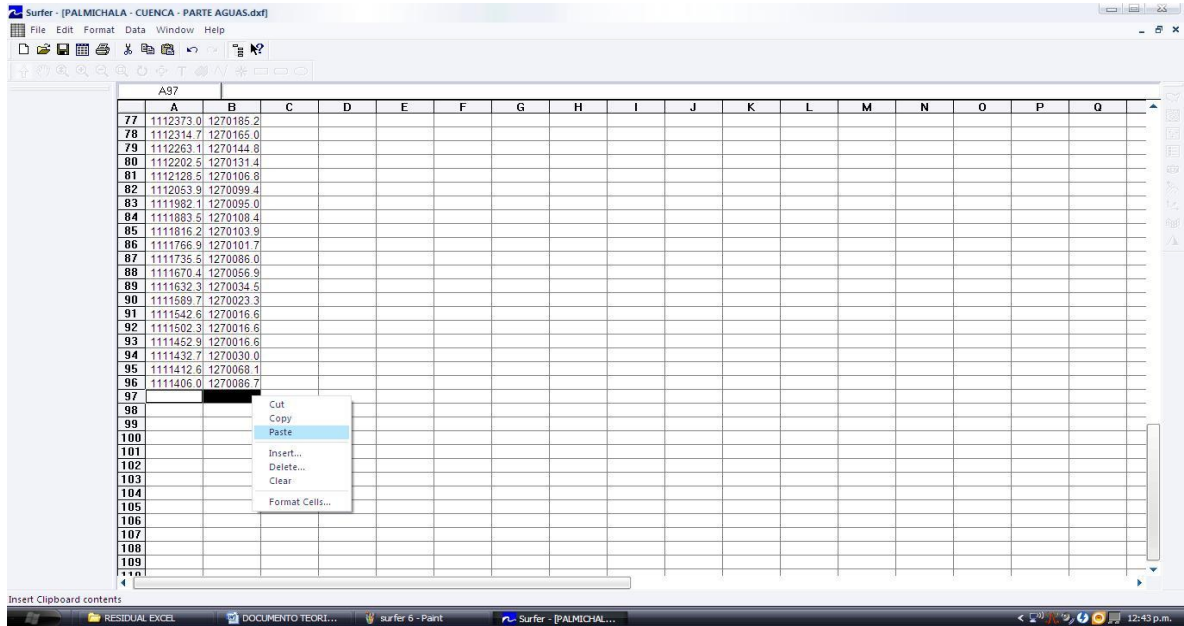




**IMAGEN PROCESO DE ELIMINACION COLUMNA C PARA REALIZAR EL CERRAMIENTO DE LA CUENCA.**

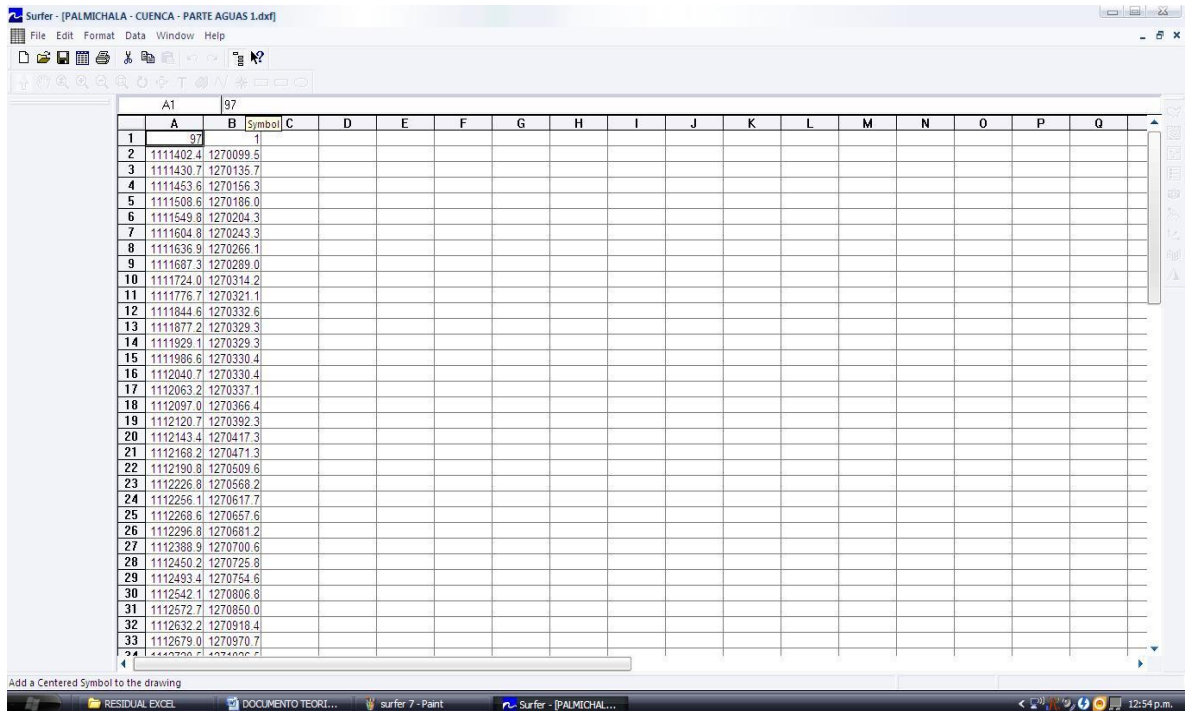


**IMAGEN PROCESO DE COPIADO PRIMERA FILA DE LA COLUMNA A Y COLUMNA B PARA REALIZAR EL CERRAMIENTO DE LA CUENCA.**



**IMAGEN PROCESO DE PEGADO PRIMERA FILA DE LA COLUMNA A Y COLUMNA B PARA REALIZAR EL CERRAMIENTO DE LA CUENCA.**

11.10 Luego insertamos una fila en la parte superior o al inicio de la tabla y en la primera celda insertamos el número de datos o coordenadas o numero de filas, y en la segunda celda el número 1 que corresponde a un comando de uso interno del software.



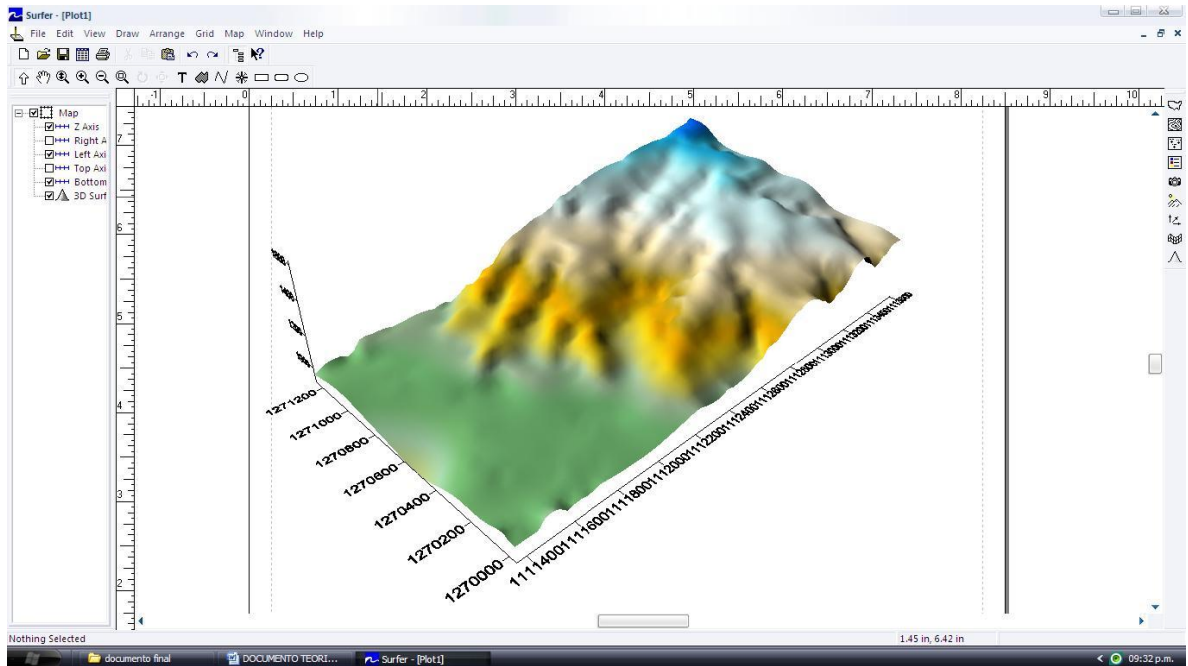
## IMAGEN PROCESO INSERCIÓN FILA PARA REALIZAR EL CERRAMIENTO DE LA CUENCA.

Este archivo se procede a guardar en formato BLN.

**11.11** Luego se abre de nuevo en Surfer de la siguiente manera: GRID > BLANK > OPEN GRID de las curvas de nivel de la cuenca > OPEN BLN del parte aguas de la cuenca > SAVE GRID AS. Para posteriormente abrirlo con el software Surfer e inmediatamente guardarlo como archivo ASCII X, Y, Z.

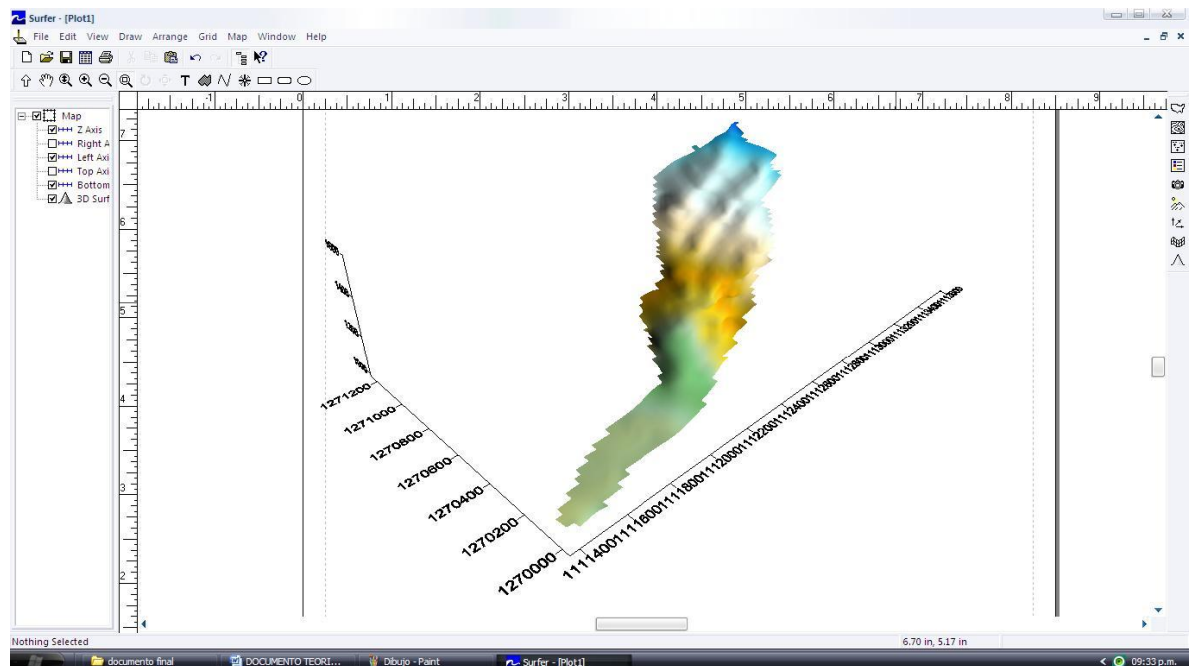
**MDE GENERADO EN EL SOFTWARE SURFER:**

**MDE DE LAS CURVAS DE NIVEL DE LA CUENCA DE RIO ALTO:**



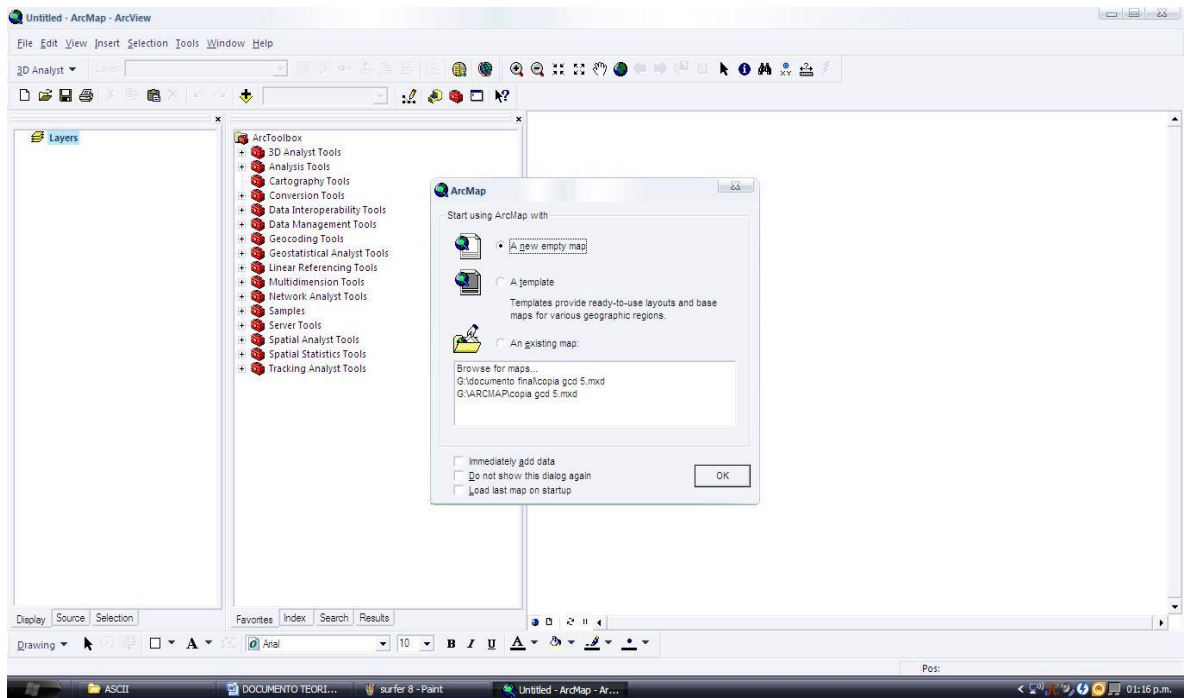
**IMAGEN MDE DE LAS CURVAS DE NIVEL DE LA CUENCA DE RIO ALTO.**

## MDE DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PALMICHALA:

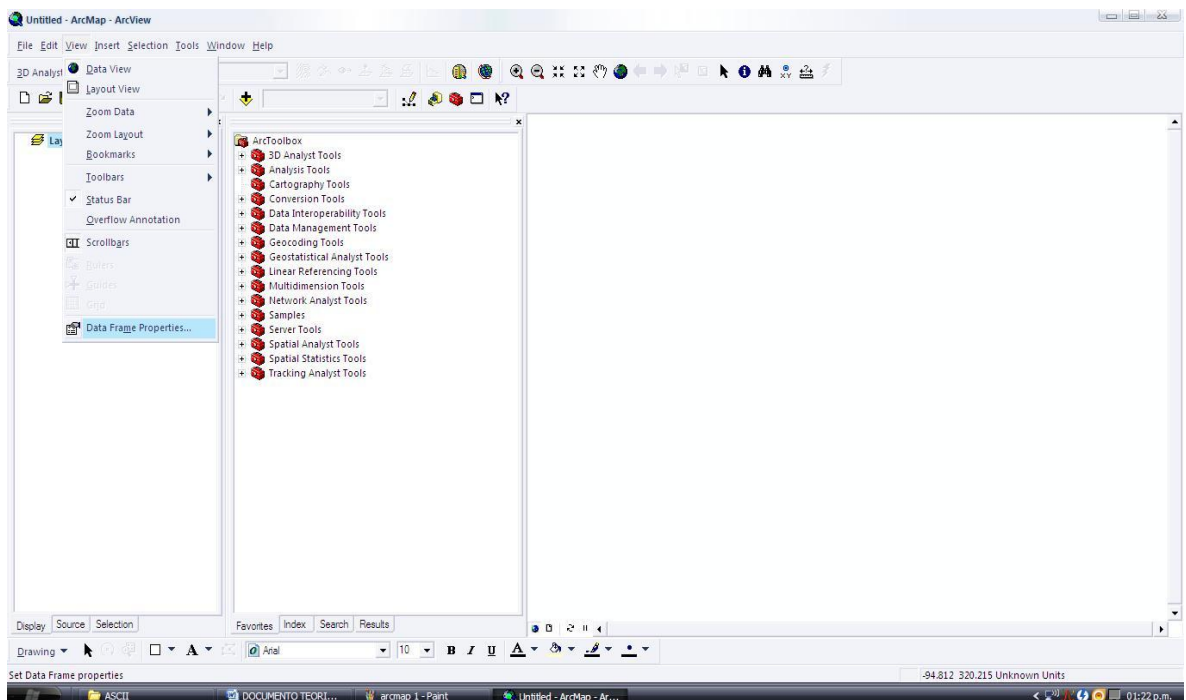


**IMAGEN MDE DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PALMICHALA.**

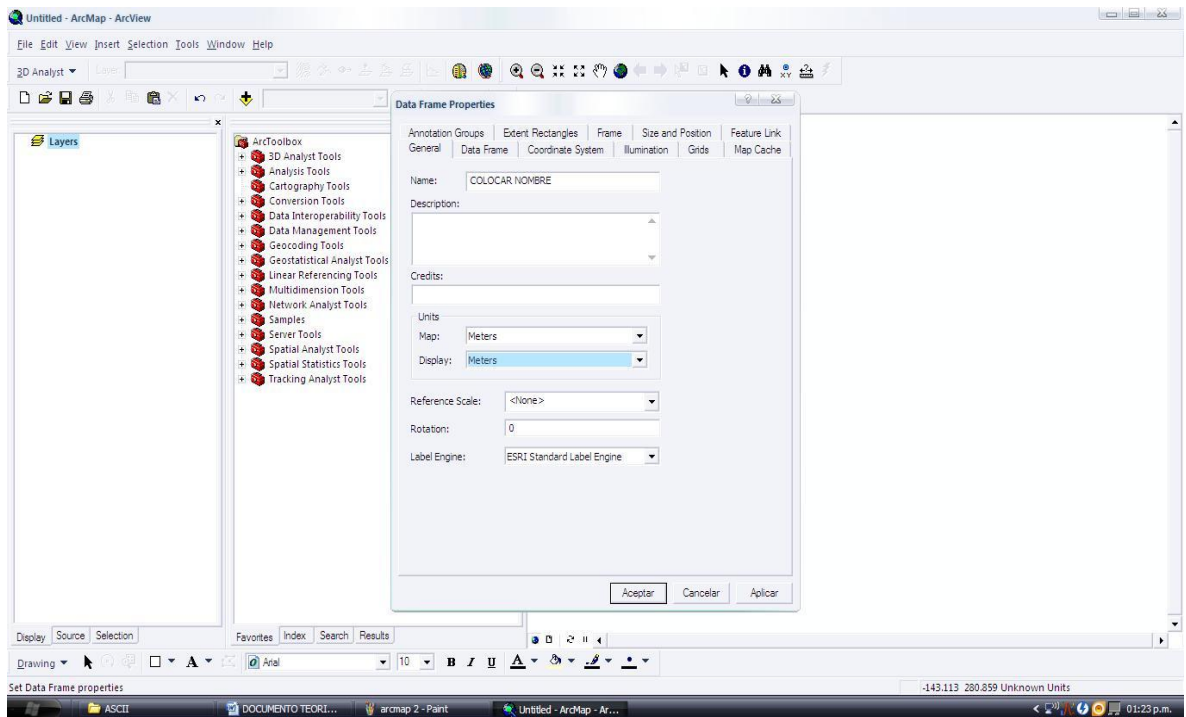
11.12 Una vez realizado esto procedemos utilizar el software Arcmap. A NEW EMPTY MAP > OK > VIEW > DATA FRAME PROPERTIES >GENERAL > NAME escogemos un nombre para la digitalización > UNITS escogemos como unidades el metro (m) tanto para MAP y DISPLAY > APLICAR > ACEPTAR.



**IMAGEN PROCESO PARA ADICIONAR NOMBRE A LA DIGITALIZACIÓN.**

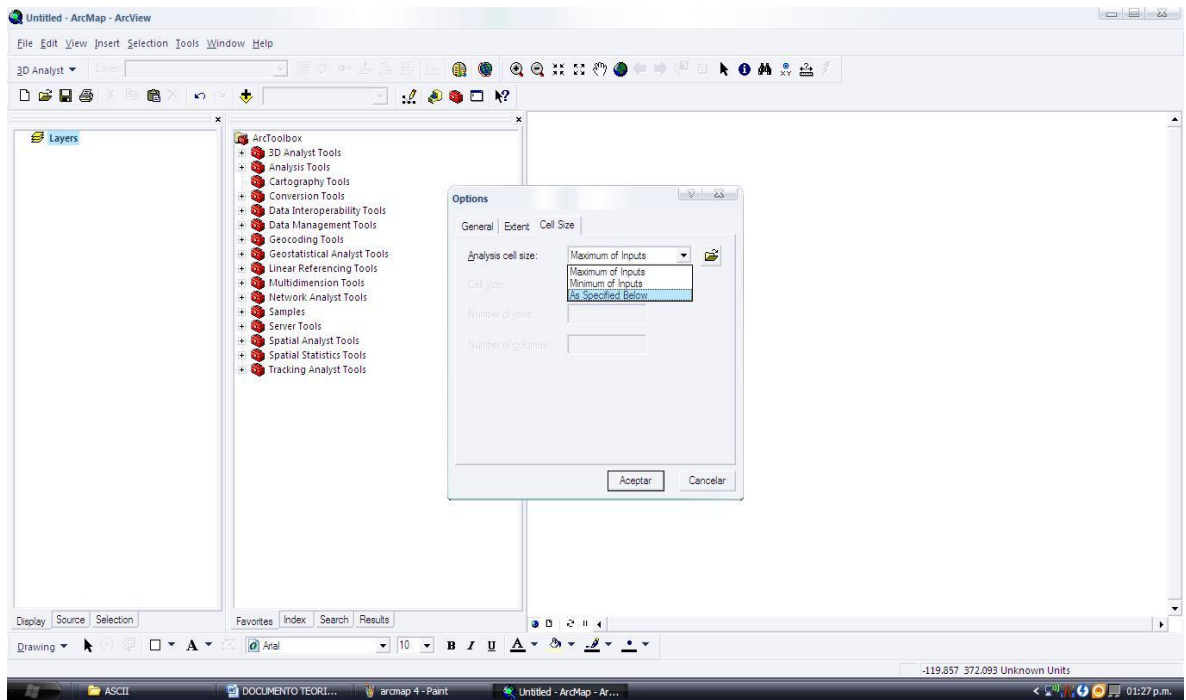


**IMAGEN PROCESO PARA REALIZAR CAMBIO DE UNIDADES.**

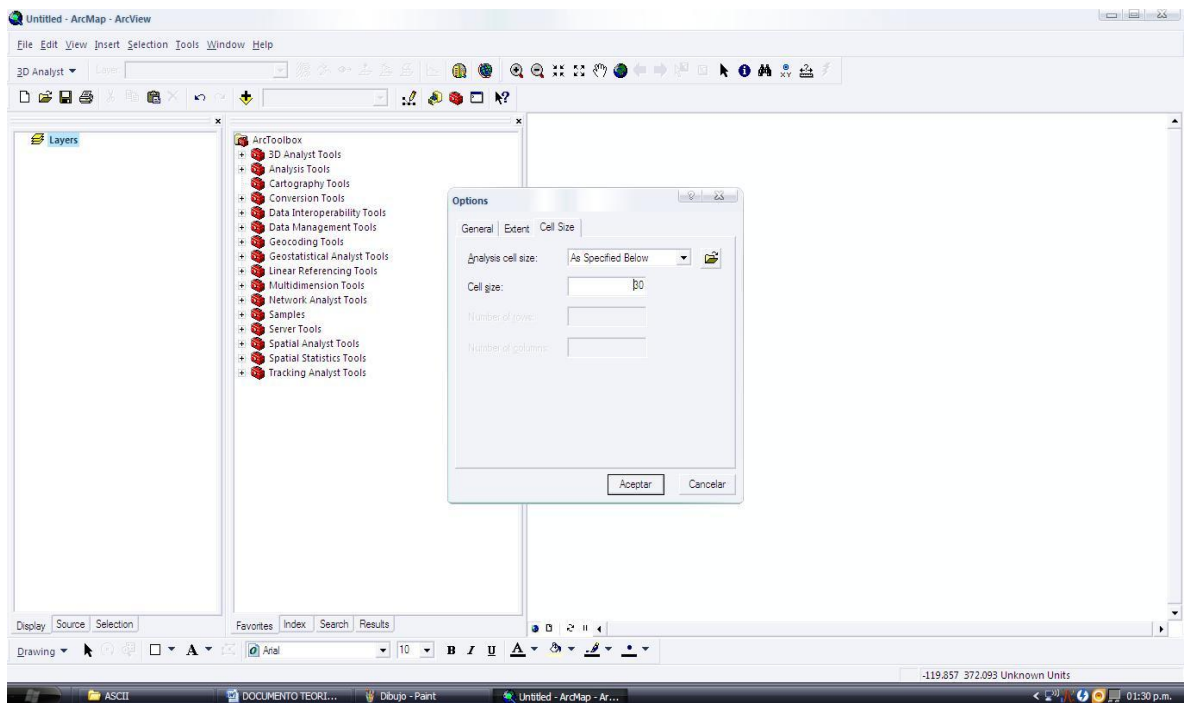


### **IMAGEN PROCESO PARA REALIZAR CAMBIO DE UNIDADES.**

**11.13** Luego vamos al comando 3D ANALYST > OPTIONS > CELL SIZE > ANALYSIS CELL SIZE > AS SPECIFIED BELOW > CELL SIZE insertamos el valor de 30 > ACEPTAR.



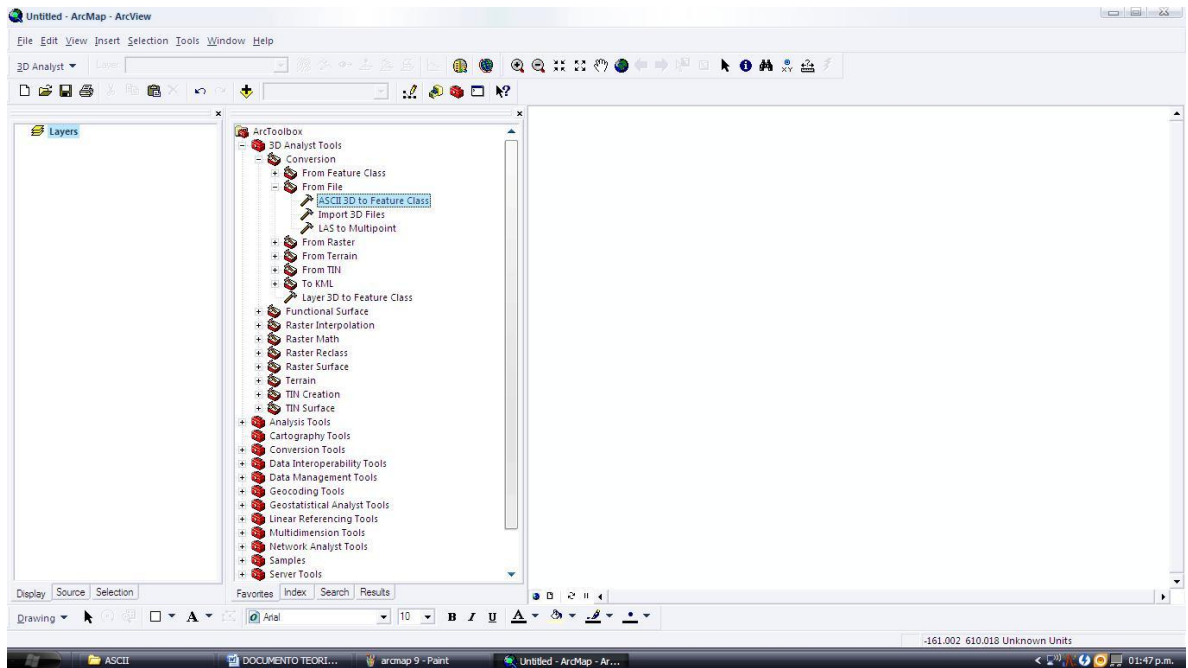
**IMAGEN PROCESO PARA CAMBIAR EL TAMAÑO DE LAS CELDAS.**



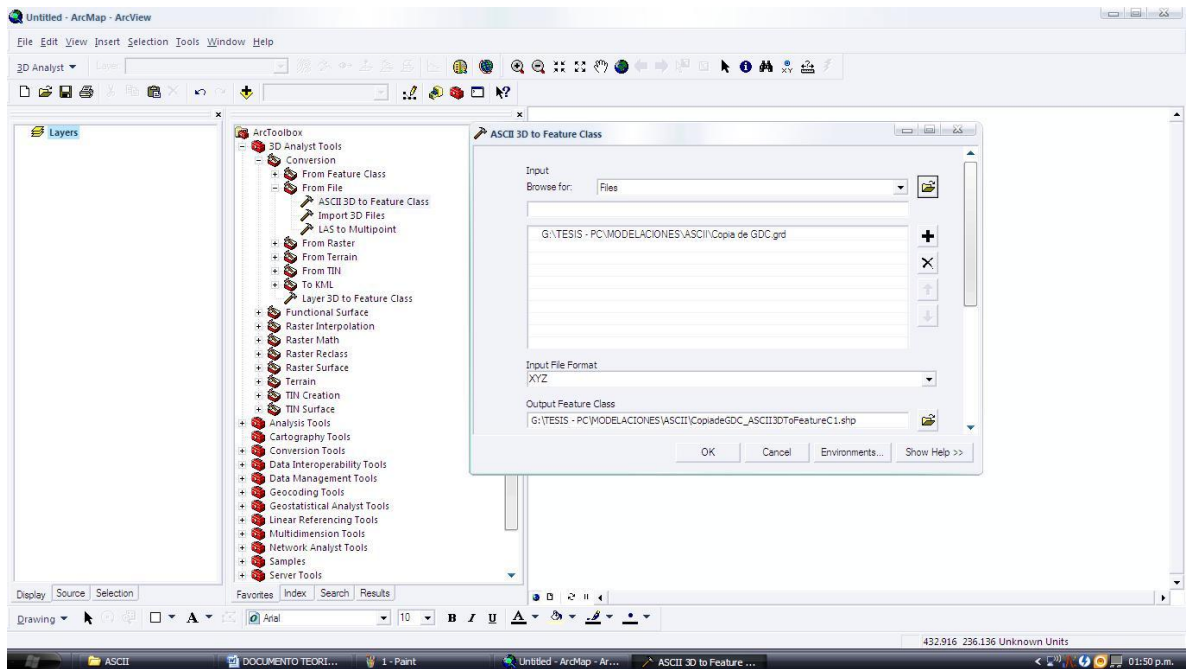
**IMAGEN PROCESO PARA CAMBIAR EL TAMAÑO DE LAS CELDAS.**



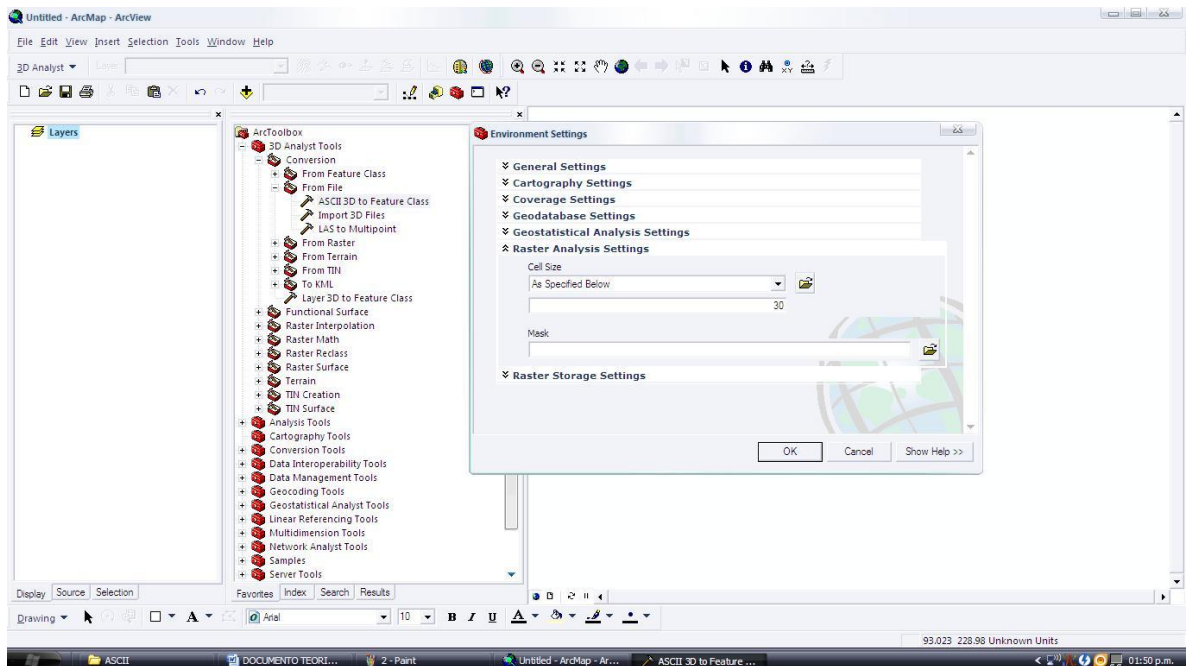
**10.14** Una vez realizado esto vamos a la caja de herramientas del software: ARC TOOL BOX > CONVERSION TOOLS >FROM FILE> ASCII 3D FEATURE CLASS>INPUT BROWSE FOR seleccionamos el archivo que guardamos anteriormente en el software Surfer como ASCII X, Y, Z. > OUTPUT RASTER > ENVIRONMENTS > RASTER ANALYSIS SETTINGS > CELL SIZE > AS SPECIFIED BELOW insertamos el valor de 30 > OK > OK



**IMAGEN PROCESO DE CONVERSION DE ARCHIVO ASCII X,Y,Z A RASTER.**

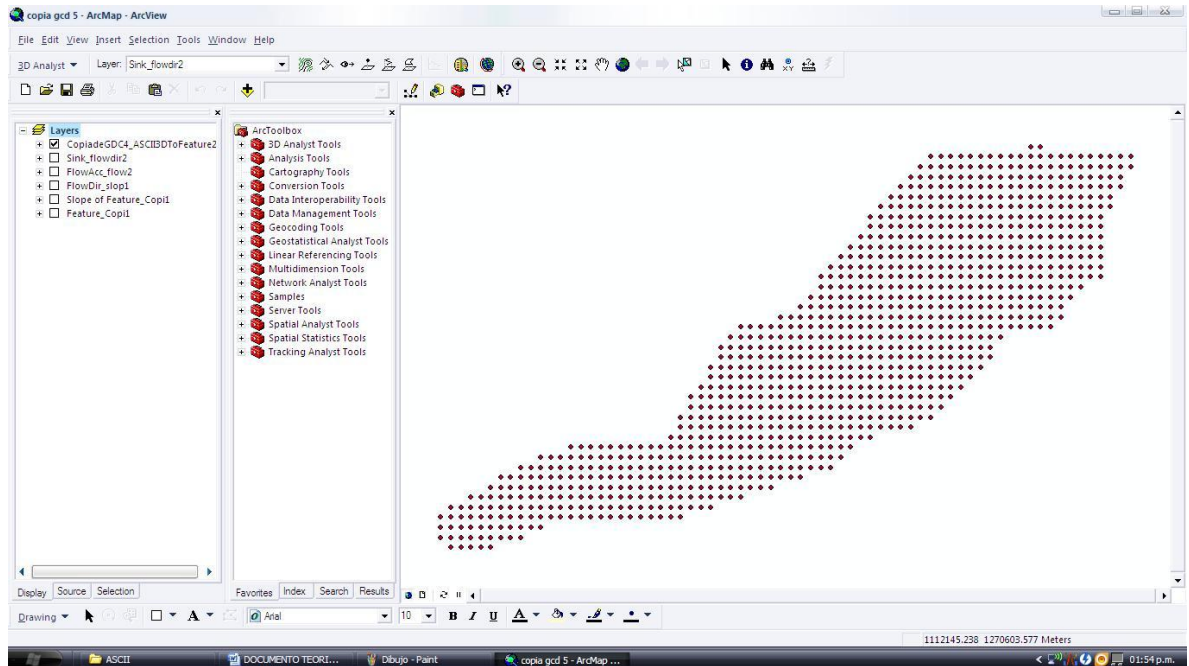


**IMAGEN PROCESO DE CONVERSION DE ARCHIVO ASCII X,Y,Z A RASTER.**

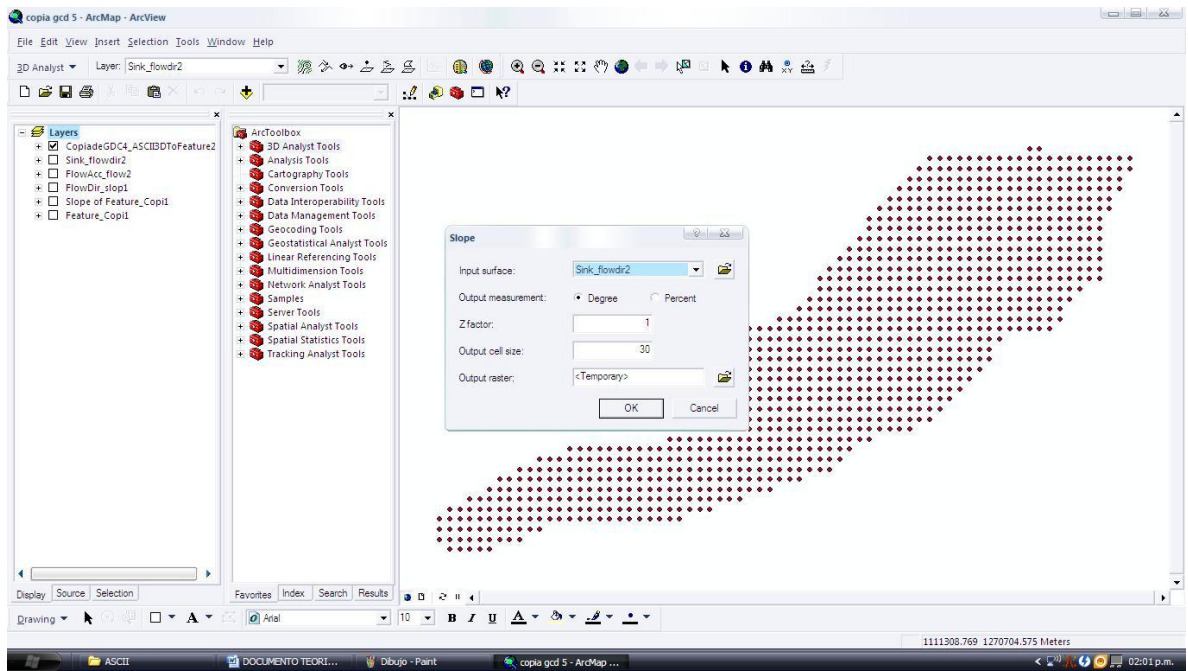


**IMAGEN PROCESO PARA CAMBIAR EL TAMAÑO DE LAS CELDAS.**

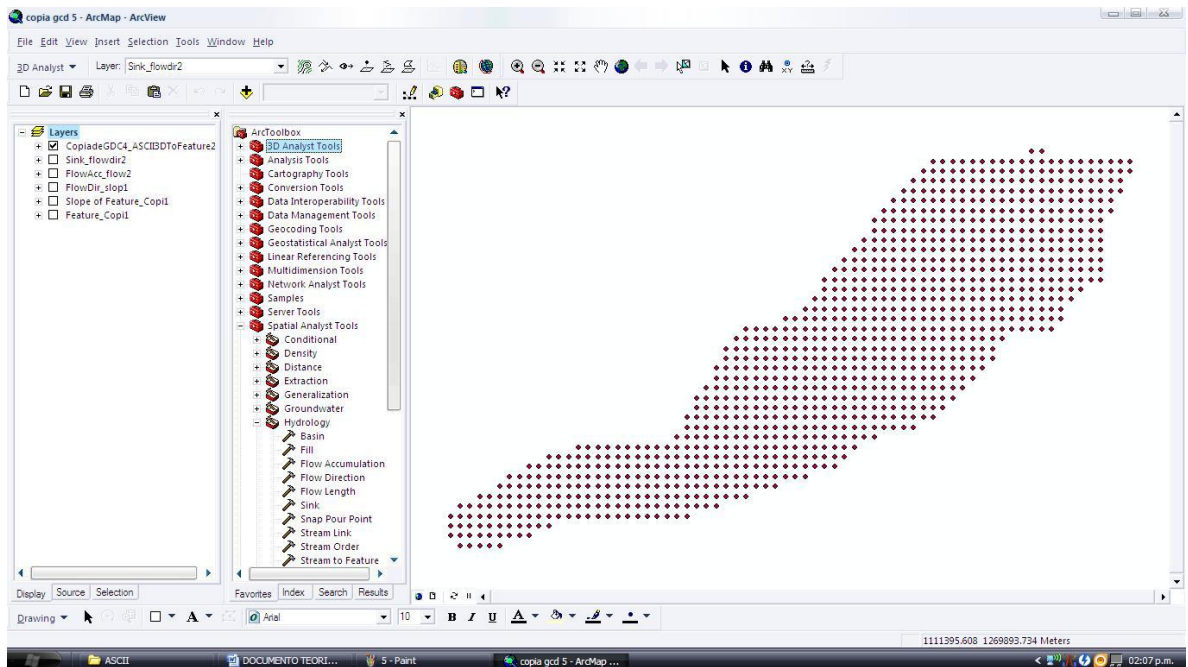
Después de esto aparecerá en la ventana un grafico o serie de puntos que son un atributo o que son las coordenadas X, Y, con un valor Z, cota u altura.



**11.15** Para crear el mapa de pendientes: 3D ANALYST > SURFACE ANALYSIS > SLOPE > SKIN\_FLOWDIR > OK.

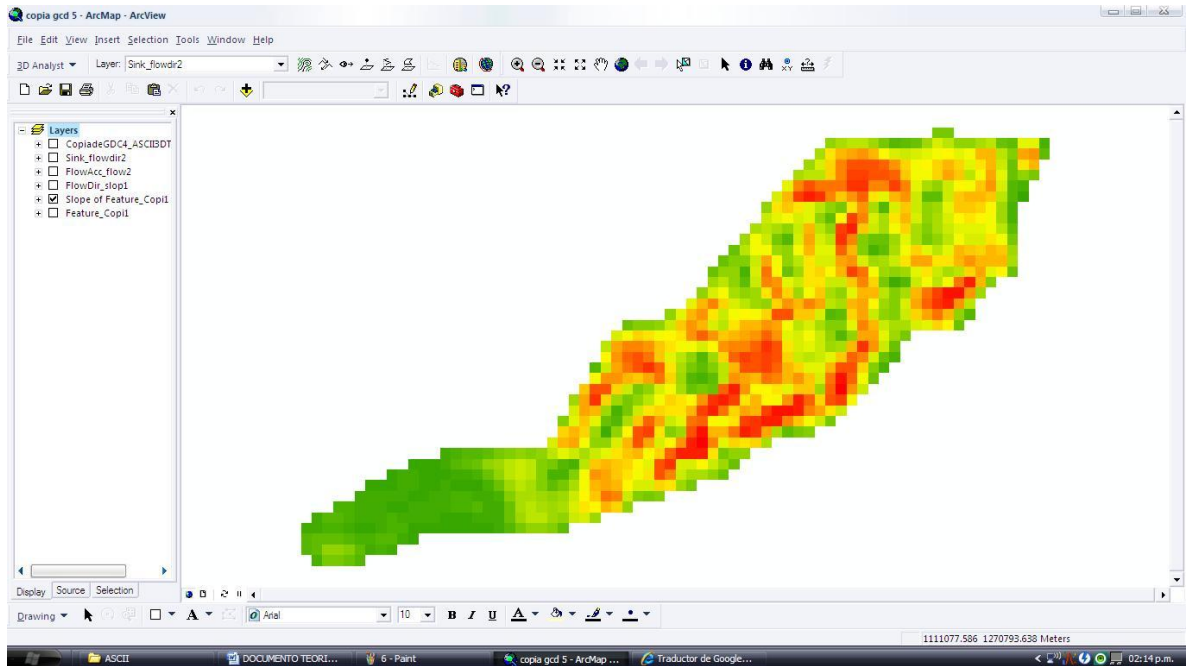


11.16 A continuación se creará el mapa de dirección de flujo, flujo acumulado: ARCTOOL BOX > SPATIAL ANALYST TOOL > HYDROLOGY > FLOW ACCUMULATION; FLOW DIRECTION, SINK.

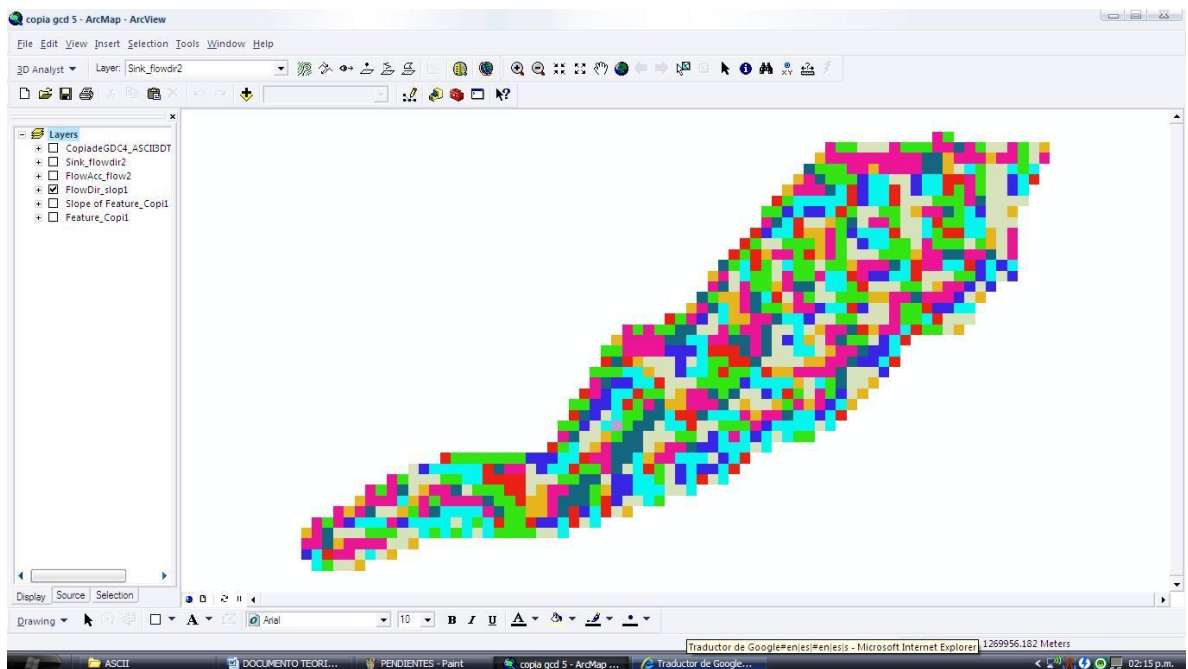


Como resultado del proceso de digitalización de los mapas obtenemos:

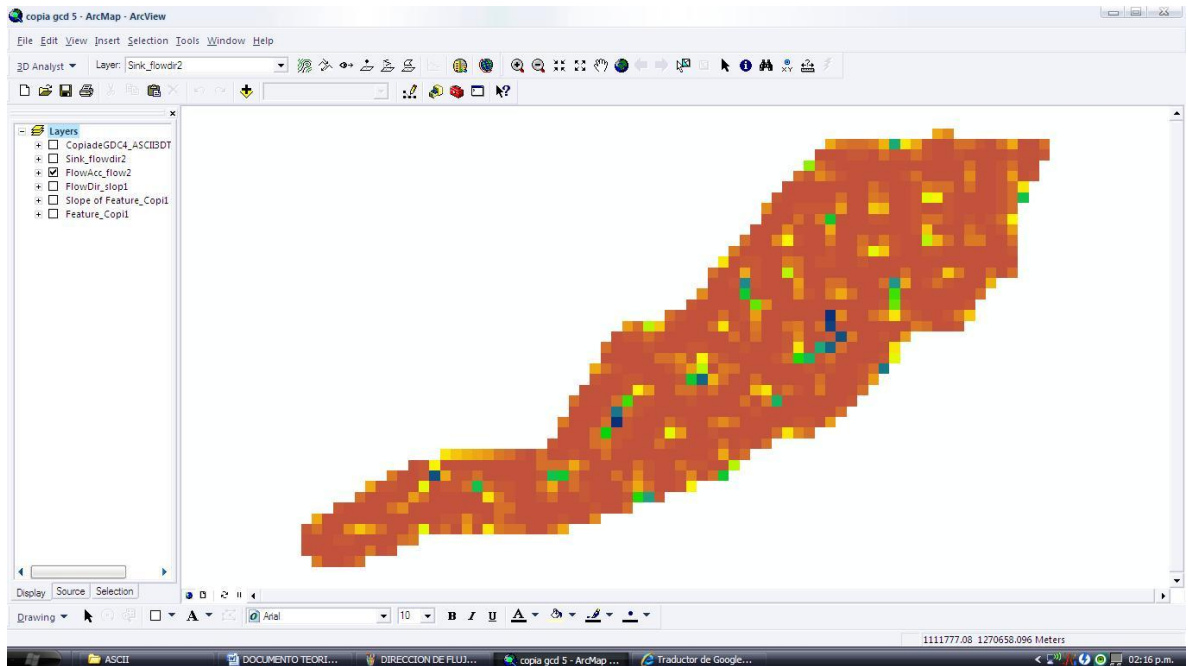
### MAPA DE PENDIENTES:



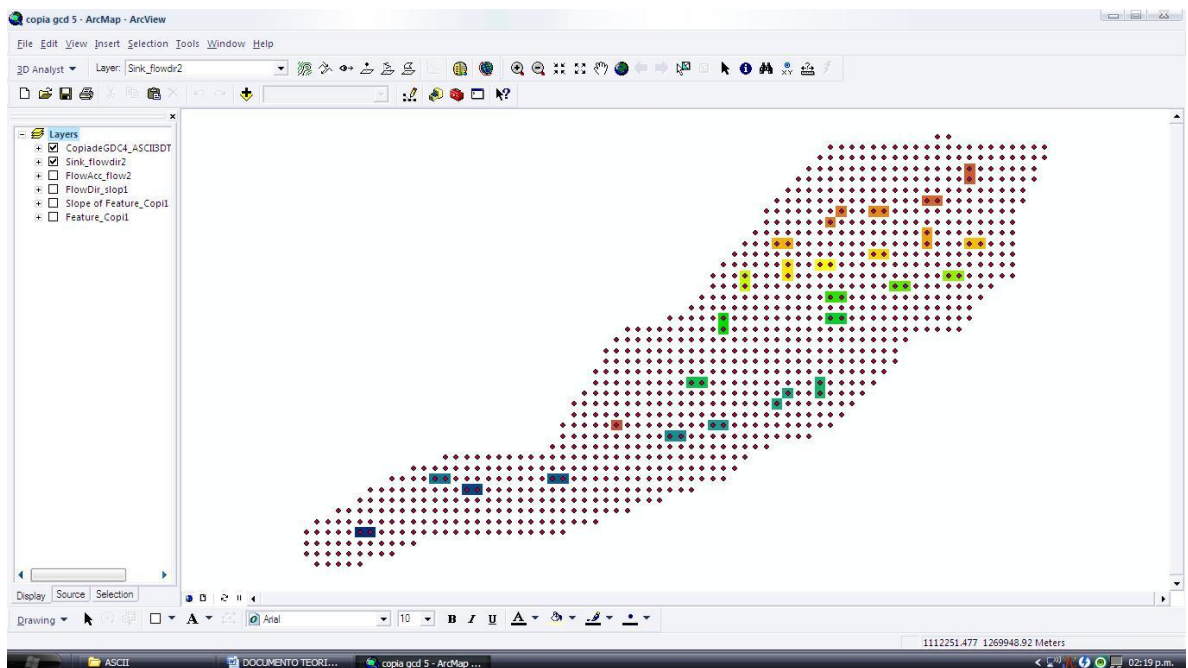
### MAPA DE DIRECCION DE FLUJO:



## MAPA DE FLUJO ACUMULADO:

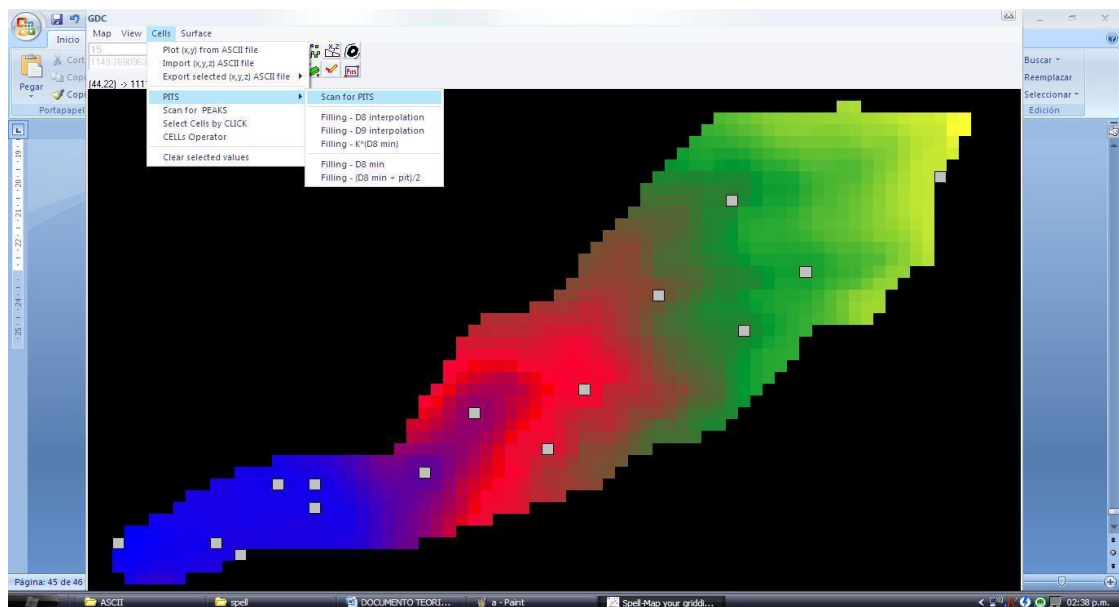


## MAPA SKIN O DE PITS:



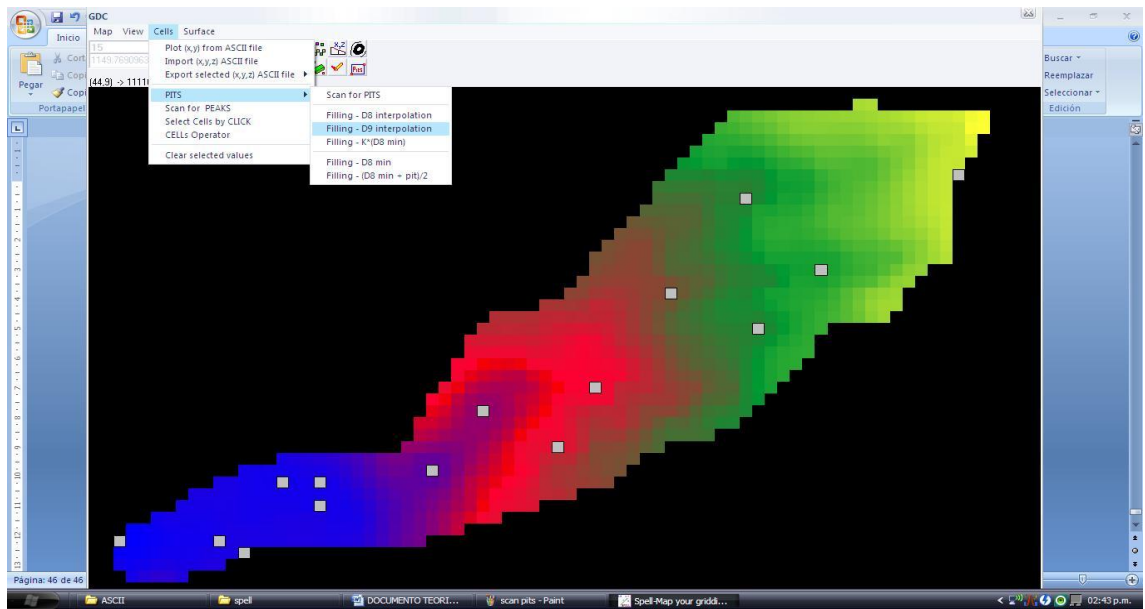
Este mapa me permite observar las celdas que tienen errores; que en este caso son errores posicionales o cartográficos locales y atributivos o temáticos. Otra forma de verificar estos errores en las celdas es:

**11.17** En el software Surfer abrimos el archivo en formato ASCII X, Y, Z GRD y lo guardo en formato GS ACII \*GRD. Luego se abre este archivo en el software Spell, una vez hecho esto generamos el mapa y vamos a la opción CELLS > PITS > SCAN FOR PITS. Aparecerán una serie de celdas que contienen errores de posición o cartográficos locales y atributivos y temáticos.

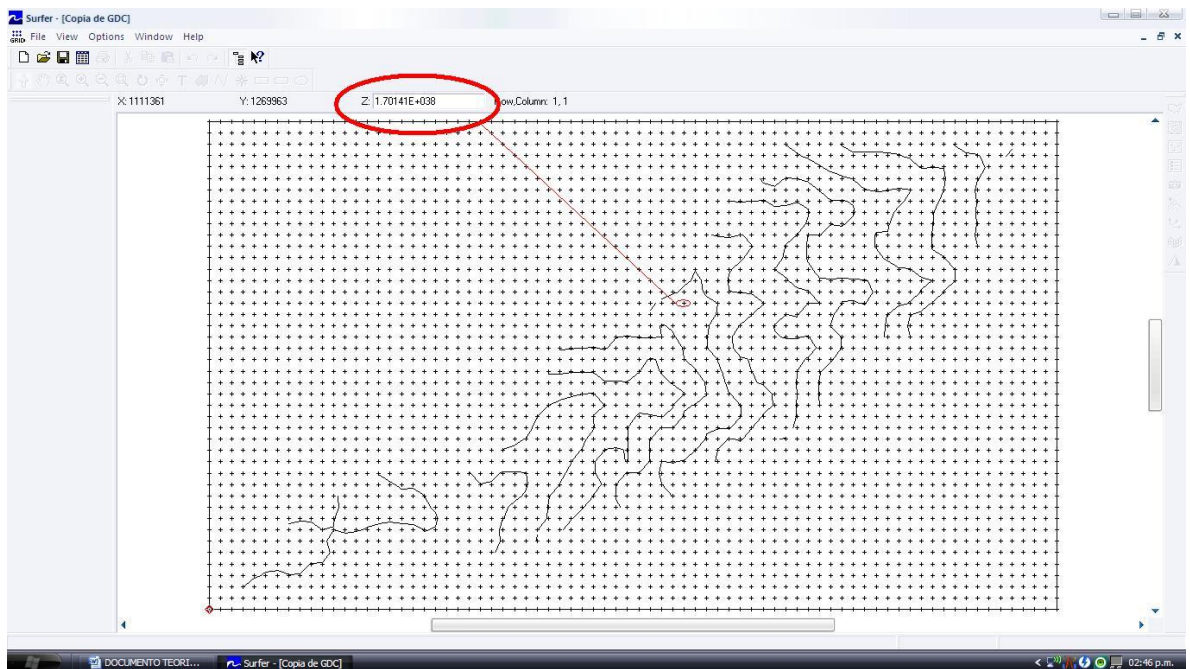


**IMAGEN PROCESO DE VERIFICACION DE ERRORES EN PITS.**

**11.18** Para corregir esto aplicamos los diferentes métodos de interpolación que trae el software; si esto no funciona, regresamos al software Surfer y procedemos a hacerlo de forma manual. Esto se hace por medio de observar los valores de Z de las celdas que se encuentra alrededor de la celda que presenta el error para cambiar su valor de Z manualmente.



**IMAGEN PROCESO DE CORRECCION DE PITS.**



**IMAGEN PROCESO DE CORRECCION MANUAL DE PITS.**

Una vez realizado esto; se procede a guardar los cambios efectuados en el archivo para posteriormente realizar una nueva digitalización de los mapas de dirección de flujo, flujo acumulado, de pendientes y el skin en el software Arcmap.



Esta nueva digitalización de los mapas no arrojó cambios en el mapa skin o de pits, es decir que los errores de posición o cartográficos locales y atributivos o temáticos continúan, lo cual se debe a errores externos derivados del proceso de digitalización, y también porque las operaciones de interpolación introducen desviaciones no aleatorias en el MDE ya que este depende parcial o totalmente de la topografía.

Por tanto se concluye que estos errores se deben a errores de posición o cartográficos; pues existe una deficiencia en la localización de la cota o trayectoria de la curva de nivel, y por errores atributivos o temáticos; ya que existe una asignación imprecisa de la altitud asociada a la cota o curva de nivel; o también porque se toma un tamaño de celda muy grande en comparación o para el tamaño de la cuenca.

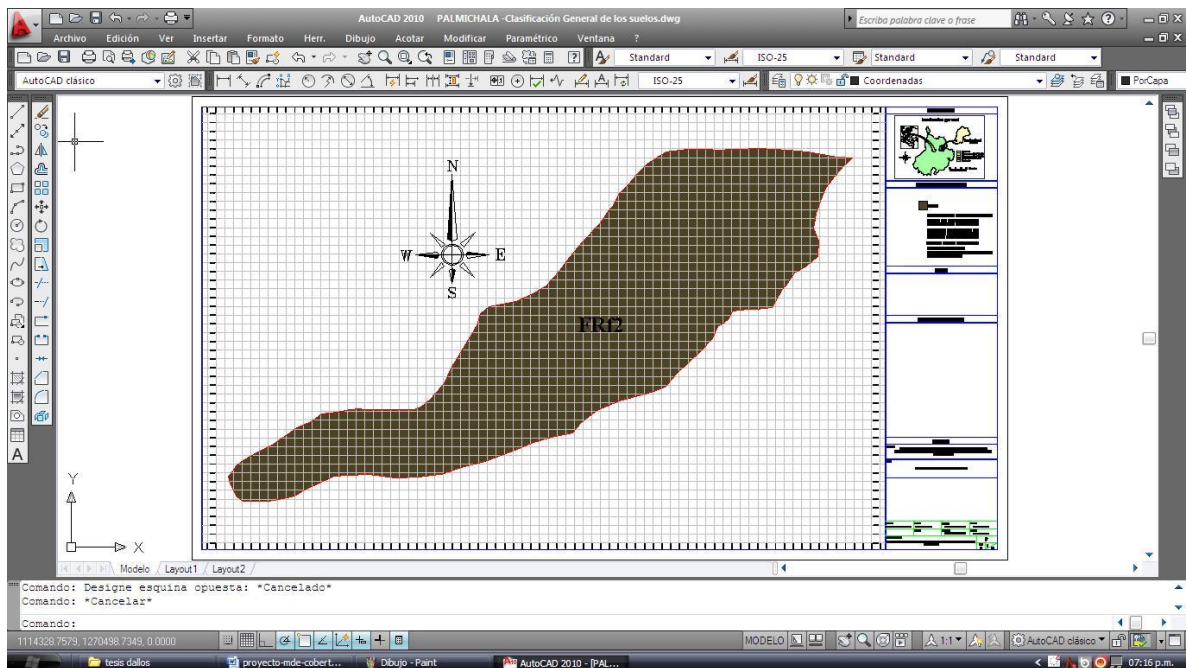
Esto se debe a que la captura de los datos o información de la base cartográfica es indirecta, cuyo uso es muy frecuente al momento de capturar datos y porque no requiere de presencia física para su toma y porque se utilizaron documentos preexistentes.

La captura de estos datos no pudo ser directa ya que se necesitaban recursos económicos para realizar presencia física, para el uso de un GPS más preciso, y para realizar un levantamiento topográfico, recursos con los que no se contaron.

La calidad del MDE depende del tipo y magnitud de los errores implicados. Pero como se puede observar estos errores son de tipo local, y su magnitud según la EMC son del 0,01%; lo cual es un valor muy bajo y bueno para MDE; pues lo que nos está confirmando es que la diferencia entre la comparación del conjunto de puntos homólogos del modelo menos los valores conocidos de altitudes; presentan un error de altitud mínimo.

## **INFORMACION EN FORMATO DIGITAL DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PALMICHALA:**

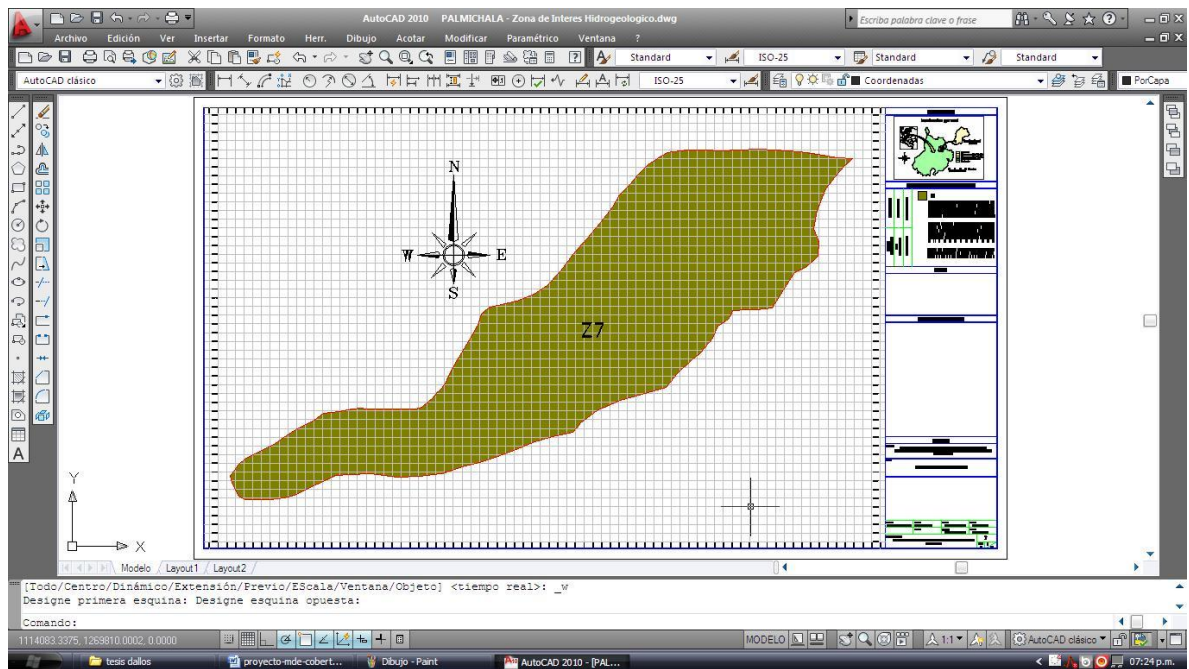
La clasificación general del suelo de la cuenca de la quebrada Palmichala es FRf2, se hizo teniendo en cuenta el clima, el tipo de paisaje, el gradiente de pendiente, el grado de erosión, el nivel de fertilidad y el tipo de suelo, llegándose a la conclusión de que en la cuenca el clima (F) es frío y moderadamente húmedo. Que el paisaje está entre altiplanicie y montaña, observándose crestas ramificadas. Que la pendiente (F) del terreno está entre el 50 y 75%, y que su topografía es fuertemente quebrada y escarpada. Su tipo de suelo es una textura franco arcillosa sobre un manto franco arenoso y posee una fertilidad entre baja y media.



### IMAGEN EN FORMATO DIGITAL DE LA CLASIFICACION GENERAL DEL SUELO.

La zona de interés hidrogeológico de la cuenca de la quebrada Palmichala es Z7: La información que se tuvo en cuenta para realizar esta clasificación fue la región altitudinal, el piso altitudinal o piso térmico, el tipo de zona de vida, y tipo de suelo. Concluyendo que la región altitudinal es subtropical, que el piso altitudinal o piso térmico es premontano y que este piso se encuentra en las regiones de Surata, Matanza, Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta, Mesas de Ruitoque y de los

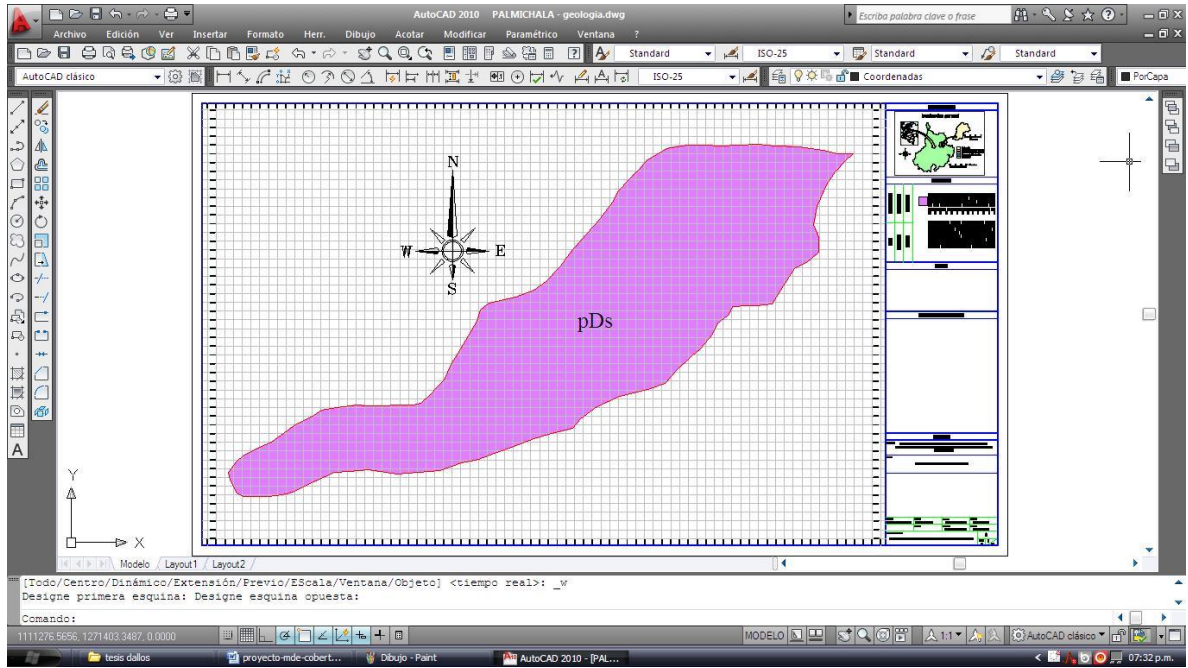
Santos y en valles altos entre estas mesas. Que el tipo de zona de vida es bosque húmedo premontano en donde la temperatura oscila entre el 17 y 24 °C, que la pluviosidad promedio anual está entre 1000 a 2000 mm y que no se presenta deficiencia de agua. Que sus elevaciones están varían entre los 880 y 1950 msnm y que la evapotranspiración real de la zona está entre los 1150 y 1430 mm/año. El suelo presenta niveles arcillosos de color naranja a café claro con espesores de 2 m.



## IMAGEN EN FORMATO DIGITAL DE LA ZONA DE INTERES HIDROGEOLOGICO.

La Geología encontrada en la cuenca de la quebrada Palmichala es formación silgara (pDs). Formación que pertenece a la era paleozoica del período cámbrico y de la época inferior. Esta formación presenta esquistos cloríticos y biotíticos con grámate y estaurolita, filitas y cuarcitas, estas rocas se ven intruidas por cuerpos máficos que atraviesan la foliación, y grado medio de metamorfismo. Esta formación aflora en límites con la microcuenca del río Tona y como relictos

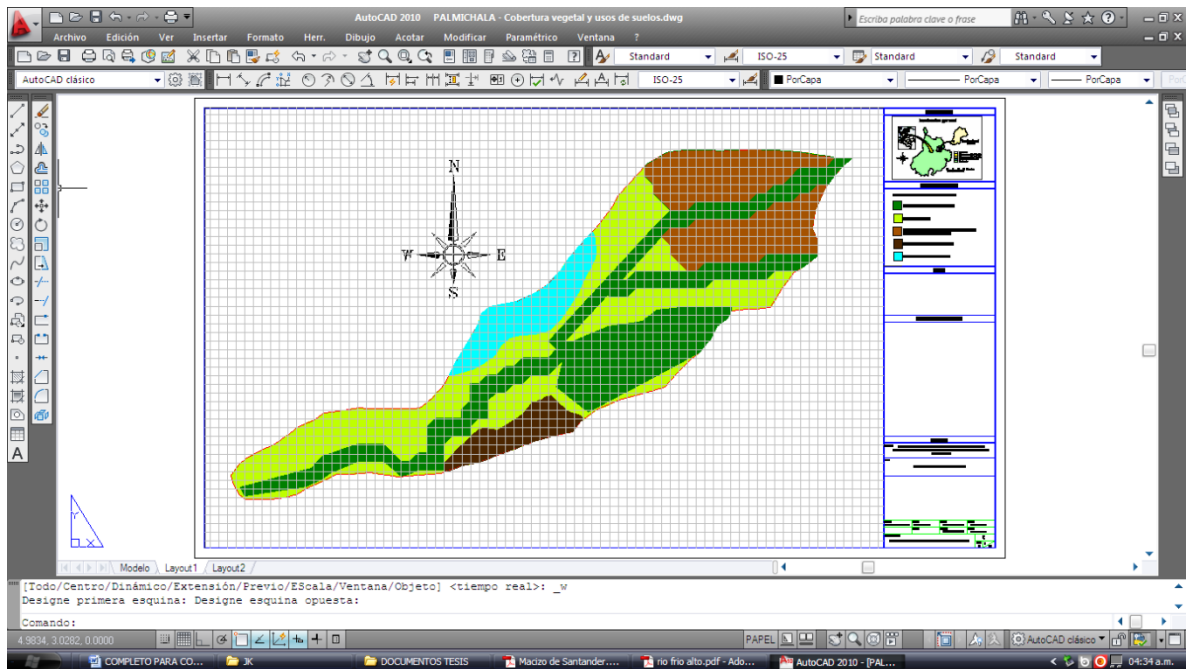
altamente denudados al oeste de la falla de Bucaramanga, al sur de Piedecuesta dentro de la cuenca del rio Oro Alto.



### **IMAGEN EN FORMATO DIGITAL DE LA GEOLOGIA.**

El aspecto biótico de la cobertura vegetal y el tipo de uso del suelo de la cuenca de la quebrada Palmichala que se concluyo fue:

Que la cobertura vegetal presente en la zona son bosque naturales secundarios, rastrojos altos y potreros con pastos naturales, y que a las tierras se usan para cultivos agrícolas transitorios homogéneos y semipermanentes homogéneos; como café, naranja, guineo, guayaba, mandarina, maracuyá, tomate de árbol y tomate. Otro tipo de uso es para labores agropecuarias mixtas como ganadería poco tecnificada, granjas avícolas y cocheras de marranos.



## **IMAGEN EN FORMATO DIGITAL DE LA COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO.**

Estos mapas o información de la cuenca de la quebrada Palmichala se hicieron con el software Autocad, y a partir de la base cartográfica específicamente de la localización de la cuenca o parte aguas de la misma. Con la excepción de que para realizar el mapa de usos del suelo y tipo de cobertura vegetal se realizaron visitas de campo en las cuales se realizaron registros fotográficos y referencias con GPS de cultivos, tipos de cobertura vegetal y zonas agropecuarias.

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La clasificación general del suelo de la cuenca de la quebrada Palmichala es FRf2, y se hizo teniendo en cuenta el clima, el tipo de paisaje, el gradiente de pendiente, el grado de erosión, el nivel de fertilidad y el tipo de suelo, llegándose a la conclusión de que en la cuenca el clima (F) es frío y moderadamente húmedo. Que el paisaje está entre altiplanicie y montaña, observándose crestas ramificadas. Que la pendiente (F) del terreno está entre el 50 y 75%, y que su topografía es fuertemente quebrada y escarpada. Su tipo de suelo es una textura franco arcillosa sobre un manto franco arenoso y posee una fertilidad entre baja y media.

La zona de interés hidrogeológico de la cuenca de la quebrada Palmichala es Z7; la información que se tuvo en cuenta para realizar esta clasificación fue la región altitudinal, el piso altitudinal o piso térmico, el tipo de zona de vida, y tipo de suelo. Concluyendo que la región altitudinal es subtropical, que el piso altitudinal o piso térmico es premontano y que este piso se encuentra en las regiones de Surata, Matanza, Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta, Mesas de Ruitoque y de los Santos y en valles altos entre estas mesas. Que el tipo de zona de vida es bosque húmedo premontano en donde la temperatura oscila entre el 17 y 24 °C, que la pluviosidad promedio anual está entre 1000 a 2000 mm y que no presenta deficiencia de agua. Que sus elevaciones están varían entre los 880 y 1950 msnm y que la evapotranspiración real de la zona está entre los 1150 y 1430 mm/año. El suelo presenta niveles arcillosos de color naranja a café claro con espesores de 2 m.

La Geología encontrada en la cuenca de la quebrada Palmichala es formación silgara (pDs). Formación que pertenece a la era paleozoica del periodo cámbrico y de la época inferior. Esta formación presenta esquistos cloríticos y biotíticos con grámate y estaurólita, filitas y cuarcitas, estas rocas se ven instruidas por cuerpos

máficos que atraviesan la foliación, y grado medio de metamorfismo. Esta formación aflora en límites con la microcuenca del río Tona y como relictos altamente denudados al oeste de la falla de Bucaramanga, al sur de Piedecuesta dentro de la cuenca del río Oro Alto.

El aspecto biótico de la cobertura vegetal y el tipo de uso del suelo de la cuenca de la quebrada Palmichala que se concluyó fue:

Que la cobertura vegetal presente en la zona son bosque naturales secundarios, rastrojos altos y potreros con pastos naturales, y que a las tierras se usan para cultivos agrícolas transitorios homogéneos y semipermanentes homogéneos; como café, naranja, guineo, guayaba, mandarina, maracuyá, tomate de árbol y tomate. Otro tipo de uso es para labores agropecuarias mixtas como ganadería poco tecnificada, granjas avícolas y cocheras de marranos.

Se recomienda que la toma de datos cartográficos se haga de manera directa y no indirecta para evitar errores de posición o cartográficos locales de tipo atributivo o temático así evitar diferencias en las alturas de nivel u cotas asignadas.

Se recomienda que el tamaño de las celdas de trabajo sean las adecuadas según la escala de la información cartográfica ya que el tamaño de la cuenca es muy pequeño y el tamaño de las celdas es muy grande por lo cual aparecen errores en algunos pits debido a que se ve interrumpido la transferencia de drenaje entre celdas vecinas que a su vez se debe a la información cartográfica de la zona ya que es la única escala con la que se cuenta y en la que se encuentra la información de la zona. Por lo tanto se recomienda una mejora en los estudios cartográficos. Se propone el uso de estaciones topográficas y de GPS de alta gama. Esto no se implementó en este proyecto debido a falta de recursos económicos.

## BIBLIOGRAFIA

1. GOMEZ, E.; LOPEZ, C. 2005. Estimación de la recarga mensual en la parte alta de la cuenca del rio frio por medio de un modelo hidrológico distribuido. Tesis de grado. UIS. Bucaramanga.
2. GUZMAN, J.; ANAYA, A.; NIÑO, E., GOMEZ, S.; COLEGIAL, J. 2005. Cuenca experimental del rio sucio municipio de Toná – Santander. CONVENIO INTERINSTITUCIONAL AMB – UIS. Bucaramanga.
3. ULLOA, A.; GOMEZ, S. 2007. Proyecto de investigación geológica e hidrogeológica en la región central del Departamento de Santander. ACUERDO ESPECIFICO 002/2005 INGEOMINAS – UIS. Bucaramanga.
4. Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB. Documento Técnico de Soporte.
5. PURICELLI, M.; 2003. Estimación y distribución de parámetros del suelo para la modelación hidrogeológica. Tesis de grado. UPV. España.
6. FRANCES, F.; VÉLEZ, J. 2008. Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica TETIS V. 7.3. UPV. España.
7. ULLOA, ALEXANDRA; GOMEZ, SULLY. Mapa Geológico del Macizo de Santander cuenca superior del Rio Lebrija (Escala 1:75.000) Acuerdo Especifico 002/2005, INGEOMINAS – UIS, Bucaramanga.
8. Surfer(R) Version 8.01 ReadMe File 4-24-02. Copyright (c) 2002 Golden Software, Inc. All rights reserved.

<http://www.goldensoftware.com>