ÍNDICE							
Categoría	**Número de Documento**	**Fecha**	**Descripción**	**Observacion**	**Tomo**	**N° de Folio Inicio**	**N° de Folio Final**
Consultoría carpetas Ambiental			CONTINUACIÓN Cap.2 SIG		19	3601	3676
Consultoría carpetas Ambiental			Cap. 3 Caracterización fisico-biotica		19	3677	3800

CONTINUACIÓN Cap.2 SIG

Escena 10055

Dataset Attribute	Attribute Value
Scene ID	7010055000130750
Acquisition Date	2001/11/03
WRS-2 Path	10
WRS-2 Row	55
Upper Left Corner	8'10'18"N, 77'40'00"W
Upper Right Corner	7'55'22"N, 75'57'19"W
Lower Left Corner	6'31'55"N, 78'00'57"W
Lower Right Corner	6'17'02"N, 76'18'37"W
Scene Center	7'13'51"N, 76'59'10"W
Cloud Cover	21%
Browse Available	Yes
Day or Night	Day
Flight Path	Descending
Sun Elevation	56.757194
Sun Azimuth	132.552429
Receiving Station	EDC
Scene Start Time	2001:307:15:12:40.2227757
Scene Stop Time	2001:307:15:12:53.7825574

Tabla 5 - Metadata escena 10055

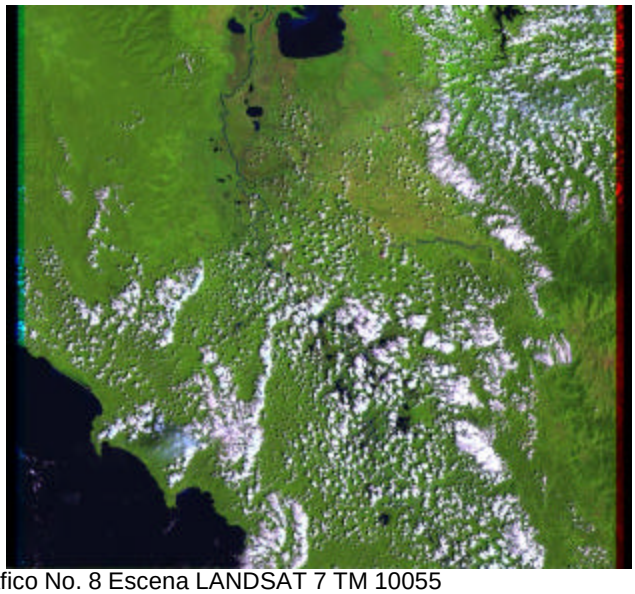


Grafico No. 8 Escena LANDSAT 7 TM 10055

2.3.1.1 Fusión de Bandas

Para poder obtener la información cartográfica a la escala requerida, se efectúo un sinergismo de la banda pancromática 8 de 15 metros con las demás bandas 1,2,3,4,5 y 7 a 30 metros. Este procedimiento si bien mejoro la resolución espacial, la resolución espectral siguió siendo la misma.

Adquisición de la Cartografía Básica

Como insumo requerido en el proceso de georreferenciación de las imágenes, la CVS suministro archivos digitales de la cartografía IGAC a escala 1:100.000 y se complemento con cartografía digital DANE a escala 1:25.000.

2.3.2 Etapa II : Georreferenciación digital de imágenes

El proceso de georreferenciación de las imágenes de satélite está referido a la incorporación de coordenadas x,y, con base en el establecimiento de puntos de control ya sea a partir de la imagen propiamente dicha, como de cartografía análoga o digital, recurriendo igualmente a listados de puntos de control con coordenadas, o posicionamiento mediante GPS. Específicamente dentro del

presente trabajo para la georreferenciación se utilizó el sistema de procesamiento digital de imágenes PCI Geomática versión 9 y Ecognition versión 3.

2.3.2.1 Metodología

Puntos de control

Cuando se habla de georreferenciación lo que se busca es la introducción de coordenadas x,y con base en el establecimiento de puntos de control, ya sea a partir de una imagen georreferenciada, cartografía análoga o digital, listados de puntos de control con coordenadas, posicionamiento GPS, etc.

Para que el ajuste entre imagen y cartografía sea correcto se requiere atender a tres aspectos: número, localización y distribución, usando el sistema para procesamiento digital de imágenes PCI Geomatica Software versión 9.

Como la base cartográfica IGAC para el caso supera los 20 años, fue necesario la introducción de cerca de 100 puntos para garantizar el perfecto ajuste debido al cambio físico de algunos elementos utilizados como amarre (cruce de ríos, meandros etc).

La distribución de estos puntos se hizo lo mas homogéneamente posible para evitar errores debidos a una ponderación excesiva de algún sector de la imagen. En las zonas montañosas se introdujeron puntos sobre zonas de distinta altitud para evitar errores debido al desplazamiento del relieve.

Los Gráficos No. 9,10,11 y 12 muestran la composición 1-2 y 3 de las escenas, donde se señalan la ubicación y distribución de los puntos de control. Los puntos que aparecen en color amarillo corresponden a puntos que intervienen en el modelo, mientras los de color azul son los que elevan el error medio cuadrático (RMS) por encima del umbral previamente fijado.

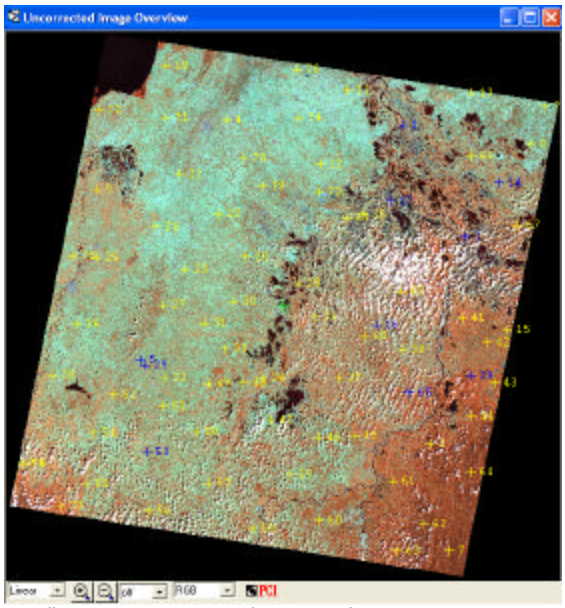


Grafico No. 9. Puntos de Control - Escena LANDSAT 09054

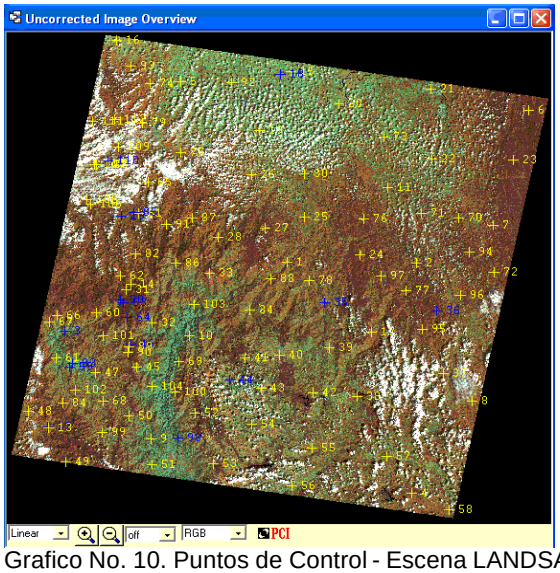


Grafico No. 10. Puntos de Control - Escena LANDSAT 09055

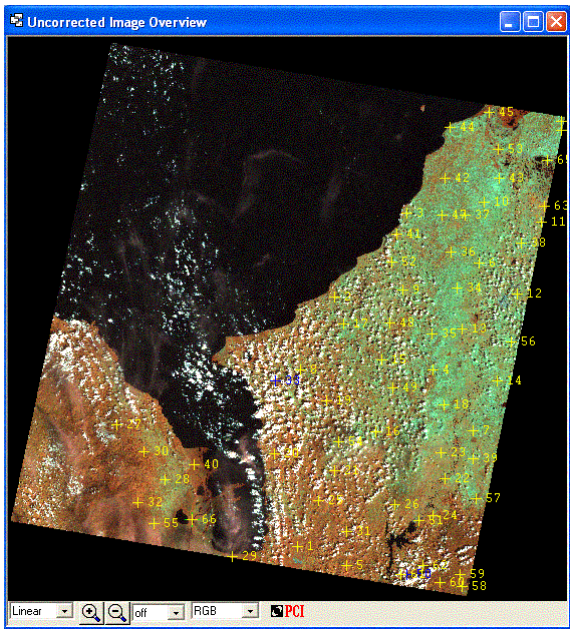


Grafico No. 11. Puntos de Control - Escena LANDSAT 10054

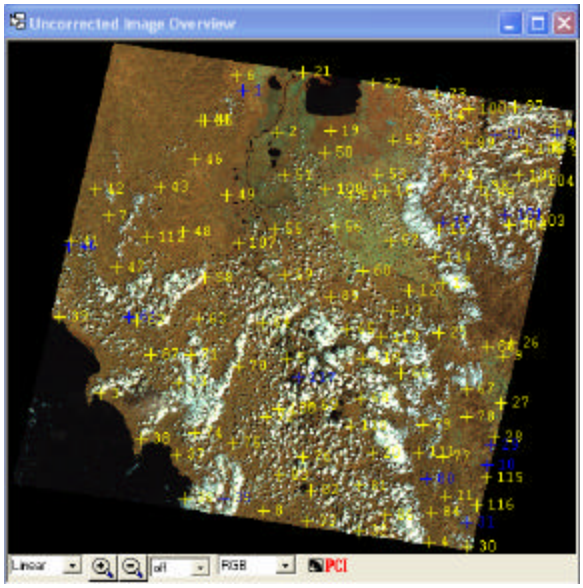


Grafico No. 12. Puntos de Control - Escena LANDSAT 10055

El RMS promedio que arrojó los puntos de control utilizados garantizan que las coordenadas reales del terreno con las coordenadas de las imágenes, estén desfasadas en un rango no superior de 0.2 mm a la escala de la resolución espacial de las imágenes, como lo indican las normas cartográficas internacionales.

Es de anotar que en aquellas zonas en donde no se cuenta con cartografía base IGAC, los productos generados a partir de las imágenes georreferenciadas de estas zonas, como vías e hidrografía, deben considerarse con el criterio de ser la mejor aproximación de información de la zona, donde la misma no existe.

2.3.2.2 Remuestreo y correcciones geométricas

Seguidamente de la obtención de puntos de control se procedió a remuestrear las imágenes, con el fin de efectuar las correcciones geométricas de la imagen, de esta manera georreferenciar cada píxel de las escenas utilizadas.

2.3.3 Etapa III : Elaboración del Mosaico Digital

Se elaboró un mosaico digital de las escenas georrefenciadas; para lo cual se llevo a cabo el siguiente procedimiento:

Teniendo en cuenta las coordenadas mínimas y máximas del área de estudio se creó un archivo en disco para la elaboración del mosaico, teniendo en cuenta el sistema de proyección Transversa de Mercator, el tamaño de píxel de 15 metros y las bandas de almacenamiento de los niveles digitales de las imágenes y la radiometría espectral de 8 bits, de las imágenes fuente a unir.

Se almacenó en el archivo del mosaico la primera escena ya georreferenciada, con los niveles digitales puros del sensor LandSat 7; es decir sin ningún balanceo de tonalidades.

Para el almacenamiento de la segunda escena ya georreferenciada, se hizo necesario balancear los niveles digitales de la imagen, teniendo como referencia los niveles digitales existentes del mosaico registradas en disco.

Finalmente se procedió a registrar en disco la segunda imagen en el mosaico y a efectuar los mismos procedimientos para el resto de imágenes, obteniendo el mosaico presente en la grafica 13.

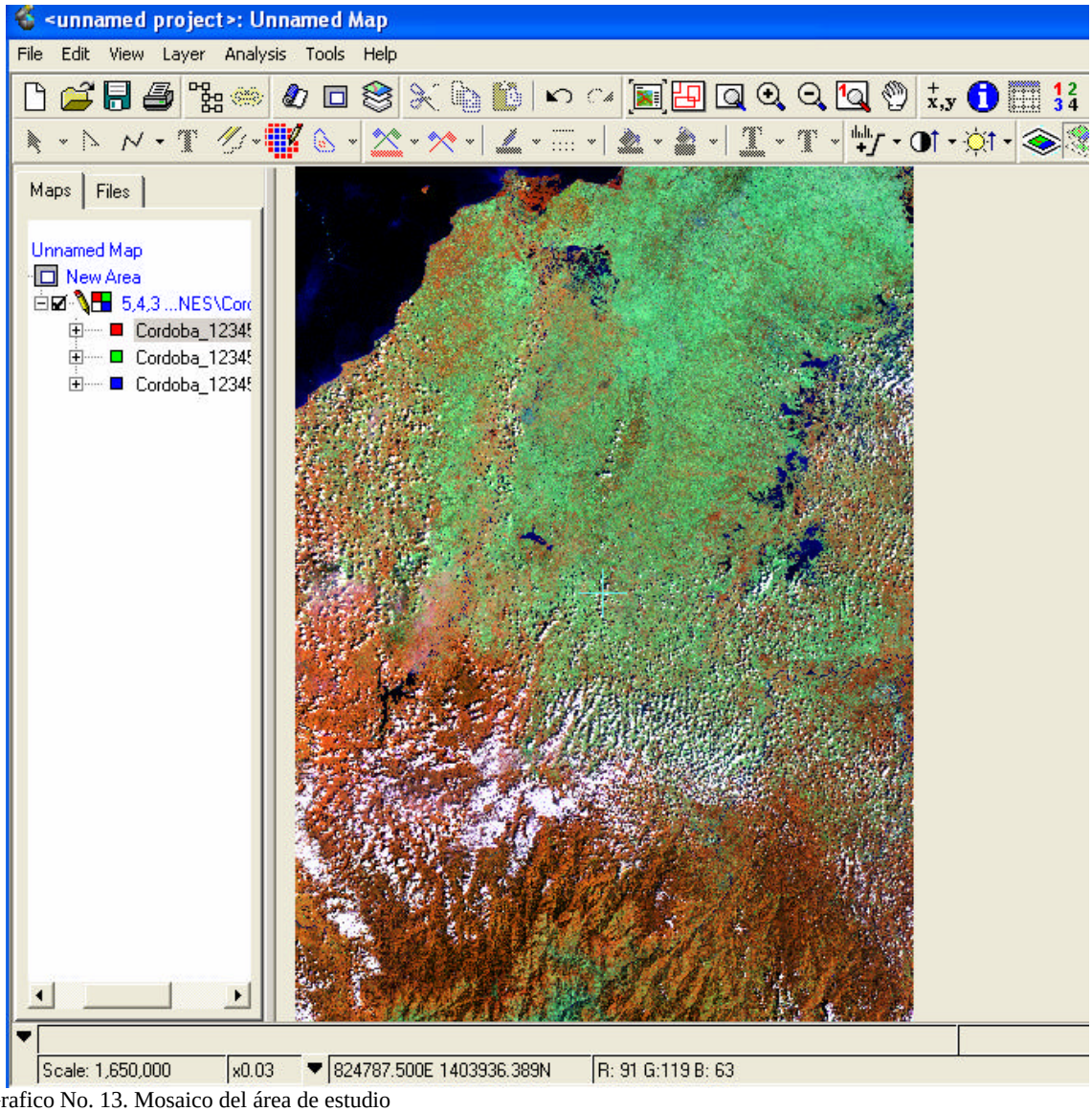


Grafico No. 13. Mosaico del área de estudio

2.3.3.1 Salida gráfica final digital y análoga

Se generó un archivo raster del mosaico con extensión tif, así como un archivo de ploteo con extensión prt. Complementariamente y como elemento de documentación, este nivel de información esta acompañado de un archivo en formato xls con la metadata, que describe las condiciones del producto.

2.3.4 Desarrollo de cartografía básica digital a partir de sensores remotos

Inicialmente el proceso de adecuación de la cartografía básica del departamento de Córdoba se concibió, como la revisión y estructuración de la información adquirida al Instituto Geográfico Agustín Codazzi, y su posterior actualización, a través de la interpretación de las imágenes de satélite Landsat 7TM; sin embargo, luego de la evaluación de la información y de la dinámica presente en el área de estudio, se determino la interpretación total de los niveles de vías, hidrografía y centros poblados en el área de estudio a partir del mosaico de las imágenes de satélite, y su complementación de algunos detalles con la cartografía existente, caso de centros urbanos Puerto Escondido y Puerto Libertador que no aparecen en la imagen.

Con relación a la hipsometría del área de estudio, se hizo necesario recurrir a cartografía digital base de las planchas DANE, y a la hipsometría generada a partir de imagen raster de radar suministrada por la CVS.

A continuación se describe el procedimiento efectuado para la consecución de los niveles de la cartografía base:

2.3.4.1 Metodología

Interpretación visual de elementos cartográficos

A través del análisis visual de la respuesta espectral, forma y textura de los elementos cartográficos de hidrografía, vías y centros poblados, que el sensor LANDSAT 7 TM captura en sus seis (6) bandas previamente fusionadas con la pancromática, se trazó cada elemento de hidrografía, vías y centros poblados en niveles de información temática de tipo vector, con la utilización del sistema para procesamiento digital de imágenes PCI Geomática Software versión 9.

Para la correcta identificación y trazado del nivel de hidrografía se utilizo la composición de las bandas 4, 5 y 7 en los cañones rojo, verde y azul, respectivamente, con el fin de obtener una mejor respuesta visual de los niveles digitales, de los cuerpos de agua y la vegetación que circunda los ríos y quebradas, permitiendo separar los drenajes en drenajes dobles y drenajes sencillos, y a su vez en ordenes de importancia, como principales y secundarios.
Para la correcta identificación y trazado de los niveles de vías y centros poblados se utilizo la composición en verdadero color de las bandas 1,2 y 3 en los cañones

rojo, verde y azul, respectivamente, con el fin de obtener una mejor respuesta visual de los niveles digitales, permitiendo clasificar las vías en principales y secundarias; seguidamente se utilizo la composición de las bandas 4, 5 y 7 en los cañones rojo, verde y azul, respectivamente, con el fin de clasificar las vías en pavimentadas y sin pavimentar.

Es de anotar que la presencia de vegetación arbórea y rastrojo al lado de las vías, ocultó gran parte de la red vial secundaria, así como la presencia de nubes y sombras, especialmente en la parte alta de la cuenca del río Sinú, razón por la cual se opto por complementar en algunos casos la red vial con la cartografía digital del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC; en relación a la red de drenaje, en aquellas zonas cubiertas de nubes y sombras se completo los drenajes bajo el criterio del equipo técnico del proyecto POMCA.

Edición y estructuración

El nivel de hipsometría requirió en primera instancia el empalme y edición de las curvas de nivel de las planchas Dane que cubren el área de estudio, las cuales corresponden a curvas de nivel cada 100 mts en las planchas 43Bis a la 73, y curvas de nivel cada 200 mts en las planchas 80 a la 115; se procesaron las curvas de nivel cada 200 mts con un algoritmo de interpolación de mínima distancia, generada con el software Autodesk Land 2004, completando así el requerimiento de curvas de nivel cada 100 mts; y en aquellas zonas del sector de la cuenca alta del río Sinú; en áreas con ausencia total de información se completó la hipsometría con las curvas de nivel generadas a partir de los contornos de los niveles digitales del grid del radar suministrado por la CVS, a partir del algoritmo “Contourn” del modulo 3Danalist de ArcGIS 8.3, esta hipsometría debe ser utilizadas con el criterio de ser la mejor aproximación de información en la zona, donde la misma no existe a partir de la cartografía del IGAC. Del análisis se concluye que existen desplazamientos de las curvas de nivel en el sector de la cuenca alta del río Sinú cercana a los 300 mts, debido a que el nivel de detalle y amarre topográfico del grid obtenido a partir de la fuente de la imágen (USGS). De igual manera, en la cuenca media y baja aparecen zonas donde las curvas no representan fidelidad con respecto a los drenajes obtenidas de las imágenes de satélite; esto puede suceder por errores inherentes a la cartografía base o por cambios en los cursos de agua. Este nivel de información esta estructurado con el campo numérico “ALTURA”, que representa la cota o altitud de cada isolinea.

La incorporación de los niveles de información de hidrografía, vías y centros poblados, en un sistema de información geográfica, requirió de la edición de

empalmes tanto de los drenajes como de las vías, para su posterior estructuración vectorial en red hídrica y red vial respectivamente, con el uso del software Autodesk Map 2004; así mismo se estructuro el sentido de captura de los drenajes, de tal manera que su nodo inicial correspondiera a su nacimiento y su nodo final correspondiera a la desembocadura del mismo, útil en análisis hidráulico de redes.

El nivel de hidrografía, esta estructurado según el Catalogo de Objetos CO-25 del IGAC, en dos capas de información, la primera "CORRIENTES", estructurada como topología de red lineal, y la segunda CUERPOS DE AGUA" estructurada como topología de polígonos, en ambas capas sus correspondientes atributos "CODIGO" que representa el código numérico del objeto y el atributo "OBJETO" que representa el nombre del objeto.

En el caso de las vías, igualmente se siguió los lineamientos del IGAC, estructurándose en una capa de información como topología de red lineal de las carreteras con sus respectivos atributos "TEDS" como el código numérico que representa el estado de la superficie y "TNUV" como el código numérico que representa el número de vías.

En el caso de zonas urbanas, se estructuro como topología de polígono con su atributo de "NOMBRE" como el nombre común de la población.

Finalmente como elemento de documentación, cada nivel de información esta acompañado de un archivo en formato xls con la metadata, que describe las condiciones del producto.

2.4 Procesamiento Digital de Imágenes Para La Generación del mapa de cobertura.

2.4.1 Metodología

El mapa de cobertura Vegetal se elaboró a partir de la interpretación visual y digital de imágenes de satélite del sensor Landsat 7 TM, correspondiente a las escenas No. 09054 con fecha de toma 3 de Febrero de 2003, la escena No. 09055 con fecha de toma 3 de Febrero de 2003, la escena No. 10054 con fecha de toma 4 de Febrero de 2001, la escena No. 10055 con fecha de toma 3 de Noviembre de 2001 y la escena No. 10053 suministrada por la CVS, bajo el convenio con el INVEMAR, las cuales se verificaron y validaron en campo y ajustaron en al algunos casos temática y espacialmente según criterios de los profesionales de la CVS. De otra parte cabe anotar que se utilizaron las imágenes previamente fusionadas para

obtener mejor resolución espacial "15 mts", sin embargo este sinergismo no se vio reflejado en un mejor realce radiométrico de las coberturas presentes en el área de estudio, ni espacial ya que posteriormente se eliminaron áreas menores a 15 has a solicitud de los profesionales de la CVS. A continuación se describe cada una de las actividades llevadas a acabo.

2.4.1.1 Clasificación Digital preliminar

Para la elaboración de la Cobertura vegetal, se realizó la clasificación de las imágenes LandSat 7 09054, 09055, 10054 y 10055 de acuerdo con la estructura de clasificación de la Leyenda de Cobertura y Uso de la tierra a nivel de subgrupo, que cubren la zona correspondiente al departamento de Córdoba en el noroccidente Colombiano, se aplicó un sistema de clasificación orientado a objetos, desarrollado en el software **eCognition**. El término "Orientado a objetos" significa que la clasificación de la imagen se realizó sobre una colección de objetos discretos que representan abstracciones de esta y al mismo tiempo del mundo real, con límites, significado y un determinado sentido según el contexto de la aplicación; dichos objetos corresponden a agrupaciones de píxeles con características similares en cuanto a comportamiento espectral, forma y otros atributos que llegan a ser definidos, para obtener así información significativa de acuerdo a la aplicación deseada.
En primera instancia se hace necesario la extracción o creación de dichos objetos, y esto se realiza a través de la implementación de un algoritmo de segmentación denominado *Multiresotuion Segmentation*, posteriormente y una vez realizado dicho proceso, se obtienen objetos como unidades básicas para el análisis de la imagen, se aplican entonces procedimientos de clasificación que basados en Lógica Difusa permiten asignar a través de diferentes tipos de funciones (distancia a muestras definidas, características en determinados atributos) un adecuado sistema de clasificación para la totalidad de la región a clasificar.

Por segmentación se define un proceso por el cual se busca un objeto en una determinada dimensión espacial, para así dividir la totalidad de la imagen en regiones o "grupos de píxeles conectados" con una cierta homogeneidad que se pueden denominar objetos imagen. El algoritmo empleado para generar dichos objetos, esta basado en la minimización de una heterogeneidad que tiene en cuenta el color y la forma del posible objeto a crear; a partir de la evaluación de la heterogeneidad resultante al adicionar un píxel a un objeto existente, si el valor establecido de heterogeneidad excede un determinado umbral o valor, se genera un nuevo objeto y no se añaden más píxeles a este, se trata entonces de generar objetos a partir de una técnica de crecimiento de regiones que minimizan la heterogeneidad promedio de los mismos.

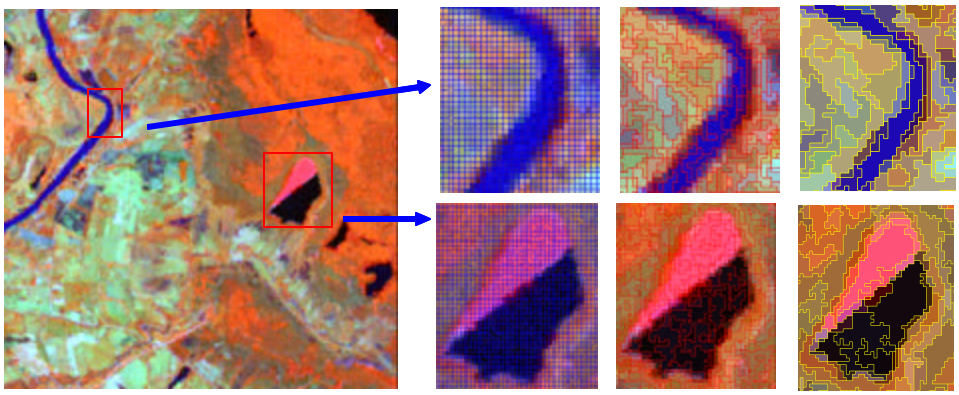


Grafico No. 14. Proceso Segmentación

Como se puede ver en la ilustración anterior correspondiente a la imagen **10054**, a medida que se permite una mayor variación en la heterogeneidad de los objetos a crear (de izquierda a derecha en las dos zonas ampliadas), se obtienen nuevos objetos (zonas o áreas delineadas en colores azul, rojo y amarillo en cada uno de los cortes) que al agrupar una determinada cantidad de píxeles con un alto grado de correlación espectral, tienden a representar mejor aquellas áreas con un determinado significado espacial, en este caso zonas con vegetación de Cienaga, ciénagas, y zonas de bosque en el corte inferior; así como ríos y zonas de pastos en el corte superior. Mientras mayor sea la variación permitida para los objetos, mayor cantidad de píxeles agruparan, y por ende se observara que estos presentan una mayor variación espectral.

Dado que este criterio no solo esta en función de la variabilidad en color (valor digital de los píxeles en las bandas que se determinen adecuadas para la segmentación), sino además de una variabilidad en forma, que considera el cambio en la geometría del objeto que se produce cuando se adiciona un píxel, se busca entonces que la nueva forma del objeto se ajuste a dos modelos que describen formas ideales. Un parámetro permite ajustar la *Lisura* o linealidad de los bordes, garantizando que los objetos generados posean bordes lisos que se aproximan a formas geométricas más rectas; y un parámetro de *compactación* que permite que los objetos generados se ajusten a formas compactas, es decir permite la obtención de objetos que se aproximan a formas circulares, garantizando que posean una geometría mas regular y por ende un menor comportamiento fractal. La definición de una correcta correspondencia de dichos parámetros: Color y Forma que es compuesto a su vez por los parámetros de lisura y compactación, permite generar objetos coherentes con los objetivos de la clasificación. En la ilustración anterior, se puede observar como se generan objetos de acuerdo a una segmentación donde solo es permitida una variabilidad en

forma, y solamente por la definición del criterio de compactación; como se observa en los dos cortes superiores los objetos generados no poseen ningún sentido ni coherencia con la información disponible, pero si tienden a presentar una forma geométrica un tanto regular; mientras que en los cortes de la parte inferior, la segmentación realizada permitió generar objetos que en un alto grado representan la información existente, y esto ha sido posible al asignar una adecuada correspondencia entre los criterios de forma y color. Para las segmentaciones realizadas en la presenta aplicación, se definió una correspondencia máxima de 80% para la variabilidad permitida en color, y un 20% para la permitida en forma; y del mismo modo se definió que el máximo de variabilidad permitida por los criterios de Lisura y Compactación seria del 80% y 20% respectivamente.

El proceso de clasificación realizado mediante lógica difusa hace uso de lo que se conoce como clasificadores suaves (soft clasiffiers). Un clasificador suave permite otorgar membresías (valores que representan el grado de pertenecía o posibilidad de asignación) a los objetos a cada una de las clases, estos valores no son absolutos sino que toman en cuenta la variación espacial de coberturas en la superficie terrestre. Su principal ventaja es la de dirimir conflictos en zonas de alta heterogeneidad, permitir otorgar valores de membresía a más de una clase y calcular probabilidades de pertenencia a otras clases. Desde este punto de vista un clasificador suave se aproxima más a la incertidumbre del conocimiento humano acerca del mundo y conllevan a resultados que están mucho más relacionados con nuestra forma de pensar y de percibir el entorno.

Los posibles valores de membresía varían en un rango entre 0 y 1, mientras que en los sistemas clásicos de clasificación binaria, estos toman valores absolutos de cero o uno. Un valor de uno en la teoría binaria representa una membresía total mientras que un valor de cero representa una membresía nula. Para la lógica difusa las membresías de un píxel o grupo de píxeles toman valores continuos entre cero y uno, valores que representan el grado de pertenencia de estos a determinada clase. La asignación de dichos valores se realiza de acuerdo a funciones específicas que de acuerdo a un rango definido (determinados por un mínimo y máximo) establecen un valor correspondiente, este concepto puede ser ilustrado de la siguiente manera:

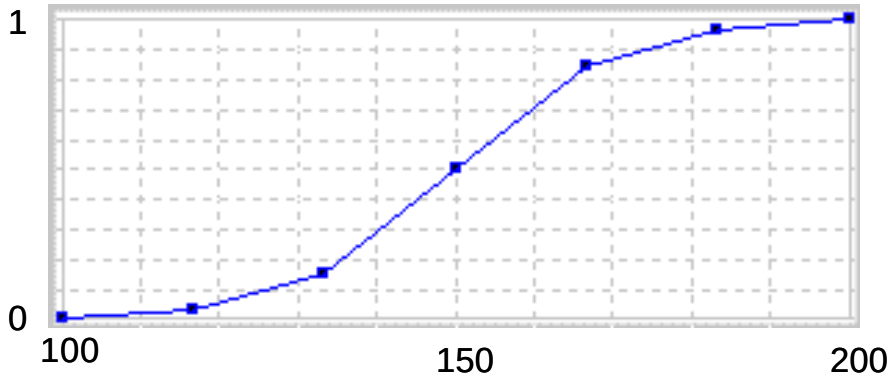


Grafico No. 15. Membresias

Se desea definir una clase A, cuya principal característica es que todos aquellos objetos que la conforman tienen valores del atributo X, siempre superiores a 180, pero se podría decir que a partir de un valor de 150, los objetos podrían representar en un buen grado pero no absolutamente a la misma clase (se define clase como el conjunto de información espacial que bajo un determinado comportamiento espacial y espectral representa la información que se desea clasificar, pastos, ríos, bosques, etc). Si un determinado objeto posee un valor en el atributo X inferior a 100, el valor de membresía para dicho objeta a la clase A, seria 0 (atributo se podría definir como una propiedad propia del objeto, que resulta de algunas operaciones matemáticas entre los píxeles que lo componen medias, desviaciones estándar, razones etc. o entre los objetos que lo circundan o delimitan jerárquicamente, distancias, áreas relativas, longitud de los limites que comparten etc.), es decir con seguridad se puede decir que el objeto no pertenece a dicha clase; si el valor del atributo X esta entre 140 y 160, los valores de membresía oscilaran también entre los 0.4 y 0.6, es decir que el objeto puede o no pertenecer a la clase A, pero es mucho mas seguro que no lo sea; mientras que para valores superiores a 170, los valores de membresía serán superiores a 0.75, es decir que los objetos clasificados como clase A, por cumplir un determinado requerimiento en el atributo X, y con membresías cercanas a 1, estarán representado adecuadamente dicha clase.

Definir un muestreo adecuado, es decir objetos que son representativos de una determinada clase, por determinada respuesta espectral, permite que al igual que en un sistema de clasificación píxel a píxel, se pueda establecer por medio de distancias euclidianas en un determinado espacio muestral, la asignación a una clase, pero en este caso no una asignación binaria o absoluta, sino de acuerdo con el grado similitud del objeto a la muestra tomada, de nuevo, el valor de asignación o de membresía se realiza con respecto a la distancia existente entre el objeto y la muestra, a menor distancia mayor será el nivel de membresía y viceversa.

De esta forma y como se muestra a continuación se hace posible llevar a cabo una clasificación no solo sobre las características espectrales de las coberturas, sino que en base a las características de los objetos que las representan, se pueden obtener diferentes tipos de funciones y métodos de clasificación. Los diferentes tipos de operaciones multibanda, tales como índices, relaciones entre bandas u otro tipo de operaciones aplicables aun objeto, hacen que la discriminación de determinadas coberturas sea mucho mas directa,; de igual forma es posible desarrollar y aplicar un gran numero de funciones relacionales, que permiten a través del análisis de las propiedades de determinada cobertura (el conjunto de los objetos que la componen), determinar de una mejor manera las relaciones y diferencias que existen entre esta y otras coberturas existentes, facilitando en muchos casos las tareas de clasificación.

Segmentación

Realizada la segmentación se observa como los objetos delimitan áreas homogéneas, y como sus límites, son a su vez los límites entre diferentes coberturas en la imagen 09054, se puede decir entonces que los resultados del proceso de segmentación para esta y las restantes imágenes son adecuados.

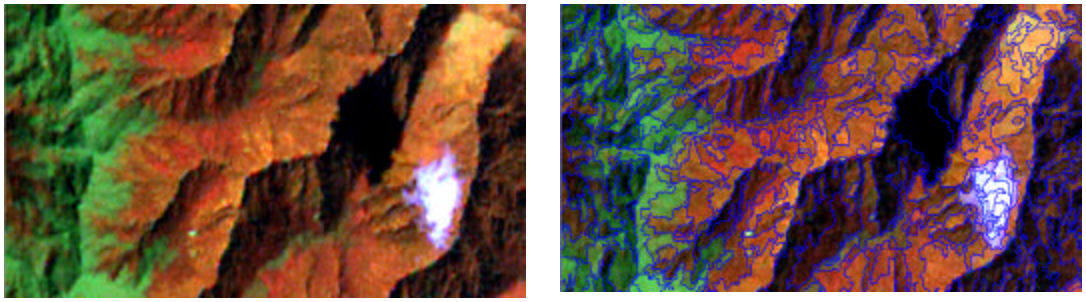


Grafico No. 16. Proceso de segmentación

Muestreo

Se toman las muestras necesarias para cada una de las clases o coberturas definidas, en el caso de coberturas homogéneas (cuerpos de agua, bosque primario) solo es necesario definir un objeto que represente adecuadamente la cobertura objetivo. Mientras que para otro tipo de coberturas la toma de varias muestras permite una mejor clasificación.

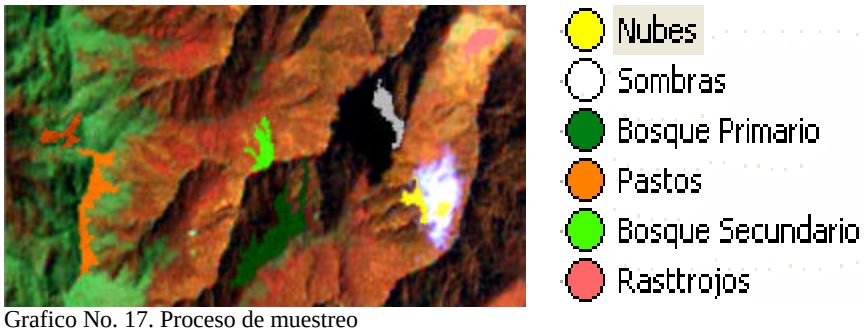
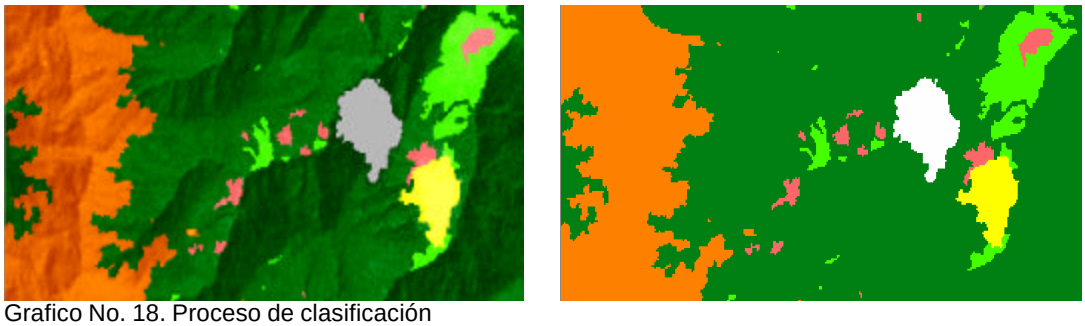


Grafico No. 17. Proceso de muestreo

Clasificación

Se realiza entonces el proceso de clasificación, a través de un clasificador por distancia (nearest neighbor), que determina el grado de pertenecía de cada uno de los objetos en la imagen, a cada una de las clases que se han definido a partir de la distancia existente entre estos y las muestras definidas; únicamente el mayor valor de membresía, que representa la menor distancia y por ende una mayor similitud con la muestra, permite definir la asignación a la respectiva clase.


Grafico No. 18. Proceso de clasificación

De esta forma se clasificaron coberturas como Centros Poblados en la imagen 10054, Pastos, Algunos sectores de Bosque Primario y Secundario en las imágenes 10054, 10055 y 09054, Rastrojos y Ríos. En el caso de coberturas como Pastos, Cultivos y Vegetación baja, se realiza primero un proceso de muestreo como se explico anteriormente, y posteriormente como se muestra a continuación se hizo necesario la diferenciación y clasificación de estas por otro tipo de atributos.

El uso de atributos es útil también para los propósitos de la clasificación, en este caso se utilizan las características que presentas dos coberturas en la Banda 4 (Infrarrojo Medio) de la imagen **10054** (gráfico No. 17), para clasificar de la mejor forma posible las zonas de interés.

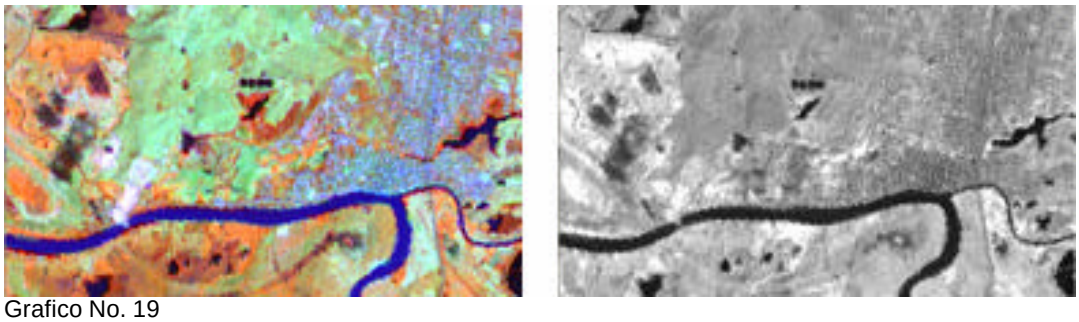


Grafico No. 19

El análisis de las características o valores que presentan los objetos en determinados rangos de una función, son la base para el establecimiento de los valores de membresía a una determinada clase. En este caso se analizan los valores que presentan las zonas que corresponden en la imagen a bosque secundario, en la función denominada Razón entre Bandas (el valor del objeto en la banda 4, divido por la suma de los valores del mismo en las demás bandas de la imagen, el rango de dicha función va de 0 a 1. Se pueden discriminar dichas zonas a partir de valores superiores a los 0.258 (en tonos azules en la imagen del gráfico No. 18); a partir de dicho valor se define la correspondiente función de membresía a la clase, y se obtiene una clasificación en donde solo aquellos objetos que cumplen dicho requerimiento, poseen valores de membresía altos y se considera entonces como objetos de la clase bosque secundario (gráfico No. 19).

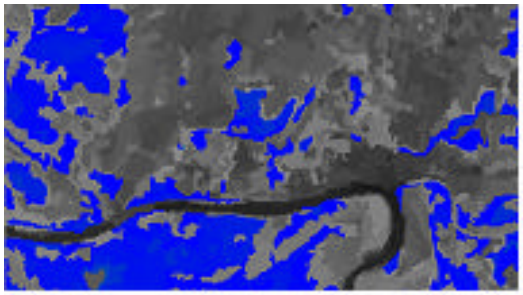


Grafico No. 20

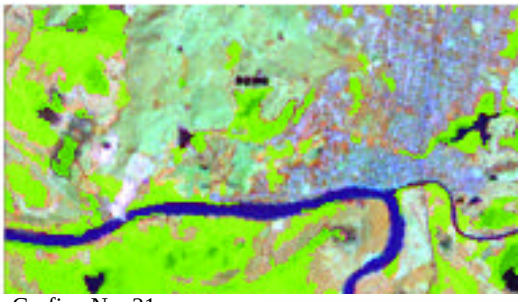


Grafico No. 21

Pero como se podrá observar, algunos de los objetos clasificados son en realidad cuerpos de agua, es por ello que se requiere definir una función de membresía para esta nueva clase, y así poder asignar correctamente los objetos que se encuentran mal clasificados. Para este caso se emplea el valor de la *Media* del objeto en la banda 4 (la suma de los valores en la banda 4 de cada uno de los píxeles del objeto, divido por el numero de píxeles que lo conforman). Se caracterizan estas coberturas por presentar valores digitales bajos en dicha banda, inferiores a 90 (objetos en tonos verdes y azules en la imagen de la gráfica No. 19,

y a partir de la construcción de la función de membresía, se obtiene entonces la clasificación para las dos coberturas, mientras que se clasifican adecuadamente ambas coberturas, aquellos objetos que estaban clasificados como bosques, y cuya membresía a la clase cuerpos de agua es mayor a partir de la nueva función, ahora pasan a ser parte de dicha clase.

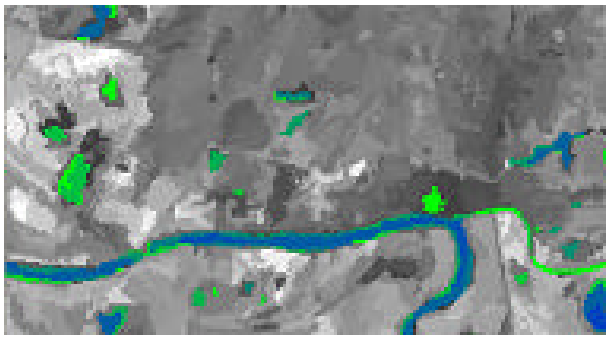


Grafico No. 22

De esta forma se clasificaron directamente en las imágenes coberturas como: Nubes a partir de valores de brillo superiores 150, al igual sombras por valores en el mismo atributo inferiores a 80 y por encontrarse generalmente a una distancia en píxeles inferior a 30, a objetos clasificados como nubes. Para el caso de coberturas como ciénagas en la imagen 10054 se aplicaron atributos de forma, es decir a diferencia de cuerpos de agua como ríos que son mas largos que anchos, las ciénagas presentan bordes y formas mas regulares, se utilizan entonces atributos de clasificación como la relación largo/ancho del objeto con valores inferiores a los 2.3; mientras que para la clasificación de otro tipo de cuerpos de agua, como estanques y embalse, se aplican atributos de área, a menor sea el área de un objeto o menor numero de píxeles lo formen y que presenten una respuesta espectral característica de un cuerpo de agua, este será clasificado como estanque, por lo general este valor varia entre 4 y 15 píxeles.

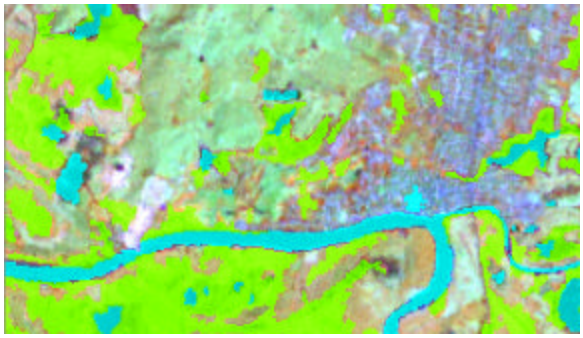


Grafico No. 23 – Clasificación obtenida a partir del uso de atributos

En el caso de la clasificación de zonas de cultivos, en las imagenes 10054, y 09054 dadas las características de este tipo de coberturas a presentar bordes definidos, que contrastan con las coberturas adyacentes, se utilizaron atributos de forma y área, para su diferenciación de zonas de pastos, rastrojos, vegetación baja y bosques. En zonas de presencia de vegetación de manglar en la imagen 10054 la diferenciación a coberturas como bosque primario, se realiza de acuerdo a la distancia de este tipo de vegetación a ciénagas, y en otros casos en la misma imagen se aplica un enmascaramiento de dichas zonas para su posterior clasificación por medio muestras. La clasificación de coberturas como pastos, rastrojos y vegetación baja se hace en base a atributos como razón entre bandas en las imágenes 10054, 10055 y 09054 con valores superiores a los 0.22, y por medio de la desviación estándar de los objetos en las bandas 3, 4 y 5 en las imágenes 09055 y 09054, con valores entre los 1.2 y 3.5, 1 y 2.1 y 2.6 y 3.2 respectivamente.

La clasificación de Centros poblados en la imágenes 09055, 09054 y 10054 se realiza a partir de atributos texturales obtenidos de la Matriz GLCM o Matriz de Coocurrencia de grises de las bandas 1 y 2, se analizan en especial el Segundo y Cuarto Momento (Contraste y Entropía) donde los valores de dicha cobertura oscilan entre los 11 y 20 en el primer momento en ambas bandas, y entre los 100 y 180 en el segundo momento también para las dos bandas. La clasificación de otros Rasgos Culturales como vías, se realiza a partir de la digitalización sobre las imágenes en el software PCI Geomatica 9.

2.4.2 Verificación de campo

Seguidamente de la clasificación preliminar, se imprimió en papel la clasificación a escala 1: 100.000, con el fin de verificar, validar y en algunos casos modificar temática y espacialmente las unidades por parte de los profesionales de la CVS, y apoyados en cartografía base extraída a partir de las imágenes como ríos, vías e información secundaria como hipsometría.

2.4.2.1 Ajuste y generación de la clasificación vectorial definitiva de Cobertura Vegetal

Una vez efectuadas las modificadas de las unidades tanto temática como espacialmente, propuestas por los profesionales de la CVS, se procedió a procesar la imagen raster clasificada, con el objeto de obtener la vectorización, y poligonización de las unidades con sus respectivos atributos de cobertura vegetal, área y perímetro. A solicitud de los profesionales de la CVS, se eliminaron aquellos polígonos inferiores a 15 hectáreas y que según la escala de trabajo no serian cartografiables.

2.4.2.2 Salida gráfica final digital y análoga

Se genero un archivo raster de la clasificación con extensión tif y un archivo vector con extensión shp, así como un archivo de impresión a escala 1:100.000 con extensión prt y su respectiva copia análoga como salida final. Complementariamente y como elemento de documentación, este nivel de información esta acompañado de un archivo en formato xls con la metadata, que describe las condiciones del producto.

2.5 Captura digital y estructuración de los mapas temáticos de geología y suelos

Este proceso de captura se realizó semi-automáticamente a través de la digitalización de las planchas escaneadas y previamente orientadas con mínimo seis (6) puntos, cuatro (4) en las esquinas y dos ó más al interior en cruces de cuadrícula, arrojando una desviación estándar acorde a las necesidades del proyecto y la escala del mapa (0.002 mm a la escala del mapa), con la utilización del software Raster Design 2004 de Autodesk.

La información geoespacial de geología, esta estructurada siguiendo los lineamientos del estándar de INGEOMINAS versión 1.1. “Estándares Cartográficos y de manejo de información gráfica para mapas geológicos departamentales y planchas escala 1:100.000”, aplicada en el estudio en cinco niveles de información del Diccionario de datos para coberturas de Geología. En el cual el primer nivel de información “UCG_P” corresponde a las unidades geológicas definidas como topología de polígono, con su respectivo atributo “COD” que representa el nombre abreviado de la unidad; un segundo nivel de información “UCG_P” corresponde a los contactos de las unidades geológicas definidas como topología de líneas, con su respectivo atributo “COD” que representa el código numérico de identificación del tipo de contacto, y el atributo “OBJETO” como la descripción o nombre del tipo de contacto de las unidades geológicas; un tercer nivel de información “FGE_L” corresponde a las fallas geológicas definidas como topología de líneas, con su respectivo atributo “COD” que representa el código numérico de identificación del tipo de falla, y el atributo “OBJETO” como la descripción o nombre del tipo de falla; un cuarto nivel de información “LMT_L” corresponde a los lineamientos geológicos definidos como topología de líneas, con su respectivo atributo “COD” que representa el código numérico de identificación del tipo de lineamiento o estructura plegada, y el atributo “OBJETO” como la descripción o nombre del tipo de lineamiento o estructura plegada; y finalmente un quinto nivel de información “DMS_L” corresponde a los datos fotogeológicos definidos como topología de

punto, con su respectivo atributo "COD" que representa el código numérico de identificación del tipo de datos estructurales (buzamientos), y el atributo "OBJETO" como la descripción o nombre del tipo de datos estructural.

Las unidades de suelos, se estructuraron vectorialmente como topología de polígono, con sus respectivos atributos de clase agrológica, símbolo, así como sus atributos inherentes a su geometría como área y perímetro.

2.5.1 Revisión y validación

Como control de la información generada a partir de información secundaria se imprimieron los mapas preliminares, que fueron objeto de revisión y validación tanto temática como espacialmente por parte de los funcionarios de la CVS.

2.5.2 Salida gráfica final digital y análoga

Se generaron los archivos tipo vector con extensión shp, así como un archivo de impresión a escala 1:100.000 con extensión prt y su respectiva copia análoga como salida final. Complementariamente y como elemento de documentación, este nivel de información esta acompañado de un archivo en formato xls con la metadata, que describe las condiciones del producto.

2.6 Diseño Del Sistema De Información Geográfico

En esta sección se presenta el desarrollo del sistema de información geográfico que se implementó para la Fase de Diagnostico del Proyecto (SIG POMCA)

El diseño del SIG POMCA se realizó en cuatro fases:

1. CONCEPTUALIZACIÓN
   a. Definición de los objetivos que persigue el SIG de acuerdo a las necesidades planteadas y a los lineamientos de la CVS
   b. Desarrollo del inventario de la información existente y que pueda contribuir al desarrollo del SIG.
   c. Análisis de los contextos temáticos que se relacionan en el sistema
   d. Inventario de necesidades temáticas
2. DISEÑO
   a. Determinación de lineamientos básicos del sistema
   b. Desarrollo del modelo conceptual, Entidad - Relación y cartográfico.
   c. Generación de una estructura de datos organizada

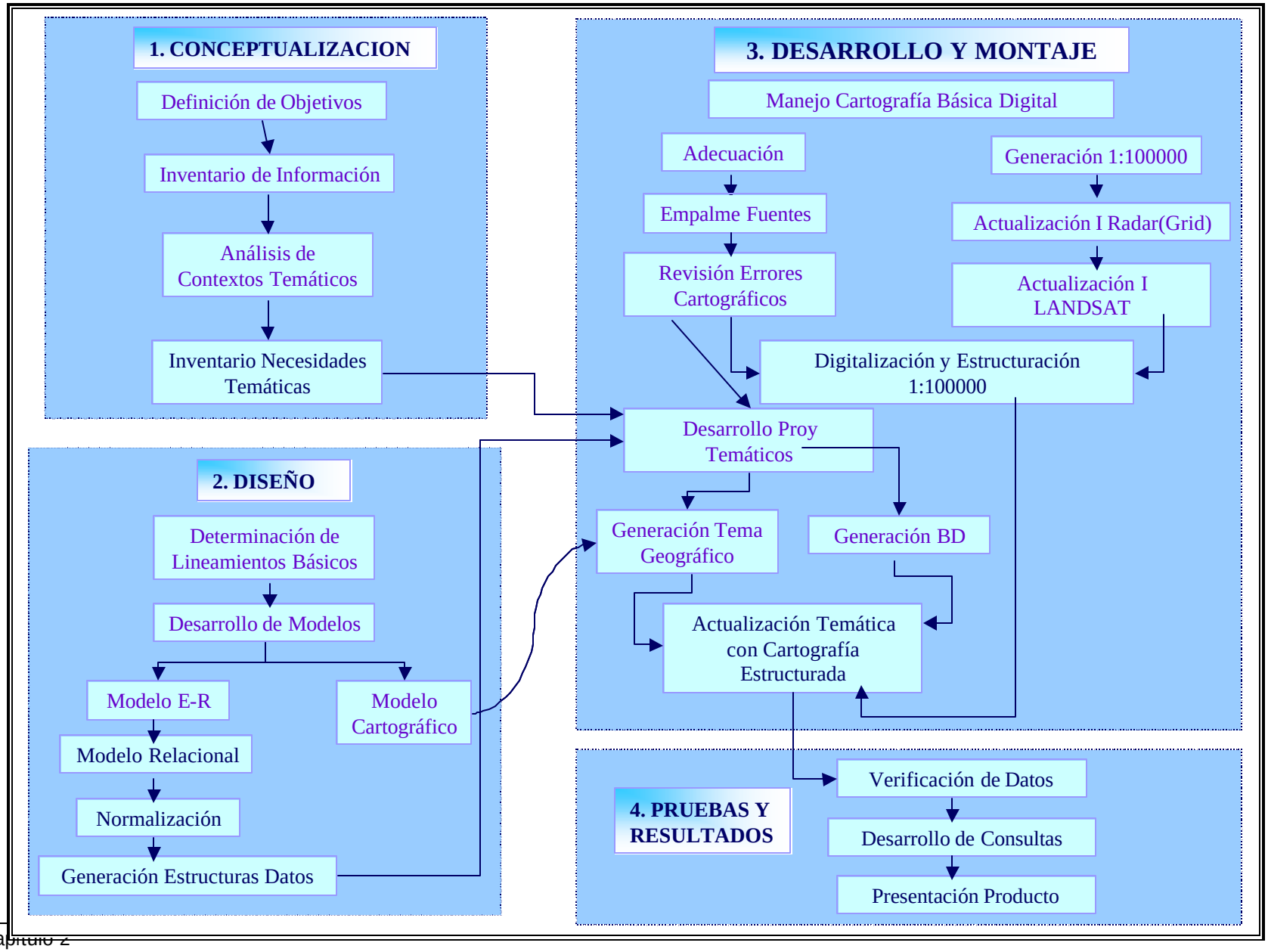
3. DESARROLLO Y MONTAJE
   a. Adecuación de la información existente para ingresar al sistema
   b. Generación de bases de datos y temas georreferenciados.
   c. Desarrollo de proyectos temáticos.
4. PRUEBAS Y RESULTADOS
   a. Verificación de los datos subidos al sistema comparados con la realidad de la zona
   b. Desarrollo de consultas o análisis de datos
   c. Presentación del producto.

2.6.1 Introducción al SIG POMCA

Además de todos los componentes propios del ordenamiento de la cuenca que la caracterizan y califican se determinó generar uno adicional que integra el componente espacial de la información mediante la implementación de un SIG que tomara la cuenca como una unidad integral de elementos físicos, biológicos, sociales, culturales y económicos que conllevan a generar la unidad de planificación.

Dicho SIG deberá permitir a la CVS en forma posterior a la implementación generar consultas y tomar decisiones sobre la optimización de los recursos implícitos en la cuenca de acuerdo a la información de los diferentes estudios o modelos que se hayan ingresado al sistema.

Grafico 24. Modelo General Diseño SIGPOMCA



Como se mencionó anteriormente la generación del sistema propuesto se dividió en cuatro fases. La etapa de conceptualización se desarrolló sobre las necesidades del diagnostico de la cuenca, mientras que para la etapa de diseño se tomó parcialmente el modelo conceptual del SIG que se está desarrollando para la CVS, con el fin de integrarlo a las necesidades que la cuenca del río Sinú plantea para la Corporación.

El desarrollo y montaje se dirigió a la elaboración del diagnostico, además del establecimiento de los insumos básicos como coberturas (.shp), Proyectos (.apr), imágenes (.img) y archivos de impresión (layouts) para el posterior ingreso al SIG de la CVS.

2.6.2 Fase de Conceptualización

2.6.2.1 Objetivo del SIG POMCA

Generar el sistema de información geográfico para el ordenamiento y manejo integral de la cuenca hidrográfica del Río Sinú como unidad de planificación en su etapa de diagnostico.

2.6.2.2 Inventario de la información existente

El inventario de la información se realizó especialmente para los archivos digitales que se encontraban disponibles en la CVS que en su mayoría correspondieron a los presentados por los planes de ordenamiento territorial de los diferentes municipios. De la cartografía básica se analizaron los encontrados en formato análogo y digitales que estaban dentro de la corporación.

El archivo de inventario se desarrollo en excel (Ver archivo adjunto y Anexo 1 *Inventario Información Cartográfica y Temática CVS*) donde usando filtros se facilitan las consultas por los diferentes datos ingresados en las columnas así:

- Tipo de Información: Si es digital o análoga (papel)
- Escala Aproximada: Escala en que se desarrolló
- Año: Año del mapa
- Tipo de Archivo: según el software utilizado (shp, dwg, dxf, img, etc)
- Nombre mapa o número cartográfico
- Origen: Para el departamento de Cordoba se encuentran dos orígenes cartográficos el Oeste (Buenaventura) y el Central (Bogotá)
- Fuente: De que fuente o estudio se obtuvo la información
- Calificación:

✓ Apta: Puede ingresar al sistema directamente sobre origen Bogotá (centro)

- ✓ Apta_Oeste: Puede ingresar al sistema pero debe cambiarse a origen Bogotá (centro), por encontrarse con origen Buenaventura (Oeste)

- ✓ Adecuar: Los archivos se encuentran como .dxf ó dwg y deben transformarse a Shp, están georreferenciados, cambio de origen a Bogotá y estructuración básica de información

- ✓ Adecuar_Shp: Los archivos se encuentran como Sh, exportados de dxf o dwg, están georreferenciados, hay que hacer cambio de origen a Bogotá y unión de coberturas entre planchas

- ✓ No georef: Información que no se encuentra georreferenciada y solo funciona como archivo de impresión en CAD ya que para ingresar al sistema hay que hacer un proceso de georreferenciación y estructuración al sistema

- ✓ No abre: Información que presenta errores originales de archivo y no se visualiza o crea errores en el sistema.

- Observaciones
- Ruta de Acceso actual: Donde se encuentra el archivo ubicado

Análisis de Contextos Temáticos

El esquema de ejecución del proyecto Pomca Río Sinú fue concebido de acuerdo con los lineamientos que para tal fin estableció el comité operativo del convenio No.192026 y que consistió en las siguientes fases:

- Inventario de la información temática y cartográfica existente
- Elaboración de términos de referencia para la contratación del primer grupo de profesionales que desarrollaron el diagnostico (sociólogo, ingeniero ambiental, biólogo e ingeniero auxiliar).
- Determinación de necesidades de equipos y software.
- Recopilación de información primaria
- Procesamiento y elaboración del informe
- Elaboración de términos de referencia para la contratación del segundo grupo de profesionales.
- Recolección de información primaria y secundaria
- Análisis y procesamiento de la información
- Elaboración de mapas temáticos

El proceso del SIG del POMCA dio inicio a partir de la contratación del segundo grupo de profesionales y a partir de allí se estructuró el sistema de información del proyecto.

Las actividades a desarrollar partieron de lo establecido en el decreto No.1729 de ordenamiento de cuencas para la fase de diagnostico cuyas actividades son:

- Delimitación, extensión, localización y situación ambiental de la cuenca hidrográfica.
- Zonificación ambiental de la cuenca (generación de línea base)
- Caracterización físico - biótica
- Caracterización socioeconómica y cultural de la población
- Inventario y caracterización de los recursos naturales
- Inventario específico del recurso hídrico
- Inventario detallado de los usuarios y usos actuales y potenciales de los recursos naturales renovables de la cuenca.
- Identificación de Amenazas, conflictos e impactos

A partir de las actividades mencionadas se dio inicio al trabajo conjunto con el grupo del proyecto para establecer los lineamientos para después definir en forma individual las entidades, atributos y relaciones. La escala de trabajo en que se desarrolló la fase de diagnóstico fue de 1:100.000

Inventario Necesidades Temáticas

Teniendo en cuenta los contextos anteriormente mencionados y de acuerdo a lo observado con los profesionales de las diferentes áreas temáticas se determinó que las necesidades temáticas y a su vez las consultas que responden el proyecto en su escala de trabajo son:

- Caracterización Hídrica e Hidrológica de toda la Cuenca Hidrográfica del Río Sinú: Incluyó la determinación de los principales cauces, cuerpos de agua, determinación de áreas, longitudes, Densidad de drenaje, Orden y pendientes.

- Localización Nacional, Departamental y Local de la cuenca: Contiene el entorno nacional, la ubicación dentro del departamento con áreas, extensiones, limites municipales y sectorización de la cuenca

- Información Social de la cuenca: Tiene en cuenta información sobre educación, salud, demografía, indicadores sociales, desplazados, ONG`s y grupos étnicos

- Información sobre Infraestructuras Municipales: Temas relacionados con acueductos, alcantarillados, captaciones de agua, rellenos sanitarios, mataderos, plantas de tratamiento de aguas residuales y aguas negras, Distribución de Gas domiciliario y luz, pistas de aterrizaje, canales y distritos de riego entre otros.

- Información sobre calidad de agua: contiene parámetros de color, pH, Hierro, Oxígeno Disuelto y Demanda biológica de Oxígeno.

- Información sobre Usuarios del recurso agua, suelo, flora y fauna

- Temas físicos de geomorfología, pendientes, geología, suelos. Contienen además todos los temas asociados como ubicación de minas, fallas, contactos y plegamientos.

- Información sobre Amenazas por Inundación, Deslizamientos y Sísmica.

- Tema de Cobertura y Uso Actual del Terreno

- Localización de ecosistemas municipales, departamentales y de áreas de conservación especial ó de interés ambiental y la flora y fauna asociada.

- Información Climatológica que contiene las estaciones hidrométricas, climatológicas, isoyetas, isotermas, evapotranspiración, pisos térmicos, zonas climáticas y zonas de vida.

- Información económica que contenga el estado de tenencia y producción de la cuenca

- Información Recurso Ictico que relaciona todo el tema de pesca, las áreas sensibles, asociaciones y proyectos piscícolas en la cuenca.

2.6.3 Etapa de Diseño

Lineamientos básicos del Sistema

Conformación De la Red SIGPOMCA

El Sistema de Información Geográfico del Proyecto POMCA se concibió como tipo monousuario; es decir cada profesional maneja su información dentro del equipo de computo asignado y desde allí por la red interna de la CVS se traspasa al Equipo central del SIGPOMCA. La información ingresada a este fue la seleccionada y clasificada en tablas e imágenes de acuerdo al modelo relacional planteado para el proyecto.

En los equipos de geología, climatología y biótico se manejó información bajo formato de SIG, debido a que los profesionales de estas áreas fueron capacitados para generar su información temática estructurada bajo Arcview, contribuyendo así en la implementación de la información del SIGPOMCA. Por lo que en la estación

de trabajo se organizó y generó mapas temáticos adicionales como el de calidad de agua, infraestructura, producción, socioeconómico, subcuencas, cobertura y uso actual, entre otros. Además de las operaciones relacionales solicitadas para la generación de nuevos temas.

Adicional a los trabajos anteriores dentro de la Estación SIGPOMCA se realizó el Diseño conceptual del SIGPOMCA, la interpretación de imágenes de satélite, la revisión y adecuación de la cartografía básica y todos los procesos de impresión, ingreso y consulta de información.

A continuación se describen las especificaciones técnicas del equipo de trabajo donde se realizó el proceso de diseño e implementación del SIG: Estación de Trabajo DELL Precisión 4 con Procesador Intel (R) Xeon 3.0 Hgz, 1 Giga en RAM, Capacidad de almacenamiento de 74 GB y sistema operativo Windows 2000. El Software con el que se contó fue con una licencia de ArcView 8.3 adquirida por el Proyecto y Licencia de Arview 3.2 suministrada por la CVS.

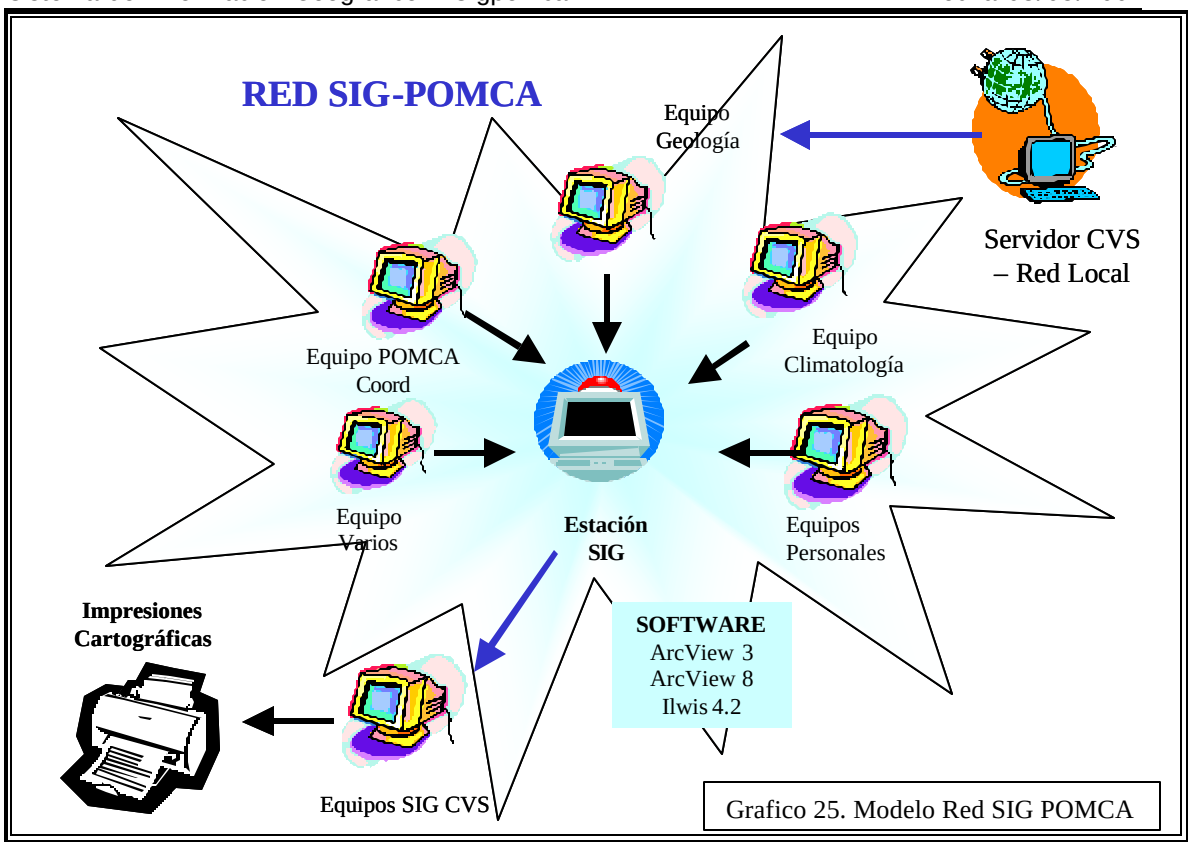


Grafico 25. Modelo Red SIG POMCA

La escala de trabajo con la que se diseñó e implementó el SIGPOMCA fue de 1:100.000 que permite dimensionar el territorio en forma regional. La escala fue determinada teniendo en cuenta la extensión de la cuenca (1'395.244 Has) y el nivel de detalle de la información existente.

Todos la información temática fue generada, revisada y estructurada con base cartográfica 1:100.000 y para algunas zonas se actualizó y detalló con fotografías aéreas. Los niveles de píxel de las imágenes fueron ampliados para extracción de información a 1:50.000 permitiendo un mejor proceso de generación de polígonos a 1:100.000.

La información que no se podía conectar con una base geográfica física fue plasmada mediante el desarrollo de límites inferidos de cartografía básica, como es el caso de la información socioeconómica trabajada con límites municipales; las subcuencas hidrográficas, líneas de isoyetas, isotermas e incluso el límite de la cuenca del Sinú entre otros.

2.6.4 Calidad de la Información

Durante el proceso de generación de temáticos e implementación de la información se realizaron diferentes procesos de revisión; entre otros se utilizó un Global Posición System (GPS) Garmin Etrex Vista mediante el cual se verifico la georeferenciación de la base cartográfica estructurada para el proyecto en sitios como canteras, areneras, estaciones, vías, centros poblados, cultivos, acueductos, sistemas de tratamientos, etc. Se puede decir que el 90% de los puntos ingresados al sistema fueron georeferenciados dentro de los procesos temáticos del proyecto generando una exactitud geográfica o posicional dentro del sistema.

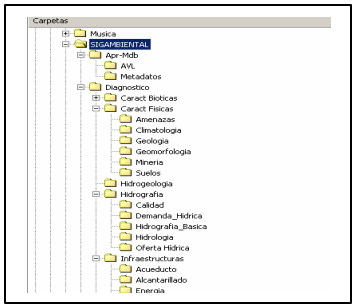
La información general que no era necesaria georeferenciar se analizó y determinó de la conjugación de todas las fuentes posibles de información conocidas para obtener documentos y tablas de información actualizados en tiempo y en exactitud. Dichas fuentes se pueden observar en los metadatos respectivos a cada tema.

Con respecto a la información cartográfica básica se realizó un proceso minucioso de revisión de la información generada por la firma Geospatial Ltda, para que respondiera a una consistencia lógica y estructural, sin embargo se presentan algunas discrepancias con las curvas de nivel y algunos drenajes por las dificultades en la adquisición y/o consecución de información.

2.6.4.1 Organización de la Base de Datos SIGPOMCA

La información ingresada al sistema fue guardada bajo la siguiente ruta de acceso y se hace necesario conservarla así dentro del disco duro (C:) si se quiere acceder a los proyectos y mapas generados.

Esta base puede ser consultada también en excel bajo filtros si se quiere conocer de forma rápida la información existente. La Carpeta principal es la que se ubica en el disco duro y las subcarpetas son las que en orden consecutivo le siguen



Grafica 26. Visualización Estructura de Directorios

Carpeta Principal	Carpeta Orden 1	Carpeta Orden 2	Carpeta Orden 3	Contenido Información
SIGAMBIENTAL	Apr - Mdb	Apr-Mdb		Proyectos de Arcview3 y los Mapas de Arcview 8
		Avl		Archivos de Colores para cada Tema
		Metadatos		Metadatos de la información ingresada al sistema
	Diagnostico	Características Bióticas	Cobertura	Cobertura del Departamento y La Cuenca Sinú
			Ecosistemas	Ecosistemas Cuenca y Áreas Mpales
			Fauna	Listados Especies y Usuarios recurso Fauna
			Flora	Listados Especies y Usuarios recurso Flora
		Características Físicas	Amenazas	Amenazas por Inundación, Sismicidad y Movimentos en masa
			Climatología	Isoyetas, isotermas, ETP, Zonif Climática, Zonas vida, Estac climáticas
			Geología	Contactos, Estructuras, Fallas, Geología
			Geomorfología	Paisaje, Gran Paisaje, Subpaisaje, Geomorfología
			Minería	Areneras, Canteras
			Suelos	Aptitud Uso, litología, Deslizamientos, Pendientes, usuarios Rec Suelo
		Hidrogeología		Captaciones Agua Subterráneas
		Hidrografía	Calidad	Todo lo referente a calidad de agua y parámetros de evaluación
			Demanda Hídrica	Usuarios del Recurso Agua
			Hidrografía Básica	Corrientes Principales y Cuerpos de Agua
			Hidrología	Estaciones Hidrometricas, Area estaciones, subcuencas
			Oferta Hídrica	
		Infraestructuras	Infraestructura	Inf General de Infraestructuras
			Acueducto	Información Municipal
			Alcantarillado	Información Municipal
			Energía	Información Municipal
			Gas	Información Municipal
			Mataderos	Información Municipal
			Residuos	Información Municipal
		Socioeconómico	Demografía	Información Municipal
			Desplazados	Información Municipal
			Educación	Información Municipal
			Empresas	Información Municipal
			Etnias	Información Municipal
			Grupos Ilegales	Información Municipal
			ONG	Información Municipal
			Producción y Extracción	Inf por municipios de cultivos, proyectos piscícolas, Bovinos y Pastos
			Salud	Información Municipal
	Generalidades	Córdoba		Información General a todos los temas por Departamento
		Nacional		Información General a todos los temas del país
		Sinú		Información General a todos los temas para la Cuenca del Sinú

2.6.5 Generación de Metadatos Geográficos

Los metadatos geográficos son documentos informativos que referencian la información necesaria y a veces detallada acerca de los procedimientos llevados a cabo para la producción de información geográfica temática ó básica, ya sea en formato análogo ó digital. "Los metadatos geográficos permiten a un productor describir totalmente los datos geográficos de manera que los usuarios puedan entender las presunciones y limitaciones y puedan evaluar la aplicabilidad de los datos para el uso específico de su interés" (ICONTEC, 2001).

La metadata puede suministrar muchos datos acerca de la producción de un tema y de las fuentes a las que se recurrieron para obtenerlo. Para la implementación del SIGPOMCA se implementó una metadata de categoría 1 (Básica), esta se presentan en word y excel.

Para Colombia la entidad encargada de estandarizar los métodos usados es el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) mediante la Norma Técnica Colombiana NTC 4611 Referida a la Información Geográfica. Metadatos. Esta norma es una adaptación de las Normas impuestas por ISO Internacional y que también se encuentra dentro de los estándares usados por el ArcView 8x.

Características del Metadato Geográfico

La NTC 4611 presenta la categoría del metadato en una jerarquía de relaciones y organización de la información, que comprende nueve secciones: Identificación, calidad de los datos, organización espacial de los datos, referencia espacial, entidades y atributos, distribución y referencia de los metadatos; y dos secciones de soporte: Citación y contacto. Estas secciones están subdivididas en tipos de entidad del metadato geográfico que contienen las capas individuales de documentación. El formato suministrado por Esri también contiene estas secciones distribuidas como formato formulario.

Aplicación de la metadata del proyecto

Como se mencionó anteriormente la metadata de los temas puede ser asociada directamente bajo ArcCatalogo de ArcView8 y vinculada a cada tema (Ver Grafica 8). La información de la metadata corresponde a:

1. SECCION IDENTIFICACIÓN
GENERAL
   - Abstract: Breve resumen de lo que indica el tema

- Purpose: Propósito que se siguió para generar el tema
- Suplemental Information: Información adicional general del proceso de obtención
- Acces Constraints: Restricciones de acceso ó de uso que se le debe dar

CONTACT

- Person: Persona con quien se puede contactar para tener razón del tema
- E-mail
- Telephone: Teléfono donde se pueda ubicar

CITATION

- Title: Título del tema
- Originator: Autor del tema y que responde por su validez temática
- E-mail
- Telephone: Teléfono donde se pueda ubicar
- Publication Date: Fecha de la publicación
- Publication Place: Lugar de la publicación
- Publisher: Publicador ó editor

TIME PERIOD

- Correntness Reference: Periodo de evaluación tenido en cuenta para la realización del tema. Puede ser por una serie de tiempo ó por datos únicos.
- Beginning Date: Fecha de inicio del periodo de datos
- Ending Date: Fecha en que finaliza la toma de muestras

STATUS

- Progress: Estado actual del proceso del tema (Completo, En trabajo, Planeado)

SPATIAL DOMAIN

- North
- South
- East
- West

2. SECCION CALIDAD DE DATOS

DATA QUALITY

- Logical Consistency Report: Reporte general del proceso de realización del tema
- Accuracy Report: Reporte del nivel de precisión de la información
- Explanatión: Explicación del reporte

SOURCE INFORMATION – Fuentes de Información

- Title: Título del estudio
- Originator: Autor (es) del estudio
- Source Scale Denominator: Valor de la escala de la fuente de trabajo

- Type of source medio: Medio de comunicación usado con la fuente de información
- Source Citation abreviation: Nombre o sigla de la fuente
- Source Contribution: Aporte dado por la fuente
- Title: Titulo del estudio
- Originator: Autor (es) del estudio
- Publication Date: Fecha de la Publicación
- Geospatial Data Presentation Form: Tipo de presentación de los Datos. (Puede ser Document, Map, Model, Profile, Raster digital data, video, View)
- Publication Place: Lugar de la publicación
- Publisher: Publicador o editor
- Correntness Reference: Periodo de evaluación que tuvieron en cuenta para la realización del tema Fuente. Puede ser por una serie de tiempo ó por datos únicos
- Beginning Date: Fecha de inicio del periodo de datos tenidos en el tema fuente.
- Ending Date: Fecha en que finaliza la toma de muestras tenidos en el tema fuente.
- Process Description: Descripción del proceso por pasos
- Process Software, Versión: Software y Versión usada

3. SECCION ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS

DATA ORGANIZATION

- Direct Spatial Reference Method: Tipo de dato utilizado (Punto, Raster ó Vector)

4. SECCION REFERENCIA ESPACIAL

GENERAL

- Geographic Coordinate System Name: Nombre del sistema de coordenadas usado
- Projected Coordinate System Name: Nombre del sistema de proyección usado
- Horizontal Datum Name: Nombre del Datum Horizontal
- Elipsoid Name: Nombre del Elipsoide
- Horizontal Coordinate System (local): Nombre del sistema de coordenadas

ENTITY ATTRIBUTE

- Label: Nombre del Atributo
- Definition: Definición General del Atributo
- Definition Source: Definición detallada del atributo y de las siglas usadas

5. SECCION DISTRIBUCION DE LA INFORMACIÓN

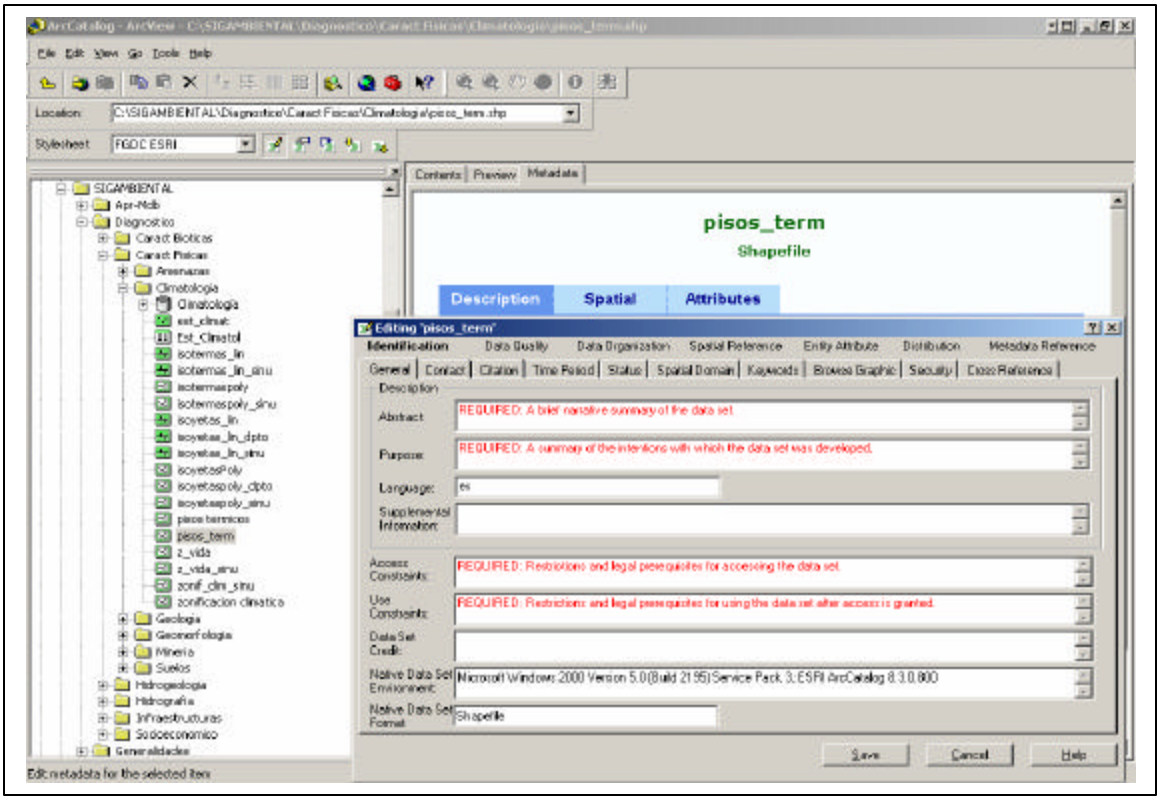
GENERAL

- Resource Description: Descripción del recurso usado para la obtención del tema
- Distribution Liability: Persona responsable de la distribución de la información
- Custom Order Process: Proceso a seguir para la consecución del recurso

DISTRIBUTOR

- Person: Nombre del distribuidor
- Organization: Nombre de la organización encargada de la distribución
- Position: Cargo de la persona Encargada
- Telephone: Teléfono del Distribuidor
- Adresses: Dirección del distribuidor

Grafica 27. Ejemplo Formulario de Implementación Metadata Bajo Arcview 8



2.6.6 Desarrollo de Modelos

La base de un SIG es el manejo de datos organizados e interrelacionados entre ellos mediante un modelo general que responda a las necesidades planteadas por el usuario. Para generar estas bases en un ámbito geográfico se cuenta con tres tipos de modelos principalmente: Modelo Entidad- Relación, Modelo Relacional y Modelo Cartográfico.

El Modelo Entidad Relación (E-R) es el que presenta de forma sencilla y abstracta el mundo real del tema que se quiere modelar. El modelo está basado en las entidades que son el objeto o cosa del mundo real que se quiere presentar y que llega a ser único dentro del sistema que se monta. A las entidades las describen los atributos que son la información que ellas contienen y que a su vez las caracterizan como únicas (*Ver capítulo de cartografía. Modelo Entidad Relación Proyecto POMCA*).

El último elemento que conforma el modelo E-R son las relaciones, que no es más que la asociación entre las entidades propuestas. Adicionalmente se puede contar con un elemento descriptor que muestra la forma como se relacionan las entidades.

Las entidades pueden tener tres tipos de relaciones: Uno a Uno (1-1), Uno a Muchos (1-n) y Muchos a Muchos (n-n), Dichas relaciones deben contar con las reglas de Integridad de los datos y de la No redundancia entre ellos. Para esto se realiza procesos de normalización en que se rompen las todas las relaciones existentes de muchos a muchos y se verifica la no duplicidad de datos, además de otras características propias de las bases de datos y necesarias para el montaje en un sistema manejador de bases avanzado como sql u Oracle. Esta normalización e implementación se está realizando con el software Acces generando formularios bajo formato de internet, sin embargo este es un producto que se encuentra para implementar en un proyecto posterior *(Ver Grafica 9. Ejemplo Implementación Acces).*

El modelo relacional como tal está elaborado con las mismas bases del modelo E-R, pero su diferencia radica en la representación gráfica de el, ya que este además de mostrar las entidades y relaciones presenta los atributos que contiene cada entidad.

El modelo cartográfico es una aplicación específica de los SIG ya que presenta los contenidos temáticos ingresados al sistema y la forma en que se realizan las operaciones para generar los mapas temáticos (*Ver capítulo de cartografía, Modelo Cartográfico Proyecto POMCA*). Para la cuenca el modelo estuvo fundamentado en siete secciones: cartografía básica, socioeconómico, infraestructuras y coberturas, climáticos, de calidad de agua, físicos y bióticos.

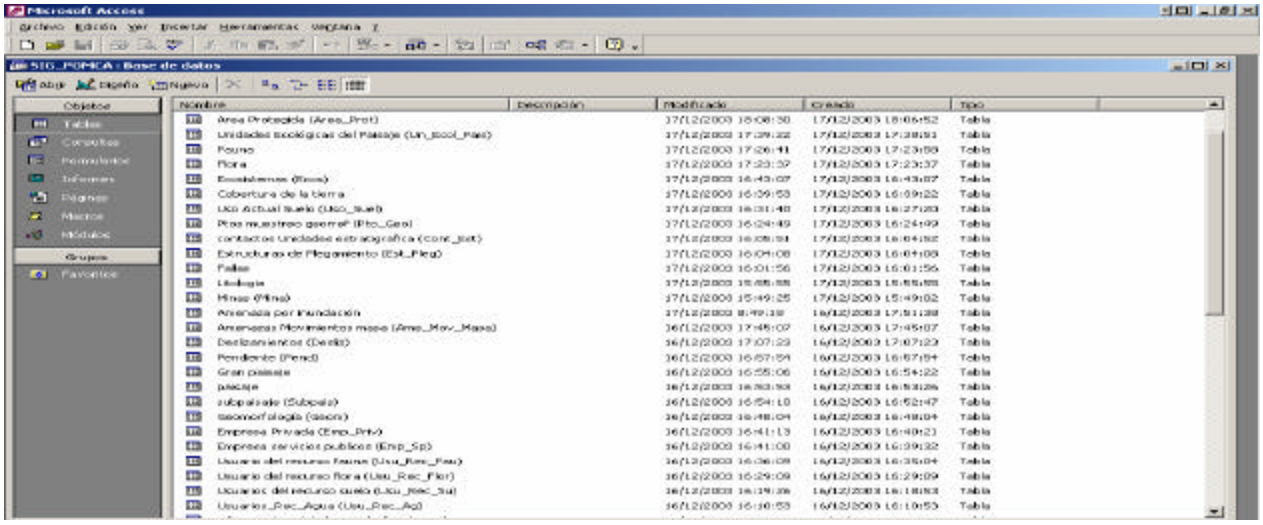
Los mapas básicos tienen en cuenta la interrelación de la cartografía básica (hidrografía, curvas de nivel, centros poblados y vías) para generar nuevos límites geográficos como el límite de la cuenca y de las subcuencas, áreas aferentes a estaciones, revisión y estandarización de limites municipales y departamentales y a partir de todos estos generar mapas como localización nacional y municipal, división política, mapa de subcuencas e hidrográfico entre otros que se pueden observar directamente en el modelo cartográfico.

La sección de aspectos socioeconómicos compara cada indicador social y económico teniendo como base el municipio, al igual que la sección de cobertura de servicios públicos e infraestructura. El tema de calidad del agua refleja el comportamiento teniendo en cuenta las áreas aferentes a las estaciones de muestreo de calidad de agua.

El tema físico contiene la presentación de los temas de geomorfología, geología, amenazas y pendientes. Dentro del tema biótico se encuentran la zonificación ecológica, cobertura actual, los recursos ícticos, uso actual, zonas de vida y presencia de flora y flora.

Dentro de todos los submodelos se observan operaciones como análisis, sobre posición, interceptación, corte, etc que representan como se realiza las operaciones entre temas determinados para llegar a otro utilizando las herramientas que ofrece el ArcView.

Contar con una buena base cartográfica y temática estructurada, genera la diferencia entre la conceptualización de un sistema de información y un sistema de información geográfico y la validez de los temas ingresados es lo más importante dentro del montaje del SIG; de allí que se haya dedicado dentro del proyecto cuantiosos recursos para revisar y estructurar la cartografía básica y a partir de esta generar una base temática coherente actualizada con la presencia de corrientes, cuerpos de agua, centros poblados y curvas de nivel.



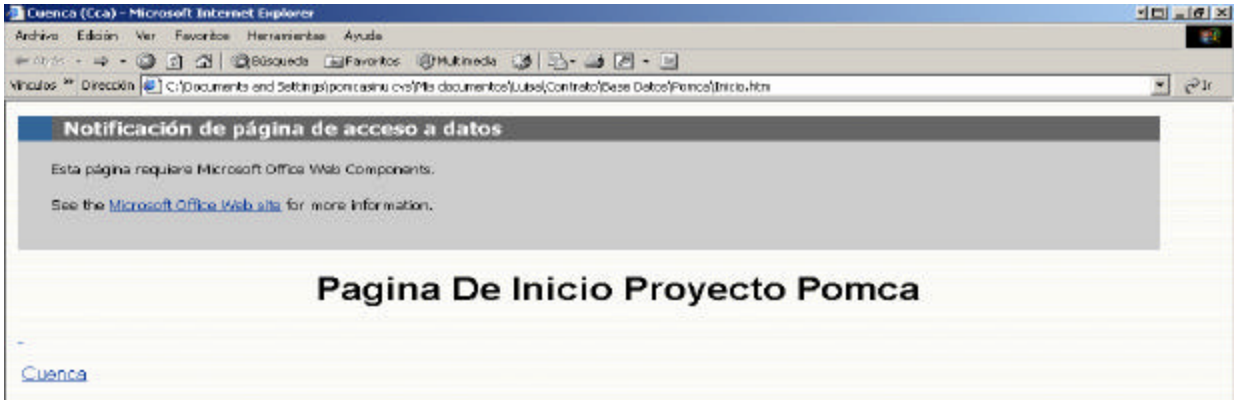


Grafico 28. Ejemplo Implementación Acces

2.6.6.1 Definición de Entidades

Cuenca (Cca): Es un área natural en la que el agua se desaloja a través de un sinnúmero de corrientes, cuyos caudales son recogidos por un colector común que sirve de eje de la zona. En el SIG se observa el límite topográfico de la cuenca como el polígono generado de la unión de los puntos de máxima altura que alrededor de la cuenca van definiendo la dirección de la caída de aguas, también conocidos como divisoria de aguas. Fue trazada inicialmente con cartografía básica 1:100.000 y posteriormente actualizada con imagen de Radar.

Para el presente diseño, la cuenca se consideró como eje central del estudio ya que es una unidad geográfica en donde todos los elementos que la integran se condicionan mutuamente de una manera estrecha y armónica haciendo que se considere esta como una muy buena unidad para la planeación del desarrollo regional. A partir de ella se desarrollará los diferentes submodelos del SIG.

La cuenca puede contener los siguientes atributos:

Cuenca (Cca)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código Cuenca	
Coord_Nto_mE	S	Coordenadas mE (X) Nacimiento de la corriente principal	
Coord_Nto_mN	S	Coordenadas mN (Y) Nacimiento de la corriente principal	
Coord_Dra_mE	S	Coordenadas mE (X) Desembocadura de la corriente principal	
Coord_Dra_mN	S	Coordenadas mN (Y) Desembocadura de la corriente principal	
Nom_Cca	S	Nombre de la Cuenca	
Area	N	Area de la Cuenca en hectáreas	
Long_Cca	N	Longitud de la cuenca de drenaje	
Long_Cau_Cca		Longitud de la corriente en metros de nacimiento a desembocadura	
Perim_Cca	N	Perímetro de la Cuenca en metros	
Orden_Cca	N	Orden de la Cuenca	
Pend_Cca	N	Pendiente de la Cuenca	

Subcuencas (SubCca): Se delimito como subcuencas para el POMCA toda el área de influencia de cada tributario de las principales cuencas (Sinú, San Jorge y Canalete) que sean de orden 4 y 5 dentro de la clasificación morfométrica realizada sobre cartografía 1:100.000. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Subcuenca (SubCca)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_SubCca	N	Código Subcuenca	
Nom_SubCca	S	Nombre de la Subcuenca	
Area_SubCca	N	Area de la Subcuenca en hectáreas	
Long_SubCca	N	Longitud de todas las corrientes de la Subcuenca de drenaje	
Long_Cau_SubCca		Longitud de la corriente en metros de nacimiento a	

		desembocadura del cauce principal	
Perim_SubCca	N	Perímetro de la Subcuenca en metros	
Dens_Dren	N	Densidad de drenaje cuenca en (m/m2)	
Cota_Nto	N	Cota en msnm del nacimiento	
Cota_Dra	N	Cota en msnm de la desembocadura	
Orden_SubCca	N	Orden de la Subcuenca	
Cca_dra	s	Nombre de la subcuenca en que desemboca	
Nro Orden			
Pend_SubCca	N	Pendiente de la Subcuenca	
Ofert_SubCca	N	Oferta hídrica de la subcuenca (m^3/sg)	

Cuerpos de Agua (CA): Dentro de una cuenca se pueden encontrar diferentes cuerpos de agua como Ciénagas - Pantanos, Embalses y Estanques que hacen parte de la gran cuenca pero que se convierten en un área de estudio específico cuando se detallan las escalas.

A los cuerpos de agua se pueden aplicar diferentes tipos de clasificaciones de acuerdo al análisis que se quiera realizar ya sea ecológico, hidrológico, geológico, etc. Y de acuerdo a cada uno de estos se dará una clasificación dentro del SIG ya que uno de los principales enfoques del proyecto están dados a generar una mejor caracterización de los cuerpos de agua.

Los Cuerpos de Agua pueden contener los siguientes atributos:

Cuerpos de Agua (CA)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_CA	N	Código Cuerpo de Agua	
Nom_CA	S	Nombre del Cuerpo de Agua	
Area_Max_ CA	N	Area en niveles máximos del Cuerpo de Agua	
Area_Min_ CA	N	Area en niveles mínimos del Cuerpo de Agua	
Perim_ CA	N	Perímetro de la cuenca asociada al Cuerpo de Agua	
Cat_CA	S	Categoría del Cuerpo de Agua	Cienaga, pantano, embalse, estanque

Sectorización de la cuenca (Sect_Cca): Es la clasificación que la CVS ha determinado para cada cuenca para poder distribuirlas como grandes unidades de manejo y su divisoria corresponde a un conjunto de municipios. Así por ejemplo la cuenca del Río Sinú está dividida en: zona Alta, Zona Media, Zona del Bajo cenaguero, Bajo Costanero y Bajo Sabanero.
La Sectorización de la Cuenca pueden contener los siguientes atributos:

Sectorización de la cuenca (Sect_Cca)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Mpio	N	Código del Municipio donde se encuentra la cuenca	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio donde se encuentra la cuenca	
Cod_Cca	N	Código Cuenca	
Cod_ Sect_Cca	N	Código Sectorización de la Cuenca	
Nom_ Sect_Cca	S	Nombre de la sectorización de la Cca	

Municipio (Mpio): Administrativamente es la unidad territorial que refleja la mínima expresión del estado. Dentro del Proyecto el Municipio es eje central de la caracterización socioeconómica y de cobertura de infraestructuras ya que en el se contienen aspectos, aspectos culturales y aspectos económicos. Puede contener los siguientes atributos:

Municipio (Mpio)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_ Mpio	S	Nombre del Municipio	
Area_Mpio	N	Area del Municipio	
Perim_Mpio	N	Perímetro del Municipio	

CARACTERIZACION SOCIOECONOMICA

ASPECTOS SOCIALES

Información Educativa del Municipio (Inf_Educ_Mpio): Hace referencia a la información que sobre educación se encuentra sobre los municipios que conforman la cuenca. Puede contener los siguientes atributos:

Información Educativa del Municipio (Inf_Educ_Mpio)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio	
Matric_Mpio	N	Número de matrículas educativas por municipio	
Tasa_Analf	N	Tasa de Analfabetismo por municipio	
Tasa_Esc_M	N	Tasa de Escolaridad por municipio	
Proy_Amtal	N	Número de proyectos ambientales escolares (Res 1743/94)	
Nro_Inst	N	Número de Instituciones oficiales	
RelAD_Urb	S	Relación alumno docente Urbano	
RelAD_Rur	S	Relación alumno docente Rural	

Información sobre salud del Municipio (Inf_sal_Mpio): Hace referencia a la información que sobre salud se encuentra en los municipios que conforman la cuenca. Puede contener los siguientes atributos:

Información sobre salud del Municipio (Inf_sal_Mpio)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio	
Tasa_Nat_M	N	Tasa de Natalidad por Municipio	
Pob_nbi	N	Necesidades Básicas Insatisfechas en la población	
Porc_nbi	N	Porcentaje de NBI	
Pob_Subsi	N	Número de población subsidiada (SISBEN)	
Pob_Vinc	N	Número de población vinculada al sistema salud	

Porc_cob_v	N	Porcentaje cobertura población vinculada	
Porc_Cob_a	N	Porcentaje cobertura población afiliada	

Información sobre Demografía del Municipio (Inf_Dem_Mpio): Hace referencia a la información que sobre demografía se encuentra en los municipios que conforman la cuenca. Puede contener los siguientes atributos:

Información sobre Demografía del Municipio (Inf_Dem_Mpio)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio	
Pob_Mpio	N	Número de Habitantes del Municipio	
Dens_Pob_Mpio	N	Densidad poblacional del Municipio en Hab/Km ^{2}	
Pob_Cabece	N	Número de Habitantes en la cabecera urbana	
Pob_Resto	N	Número de Habitantes en la zona rural	
Tasa_cto	N	Tasa de Crecimiento del municipio	

Información sobre Indicadores Sociales del Municipio (Inf_IndSoc_Mpio): Hace referencia a la información que sobre Indicadores Sociales se encuentra en los municipios que conforman la cuenca. Puede contener los siguientes atributos:

Información sobre Indicadores Sociales del Municipio (Inf_IndSoc_Mpio)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio	
NBI_Hogar	N	Necesidades Básicas Insatisfechas por Hogar	
NBI_Hog_Cab	N	Necesidades Básicas Insatisfechas por Hogar en cabecera Urb	
NBI_Hog_Rest	N	Necesidades Básicas Insatisfechas por Hogar en zona rural	
NBI_Pers	N	Necesidades Básicas Insatisfechas por Persona	
NBI_ Pers_Cab	N	Necesidades Básicas Insatisfechas por Persona en cabecera Urb	
NBI_ Pers_Rest	N	Necesidades Básicas Insatisfechas por Persona en zona rural	
Mis_Hogar	N	Miseria por Hogar	
Mis _Hog_Cab	N	Miseria por Hogar en cabecera Urb	
Mis _Hog_Rest	N	Miseria por Hogar en zona rural	
Mis _Pers	N	Miseria por Persona	
Mis_ Pers_Cab	N	Miseria por Persona en cabecera Urb	
Mis_ Pers_Rest	N	Miseria por Persona en zona rural	

Información sobre Municipios Generadores Y Receptores de Desplazados (Inf_Desp_Mpio): Hace referencia a la información que sobre municipios generadores y receptores de desplazados pertenecientes a la cuenca. Puede contener los siguientes atributos:

Información sobre Municipios Generadores Y Receptores de Desplazados (Inf_Desp_Mpio)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio	
Fam_Desp	N	Número de Familias Desplazadas por un municipio Receptor	
Hom_Desp	N	Número de hombres Desplazados por un municipio Receptor	
Muj_Desp	N	Número de Mujeres Desplazadas por un municipio Receptor	
Porc_Desp	N	Porcentaje desplazados con el departamento	

Información sobre Organización y Participación Comunitaria del Municipio (Inf_Comun_Mpio): Hace referencia a la información que sobre organizaciones y participaciones comunitarias se encuentra en los municipios que conforman la cuenca. Puede contener los siguientes atributos:

Información sobre Organización y Participación Comunitaria del Municipio (Inf_Comun_Mpio)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio	
ONG_Mpio	N	Número de ONG`s por Municipio	
ONG_Hab_Mpio	N	Número de ONG`s por cada 1000 Hab en el Mpio	
JAC_Mpio	N	Número de Juntas de Acción Comunal por Mpio	
JAC_Hab_Mpio	N	Número de JAC por cada 1000 Hab en el Mpio	

INFRAESTRUCTURAS MUNICIPALES

Información sobre Coberturas e infraestructuras del Municipio (Inf_CobInf_Mpio): Esta información esta relacionando el análisis que a nivel municipal se realiza con respecto al Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). Puede contener los siguiente atributos:

Información sobre Coberturas e infraestructuras del Municipio (Inf_CobInf_Mpio)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio	
Rez_Act_Mpio	N	Rezago máximo actual del Alcantarillado con respecto al agua potable	10 ó 15
Inf_Via_Mpal	N	Km de vías municipales	
Inf_Via_Dpto	N	Km de vías departamentales dentro del municipio	
Inf_Via_Nal	N	Km de vías nacionales dentro del municipio	
Deficit_Dda_Ap	S	Déficit de demanda de agua potable en el municipio	

Captaciones de Agua Superficiales (Capt_Sup): Sitio en la fuente de agua cruda donde se capta el caudal superficial necesario para el sistema de abastecimiento de agua. Puede contener los siguientes atributos:

Captaciones de Agua Superficiales (Capt_Sup)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cap_Sup	N	Código de la captación del Agua Superficial	
Nom_Cap_Sup	S	Nombre de la captación del Agua superficial	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio donde se encuentra la captación del Agua superficial	
Cod_Subcca	N	Código de la subcuenca donde toma el agua la captación	
Cod_CA	N	Código del cuerpo de Agua de donde toma el agua la captación	
Nom_CA_Subcca	S	Nombre del Cuerpo de Agua o de la Subcuenca donde toma el agua la captación	
Cord x_Capt_Sup	S	Coordenadas x Planas Btá donde se encuentra la captación	
Cord y_Capt_Sup	S	Coordenadas y Planas Btá donde se encuentra la captación	
Toma_ Capt_Sup	D	Fecha del día en que se georeferencia la captación	
Cod_ Usu_Rec_Ag	N	Código del usuario del recurso agua	
Nom_Usu_Rec_Ag	S	Nombre del usuario que hace uso del recurso agua	
Est_Capt_Sup	S	Estado Actual de la Captación de Agua Superficial	Bueno, Malo, Regular
Capac_Capt_Sup	N	Capacidad de la captación medida en Lt/Sg	
Q_real_ Capt_Sup	N	Caudal real promedio Captado por el usuario Lt/sg	

Captaciones de Agua Subterráneas (Cod_Capt_ASub): Sitio en la fuente de agua freatica donde se capta el caudal necesario para un sistema de abastecimiento de agua. Puede contener los siguientes atributos:

Captaciones de Agua Subterráneas (Capt_Agua_Sub)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Capt_ASub	N	Código de la captación del Agua Subter ránea	
Cod_CCA	N	Código de la cueca asociada a la captación de Agua subterránea	
CordX_ Capt_ASub	S	Coordenadas x Planas Btá donde se encuentra la captación	
CordY_ Capt_ASub	S	Coordenadas y Planas Btá donde se encuentra la captación	
Tipo_Capt_Asub	S	Tipo de la captación	Pozo, Aljibe, Manantial
Nom_mpio	S	Nombre del municipio	
Nom_cap_ag	S	Nombre de la captación	
Cota	N	Cota donde se encuentra la captación	
Ub_cap_ag	S	Ubicación de la captación de agua	
Local_cap	S	Localización captación	
Informante	S	Nombre del informante	
Propietari	S	Nombre del propietatrio	
Constructo	S	Nombre del constructor	
Loc_topog	S	Localización topografica	
Año_const	D	Año construcción	
Estado	S	Estado de la captación	
Fm_geol	S	Formación Geológica	
Alt_Boca	N	Altura Boca (m)	
Prof_m	N	Profundidad (m)	
Diametro	N	Diámetro de la bomba	
Material	S	Material de construcción	
Met_Explot	S	Método de explotación	
Pot_Bomba	N	Potencia de la Bomba	

Tipo_energ	S	Tipo de energía Usada para el funcionamiento	
Uso_Cap_Ag	S	Uso dado a la captación de agua	
Nro_Usuarios	N	Número Usuarios	
Q_l_s	N	Caudal en litros por segundo	
Calidad_ag	N	Calidad del agua	
Toma_Cap_a	D	Fecha en que se georeferencia la captación	
Observaciones	S	Observaciones	
Fuente	S	Fuente de información	

Cobertura Acueducto (Cob_Acued): Cobertura que presenta el sistema de abastecimiento de agua para una población. Puede contener los siguientes atributos.

Cobertura Acueducto (Cob_Acued)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Emp_Sp	N	Código de la Empresa de servicio público encargada	
Nom_Emp_Sp	S	Nombre de la Empresa de servicio público encargada	
Cod_Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio	
Num_Suscr_Acued	N	Número de Suscriptores	
Cob_Acued	S	% de cubrimiento en redes del Casco Urbano	
Cob_Min_Ras_Acued	N	Cobertura mínima establecida en el RAS para acueducto según el nivel de complejidad del Mpio	
Est_Cob_Acued	S	Estado de la cobertura actual comparando la cobert del mpio con respecto a la mínima del Ras	Suficiente o Insuficiente
Pob_Benef_Acued	N	Número de la población beneficiada por acueducto	
Sit_Leg_Acued	S	Situación legal ambiental del Acueducto sobre el permiso de concesión	Con Permiso Sin Permiso
Demanda_Acued	N	Demanda actual de agua en el municipio medida en Lt/Sg	

Planta de Tratamiento de Agua Potable (Pta_Ap): Punto donde se encuentra el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable. Puede contener los siguientes atributos.

Planta de Tratamiento de Agua Potable (Pta_Ap):			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ Pta_ Ap	N	Código de la planta de tratamiento de agua potable	
Nom_Pta_Ap	S	Nombre de la planta de tratamiento de agua potable	
Cod_Usu_Rec_Agu	N	Cédula o Nit de la persona que hace uso del recurso Agua	
Nom_Usu_Rec_Agu	S	Nombre de la persona que hace uso del recurso Agua	
Cod_Mpio	N	Código DANE del Municipio donde se encuentra ubicada la planta	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio donde se encuentra ubicada la planta	
Cod_Cap_Ag_Sup	N	Código de la principal fuente de captación de agua usada en la planta	
CordX_ Pta_ Ap	S	Coordenadas x Planas Btá donde esta la planta	
CordY_ Pta_ Ap	S	Coordenadas y Planas Btá donde esta la planta	
Toma_ Pta_ Ap	D	Fecha del día en que se georeferencia la planta	

Est_ Pta_ Ap	S	Estado Actual de la planta de tratamiento	Bueno, Malo, Regular
Capac_ Pta_ Ap	N	Capacidad de tratamiento de la planta en Lt/Sg	
Q_real_ Pta_ Ap	N	Caudal real promedio de agua tratada en Lt/sg	
Tipo_Pta_Ap		Tipo de tratamiento de la planta	Convencional/ compacta

Cobertura de Alcantarillado (Cob_Alcant): Cobertura actual que presenta el alcantarillado (conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales y/o de las aguas lluvias). Puede contener los siguientes atributos.

Cobertura Alcantarillado (Alcant)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Emp_Sp	N	Código de la Empresa de servicio público encargada	
Nom_Emp_Sp	S	Nombre de la Empresa de servicio público encargada	
Cod_Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio	
Num_Suscr_Alcant	N	Número de Suscriptores	
Cob_Alcant	N	% de cubrimiento en redes del Casco Urbano	
Pob_Benef_Alcant	N	Número de la población beneficiada por Alcantarillado	

Sistema de Tratamiento de Agua Residual (Sist_Tto_Res): son las instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales. Puede contener los siguientes atributos.

Sistema de Tratamiento de Agua Residual (Sist_Tto_Res)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ Sist_Tto_Res	N	Código del sistema de t/miento de agua residual (sitio)	
Cod_Pto_Vto	N	Código del Punto de Vertimiento	
Cod_Usu_Rec_Su	N	Cédula o Nit de la persona que hace uso del recurso suelo	
Nom_Usu_Rec_Su	S	Nombre de la persona que hace uso del recurso suelo	
Cod_Mpio	N	Código DANE del Municipio donde se encuentra el Sist Tto Res	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio donde se encuentra el Sist Tto Res	
Tipo_ Sist_Tto_Res	S	Tipo del Sistema de Tratamiento	Lagunas, filtros plantas, etc
CordX_ Sist_Tto_Res	S	Coordenadas X Planas Bogotá donde esta el sistema	
CordY_ Sist_Tto_Res	S	Coordenadas Y Planas Bogotá donde esta el sistema	
Toma_ Sist_Tto_Res	D	Fecha del día en que se georeferencia el sistema	
Est_ Sist_Tto_Res	S	Estado Actual del sistema de tratamiento de agua residual	Bueno, Malo, Regular
Capac_ Sist_Tto_Res	N	Capacidad de tratamiento del sistema en Lt/Sg	
Q_real_ Sist_Tto_Res	N	Caudal real promedio de agua tratada en Lt/sg	
Sit_Leg_Alcant	S	Situación legal ambiental del Alcantarillado sobre vertimientos	Con Permiso Sin Permiso

Cobertura Sistema de Recolección de Residuos Sólidos (Sist_Rec_Res): Conjunto de actividades que permiten la recolección de residuos dentro del municipio. Puede contener los siguientes atributos.

Cobertura Sistema de Recolección de Residuos Sólidos (Sist_Rec_Res)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Mpio	N	Código DANE del Municipio	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio analizado	
Cod_Emp_Sp	N	Código de la Empresa de servicio público encargada	
Nom_Emp_Sp	S	Nombre de la Empresa de servicio público encargada	
Num_Suscr_ Sist_Rec_Res	N	Número de Suscriptores del Sistema de residuos	
Cob_Min_Ras_ Sist_Rec_Res	N	Cobertura mínima establecida en el RAS para la recolección según el nivel de complejidad del Mpio	
Est_Cob_ Sist_Rec_Res	S	Estado de la cobertura actual comparando la cobertura del mpio con respecto a la mínima del Ras	
Pob_Benef_ Sist_Rec_Res	N	Número de la población beneficiada por el sistema de recolección	

Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos (Sist_Res_Sol): Lugar en el que se disponen los residuos generados. Puede contener los siguientes atributos.

Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos (Sist_Res_Sol)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Sist_Res_Sol	N	Código del sistema de disposición final de residuos sólidos (sitio)	
Nom_Usu_Rec_Su	S	Nombre del usuario que hace uso del recurso suelo	
Cod_Usu_Rec_Su	N	Cédula o Nit de la persona que hace uso del recurso suelo	
Cod_Pto_Vto	N	Código del Punto de vertimiento donde se desechan los lixiviados	
Cod_Mpio	N	Código DANE del Municipio donde se encuentra ubicado el sist res sol	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio donde se encuentra ubicado el sist res sol	
Tipo_Sist_Res_Sol	S	Tipo del Sistema de disposición final residuos	Relleno, Botadero, Incinerador, etc
CordX_Sist_Res_Sol	S	Coordenadas X Planas Bogotá donde esta el sistema	
CordY_Sist_Res_Sol	S	Coordenadas Y Planas Bogotá donde esta el sistema	
Toma_ Sist_Res_Sol	D	Fecha del día en que se georeferencia el sistema	
Est_ Sist_Res_Sol	S	Estado Actual del sistema de disposición final de residuos	Bueno, Malo, Regular
Sit_Leg_ Sist_Res_sol	S	Situación legal ambiental del Sistema de disposición final de residuos	Con Permiso Sin Permiso

Punto de Vertimiento de Aguas Residuales (Pto_Vto_Ares): Es cualquier descarga final de sustancias contenidas en un líquido residual de cualquier origen realizado en un punto fijo. Puede contener los siguientes atributos:

Punto de Vertimiento de Aguas Residuales (Pto_Vto_Ares)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Pto_Vto_Ares	N	Código del punto de Vertimiento del Agua Residual	
Cod_CA	N	Código del cuerpo de Agua que recibe el vertimiento	
Cod Subcca	N	Código de la subcuenca que recibe el vertimiento	
Nom_CA_Subcca	S	Nombre del Cuerpo de Agua o de la Subcuenca que recibe el vertimiento	
CordX_Pto_Vto_Ares	S	Coordenadas X Planas Btá del Vertimiento	
CordY_Pto_Vto_Ares	S	Coordenadas Y Planas Btá del Vertimiento	
Toma_Pto_Vto_Ares	D	Fecha del día en que se georeferencia el Vertimiento	
Cod_Usu_Rec_Ag	N	Código del usuario que hace uso del recurso agua	
Nom_ Usu_Rec_Ag	S	Nombre de la persona que hace uso del recurso agua	
Q_ Pto_Vto_Ares	N	Caudal desechado (Lt/sg)	
Sit_Leg_Pto_Vto_Ares	S	Situación legal ambiental del punto de vertimiento con el capitulo 6 del Dec 1594/84	Cumple No cumple

Cobertura Sistema de Distribución de Gas Domiciliario (Sist_Gas): Contempla el análisis de la distribución de gas por municipio. Puede contener los siguientes atributos:

Cobertura Sistema de Distribución de Gas Domiciliario (Sist_Gas)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Emp_Sp	N	Código de la Empresa de servicio público encargada	
Nom_Emp_Sp	S	Nombre de la Empresa de servicio público encargada	
Cod_Mpio	N	Código DANE del Municipio Analizado	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio Analizado	
Num_Suscr_ Sist_Gas	N	Número de Suscriptores	
Num_Pred_ Sist_Gas	N	Número de predios con disponibilidad de servicio	
Cob_Sist_Gas	N	% de cubrimiento en redes de gas	
Pob_ Sist_Gas	N	Número de la población beneficiada por servicio gas	

Cobertura del Sistema de Distribución Energía (Sist_energ): Contempla el análisis de la distribución de energía por municipio. Puede contener los siguientes atributos:

Cobertura del Sistema de Distribución Energía (Sist_energ)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categoría**
Cod_Emp_Sp	N	Código de la Empresa de servicio público encargada	
Nom_Emp_Sp	S	Nombre de la Empresa de servicio público encargada	
Cod_Mpio	N	Código DANE del Municipio Analizado	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio Analizado	
Num_Suscr_Sist_energ	N	Número de Suscriptores del sistema energía	
Num_Pred_ Sist_energ	N	Número de predios con disponibilidad de servicio	
Cob_ Sist_energ	N	% de cubrimiento en redes de energía	
Pob_ Sist_energ	N	Número de la población beneficiada por servicio energía	

Matadero (Matadero): Sitio en el que se realiza sacrificio de animales bajo ciertas condiciones básicas de salubridad. Puede contener los siguientes atributos:

Matadero (Matadero)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Matadero	N	Código del matadero	
Nom_Matadero	S	Nombre como se conoce el matadero	
Cod_Mpio	N	Código del Municipio donde se encuentra el matadero	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio donde se encuentra el matadero	
Cod_Emp_Priv	N	Código (Cédula o Nit) de la empresa privada dueña del matadero	
Nom_Emp_Priv	S	Nombre de la empresa privada dueña del matadero	
CordX_Matadero	S	Coordenadas X Planas Btá del Matadero	
CordY_Matadero	S	Coordenadas Y Planas Btá del Matadero	
Toma_ Matadero	D	Fecha del día en que se georeferencia el Matadero	
Num_Anim_Sacrif	S	Número diario de animales sacrificados	
Sit_Leg_Matadero	S	Situación legal ambiental	Cumple No cumple
Cod_Usu_Rec_Agu	N	Cédula o Nit de la persona que hace uso del recurso Agua	
Cod_Pto_Vto	N	Código del Punto de Vertimiento donde van los lixiviados del proceso	
Cod_Pta_Tto_Ares	N	Código de la planta de tratamiento del agua residual generada	

Pistas Aterrizaje (P_Aterriza): Incluye los sitios donde se efectúa toda llegada y salida de sistemas de transporte aéreo, carga y descarga de personal, materias u objetos para ser transportados vía aérea. Puede contener los siguientes atributos:

Pistas Aterrizaje (P_Aterriza)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ P_Aterriza	N	Código de la pista de aterrizaje	
Nom_P_Aterriza	S	Nombre como se conoce la pista de aterrizaje	
Cod_Mpio	N	Código del Municipio donde se encuentra la pista de aterrizaje	
Nom_Mpio	S	Nombre del Municipio donde se encuentra el matadero de aterrizaje	
Cod_Emp_Priv	N	Código (Cédula o Nit) de la empresa privada dueña de la pista	
Nom_Emp_Priv	S	Nombre de la empresa privada dueña de la pista	
CordX_P_Aterriza	S	Coordenadas X Planas Btá de la pista de aterrizaje	
CordY_P_Aterriza	S	Coordenadas y Planas Btá de la pista de aterrizaje	
Toma_P_Aterriza	D	Fecha del día en que se georeferencia la pista	
Tipo_ P_Aterriza	S	Tipo de Pista de aterizaje	Aeropuerto, Helipueto, pista fumigación, etc
Vuelos_Diarios	N	Número de Vuelos despachados diariamente	

CALIDAD DEL RECURSO

Información sobre Calidad del Agua (Inf_Cal_Agua): Contiene la información correspondiente a la calidad del agua tomada en las estaciones hidrométricas por el monitoreo realizado de URRA – CVS.

Según el Decreto 1594 del 84 Disposiciones Sanitarias sobre el Agua se determinaron las siguientes calificaciones:

Turbidez (N.T.U)	
Rango	**Calificación según la Norma**
50-150	Alta Tratabilidad Sedimentable
150-300	Mediana Tratabilidad con Coagulante
300-700	Baja Tratabilidad con Coagulante
> 700	Muy Baja Tratabilidad con coagulante

PH (Und)	
Rango	**Calificación según la Norma**
0-4	Sustancia ácida
4-6	Agua con acidez moderada
6-8	Agua Estable Neutralidad
8-10	Agua con basicidad moderada
10-14	Sustancia Básica

Color (U C)	
Rango	**Calificación según la Norma**
5-45	Agua Sin Color
45-90	Agua Baja en Color
90-135	Agua Medianamente con color
135-175	Agua con color
> 175	Agua Coloreada

DBO (mg/Lt)	
Rango	**Calificación según la Norma**
0-1	Agua Limpia
1-3	Baja Contaminación
3-5	Moderada Contaminación
>5	Agua Contaminada

Fe (mg/lt)	
Rango	**Calificación según la Norma**
0-10	Apta (No produce coloración Roja)
10-15	Apta con tratamiento (Produce coloración roja)
>15	No apta para uso doméstico

OD (Oxigeno Disuelto) (mg/Lt)	
Rango	**Calificación según la Norma**
0-3	Baja Concentración
3-6	Apta Para uso Doméstico
6-8	Buena concentración de OD
8	100 % saturación
>8	Aireación por turbulencia y sobre saturación

Puede contener los siguientes atributos:

Información sobre Calidad del Agua (Inf_Cal_Agua)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Area_Est_Hidrom	N	Código asignado al área de la estación hidrométrica	
Nom_ Area_Est_Hidrom	S	Nombre de la estación hidrométrica a la que se le asocia los parámetros de calidad del agua	
Color_Max	N	Valor del color máximo encontrado en los registros	
Color_Min	N	Valor del color mínimo encontrado en los registros	
Color_Norma	S	Calificación de la Norma según valores Max y Min	SegúnTabla
PH_Max	N	Valor del pH máximo encontrado en los registros	
PH_Min	N	Valor del pH mínimo encontrado en los registros	
PH_Norma	S	Calificación de la Norma según valores Max y Min	SegúnTabla
Fe_Max	N	Valor del Fe máximo encontrado en los registros	
Fe_Min	N	Valor del Fe mínimo encontrado en los registros	
Fe_Norma	S	Calificación de la Norma según valores Max y Min	SegúnTabla
OD_Max	N	Valor del OD máximo encontrado en los registros	
OD_Min	N	Valor del OD mínimo encontrado en los registros	
OD_Norma	S	Calificación de la Norma según valores Max y Min	SegúnTabla
DBO_max	N	Valor del DBO máximo encontrado en los registros	
DBO_Min	N	Valor del DBO mínimo encontrado en los registros	
DBO_Norma	S	Calificación de la Norma según valores Max y Min	SegúnTabla

USUARIOS DE RECURSOS

Usuarios del Recurso Agua (Usu_Rec_Ag): Son todas las personas naturales o jurídicas que están haciendo uso del recurso ya sea para captar agua para diferentes usos o para desechar aguas residuales. Puede tener los siguientes atributos:

Usuarios del Recurso Agua (Usu_Rec_Ag)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_CA	N	Código del cuerpo de agua de la que se hace uso del recurso	Opcional
Cod_Subcca	N	Código de la subcuenca de la que se hace uso del recurso	Opcional
Cod_Cca	N	Código Cuenca de la que se hace uso del recurso	Opcional
Nom_Ca_Subcca_ Cca	S	Nombre del cuerpo de agua, de la subcuenca ó de la cuenca principal de la que se hace uso del recurso	
Cod_Usu_Rec_Ag	N	Cédula o Nit de la persona que hace uso del recurso	
Nom_ Usu_Rec_Ag	S	Nombre de la persona que hace uso del recurso	
Tipo_Pers_Rec_Ag	S	Caracterización de la persona que hace uso del rec	Natural/jurídica
Tipo_Usu_Rec_Ag	S	Tipo de uso que se realiza sobre el recurso	Doméstico, industrial, Agrícola, ganadero, Vertimiento, Prod Energía, Acuícola, Forestal
Q_Prom_Usado	N	Caudal promedio usado por persona (Lt/sg)	
Afec_Rec_Ag	S	Afectación ejercida sobre el Recurso Agua	Captación, Vertimiento, Contaminación

Usuarios del Recurso Suelo (Usu_Rec_Su): Son todas las personas naturales o jurídicas que está haciendo uso del recurso suelo ya sea para explotación, aprovechamiento y/o recuperación. Puede tener los siguientes atributos:

Usuarios del Recurso Suelo (Usu_Rec_Su)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la Cuenca de donde se encuentra el usuario	
Cod_Usu_Rec_Su	N	Cédula o Nit de la persona que hace uso del recurso suelo	
Nom_ Usu_Rec_Su	S	Nombre de la persona que hace uso del recurso	
Tipo_Pers_Rec_Su	S	Caracterización de la persona que hace uso del rec	Natural/jurídica
Tipo_Usu_Rec_Su	S	Tipo de uso que se realiza sobre el recurso	Explotación, Aprovechamiento y/o recuperación
Ha_Us_Rec_Su	N	Hectáreas usadas por el recurso suelo	
Afec_Rec_Su	S	Afectación ejercida sobre el Recurso suelo	Degradación, cambio de uso, Contaminación, Eliminación

Usuarios del Recurso Flora (Usu_Rec_Flor): Son todas las personas naturales o jurídicas que está haciendo uso del recurso Flora ya sea para explotación comercial, aprovechamiento natural y/o recuperación. Puede tener los siguientes atributos:

Usuarios del Recurso Flora (Usu_Rec_Flor)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca donde se encuentra el ecosistema	
Cod_Ecos	N	Código del ecosistema en la cuenca	
Nom_ecos	S	Nombre del ecosistema analizado	
Cod_Esp_Flor	N	Código de la especie de flora reportada	
Cod_Usu_Rec_Flor	N	Cédula o Nit de la persona que hace uso del recurso Flora	
Nom_ Usu_Rec_Flor	S	Nombre de la persona que hace uso del recurso	
Tipo_Pers_Rec_Flor	S	Caracterización de la persona que hace uso del rec	Natural/jurídica
Tipo_Usu_Rec_Flor	S	Tipo de uso que se realiza sobre el recurso Flora	Según Tabla Tipos de uso
Afec_Rec_Flor	S	Afectación ejercida sobre el Recurso Flora	Degradación, cambio de uso, Contaminación, Eliminación

TIPOS DE USO REALIZADOS SOBRE LA FLORA	
Conv	**Nombre**
Ma	Madera, maderable
Or	Ornato (ornamentación)
Al	Alimento
AlAv	Alimento Aves
AlFa	Alimento Fauna
Me	Medicina
AcEs	Aceites Esenciales
Tx	Tóxico

Mg	Mágico
Re	Religioso
Art	Artesanal
Con	Construcción
ProAg	Protector Fuentes de Agua
ReSu	Recuperador de suelos
In	Industrial
Ins	Insecticida
Lñ	Leña, combustible

Usuarios del Recurso Fauna (Usu_Rec_Fau): Son todas las personas naturales o jurídicas que está haciendo uso del recurso Fauna ya sea para explotación comercial, aprovechamiento natural y/o recuperación. Puede tener los siguientes atributos:

Usuarios del Recurso Fauna (Usu_Rec_Fau)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca donde se encuentra el ecosistema	
Cod_Ecos	N	Código del ecosistema en la cuenca	
Nom_ecos	S	Nombre del ecosistema analizado	
Cod_Esp_Fau	N	Código de la especie de fauna reportada	
Cod_Sist_Rec_ Fau	N	Código dado por el sistema del Usuario del rec faun	
Cod_Usu_Rec_ Fau	N	Cédula o Nit de la persona que hace uso del recurso fauna	
Nom_ Usu_Rec_ Fau	S	Nombre de la persona que hace uso del recurso	
Tipo_Pers_Rec_ Fau	S	Caracterización de la persona que hace uso del rec	Natural/jurídica
Tipo_Usu_Rec_ Fau	S	Tipo de uso que se realiza sobre el recurso fauna	Según Tabla Tipos de uso
	S	Afectación ejercida sobre el Recurso fauna	Degradación, cambio de uso, Contaminación, Eliminación

Empresa Prestadora de Servicios Públicos (Emp_Sp): Corresponde a todas aquellas empresas que prestan un servicio público a los municipios, tales como acueducto, alcantarillado, gas, teléfono y energía

Empresa Prestadora de Servicios Públicos (Emp_Sp)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Emp_Sp	N	Nit de la Empresa prestadora de servicios públicos ó cédula del representante legal	
Nom_Emp_Sp	S	Nombre de la Empresa prestadora de servicios públicos	
Tipo_Serv	S	Tipo de servicio que presta	

Empresa Privada (Emp_Priv): Corresponde a todas aquellas empresas diferentes a las de servicios públicos que se encuentran en los municipios y que prestan algún tipo de servicio.

Empresa Privada (Emp_Priv)

Atributo	TD	Nombre	Categorías
Cod_Emp_Priv	N	Nit de la Empresa ó cédula del representante legal	
Nom_Emp_Priv	S	Nombre de la Empresa	
Tipo_Serv	S	Tipo de servicio que presta	

ASPECTOS FISICOS

Dentro de los aspectos físicos se evalúa en conjunto el tema de geomorfología que trata la forma que posee la corteza terrestre y que se relaciona estrechamente con algunos factores formantes del suelo (clima, relieve, material parental, tiempo de formación del suelo) La geomorfología suministra especialmente datos de carácter práctico como condiciones de drenaje, peligro de erosión o derrumbamiento, etc. Está constituido por las unidades de gran paisaje, paisaje y subpaisaje

Este tema de geomorfología se presenta como un mapa conformado a partir de las unidades de subpaisaje y su base de datos se conforma adicionalmente por unidades de paisaje y gran paisaje

Geomorfología (Geom)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Geom	N	Código Geomorfología dominante	
Nom_Geom	S	Nombre de la unidad geomorfologica predominante	
Cod_ Subpais	N	Código del Subpaisaje	
Nom_Subpais	S	Nomenclatura del Subpaisaje	
Cod_ pais	N	Código de paisaje	
Nom_pais	S	Nomenclatura del paisaje	
Cod_ Gran_Granp	N	Código del Gran paisaje	
Nom_pais	S	Nomenclatura del paisaje	

Subpaisaje (Subpais): Ultima categoría del sistema de clasificación geomorfológica, correspondiente a una división del paisaje, establecida según posición dentro del mismo (cima, ladera, falda, dique natural, orillales, basin...), caracterizada por uno o más atributos morfométricos: forma y grado de pendiente; tipo de erosión; grado de disección y clase de condición de drenaje. (IGAC, 1998). Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Subpaisaje (Subpais)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca	
Cod_ Subpais	N	Código del Subpaisaje	
Nom_Subpais	S	Nomenclatura del Subpaisaje	
Area	N	Número de Hectáreas de la unidad de subpaisaje dibujada	

Paisaje (Pais): Porción tridimensional de la superficie terrestre resultante de una geogénesis específica, que puede describirse en términos de una misma

características mesoclimática morfológica, de material litológico y/o edad, dentro de la cual se espera alta homogeneidad pedológica y cobertura/ uso de la tierra similares, espinazo, estratovolcan, montaña ramificada, abanico terraza, plano de marea, etc (IGAC, 1998). Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Paisaje (Pais)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca	
Cod_ pais	N	Código de paisaje	
Nom_pais	S	Nomenclatura del paisaje	
Area	N	Número de Hectáreas de la unidad de paisaje dibujada	

Gran Paisaje (GranP): Gran porción de tierra constituida por asociación ó complejo de paisajes, con relaciones de parentesco geogenético, climático, litológico (grupos de rocas) y topográfico general. Las formas generales del mesorelieve han sido determinadas por procesos geomórficos endógenos ó exógenos definidos como plegamiento, volcanismo, denudación, disolución, depositación fluvial, marina, lacustre, etc. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Gran Paisaje (GranP)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca	
Cod_ Gran_Granp	N	Código del Gran paisaje	
Nom_Granp	S	Nomenclatura del Gran paisaje	
Area	N	Número de Hectáreas de la unidad de Granpaisaje dibujada	

Pendiente (Pend): Presenta información cuantitativa o cualitativa de la cuesta o declive de un terreno. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Pendiente (Pend)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca en estudio	
Cod_Pend	N	Código de la Pendiente	
Tipo_Pend	S	Tipo de la pendiente	Según Tabla Pendientes
Rango_Pend	S	Rango de la pendiente en porcentaje de inclinación	Según Tabla Pendientes

Tabla de Pendientes		
Nomenclatura	**Rango**	**Pendiente**
	0-3%	Plano a ligeramente Plano
	3-7%	Ligeramente inclinado a ligeramente ondulado
	7-12%	Moderadamente inclinado a ondulado
	12-25%	Fuertemente inclinado o fuertemente ondulado
	25-50%	Moderadamente escarpado o fuertemente quebrado
	50-75%	Escarpado
	> 75%	Muy Escarpado

Deslizamientos (Desliz): Representa los puntos donde se evidencian signos de movimientos en masa. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Deslizamientos (Desliz)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca en estudio	
Cod_Desliz	N	Código del punto de deslizamiento	
Coord_X_Desliz	S	Coordenadas X (longitud, mE) del Deslizamiento	
Coord_Y_Desliz	S	Coordenadas Y (Latitud, mN) de la estación	
Tipo_Desliz	S	Tipo de Deslizamiento	Según Tabla
SubT_Desliz	S	Subtipo de Deslizamiento	Según Tabla
Act_Desliz	S	Actividad del Deslizamiento	Según Tabla
Prof_Desliz	S	Profundidad del Deslizamiento	Según Tabla
Veg_Desliz	S	Vegetación presente en la zona del deslizamiento	Según Tabla
Esc_Desliz	S	Escarpe presente en la zona del deslizamiento	Según Tabla
Cod_pol_Desliz	S	Código asignado del deslizamiento de acuerdo a las características anteriores	Según Tabla

N	Tipo	SubTipo	Actividad	Profundidad	Vegetación	Escarpe
1	Slide	Rotacional	Estable	Superficial	Sin vegetación	Escarpe
2	Flowslide	Translacional	Durmiente	Profundo	Pequeña veget	Cuerpo
3	Flow	Complejo	Activo		Gran Vegetación	
4	Derrumbe					
5	Creep					

Determinación del Código asignado a diferentes polígonos que representan movimientos en masa (Cod_pol_Desliz):

Primer Dígito: Representa el Tipo
Segundo Dígito: Representa el Subtipo
Tercer Dígito: Representa la Actividad
Cuarto Dïgito: Representa la Profundidad
Quinto Dígito: Representa la vegetación
Sexto Dígito: Representa el Escarpe
Amenazas por Movimientos en Masa

Amenazas por Movimientos en Masa (Ame_Mov_Masa): Para la determinación de las amenazas por movimientos en masa presentes en la cuenca se determinó usar el método estadístico bivariado propuesto por Jose Luis Naranjo Henao[1]. Los cálculos están basados en el cruce entre el mapa de deslizamientos con cada uno de los mapas de los factores (geomorfológico, pendientes, uso del suelo, geología, climatológico), seguido por el cálculo de las densidades de los movimientos en masa en cada una de las clases de los diferentes mapas, y la determinación de valores de peso. La combinación de los valores de peso calculados para cada mapa produce un mapa de valores de peso, el que después

[1] Jose Luis Naranjo Henao: Profesor Programa Geología Universidad de Caldas

de clasificarlos en clases de susceptibilidad, produce el mapa final. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Amenazas por Movimientos en Masa (Ame_Mov_Masa)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Ame_Mov_Masa	N	Código de las Amenazas por Movimientos en Masa	
Cod_Geom	N	Código de la Unidad Geomorfológica	
Nom_Geom	S	Nombre de la unidad geomorfologica predominante	
Cod_Pend	N	Código de la Pendiente	
Tipo_Pend	N	Tipo de la Pendiente	
Cod_Desliz	N	Código del punto de deslizamiento	
Tipo_Desliz	S	Tipo de Deslizamiento	
Cod_Uso_Suel	N	Código del Tipo de Uso del Suelo	
Tipo_Uso_Suel	S	Tipo de Uso del suelo	
Cod_litol	N	Código de la litología	
Nom_litol	S	Nombre de la unidad litológica	
Cod_ZClima	N	Código de la Zona climática	
Nom_Z_Clima	S	Nombre de la zona climática	
Calif_Ame_Mov_Masa	S	Calificación de la amenaza por movimientos en masa	

Amenaza Sísmica (Ame_Sism): Es la probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico en una zona determinada teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Sismicidad Histórica y Sismicidad Instrumental
Factores generadores de sismos
Distribución de las estructuras

Amenaza Sísmica (Ame_Sism)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Ame_Sism	N	Código de las Amenazas por Movimientos en Masa	
Calif_Ame_Sism	S	Calificación dada a la amenaza sísmica	

Amenaza por Inundación (Ame_Inun): La probabilidad de que ocurra una inundación (efecto que se dan en áreas amplias y largos periodos de tiempo, se habla de inundación cuando el caudal de la corriente excede los niveles promedios de agua, es decir que sobrepasa su caudal natural. Las amenazas por inundación se determina a partir de la historia del río, conocimiento de los caudales, carga de sedimentos, cobertura vegetal, infraestructuras, periodos de retorno.)

Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Amenaza por Inundación (Ame_Inun)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Ame_Inun	N	Código de las Amenazas por Inundación	
Cod_Est_Hidrom	N	Código de la estación hidrométirca	
Nom_Est_Hidrom	S	Nombre de la estación hidrométrica	
Cod_Geom	N	Código de la Unidad Geomorfológica	
Nom_Geom	S	Nombre de la unidad geomorfologica predominante	

Inf_Caudal	S	Nivel máximo alcanzado en m.s.n.m por un caudal de retorno	
Clase_Ame_Inun	S	Clase de la amenaza por inundación	

Minas (Mina): yacimiento, formación o criadero de minerales o de materias fósiles, útil y aprovechable económicamente, ya se encuentre en el suelo ó el subsuelo. (Min Minas 2001) Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Minas (Mina)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca estudiada	
Cod_Mina	N	Código de la mina	
Nom_Mina	S	Nombre de la mina	
Coord_X_Mina	S	Coordenadas X (longitud, mE) de la mina	
Coord_Y_MIna	S	Coordenadas Y (Latitud, mN) de la mina	
Tipo_Expl_Min a	S	Tipo de Explotación de la Mina	Cielo Abierto, Subterráneo, fluvial
Sit_Leg_Mina	S	Situación Legal de la MIna	Con Licencia Ambiental, Otro Permiso, Sin Licencia
Toma_ Mina	D	Fecha del día en que se georeferencia la mina	
Material_e	S	Material de Explotación	
Tipo_explo	S	Tipo de Explotación	
Imp_agua	S	Importancia Ambiental del Agua	
Imp_suelo	S	Importancia Ambiental del Suelo	
Imp_paisa	S	Importancia Ambiental del Paisaje	
Imp_fauna	S	Importancia Ambiental de la fauna	
Usos	S	Usos	

Litologia (Litol):
Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Litologia (Litol)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la Cuenca en estudio	
Cod_litol	N	Código de la litología	
Nom_Litol	S	Nombre de la unidad litológica	
Area_Litol	S	Area en hectáreas de la unidad litológica	
Nom_Estr at	S	Nomenclatura estratigráfica	
Nom_Form	S	Nombre de la Formación o Unidad	
Tiemp_Geol	S	Tiempo Geológico	
Local_Tipo	S	Localidad Tipo	

Rasgos Geológicos Estructurales

Fallas (Falla):

Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Fallas (Falla)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca analizada	
Cod_Falla	N	Código de la falla	
Nom_Falla	S	Nombre de la falla	
Clase_Falla	S	Clase de la falla	Falla, Lineamiento
Tipo_Falla	S	Tipo de la falla	Normal, Inversa, Cabalgamiento, De rumbo sinextral, De rumbo dextral

Estructuras de Plegamiento (Est_pleg):

Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Estructuras de Plegamiento (Est_pleg)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca analizada	
Cod_Est_Pleg	N	Código de la estructura de plegamiento	
Clase_Est_Pleg	S	Clase de la estructura de plegamiento	Anticlinal, Sinclinal, Monoclinal

Contactos entre Unidades Estratigráficas (Cont_Est):

Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Contactos entre Unidades Estratigráficas (Cont_Est)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca analizada	
Cod_Cont_Est	N	Código del contacto estratigráfico	
Tipo_Cont_Est	S	Tipo del contacto estratigráfico	Definido, incierto Aproximado

Puntos de muestreo georeferenciados en la Cuenca (Pto_Geo):

Corresponde a todos los puntos muestreados durante el proyecto y que no se han contenido en otros temas. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Puntos de muestreo georeferenciados en la Cuenca (Pto_Geo)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca en estudio	
Cod_Ptos_Geo	N	Código del punto geológico	
Coord_X_ Pto_Geo	S	Coordenadas X (longitud, mE) del punto geológico	
Coord_Y_ Pto_Geo	S	Coordenadas Y (Latitud, mN) del punto geológico	
Tom_ Pto_Geo	D	Fecha de la toma del punto geológico	
Cob_ Pto_Geo	S	Cobertura observada en el punto muestreado	
Loc_Geog_Pto_Geo	S	Localización cartográfica ó nombre del sitio donde se georreferencia	
Obs_Pto_Geol	S	Observaciones del punto geológico	

Uso Actual del Suelo (Uso_Suel):
Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Uso Actual del Suelo (Uso_Suel)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Uso_Suel	N	Código del Tipo de Uso Actual del Suelo	
Nom_Uso_Suel	S	Nombre del Tipo de Uso Actual del suelo	
Area_Uso_Suel	N	Número de Hectáreas cubiertas	

ASPECTOS BIOLOGICOS

Cobertura de la tierra (Cob_Tier): Representa el tipo de cobertura que se presenta en la zona, los diferentes rangos que cubre la tierra tales como agua, bosques, otros tipos de vegetación, rocas desnudas, arenas, estructuras hechas por el hombre. Para el proyecto se ha determinado a partir de imágenes de satélite LANDSAT TM. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Cobertura de la Tierra (Cob_Tier)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cob_Tier	N	Código de la Cobertura Vegetal	
Gran_Grupo_Cob_Tier	S	Gran Grupo clasificado de la cobertura vegetal	
Grupo_ Cob_Tier	S	Grupo clasificado de la cobertura vegetal	
Sub_Grupo_ Cob_Tier	S	Sub Grupo clasificado de la cobertura vegetal	
Tipo_Cob_Tier	S	Tipo Clasificado de la cobertura vegetal	
Area_Cob_Vgtal_ Cob_Tier	N	Area de la cobertura vegetal en Hectáreas	
Sim_Cob_Tier	S	Símbolo de la cobertura vegetal	

Ecosistemas (Ecos): Es una unidad funcional materializada en un territorio que presenta una homogeneidad en sus condiciones biofísicas y antrópicas en una porción de espacio geográfico definido, que se visualiza en la confluencia de una asociación de clima, geoformas, sustratos, comunidades bióticas y usos antrópicos específicos (Etter 1997 en Humboldt, 1998).

Ecosistemas (Ecos)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca estudiada	
Cod_Ecos	N	Código del ecosistema en la cuenca	
Nom_Ecos	S	Nombre del Ecosistema	
Area_Ecos	N	Número de hectáreas por ecosistema	
Símb_Ecos	S	Símbolo simplificado del ecosistema	

Flora (Flor): Reúne la información que sobre flora se encuentra en la cuenca asociada a los ecosistemas determinados anteriormente. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Flora (Flor)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Esp_Flor	N	Código de la especie de flora reportada	
Nom_com_Esp_Flor	S	Nombre común de la especie de flora reportada	
Nom_cient_Esp_Flor	S	Nombre científico de la especie de flora reportada	
Fam_Esp_Flor	S	Familia a la que pertenece la especie de flora report	
Cod_mpio	N	Código del mpio donde se reporto la especie flora	
Fte_Reprt_Esp_Flor	S	Estudio Fuente del reporte de la especie flora	
Zon_rep_esp_flor	S	Zona del reporte de la especie Flora	
Cod_Usu_Rec_ Flor	N	Cédula o Nit de la persona que hace uso del recurso flora	
Est_Flor	S	Estatus de conservación de la especie flora	Extinto, Amenazado crítico, A en peligro, A vulnerable, Leve, sin datos

Fauna (Fau): Reúne la información que sobre fauna se encuentra en la cuenca asociada a los ecosistemas determinados anteriormente. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Fauna (Fau)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Nom_com_Esp_Fau	S	Nombre común de la especie de fauna reportada	
Nom_cient_Esp_Fau	S	Nombre científico de la especie de fauna reportada	
Fam_Esp_Fau	S	Familia a la que pertenece la especie de fauna report	
Cod_mpio	N	Código del mpio donde se reporto la especie fauna	
Fte_Reprt_Esp_Fau	S	Estudio Fuente del reporte de la especie fauna	
Cod_Usu_Rec_ Fau	N	Cédula o Nit de la persona que hace uso del recurso fauna	
Zon_rep_esp_flor	S	Zona del reporte de la especie Flora	
Est_Fau	S	Estatus de conservación de la especie Fauna	Extinto, Amenazado crítico, A en peligro, A vulnerable, Leve, sin datos
Abun_R_Fau	S	Abundancia relativa de la fauna	

Unidades Ecológicas del Paisaje (Un_Ecol_Pais): Es una unidad de características físicas y bióticas homogéneas de elementos apreciables a simple vista (fenosistemas) y de no identificables superficialmente (criptosistemas). Puede considerarse como una unidad de análisis, interpretación y evaluación que se determina dentro de un estudio de zonificación ecológica.

La zonificación ecológica es el proceso de sectorización de un área compleja en unidades homogéneas caracterizada con respecto a factores físicos, biológicos y socioeconómicos y su evaluación con relación a su uso potencial y uso sostenible para unos fines específicos. Se evalúan en función a las potencialidades y limitaciones con el propósito de determinar requerimientos de manejo y conservación la tolerancia a intervenciones del hombre.

Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Unidades Ecológicas del Paisaje (Un_Ecol_Pais)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Cca	N	Código de la cuenca analizada	
Cod_Un_Ecol_Pais	N	Código de la unidad ecológica del paisaje	
Cod_ZClima	N	Código de la zona climática	
Cod_Pend	N	Código de la pendiente	
Cod_Litol	N	Código de la litología	
Cod_Aso_Suel	N	Código de la asociación de los suelos	
Cod_cob_tier	N	Código de la cobertura de la tierra	
Cod_Uso_Suel	N	Código del uso de la tierra	
Cod_Geom	N	Código de la geomorfología	

Area Protegida (Area_Prot): Comprende las áreas que ambientalmente merecen manejo especial y que están determinadas dentro del Sistema de Parques nacionales naturales como PNN, Santuario de flora y fauna, área única, vía parque ó en diferentes leyes ambientales bajo diferentes categorías. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Area Protegida (Area_Prot)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Area_prot	N	Código del área protegida	
Nom_Area_prot	S	Nombre del área protegida	
Cat_Man_Area_prot	S	Categoría de manejo del área protegida	
Dec_Area_Prot	S	Decreto que constituye el área protegida	
Ext_Area_Prot	N	Extensión en Has del área protegida	

Area de interés ambiental (Area_Int_Amtal): Corresponde aquellas zonas consideradas por los municipios ó por estudios de interés ambiental, ya sea por su valor paisajistico, por contener especies de flora y fauna con importancia de conservación, por presentar amenazas ambientales, deterioros de suelo ó por ser de cuencas hidrográficas en ordenación ó reservas forestales.

Area de interés ambiental (Area_Int_Amtal)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Area_int_Amtal	N	Código del área protegida	
Nom_Area_int_Amtal	S	Nombre del área protegida	
Cat_Man_ Area_int_Amtal	S	Categoría de manejo propuesta para estudio de zonificación	*
Ext_Area_Prot	N	Extensión en Has del área protegida	

* Estas categorías de manejo serán las propuestas por el Proyecto POMCA Río Sinú para realizarse su delimitación y reglamentación bajo estudios posteriores y que podrán ser categorizadas como áreas naturales protegidas dentro del contexto se Sistema Regional de Áreas protegidas (SIRAPS).

Las categorías de manejo encontradas dentro de la normatividad ambiental colombiana son:

- Area de Reserva Forestal
  - Forestal Productora
  - Forestal Protectora
  - Forestal Protectora – Productora
- Reservas Faunísticas
  - Territorio Faunistico
  - Reserva de caza
  - Coto de caza
- Reservas de Pesca
  - Area especial de manejo integrado
  - Area de Reserva
- Areas de Manejo especial
  - Parque Nacional
  - Reserva Natural
  - Area Natural Única
  - Santuario de Flora
  - Santuario de Fauna
  - Vía Parque
  - Distrito de Manejo integrado
  - Distrito de conservación de suelos
- Parque Natural Regional
- Reserva Natural de la Sociedad Civil

Estación climatológica (Est_Climat): Instalación donde se recogen observaciones climatológicas ordinarias mediante aparatos de precisión y registradores. Puede contener los siguientes atributos:

Estación climatológica (Est_Climat)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Est_Climat	N	Código de la estación climatológica	
Coord_X_Est_Climat	S	Coordenadas X (longitud, mE) de la estación climatológica	
Coord_Y_Est_Climat	S	Coordenadas Y (Latitud, mN) de la estación climatológica	
Nomb_Est_Cimat	S	Nombre de la estación climatológica	
Cod_Mpio	N	Código DANE del Municipio donde está la estación climatológica	
Per_Est_Climat	S	Periodo de registro (años) de la estación climatológica	
Fec_Est_Climat	D	Fecha de instalación de la estación climatológica	
Fec_Sus_Est_Climat	D	Fecha de suspensión de la estación climatológica	
Prec_Est_Climat	N	Profundidad de la precipitación Media mensual (mm) de la estación climatológica	
Temp_Est_Climat	N	Temperatura en la estación climatológica Media mensual ºC	
HR_Est_Climat	N	Humedad Relativa en la estación climatológica Media mensual (%)	
Tipo_Est_Climat	S	Tipo de la estación analizada	Climatológica, pluviométrica
ETP_Est_Climat	N	Evapotranspiración en la estación climatológica Media mensual (mm)	
BS_Est_Climat	N	Brillo solar en la estación climatológica Media mensual (Horas)	
Deficit		Deficit de agua en cada estación (resultado del Balance Hídrico)	
Exceso		gua en cada estación (resultado del Balance Hídrico)	
ia		Indice de aridez	
ih		Indice de humedad	
1ra_letra		1a Letra de la clacificación según Thornthwaite	
2da_letra		2da Letra de la clacificación según Thornthwaite	
3ra_letra		Dada por el carácter termico, expresada en la evapotranspiración potencial, y se calcula en función de la temperatura media mensual	
Isoterma		Indica las estaciones que se utilizaron para el calculo de las Isotermas	
Isoyeta		Indica las estaciones que se utilizaron para el calculo de las Isoyetas	
Bal_hidri		Indica las estaciones que se utilizaron para el calculo del Balance Hidrico	
Est_etp		Indica las estaciones que se utilizaron para el calculo de la ETP	
Fuente		Muestra de donde se tomó información para los calculos respectivos	

Isoyetas (Isoy): Líneas representativas de sitios de igual precipitación media multianual determinadas a partir de los datos medidos en las estaciones climatológicas y pluviometricas. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Isoyetas (Isoy)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Isoy	N	Código de la Isoyeta	
Val_Isoy	S	Valor de la isoyeta	

Precipitación en el área (Prec_Area): Es el área correspondiente a zonas con precipitación media multianual entre isoyetas.

Precipitación en el área (Prec_Area)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Prec_Area	N	Código asignado al área de precipitación	
Val_Isoy	S	Valor de la isoyeta asociada al área	
Area	N	Número de Hectáreas ocupadas	

Isotermas (Isot): Líneas representativas de sitios de igual temperatura media multianual determinadas a partir de los datos medidos en las estaciones climatológicas y pluviometricas. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Isotermas (Isot)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Isot	N	Código de la Isoterma	
Valor_Isot	S	Valor de la isoterma	

Temperatura en el área (Temp_Area): Es el área correspondiente a zonas con temperatura media multianual de similar valor entre isotermas.

Temperatura en el área (Temp_Area)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Temp_Area	N	Código asignado a la temperatura en el área	
Val_Isot	S	Valor de la isoterma asociada al área	
Area	N	Número de Hectáreas ocupadas	

Iso índice Hídrico (IsoH): Líneas representativas de sitios de igual índice hídrico (relación entre la precipitación, el exceso ó déficit de agua en el suelo y la evapotranspiración, determinados mediante la metodología de Thornthwaite). Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Iso índice Hídrico (IsoH)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_IsoH	N	Código del Iso índice Hídrico	
Valor_IsoH	S	Valor del Iso índice Hídrico	

Iso Relación de Evapotranspiración (IsoETP): líneas representativas de sitios con igual relación de precipitación y evapotranspiración. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Iso Relación Evapotranspiración (IsoETP)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_IsoETP	N	Código de la Iso Relación de Evapotranspiración	
Valor_IsoETP	N	Valor de la Iso relación de evapotranspiración	

Relación de Evapotranspiración en el área (ETP_Area): líneas representativas de sitios con igual relación de precipitación y evapotranspiración. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Relación de Evapotranspiración en el área (ETP_Area)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ETP_Area	N	Código de la relación de Evapotranspiración en el área	
Valor_IsoETP	N	Valor de la Iso relación de evapotranspiración asociada al área	

Piso Térmico (Pterm): Corresponde a una zona cuya temperatura media se encuentra en un rango determinado. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Piso Térmico (Pterm)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Pterm	N	Código del piso térmico	
Nom_Pterm	S	Nombre del piso térmico	
Rango_Temp	S	Rango de temperaturas del piso térmico	

Zonas Climáticas (Zclima): Zonas a las que corresponde igual valor de índice hídrico. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Zonas Climáticas (Zclima)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_ZClima	N	Código de la Zona climática	
Símb_IsoH	S	Símbolo de la zona climática	
Tipo_Clima	S	Tipo de clima	

ZONAS CLIMATICAS		
Indice Hídrico	**Símbolo**	**Tipo Climático**
110,1y más	A	Super Húmedo
80.1 a 100	B4	Muy Húmedo
60.1 a 80.0	B3	Húmedo
40.1 a 60.0	B2	Moderadam ente Húmedo
20.1 a 40.0	C2	Semi húmedo
-20.0 a 0.0	C1	Semiseco
-40.0 a –20.1	D	Semiárido
-60.0 a –40.1	E	Árido

Zonas de Vida (Z_Vida): Unidad Climática natural en que se agrupan diferentes asociaciones correspondientes a determinados ámbitos de Temperatura, precipitación y humedad, calificados de acuerdo a los parámetros establecidos en la metodología de Holdridge

Zonas de Vida (Z_Vida)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Z_Vida	N	Código de la Zona de Vida	
Nom_Z_Vida	S	Nombre de la Zona de Vida	

Estación Hidrométrica (Est_Hidro): Instalación donde se capturan datos relacionados a los caudales generados por un cuerpo de Agua. Esta entidad puede contener los siguientes atributos:

Estación Hidrométrica (Est_Hidro)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Est_Hidro	N	Código de la estación hidrométrica	
Coord_X_Est_ Hidro	S	Coordenadas X (longitud, mE) de la estación hidrométrica	
Coord_Y_Est_ Hidro	S	Coordenadas Y (Latitud, mN) de la estación hidrométrica	
Nomb_Est_ Hidro	S	Nombre de la estación hidrométrica	
Cod_SubCca	N	Código de la Subcca de influencia en la estación	
Cod_CA	N	Código del cuerpo de influencia en la estación	
Nomb_SubCca_CA	S	Nombre de la subcuenca o del cuerpo de agua analizado	
Per_Est_ Hidro	S	Periodo de registro (años) de la estación hidrométrica	
Fec_Est_ Hidro	D	Fecha de instalación de la estación hidrométrica	
Fec_Sus_Est_Hidro	D	Fecha de suspensión de la estación hidrométrica	
Qmm_Est_Hidro	N	Caudal medio mensual reportado en la estación hidrométrica (m^3/sg)	
Q_Desb	N	Caudal de desborde (m^3/sg)	
Rend_Est_Hidro	N	Rendimiento de la cuenca definida hasta la estación ($lt/sg/km^2$)	

Información sobre caudales (Inf_Caudal): corresponde a la información asociada a caudales tomados en las estaciones hidrometricas. Esta entidad puede contener los siguientes atributos

Información sobre caudales (Inf_Caudal)			
Atributo	**TD**	**Nombre**	**Categorías**
Cod_Est_Hidro	N	Código de la estación hidrométrica	
Nomb_Est_ Hidro	S	Nombre de la estación hidrométrica	
Cod_SubCca	N	Código de la Subcca de influencia en la estación	
Cod_CA	N	Código del cuerpo de influencia en la estación	
Nomb_SubCca_CA	S	Nombre de la subcuenca o del cuerpo de agua analizado	
Qmm_Est_Hidro	N	Caudal medio mensual reportado en la estación hidrométrica (m^3/sg)	
Q_Desb	N	Caudal de desborde (m^3/sg)	
Rend_Est_Hidro	N	Rendimiento de la cuenca definida hasta la estación ($lt/sg/km^2$)	

A continuación se presenta la relación del profesional a cargo de complementar la base de datos correspondiente y a contribuir con la implementación dentro del sistema de cada tema:

Tabla 3. Relación de Control Bases de Datos

Nombre Archivo	Ubicación	Encargado
Cuenca (Cca)	Generalidades / Sinu	Luisa Pinzón
Subcuenca (SubCca)	Generalidades / Sinu	Luisa Pinzón
Cuerpos de Agua (CA)	Generalidades / Sinu	Luisa Pinzón
Sectorización de la cuenca (Sect_Cca)	Generalidades / Sinu	Luisa Pinzón
Municipio (Mpio)	Generalidades / Cordoba	Luisa Pinzón
Información Educativa del Municipio (Inf_Educ_Mpio)	Diagnostico/ Socioeconómico/educación	Carlos Negrete
Información sobre salud del Municipio (Inf_sal_Mpio)	Diagnostico/ Socioeconómico/Salud y recreación	Carlos Negrete
Información sobre Demografía del Municipio (Inf_Dem_Mpio)	Diagnostico/ Socioeconómico/demografía	Carlos Negrete
Información sobre Indicadores Sociales del Municipio (Inf_IndSoc_Mpio)	Diagnostico/ Socioeconómico	Carlos Negrete
Información sobre Municipios Generadores Y Receptores de Desplazados (Inf_Desp_Mpio)	Diagnostico/ Socioeconómico/desplazados	Carlos Negrete
Información sobre Recreación y Deporte del Municipio (Inf_Recrea_Mpio)	Diagnostico/ Socioeconómico/salud y recreación	Carlos Negrete
Información sobre Organización y Participación Comunitaria del Municipio (Inf_Comun_Mpio)	Diagnostico/ Socioeconómico/ONG	Carlos Negrete
Información sobre Coberturas e infraestructuras del Municipio (Inf_CobInf_Mpio)	Diagnostico/ Infraestructuras	Carlos Negrete
Captaciones de Agua Superficiales (Capt_Sup)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez
Captaciones de Agua Subterráneas (Cod_Capt_ASub)	Diagnostico/ Infraestructuras	Luisa Pinzón
Cobertura Acueducto (Cob_Acued)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez
Planta de Tratamiento de Agua Potable (Pta_Ap)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez
Cobertura de Alcantarillado (Cob_Alcant)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez
Sistema de Tratamiento de Agua Residual (Sist_Tto_Res)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez
Cobertura Sistema de Recolección de Residuos Sólidos (Sist_Rec_Res)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgar do Pérez
Sistema de Disposición Final de Residuos Sólidos (Sist_Res_Sol)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez
Punto de Vertimiento de Aguas Residuales (Pto_Vto_Ares)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez
Cobertura Sistema de Distribución de Gas Domiciliario (Sist_Gas)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez
Cobertura del Sistema de Distribución Energía (Sist_energ)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez
Matadero (Matadero)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez
Pistas Aterrizaje (P_Aterriza)	Diagnostico/ Infraestructuras	Edgardo Pérez

Nombre Archivo	Ubicación	Encargado
Usuarios del Recurso Agua (Usu_Rec_Ag)	Diagnostico/ Hidrografía / demanda hídrica	Todos
Usuarios del Recurso Suelo (Usu_Rec_Su)	Diagnostico/ características físicas/suelos	Todos
Usuarios del Recurso Flora (Usu_Rec_Flor)	Diagnostico/ características bióticas/flora	Todos
Usuarios del Recurso Fauna (Usu_Rec_Fau)	Diagnostico/ características bióticas/fauna	Todos
Empresa Prestadora de Servicios Públicos (Emp_Sp)	Diagnostico/ Socioeconómico/empresas	Edgardo Pérez
Empresa Privada (Emp_Priv)	Diagnostico/ Socioeconómico/empresas	Edgardo Pérez
Geomorfología (Geom)	Diagnostico/ características físicas/geomorfologia	Carlos Torres
Subpaisaje (Subpais)	Diagnostico/ características físicas/geomorfologia	Carlos Torres
Paisaje (Pais)	Diagnostico/ características físicas/geomorfologia	Carlos Torres
Gran Paisaje (GranP)	Diagnostico/ características físicas/geomorfologia	Carlos Torres
Pendiente (Pend)	Diagnostico/ características físicas/geomorfologia	Carlos Torres– Marcela Reyes
Deslizamientos (Desliz)	Diagnostico/ características físicas/geomorfologia	Carlos Torres– Marcela Reyes
Amenazas por Movimientos en Masa (Ame_Mov_Masa)	Diagnostico/ características físicas/Amenazas	Carlos Torres– Marcela Reyes
Amenaza Sísmica (Ame_Sism)	Diagnostico/ características físicas/Amenazas	Carlos Torres– Marcela Reyes
Amenaza por Inundación (Ame_Inun)	Diagnostico/ características físicas/Amenazas	Carlos Torres– Marcela Reyes
Minas (Mina)	Diagnostico/socioeconómico/producción-Extrac	Marcela Reyes
Litologia (Litol)	Diagnostico/ características físicas/geologia	Edgar Bueno
Fallas (Falla)	Diagnostico/ características físicas/geologia	Edgar Bueno
Estructuras de Plegamiento (Est_pleg)	Diagnostico/ características físicas/geologia	Edgar Bueno
Contactos entre Unidades Estratigráficas (Cont_Est)	Diagnostico/ características físicas/geologia	Edgar Bueno
Puntos de muestreo georeferenciados en la Cuenca (Pto_Geo)	Diagnostico/ Generalidades / Sinú	Todos
Uso Actual del Suelo (Uso_Suel)	Diagnostico/ características físicas/suelo	Geospatial
Cobertura de la Tierra (Cob_Tier)	Diagnostico/ características bióticas/cobertura	Geospatial
Ecosistemas (Ecos)	Diagnostico/ características bióticas/ecosistemas	Jose Castañeda
Flora (Flor)	Diagnostico/ características bióticas/flora	Jose Castañeda
Fauna (Fau)	Diagnostico/ características bióticas/fauna	Jose Castañeda
Unidades Ecológicas del Paisaje (Un_Ecol_Pais)	Diagnostico/ características bióticas	Todos
Area Protegida (Area_Prot)	Diagnostico/ características bióticas	Jose Castañeda
Area de interés ambiental (Area_Int_Amtal)	Diagnostico/ características bióticas	Jose Castañeda
Estación climatológica (Est_Climat)	Diagnostico/ características físicas / climatología	Mauricio C – Jorge I
Isoyetas (Isoy)	Diagnostico/ características físicas / climatología	Mauricio C – Jorge I
Precipitación en el área (Prec_Area)	Diagnostico/ características físicas / climatología	Mauricio C – Jorge I
Isotermas (Isot)	Diagnostico/ características físicas / climatología	Mauricio C – Jorge I
Temperatura en el área (Temp_Area)	Diagnostico/ características físicas /	Mauricio C – Jorge

Nombre Archivo	Ubicación	Encargado
Iso índice Hídrico (IsoH)	Diagnostico/ características físicas / climatología	Mauricio C – Jorge I
Iso Relación Evapotranspiración (IsoETP)	Diagnostico/ características físicas / climatología	Mauricio C – Jorge I
Relación de Evapotranspiración en el área (ETP_Area)	Diagnostico/ características físicas / climatología	Mauricio C – Jorge I
Piso Térmico (Pterm)	Diagnostico/ características físicas / climatología	Mauricio C – Jorge I
Zonas Climáticas (Zclima)	Diagnostico/ características físicas / climatología	Mauricio C – Jorge I
Zonas de Vida (Z_Vida)	Diagnostico/ características físicas / Hidrología	Mauricio C – Jorge I
Estación Hidrométrica (Est_Hidro)	Diagnostico/ características físicas / Hidrología	Mauricio C – Jorge I
Información sobre caudales (Inf_Caudal)	Diagnostico/ características físicas / Hidrología	Mauricio C – Jorge I

2.7 Desarrollo y Montaje del SIGPOMCA

El montaje del SIGPOMCA está enfocado para ingresar la información bajo los estándares y entidades anteriormente establecidas permitiendo así generar procesos de consulta y de operaciones entre los temáticos creados.

El sistema permite generar los siguientes tipos de operaciones:

- Disolver: Unifica elementos de un tema a partir de un atributo específico y desaparece los límites físicos entre ellos.
- Merge: Realiza unión entre dos temas a través de los limites geográficos
- Clip: Realiza cortes entre temas de acuerdo a la selección realizada
- Intersect: Realiza intersecciones entre dos temas por el atributo seleccionado generando una nueva tabla que une los dos temas interceptados.
- Union: Realiza uniones entre dos temas de forma completa
- Asign by join: Realiza conexiones virtuales entre bases de datos por un mismo atributo
- Selección y localización por dibujos y entre entidades: Esta herramienta permite seleccionar todos los atributos que se encuentran ó interceptan dentro de un área seleccionada. También se puede realizar para un número de metros en circulo ó realizar bufers (áreas contiguas a una línea, punto ó polígono).

Sobre las tablas ó bases de datos generadas se pueden realizar todas las consultas posibles que respondan a la información ingresadas ya sean simples ó complejas y también se pueden hacer múltiples operaciones entre los valores de sus columnas.

Al sistema pueden acceder especialmente tres tipos de Usuarios:

- Usuarios Normales: Son todas aquellas personas que sin tener conocimiento de la herramienta la consultan mediante un aplicativo específico ó mediante Internet. Estos usuarios tienen acceso restringido a la información contenida en el sistema y no pueden realizar ningún aporte directo sobre la información presentada.

- Usuarios especializados: Estos usuarios pueden acceder de forma directa a la herramienta y pueden realizar aportes a los temas ingresados bajo niveles de seguridad de la información. Este tipo de usuario ha tenido una capacitación anterior sobre el manejo e importancia de los SIG y estará comprometido a no realizar ninguna operación que desfavorezca los temas ingresados.

- Programadores y Especialistas Avanzados: Este tipo de usuario accede al sistema para realizar programación avanzada sobre aplicativos que permitan la interacción con el publico en general. Tienen todo el acceso disponible a la información y también permite el montaje bajo plataformas de Internet. También realiza las actualizaciones de información y consultas especializadas.

2.7.1 Consultas Al Sistema

Algunas de las consultas generales que se pueden realizar en el sistema son:

- Ubicación de coordenadas en puntos específicos
- Determinación de áreas y perímetros para polígonos trazados
- Longitudes entre dos puntos
- Ubicación espacial de municipios, centros poblados, canteras, areneras, subcuencas, cuerpos de agua, estaciones hidrométricas y climatológicas, Asociaciones de pescadores, Áreas de interés ambiental, infraestructuras y pozos subterráneos.
- Area, Ubicación, Extensión y características de unidades geomorfológicas, geológicas, de cobertura y uso actual, de pisos térmicos, zonas de vida, pendientes, aptitud del suelo
- A nivel municipal información sobre calidad de agua, desplazados, salud, coberturas de servicios, densidad, indicadores sociales, producción y ONG

Se pueden llegar a detallar muchas consultas observando los atributos que contiene cada entidad e imaginándose operaciones entre los temas ingresados.

2.7.2 Implementación bajo ArcView 3.2 y 8.3

Todos las entidades mencionadas durante el diseño fueron ingresadas bajo Arcview 3 en un proyecto denominado SIGAMBIENTAl y categorizado por ejes

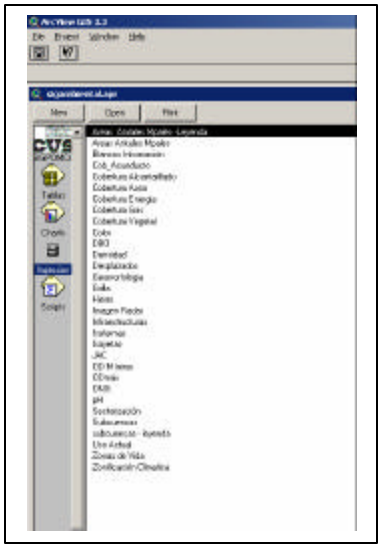
temáticos. Las impresiones (Layouts) también fueron montados en este proyecto y la estandarización de colores por tema fueron guardadas como archivos avl.

Todos los temas antes mencionados se desarrollaron como .shp de diferentes tipos como líneas, puntos y polígonos. Estos temas guardan correspondencia entre ellos, especialmente los de tipo polígono que corresponden a los temáticos de cobertura, suelos y geología que fueron digitalizados por Geospatial y los de geomorfología, unidades ecológicas del paisaje, conflictos, zonificación ambiental, ecosistemas, áreas aferentes a estaciones, isoyetas e istotermas que fueron digitalizados en pantalla, además de todas los ajustes digitales realizados a los temas entregados por Geospatial.

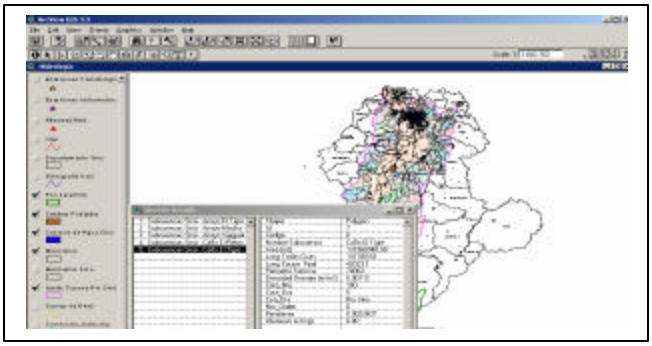
A continuación se presentan algunas de las implementaciones realizadas y las visualizaciones del sistema:



Ventana Principal de los Temas que Conforman el Proyecto



Ventana de las Listas de Impresiones



Vista del Tema de Hidrología y Consulta

Grafico 29. Ejemplo Implementación ArcView 3.2

En cuanto a la implementación bajo plataforma de Arcview 8.3 se realizó el montaje integral del proyecto, desde donde se podrán consultar los temas "DATA FRAME", los metadatos asociados y se estructuraron los ploteos bajo formato PDF.

2.7.3 Pruebas y Resultados

Este proceso inició casi al tiempo con el diseño, hasta tener un sistema estructurado con información escala 1:100.000; sin embargo este proceso de pruebas y resultados debe continuar debido a que los temas generados deben ser enriquecidos con estudios de mayor de detalle en algunos aspectos de la línea base ambiental del proyecto.

2.8 Conclusiones y Recomendaciones

- El Sistema de Información Geográfico del Proyecto POMCA es una herramienta eficaz y útil en el momento de toma de decisiones, debido a que contiene de forma organizada y estructurada todas las áreas temáticas que incorporó el estudio, además de las herramientas propias de un SIG que facilitan la consulta y cruce de información.

- Resulta importante mencionar que este es el primer estudio donde se aborda integralmente la cuenca y dicho logró proviene del uso de software, hardware e información actualizada que mediante un procesamiento permitió trabajar áreas antes nunca estudiadas desde el punto de vista geográfico.

- El proyecto POMCA mediante la estructuración de la información básica y temática del departamento en formato digital se convierte en un insumo fundamental para la implementación del Sistema de Información Ambiental Regional, teniendo en cuenta el nivel de detalle, la actualización de la información, el gran número de componentes temáticos analizados, entre otros aspectos.

- Las imágenes de satélite Landsat adquiridas durante el desarrollo del proyecto dieron inicio al banco de sensores remotos de la Corporación, el cual ha sido desarrollado a partir de este proyecto y permite el desarrollo de otro tipo de estudios y/o análisis en zonas específicas con un mayor nivel de detalle.

- La zona alta de las cuencas hidrográficas de los ríos Sinú y San Jorge presenta áreas con blancos de información por la continua presencia de nubes, sin embargo el proyecto generó cartografía básica mediante un modelo de interpolación de curvas de nivel utilizando para ello el Grid de Radar y la interpretación de la red de drenaje obtenida del procesamiento de las imágenes satélite. Esta información fue determinante para la elaboración de los planos temáticos de geología, geomorfología, cuencas y amenazas entre otros.

- Para complementar la cartografía 1:25000, la opción más conveniente es la realización de sobre vuelos para toma de fotografías aéreas, el proceso de foto lectura y la digitalización de tal información. Por otra parte se puede generar la información a partir del procesamiento de un par estereoscopico de imágenes de radar. Sin embargo, es recomendable hacerlo en coordinación con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi para que tal información cumpla con los requerimientos de ley.

- A nivel del Sistema de Información Geográfico de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos San Jorge y Canalete se sugiere continuar con el modelo planteado dentro del proyecto del Río Sinú, teniendo en cuenta desde su fase de inicio las bases de datos generadas, además de su complementación con otros atributos adicionales.

- El SIG es una herramienta interactiva que permite el desarrollo de múltiples consultas básicas ó compuestas pero que requiere de un conocimiento previo del manejo básico de software (salvo implementaciones específicas) y de conocer los temas que le han sido ingresados, por ello es necesario que los usuarios reciban capacitaciones sobre la importancia del manejo del SIG en la organización de información y sobre las herramientas que este contiene.

- Para el caso del proyecto, el SIG permite hacer múltiples consultas y múltiples análisis, utilizando para ello las herramientas del sistema, tanto en aspectos bióticos y físicos como sociales y de infraestructura. De igual manera permite realizar planeación ambiental a partir de la zonificación ecológica y la zonificación ambiental, labores que involucran el estudio de las políticas nacionales y corporativas o su redireccionamiento.

Cap. 3 Caracterización fisico-biotica

Capitulo 9. DIAGNOSTICO MINERO PRELIMINAR DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO SINU

TABLA DE CONTENIDO

3 CARACTERIZACION FISICO BIOTICA 6

3.1 CLIMATOLOGIA 7
3.1.1 Estudios Anteriores 7
3.1.2 Caracterización de los Parámetros Hidroclimatológicos 7
3.1.3 Zonificación Climática 11
3.1.4 Zonas de Vida de Holdridge 25
3.2 GEOLOGIA 38
3.2.1 Estudios Geológicos Anteriores 38
3.2.2 Geología regional: 40
3.2.3 Geologia local de la cuenca hidrografica del rio sinú 48
3.2.4 Geologia estructural 63
3.2.5 Geología histórica 71
3.2.6 Conclusiones 79
3.2.7 Bibliografía 82
3.3 GEOMORFOLOGIA 88
3.3.1 Objetivo General 90
3.3.2 Materiales y Metodos 90
3.3.3 Descripcion de las unidades geomorfologicas de la cuenca hidrografica del rio sinu 92
3.4 COBERTURA DE LA TIERRA 134
3.4.1 Metodologia 136
3.4.2 Descripcion de los usos de la tierra existentes en la cuenca hidrografica del rio sinu 159
3.4.3 Conclusiones 167
3.5 CARACTERIZACION DE LOS SUELOS DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO SINU 169
3.5.1 Introducciön 169
3.5.2 Metodologia 170
3.5.3 Descripcion de los suelos 172
3.5.4 Conclusiones 240
3.6 USO POTENCIAL DEL SUELO 242
3.6.1 Introducción 242
3.6.2 Estudios anteriores 242
3.6.3 Metodología de trabajo 243
3.6.4 Consideraciones generales aplicadas en el proyecto 244
3.6.5 Determinación de los grupos de uso y manejo 246
3.6.6 Conclusiones 267
3.6.7 Recomendaciones 268

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Estaciones climatológicas empleadas en el cálculo de la ETP. 12
Tabla No. 2 Factor de corrección para la ETP estándar con base en la latitud y el mes de año. 14
Tabla No. 3 Índice de humedad para definir los tipos principales de clima 19
Tabla No. 4 Índice de aridez para definir los subtipos climáticos 20
Tabla No. 5 Índice de humedad para definir los subtipos climáticos 20
Tabla No. 6 Índice de eficiencia termal para definir la tercera letra del tipo climático. 20
Tabla No. 7 Concentración estival para definir la cuarta letra del tipo climático. 21
Tabla No. 8 Estaciones climatológicas y pluviométricas empleadas para el cálculo del balance hídrico y para la zonificación climática 22
Tabla No. 9 Estaciones climatológicas empleadas para la elaboración de las curvas isotermas 27
Tabla No. 10 Pisos Térmicos y rangos de temperatura asociados 30
Tabla No. 11 Estaciones climatológicas y pluviométricas empleadas para la elaboración de las curvas isoyetas. 31
Tabla No. 12 Unidades Estratigráficas 41
Tabla No. 13. Imágenes de Satélite utilizadas para interpretación geomorfológicas de la cuenca hidrográfica del río Sinú. 90
Tabla No. 14. Fotografías áreas empleadas para la fotointerpretación de la unidades geomorfológicas de la cuenca del río Sinú. 91
Tabla No. 15. Unidades geomorfológicas de la cuenca hidrográfica del río Sinú cartografiadas a escala 1:100000 93
Tabla No. 16. Clasificación de las geoformas aluviales de la cuenca hidrográfica del río Sinú. 97
Tabla No. 17. Clasificación de las geoformas fluvio – lacustres de la cuenca hidrográfica del río Sinú. 103
Tabla No. 18 Clasificación de las geoformas marinas de la cuenca hidrográfica del río Sinú 106
Tabla No. 19 Clasificación de las geoformas colinadas estructurales denudativas de la cuenca hidrográfica del río Sinú. 112
Tabla No.20 Clasificación de la unidades geoformas colinadas de origen denudativo de la cuenca hidrográfica del río Sinú. 118
Tabla No. 21 Geoformas de montaña estructural – denudativo presentes en la cuenca hidrográfica del río Sinú. 126
Tabla No. 22 Geoformas de montañas denudativas de la cuenca alta del río Sinú. 130
Tabla No. 23 Cobertura y Uso de la Tierra en la Cuenca del Río Sinú Departamento de Córdoba y Antioquia 141
Tabla No. 24 Cobertura de la tierra para la cuenca hidrográfica del río Sinú departamento de Córdoba y Antioquia. 147

Tabla No. 25 Uso Actual de la Tierra en la Cuenca Hidrográfica del río Sinú.....160
Tabla No 26 Caracteristicas de cada grupo de Uso, Manejo y Aptitud 253
Tabla No. 27 Unidades de Suelo que Posee la Cuenca Hidrografica del río Sinú Dentro del Parque 266

INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 Régimen unimodal de precipitación en la cuenca del río Sinú. 9
Figura No. 2 Esquema para determinar la Fracción volumétrica de agua aprovechable en función de la textura del suelo.....17
Figura No. 3 Esquema de clasificación de Zonas de Vida de Holdridge.....26
Figura No. 4 Proceso de transformación de iso-líneas en polígonos con igual valor del parámetro considerado 29
Figura No. 5 Ejemplo de superposición de mapas temáticos en ArcView. 35
Figura No. 6 Ejemplo de la utilización del comando 'Dissolve' en ArcView. 36
Figura 7. Columna generalizada de la cuenca del Urabá. Tomada del INGEOMINAS, 2001 47
Figura 8. Columna estratigráfica generalizada del anticlinorio de San Jerónimo, tomado del INGEOMINAS, 2001.....59
Figura 9. Columna generalizada de la cuenca hidrográfica del Río Sinú. tomado del INGEOMINAS, 2001.....62
Figura No.10 Sección durante el Cretáceo Superior. (Fuente: GEOTEC, 2003).....71
Figura No. 11. Sección durante el Paleoceno – Eoceno temprano. 73
Figura No.12. Sección durante el Oligoceno. (Fuente:GEOTEC, 2003) 75
Figura No.13 Sección durante el Plioceno - Pleistoceno. (Fuente:GEOTEC, 2003).....77
Figura No. 14. Combinación imágenes de Satélite Landsat. Obsérvese la distribución de las diferente geoformas asociadas a la actividad fluvial del río Sinú en la parte baja de la cuenca. Sector de San Bernardo del viento 97
Figura No. 15. Vista en planta y sección transversal A – B de un meandro en el sector de San Bernardo del Viento 98
Figura No. 16. Sección transversal profunda a través de una llanura de desborde 100
Figura No. 17. Basin ubicado en la margen oriental del río Sinu, en el sector de Lorica...102
Figura No. 18. Geoformas asociadas a la actividad fluvio – lacustre del río Sinú en la cuenca media. Imagen de satélite Landsat. Combinación de bandas 4, 5 y 7.....104
Figura No. 19 Fotografía aérea de la cuenca media del río Sinú, sector de Lorica. Obsérvese las diferentes geoformas asociadas a la dinámica fluvio – lacustre 105
Figura No. 20 Espiga Mestizos. Paleodesembocadura del río Sinú. Nótese la distribución de las geoformas asociadas a la antigua actividad deltáica y a los actuales procesos marinos.....107
Figura No.21 Geoformas asociadas a la actividad deltáica actual del río Sinú. Obsérvese la posición de los diferentes elementos arquitectónicos. Imagen de satélite Landsat, combinación de las bandas 4,5 y 7. 109
Figura No. 22 Región noroccidental de la cuenca hidrográfica del río Sinu, cerca al delta de Tinajones. Detállese la distribución de las antiguas y recientes barras de arena paralelo a la línea de costa.....111

Figura No. 23 Geoformas presentes cerca al casco urbano del municipio de Cienaga de Oro, obsérvese la orientación de las crestas de las colinas denudativas estructurales allí presentes. 114
Figura No. 24 Colinas ramificadas con laderas cóncavo convexas. Municipio de Sahagun 115
Figura 25 Subpaisajes de Colinas denudativas presentes en el sector de Buenos Aires – Las Cruces. Cuenca media del río Sinú, margen izquierda.....119
Figura No. 26 Margen izquierda del río Sinú sector de Buenos Aires, cuenca media.....119
Figura No.27 Colinas ramificadas con laderas quebradas y cimas angulares a subangulares 121
Figura No.28 Imagen de las lomas encontradas en el municipio de San Antero 122
Figura No. 29 Geomorfología del Municipio de San Antero. Obsérvese la unidad de lomas que están en contacto con la región de los marismas en el antiguo delta del río Sinú. 123
Figura No. 30 Geoformas monoclinales al oriente del municipio de Tierralta. Imagen de satélite Landsat, combinación de las bandas 4, 5 y 7 127
Figura No. 31 Imagen de satélite Landsat de la parte mas sur de la cuenca alta del río Sinú 132

3 CARACTERIZACION FISICO BIOTICA

Dentro de la caracterización fisico biotica de la cuenca hidrografica del río Sinú se describen entre otros aspectos: la climatología de la cuenca, los aspectos geológicos y geomorfológicos, la cobertura de la tierra, los aspectos edafológicos y el uso actual y potencial del recurso suelo.

Es importante anotar que la descripción general del componente biotico se presenta en gran parte en el capitulo 5 del diagnostico, donde se hace una caracterización de los ecosistemas existentes en la cuenca y los recursos flora y fauna presentes en ellos.

Como resultado final de la caracterización física se elaboraron los planos temáticos respectivos en formato de SIG, todos a escala 1:100000 e incluyen la totalidad de la cuenca hidrografica, los cuales se presentan en el capitulo de cartografía elaborada en virtud del proyecto.

Para una mejor comprensión acerca de los aspectos básicos y herramientas que dieron origen a la plataforma donde se establecieron los planos producto de cada tema, es importante analizar el capitulo 2 del estudio, donde se explica entre otros aspectos: El sistema de información geografico establecido para el proyecto, el análisis y procesamiento de las imágenes de satelite, la actualización de la red de drenaje, la generación de curvas de nivel a partir del grid de radar obtenido del USGS y los ejercicios de digitalización y estructuración de planos temáticos.

Los aspectos fisicos y bioticos mencionados a continuación constituyen insumos base para la elaboración de otros productos como lo son: La zonificación ecológica, los mapas de amenaza por inundación y movimientos en masa, el mapa de conflictos y la zonificación ambiental.

Es importante anotar que en muchas areas de la cuenca no se conto con información existente y fue necesario generarla a partir de las nuevas fuentes (imagenes de satelite y radar) con las cuales se trabajo y con los recorridos y evaluaciones de campo desarrolladas.

Sin embargo, algunas particularidades de algunos temas requeriran de un trabajo posterior como por ejemplo el modelamiento de la climatología y zonas de transición en el sector de las serranias de Abibe y San Jerónimo, debido a que la mayoría de estaciones se localizan en el Valle del Sinú. De igual manera deben

adelantarse levantamientos geológicos detallados en algunas areas de la cuenca, principalmente en sectores del municipio de Valencia y el área del Parque Nacional Natural Paramillo donde existe un gran déficit de información, también se sugiere la actualización a los estudios de suelos realizados por el IGAC en la decada de los 80's analizando las condiciones actuales de la cuenca.

Por otra parte el tema forestal que es de gran importancia para la cuenca requerirá de un mayor esfuerzo, esto con el fin de identificar zonas con mayor potencial que otras teniendo en cuenta la oferta de bienes y servicios ambientales y los objetos y objetivos de conservación que se definan en las siguientes fases del POMCA.

3.1 CLIMATOLOGIA

3.1.1 Estudios Anteriores

Para la caracterización climatológica de la cuenca del río Sinú se partió del trabajo realizado por el IGAC dentro de su proyecto de Sistemas de Información Geográfica - Plan de Acción Forestal para Colombia (SIG-PAFC), en el cual se realizó una *Caracterización Climática de la Cuenca Hidrográfica del Río Sinú, Parte Media y Baja en Marzo* de 1996 y llego a realizar una delimitación climática con base en la metodología de Thornwaite. En dicho estudio la cuenca del río Sinú queda enmarcada dentro de tres categorías climáticas: ligeramente húmedo desde límites de los municipios de Tierralta y Montería hacia arriba, semiseco sobre la margen izquierda y en los municipios de Chimá, San Andrés, Chinú y Cienaga de Oro y semihúmedo para el resto de la cuenca media y baja. Esta metodología fue validada y actualizada para obtener una clasificación climática acorde con los objetivos de este estudio. Las diferencias entre lo obtenido por el estudio del SIG-PAFC y el actual radican principalmente en la metodología seguida para determinar la evapotranspiración potencial ETP y en segundo lugar de la forma en que se regionalizó de la información puntual donde se estimó balance hídrico climático. Algunas de las estaciones utilizadas por el SIG-PAFC fueron también empleadas por el presente estudio.

De igual manera se realizó una revisión de la climatología desarrollada por el CIAF en 1985 para el desarrollo del Plan de Ocupación del Espacio Físico en la cuenca del río Sinú.

3.1.2 Caracterización de los Parámetros Hidroclimatológicos

Se consideraron parámetros hidroclimatológicos de estaciones Pluviométricas y climatológicas ubicadas en todo el Departamento de Córdoba. Esto se realizó con

el fin de obtener una homogenización entre las cuencas más representativas del Departamento como son las del Río Canalete, San Jorge y Sinú.

Los parámetros utilizados fueron la precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar y vientos como elementos de descripción y caracterización general de la cuenca. Mas adelante en este mismo informe se explica en forma detallada el procedimiento seguido en la zonificación climática y en la definición de zonas de vida de Holdridge.

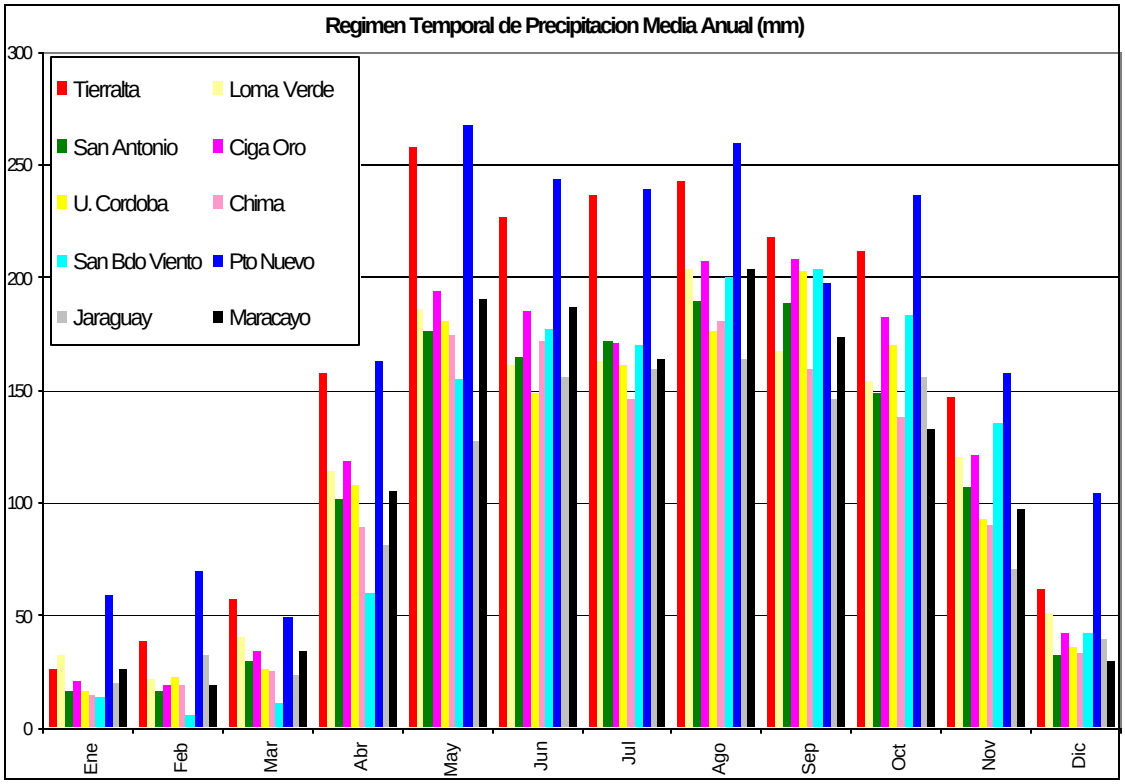
3.1.2.1 Precipitación

En el Alto Sinú se presentan las mayores precipitaciones, es decir con lluvias medias anuales de entre 3000 y 4000 mm. Hacia la parte baja del Parque Nacional Natural Paramillo, donde se ubica la Hidroeléctrica Urrá, las precipitaciones promedio anuales son del orden de los 2000 a 2500 mm, descendiendo entre los 1400 y 1700 mm a la altura de los municipios de Tierralta y la ciénaga de Betancí, de ahí en adelante las precipitaciones tienen una magnitud aproximada de 1600 a 1400 mm hasta la ciudad de Montería, descendiendo hasta los 1300 mm en el recorrido final del bajo Sinú hasta su desembocadura.

El régimen de precipitación en la cuenca es unimodal con una temporada seca y una húmeda al año. Las lluvias se inician en mayo y se extienden hasta comienzos de noviembre, la época seca va desde mediados de noviembre hasta los primeros días de abril; el mes más húmedo es junio y los más secos enero y febrero. Más del 80% de las precipitaciones se producen en época de invierno. En la Figura No. 1 se aprecia el régimen unimodal de la precipitación. Solo se muestran algunas de las estaciones analizadas. Aquellas que presentan mayor registro histórico de datos y distribuidas sobre toda la cuenca.

El comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones es el fenómeno climático más importante. Se presentan dos patrones en el comportamiento climático. Uno espacial que hace que la precipitación aumente a medida que el valle se estrecha y asciende, y otro temporal debido al paso de la zona de convergencia intertropical (ZCIT). De noviembre a marzo el clima es seco, y de mayo a noviembre es lluvioso.

Figura No. 1 Régimen unimodal de precipitación en la cuenca del río Sinú.



3.1.2.2 Temperatura

La temperatura promedio en las tierras bajas es de 27°C desde la zona constanera de la cuenca hasta el embalse de Urrá. Solo a partir de este punto la temperatura comienza a descender llegando en las cimas de Paramillo a 8°C.

El carácter tropical del valle y la predominancia de las zonas bajas establece un régimen térmico cálido tropical con temperaturas medias mensuales superiores a los 25^{o}C, y diferencias día – noche mayores que las diferencias intermensuales.

La temperatura del aire del valle del río Sinú es bastante alta (promedio anual por encima de los 27.5° C y varía poco anualmente, las variaciones en el día en la temperatura son relativamente altas (10°C). Las temperaturas son más altas en abril (en promedio 28° C), siendo menor en noviembre (en promedio de 27.2° C).

3.1.2.3 Humedad Relativa

La humedad relativa corresponde a la relación de la presión de vapor real y su valor de saturación a una temperatura dada.

La humedad relativa presenta valores superiores a 80% en toda la cuenca teniendo su valor mínimo hacia Montería en donde alcanza el 82%. Desde este punto hacia el norte la humedad relativa aumenta muy uniformemente hasta llegar a un valor de 86% en el mar Caribe. De igual forma hacia el sur también se presenta un incremento en la humedad pero esta llega a un valor máximo puntual de 85% en inmediaciones de la Ciénaga de Betancí.

Igualmente la humedad relativa presenta variación temporal. Durante el periodo seco es del 82%, durante el período húmedo se aumenta alrededor del 85%, como resultado la evapotranspiración es mayor durante la estación seca.

3.1.2.4 Brillo Solar

La zona de estudio presenta una alta incidencia de brillo solar debido a su posición astronómica y a las características del relieve, encontrándose asociado en forma inversa con la nubosidad y por ende con la precipitación, registrándose los mayores valores entre los meses de noviembre a abril.

El número de horas totales anuales de brillo solar en la cuenca del río Sinú varía entre 1400 y 2300 horas. El valor máximo se registra en el mar Caribe donde se tienen 2309 horas de brillo solar al año. Este valor comienza a disminuir a medida que se asciende en la cuenca y a la altura de Montería se tienen en promedio 2000 horas. Hacia la zona del municipio de Valencia se han registrado 1600 horas y en Urrá se tienen valores entre 1400 y 1500 horas.

3.1.2.5 Vientos

La zona está sometida al régimen de vientos Alisios, provenientes del norte y noreste, que afectan el Caribe colombiano y que definen las épocas seca y húmeda. En época seca soplan en dirección noreste con velocidad variable pero elevada y de manera constante (IGAC, 1988). Durante la época húmeda los vientos son muy variables tanto en dirección como en fuerza y se caracterizan por su mayor porcentaje en calma. La incidencia de tormentas o ciclones tropicales es

remota, registrándose únicamente el fenómeno de mar de leva y vientos fuertes como incidencia de estos fenómenos atmosféricos en dirección este-oeste y sobre latitudes más altas generalmente afectando las Antillas Mayores, Golfo de México y las costas de la Florida (Barreto *et al*., 1999).

Los principales sistemas regionales de vientos del Valle del río Sinú pueden ser modificados por causas locales en que lo más importante es el calor diferencial entre el continente y el mar. Predominando vientos en dirección noreste a norte, en general la velocidad de estos es baja y por varios días es menor a los 10 km/h. El período de los vientos se extiende desde junio a septiembre ocurriendo los vientos más fuertes en agosto.

3.1.3 Zonificación Climática

Para agrupar los climas se han desarrollado varias metodologías que se basan principalmente en elementos climáticos como la temperatura y la precipitación.

Thornwaite en 1948 desarrolló un método que incluye además de la precipitación y la temperatura, la evapotranspiración como elemento para la clasificación del clima, colocándolo por encima de los demás métodos. Las clases de clima obtenidas por medio de esta metodología son de gran utilidad para la descripción de regiones naturales, así como para la clasificación de los grandes grupos de suelos y la fitogeografía.

3.1.3.1 Evapotranspiración Potencial

Los procesos de evaporación desde la superficie terrestre y la transpiración de la vegetación se conocen con el nombre de evapotranspiración. Los factores que influyen en la evaporación son el suministro de energía para proveer el calor latente de vaporización, y la habilidad para transportar el vapor fuera de la superficie de evaporación. La radiación solar es la principal fuente de energía calórica. La habilidad de transporte del vapor depende de la velocidad del viento sobre la superficie y el gradiente de humedad en el aire.

La evapotranspiración potencial (ETP) es la evapotranspiración que puede ocurrir desde una superficie bien cubierta por vegetación cuando el suministro de humedad es ilimitado, y se calcula de una forma similar a la que se aplica para la evaporación sobre una superficie abierta de agua. La evapotranspiración real (ET) cae por debajo de su nivel potencial a medida que el suelo pierde humedad.

Para estimar la ETP existen varios métodos que tienen en cuenta los factores antes mencionados: energía (radiación solar) y aerodinámica (viento y humedad). Para aplicarlos es necesario conocer parámetros como temperatura media, periodo de insolación, cantidad de radiación incidente, humedad relativa y velocidad del viento.

Por carecer de algunos estos parámetros en las estaciones climatológicas del Departamento (ver Tabla No.1 y capítulo de cartografía), se decidió utilizar el método de Thornwaite para calcular la ETP.

Tabla No. 1 Estaciones climatológicas empleadas en el cálculo de la ETP.

Codigo IDEAM	Longitud (m)	Latitud (m)	Elevación (msnm)	Estacion	Tipo	Municipio	Años de uso	Precipitación (mm)	Temp. (°C)	ETP (mm)	Relación ETP
1301503	762637	1374884	78	Campo bello	CP	Tierralta	1990-2003	2792,1	27	1745,0	0,62
1302503	755222	1363856	160	La despensa	CO	Tierralta	1990-2003	2078,2	26,8	1710,8	0,82
1307505	803497	1465056	15	Uni.Cordoba	AM	Monteria	1979-2003	1342,7	27,3	1745,0	0,82
1305503	790580	1450365	30	Galan	CO	Monteria	1979-2003	1256,3	27,1	1721,0	1,37
1307503	809026	1470563	20	Turipana	AM	Cerete	1979-2003	1217,9	27,3	1743,5	1,43
1307502	834734	1477827	40	El Salado	CO	Cienaga oro	1964-2003	1327,3	27,9	1789,6	1,35
1307501	831176	1503658	20	Chima	CO	Chima	1973-2003	1244,1	27,4	1750,7	1,41
1308503	792815	1527818	22	San Bernardo del Viento	CO	San Bernardo del Viento	1964-2003	1357,1	27,2	1733,6	1,28
2502517	843833	1459352	125	Colomboy	CO	Sahagun	1973-2003	1460,6	27,2	1727,7	1,18
1201501	734660	1304933	132	Villarteaga	CO	Mutata	1972-2003	5064,3	25,9	1524,2	0,30
1114501	714420	1308736	150	Bajira	CO	Mutata	1985-2003	3838,9	27,1	1715,8	0,45
1308502	809247	1516668	30	Lorica	CO	Lorica	1964-	1225,7	27,3	1743,4	1,42
1308501	800105	1520403	20	Doctrina	CP	Lorica	1968-	1310,4	27,6	1771,3	1,35
1204502	763305	1494783	15	Cristo Rey	CO	Puerto Escondido	1973-	1420,5	27,7	1776,1	1,25
1306502	801463	1422649	25	Maracayo	CO	Monteria	1979-	1364,7	26,8	1692,9	1,24
1304501	779359	1409845	70	Jaraguay	CO	Valencia	1966-1988	1177,6	27	1712,3	1,45
2501501	825225	1394885	170	Centro Alegre	CO	Planeta Rica	1973-	1679,6	27,8	1785,9	1,06
1303501	757101	1371225	145	Puerto Nuevo	CP	Tierralta	1965-1991	2047,3	26,6	1675,6	0,82
2502519	832673	1420672	90	Planeta Rica	CO	Planeta Rica	1974-1993	1481,4	27,4	1750,8	1,18
2502515	884059	1411285	22	Ayapel	CO	Ayapel	1969-2003	2309,3	27,7	1776,7	0,77
2502516	852724	1376348	50	Hda. Cuba	CO	Montelibano	1973-2003	2384	27,1	1726,6	0,72
2502527	856851	1509089	160	Uni. Sucre	AM	Sampues	1984-1998	1348	26,8	1689,2	1,25
2502504	878670	1453705	30	Arpto. La Florida	CP	San Marcos	1970-1990	2135,7	28,0	1807,4	0,85

Este método se desarrollo correlacionando datos de ETP medida en evaporímetros localizados en cuencas hidrológicas con datos de temperatura media mensual y

latitud del día. Lo que lo convierte en un método empírico en el cual la ETP depende de la temperatura y de la latitud.

La expresión para el cálculo de la ETP estándar, que corresponde a un mes con 360 horas de brillo y para temperaturas menores de 26.5 C°, está dada por:

$$ETP_{i\ estándar} = 16\left(\frac{10T_i}{I}\right)^{l}$$

donde

ETP_i = evapotranspiración potencial mensual del mes *i*, no ajustada (mm)
T_i = temperatura media mensual del mes *i* (^oC)
λ = constante en función de *I*
I = índice de calor, definido como:

$$I = \sum_{i=1}^{12}\left(\frac{T_i}{5}\right)^{1.514}$$

La constante l esta dada por:

$$l = \frac{675I^3}{10^9} - \frac{771I^2}{10^7} - \frac{1792I}{10^5} + 0.49239$$

Para lugares con temperaturas mayores a 26.5^{o}C la ETP estándar se calcula como:

$$ETP_{i\ estándar} = 7.34T_i - 58.4$$

donde

T_i = temperatura media mensual del mes *i* (^oC)

Los valores obtenidos de $E_{i\ estandar}$ deben ser ajustados a la latitud del día y el número de días en el mes. Debido a dicho ajuste, los valores de $E_{i\ estandar}$ deben ser multiplicados por el factor de corrección y de esta forma se obtiene la ETP ajustada.

$$ETP_{i\ ajustada} = fETP_{i\ estándar}$$

Donde

f = factor de corrección el cual es función de la latitud y del mes del año.

Los factores de corrección que fueron aplicados a todas las estaciones en consideración se muestran en la Tabla No. 2.

Tabla No. 2 Factor de corrección para la ETP estándar con base en la latitud y el mes de año.

Mes	Factor de corrección, *f*
Enero	1.00
Febrero	0.91
Marzo	1.03
Abril	1.03
Mayo	1.08
Junio	1.05
Julio	1.08
Agosto	1.07
Septiembre	1.02
Octubre	1.02
Noviembre	0.98
Diciembre	0.99

Los resultados del cálculo de la ETP para las estaciones climatológicas se muestran en el Anexo 3.1.

Debido a que la ETP se estimó con base en la ecuación de Thornwaite y esta solo depende de la temperatura, es de esperar que la ETP presente escasa variación tanto temporal como espacialmente. En términos generales se puede concluir que los mayores valores de ETP coinciden con la época de lluvias y llega a un valor de 150 mm por mes en promedio. Hacia los meses finales del año y los meses de enero y febrero alcanza los valores mínimos variando entre 140 y 120 mm en promedio en toda la cuenca.

3.1.3.2 Balance Hídrico Climático

El balance hídrico climático determina las condiciones hídricas promedio de la cuenca del río Sinú y se utiliza, principalmente, para la clasificación climática. Se emplean los valores medios de precipitación mensual medidos (P) y los valores medios mensuales de evapotranspiración (ETP) estimados.

Para las estaciones pluviométricas utilizadas en el cálculo del balance hídrico climático no fue posible estimar directamente la ETP por carecer en ellas del parámetro de la temperatura media anual. Debido a esto y aprovechando el hecho de que la temperatura media en toda la cuenca media y baja del río Sinú, cuyo valor oscila entre 27°C y 28°C, no presenta mayores variaciones, es posible suponer que para las estaciones pluviométricas se podían adoptar directamente los valores de ETP calculados en la estación climatológicas mas cercana. Las estaciones utilizadas para el cálculo del balance hídrico climático se muestran en la Tabla No. 8 y en el capítulo de cartografía.

El balance solo considera los aportes de la lluvia, los de las aguas subterráneas o los de pérdidas por percolación no se tienen en cuenta. Las demandas siempre están dadas por la ETP (Claro, 1991)

Las pérdidas del almacenamiento del suelo se calculan a una tasa proporcional, dependiendo de la fracción de agua almacenada por el suelo. Estas pérdidas se estiman cuando la lluvia es insuficiente para cubrir la demanda de agua (ETP), lo cual deja un déficit de agua (ETP-P). Entonces a partir de la capacidad total de almacenamiento de agua en el suelo y del valor correspondiente al mes anterior (almacenamiento anterior), se determina la fracción de agua almacenada para multiplicarla por el déficit. De esta forma se cubre parte de dicho déficit (IGAC, 1996).

Las ecuaciones para el balance hídrico climático son las siguientes:

- Pérdida por almacenamiento:

$$Perd.\ Almac. = \begin{cases} 0 & si \quad P > ETP \\ (ETP - P)\left(\dfrac{Almac.\ Anterior}{Cap.\ Almac.}\right) & si \quad P \le ETP \end{cases}$$

- Almacenamiento

$$Almac. = \begin{cases} Almac.\ Anterior + P - ET & si \quad P > ETP \\ Almac.\ Anterior - Perd.\ Almac. & si \quad P \le ETP \end{cases}$$

- Evapotranspiración real (ET)

$$ET = \begin{cases} ETP & si \quad P > ETP \\ P + Perd.\ Almac. & si \quad P \le ETP \end{cases}$$

- Déficit (D)

$$D = ETP - ET$$

- Excesos (E)

$$E = \begin{cases} 0 & si \quad P > ETP \\ Almac.\ Ant. + P - ETP - Almac. & si \quad P \le ETP \end{cases}$$

- Capacidad de Almacenamiento

$$Cap.\ Almac. = (\Pr of.\ Efect.)(FVAA)$$

donde

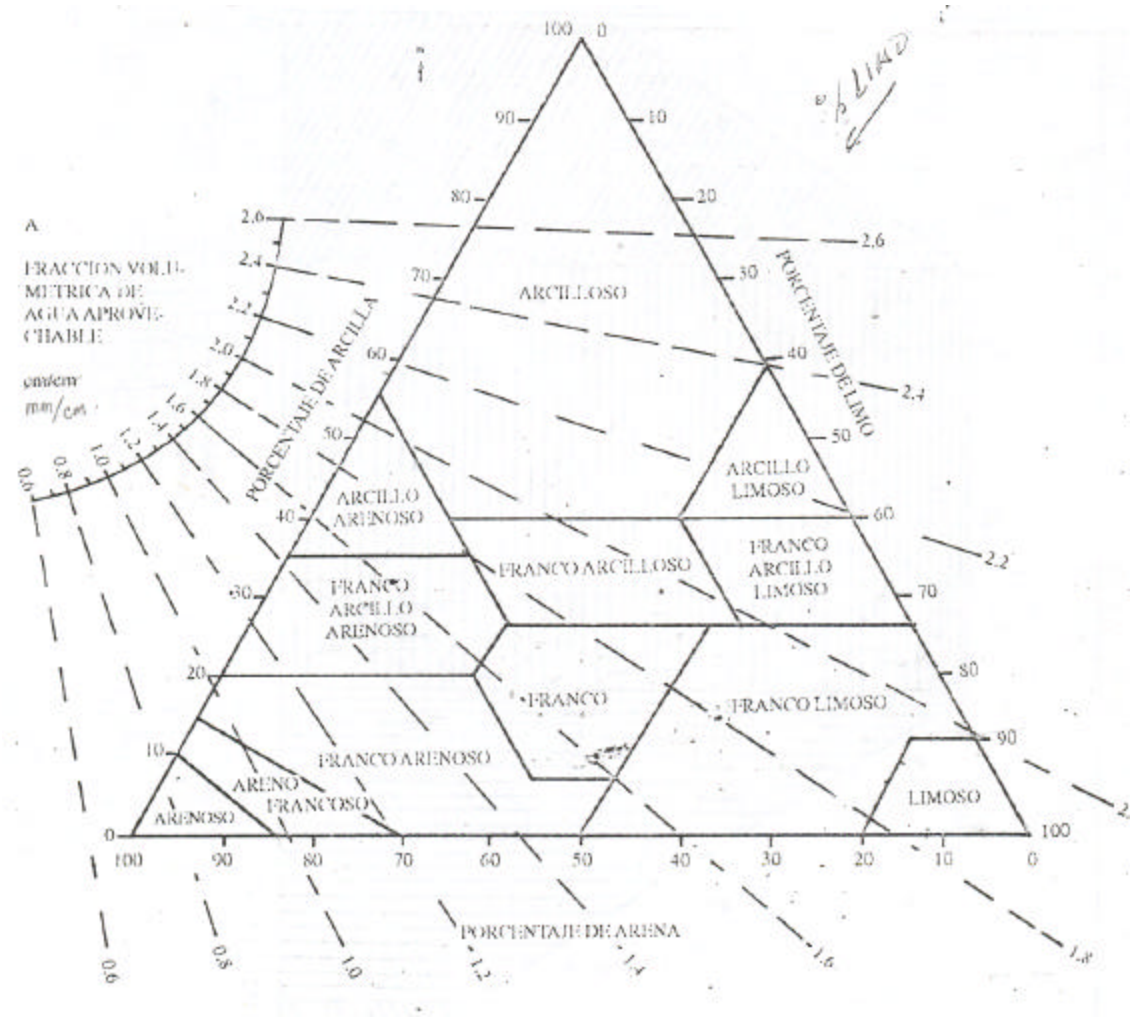
Prof. Efect. = Profundidad efectiva del suelo (cm)
FVAA = Factor volumétrico de agua aprovechable (mm/cm)

La capacidad de almacenamiento es la cantidad de agua aprovechable por las plantas que puede conservar el suelo y depende, principalmente, de la textura del suelo y de su profundidad.

La profundidad efectiva se determina con base en el tipo de suelo así como del conjunto al que pertenece y los horizontes en los cuales fue clasificado (IGAC, 1983).

El factor volumétrico de agua aprovechable se obtiene a partir de los análisis de retención de humedad efectuados en el laboratorio. Si no se dispone de estos análisis, como en este caso, conociendo la textura del suelo y los porcentajes de arcilla, limo y arena que contenga, se puede estimar este valor a partir de la Figura No. 2. (Guarnizo, 1997)

Figura No. 2 Esquema para determinar la Fracción volumétrica de agua aprovechable en función de la textura del suelo.



Los resultados del balance hídrico climático se muestran en el Anexo 3.2.

En general, coincidiendo con la época húmeda del año (entre los meses de mayo y noviembre), en la gran mayoría de las estaciones se tiene almacenamiento es decir que la precipitación es mayor que la ETP y el agua queda acumulada teóricamente este tiempo. Los primeros y los últimos meses del año (temporada seca) se presenta déficit en algunos casos acompañado de consumo. El déficit es el área comprendida entre la línea de la ETP (máxima cantidad de agua que podría evaporarse y ser transpirada por las plantas si hubiera una condición de humedad ilimitada) y la ET (valor real), es decir agua que le esta haciendo falta al sistema.

El consumo es el área que se encuentra entre la ET y la precipitación ya que lo que realmente se evapora y es transpirado por las plantas es mayor que la precipitación y esto representa un gasto de agua.

3.1.3.3 Delimitación de las Zonas Climáticas

La clasificación climática de Thornwaite es independiente de los índices relacionados con la fisonomía vegetal, por lo tanto tiene como base los elementos mismos del clima: precipitación y evapotranspiración como se anotó anteriormente.

Esta clasificación climática da como resultado cuatro letras que permiten distinguir los diferentes tipos de clima (IGAC, 1996).

Para ello se definen los siguientes índices:

- Índice de humedad (I_h): dado por la relación entre el exceso de agua anual (E) y la evapotranspiración potencial (ETP) anual, en porcentaje.

$$I_h = 100\frac{E}{ETP}$$

- Índice de aridez (I_a): dado por la relación entre la deficiencia anual de agua (D) y la evapotranspiración potencial (ETP) anual, en porcentaje.

$$I_a = 100\frac{D}{ETP}$$

- Índice hídrico anual (I_m): teniendo en cuenta la heterogeneidad de la precipitación a lo largo del año y, en consecuencia, la influencia desigual de los índices de humedad y aridez, Thornwaite define este índice.

$$I_m = I_h - 0.6I_a$$

Thornwaite concede más importancia al índice de humedad (I_h) que al de aridez (I_a) por considerar que una cantidad *p* de exceso de agua en un período húmedo suple el déficit de *2p* de agua presentado en un período de sequía.

De esta forma se tiene la primera gran clasificación climática de Thornwaite:

I_m	>	0	Clima húmedo
I_m	<	0	Clima seco

Sin embargo mediante el valor del índice hídrico anual (I_m), se obtiene la primera letra y así una clasificación climática más específica por medio de nueve tipos de climas mayores, cuyo factor adimensional oscila entre -60 y 100. Ver Tabla No. 3.

Tabla No. 3 Índice de humedad para definir los tipos principales de clima

Índice hídrico I_m	Símbolo	Tipo Climático
> 100.1	A	Superhúmedo
80.1 – 100.0	B_4	Muy húmedo
60.1 – 80.0	B_3	Húmedo
40.1 – 60.0	B_2	Moderadamente húmedo
20.1 – 40.0	B_1	Ligeramente húmedo
0.1 – 20.0	C_2	Semihúmedo
-20.0 – 0.0	C_1	Semiseco
-40.0 – -20.1	D	Semiárido
-60.0 – -40.1	E	Árido

La segunda letra de la clasificación se otorga considerando la variación estacional de la humedad efectiva, y son los índices de humedad o aridez los utilizados para tal efecto. Para los climas A y B, en todos sus rangos, así como para C_2, la variación estacional de la humedad la determina el índice de aridez I_a, mientras que para los climas C_1, D y E se emplea el índice de humedad I_h. Ver Tabla No. 4 y Tabla No. 5.

Tabla No. 4 Índice de aridez para definir los subtipos climáticos

Índice de aridez I_a	Símbolo	Deficiencia de agua
0.0 – 16.7	r	Poca o ninguna
16.7 – 33.3	a	Moderada en verano
16.7 – 33.3	w	Moderada en invierno
> 33.3	a_2	Grande en verano
> 33.3	w_2	Grande en invierno

Tabla No. 5 Índice de humedad para definir los subtipos climáticos

Índice de humedad I_h	Símbolo	Superávit de agua
0.0 – 10.0	d	Poco o nada
10.0 – 20.0	s'	Moderado en verano
10.0 – 20.0	w'	Moderado en invierno
> 20.0	s'_2	Grande en verano
> 20.0	w'_2	Grande en invierno

La tercera letra está dada por el carácter térmico, expresado en la evapotranspiración potencial (ETP), y se calcula en función de la temperatura media mensual por lo cual se constituye en un índice de eficiencia termal. Ver Tabla No. 6.

Tabla No. 6 Índice de eficiencia termal para definir la tercera letra del tipo climático.

ETP (mm)	Símbolo	Clima
< 142	E'	Hielos
142 – 285	D'	Tundra
285 – 427	C'_1	Microtermal
427 – 570	C'_2	Microtermal
570 – 712	B'_1	Mesotermal
712 – 855	B'_2	Mesotermal
855 – 997	B'_3	Mesotermal
997 – 1140	B'_4	Mesotermal
> 1140	A'	Megatermal

La cuarta y última letra de la clasificación se define por medio de la denominada concentración estival de la eficiencia termal (CE). Esta es una expresión en porcentaje de la suma de la ETP de tres meses consecutivos con la temperatura media más alta respecto a la ETP total anual.

$$CE = 100 \frac{\sum_{i=1}^{3} ETP_i}{\sum_{i=1}^{12} ETP_i}$$

La concentración estival se define teniendo en cuenta que en el Ecuador la temperatura media no presenta grandes variaciones a través del año, y por lo tanto, se considera constante. Tabla No. 7.

Tabla No. 7 Concentración estival para definir la cuarta letra del tipo climático.

CE	Clima
< 48	a'
48.0 – 51.9	b'_4
51.9 – 56.3	b'_3
56.3 – 61.6	b'_2
61.6 – 68.0	b'_1
68.0 – 76.3	C'_2
76.3 – 88.0	c'_1
> 88	d

Esta metodología se aplico a cada una de las estaciones a las cuales se les calculó el balance hídrico climático y para cada una se determinaron las 4 letras correspondientes a la zonificación climática de Thornwaite (ver Tabla No. 8).

Tabla No. 8 Estaciones climatológicas y pluviométricas empleadas para el cálculo del balance hídrico y para la zonificación climática

Municipio	Código	Estación	Tipo	Elev	Años de uso	Long.	Lat.	Precip.	Temp.	ETP	Déficit	Exceso	I_a	I_h	I_m	Letras Clasif. Climática			
						(m)	(m)	(mm)	(°C)	(mm)	(mm)	(mm)				1ª	2ª	3ª	4ª
Monteria	1306002	Buenos aires	PM	55	1965-2003	814341	1428123	1495		1721,0	361,0	135,4	21,0	7,9	-4,7	C1	d	A`	a`
Monteria	1305003	Loma verde	PM	100	1965-2003	770290	1432026	1415		1721,0	338,5	32,0	19,7	1,9	-9,9	C1	d	A`	a`
Monteria	1306001	San antero	PM	75	1973-2003	805220	1441073	1433		1721,0	341,2	53,3	19,8	3,1	-8,8	C1	d	A`	a`
Cerete	1307005	Cerete	PM	20	1963-2003	810886	1476087	1272		1743,5	471,3	0,0	27,0	0,0	-16,2	C1	d	A`	a`
San Carlos	1307011	Carrizal	PM	40	1963-2003	816281	1452088	1471		1727,7	317,1	60,0	18,4	3,5	-7,5	C1	d	A`	a`
San Carlos	1307010	Sta Rosa	PM	140	1963-2003	830984	1457558	1603		1727,7	298,1	173,3	17,3	10,0	-0,3	C1	s´	A`	a`
Cienaga de Oro	1307006	Cienaga de oro	PM	25	1958-2003	829218	1474162	1504		1789,6	383,4	97,5	21,4	5,4	-7,4	C1	d	A`	a`
Momil	1307002	Momil	PM	20	1973-2003	823895	1514755	1423		1750,7	429,4	101,2	24,5	5,8	-8,9	C1	d	A`	a`
San antero	1307044	Villa marcela	PM	40	1988-2003	816610	1524009	1392		1750,7	393,8	35,4	22,5	2,0	-11,5	C1	d	A`	a`
San Andres de Sotavento	1307045	Aguas mohosas	PM	75	1988-2003	844047	1514669	1395		1750,7	367,2	11,1	21,0	0,6	-12,0	C1	d	A`	a`
Sahagun	2502014	Sahagun	PM	60	1958-2003	849418	1481458	1373		1789,6	416,4	0,0	23,3	0,0	-14,0	C1	d	A`	a`
Tierralta	1301503	Campo bello	CP	78	1990-2003	762637	1374884	2792	27	1745,0	100,5	1148,0	5,8	65,8	62,3	B3	r	A`	a`
Tierralta	1302503	La despensa	CO	160	1990-2003	755222	1363856	2078	26,8	1710,8	202,9	570,4	11,9	33,3	26,2	B1	r	A`	a`

Municipio	Código	Estación	Tipo	Elev	Años de uso	Long.	Lat.	Precip.	Temp.	ETP	Déficit	Exceso	I_a	I_h	I_m	Letras Clasif. Climática			
						(m)	(m)	(mm)	(°C)	(mm)	(mm)	(mm)				1ª	2ª	3ª	4ª
Monteria	1307505	Uni.Cordoba	AM	15	1979-2003	803497	1465056	1343	27,3	1745,0	402,4	0,0	23,1	0,0	-13,8	C1	d	A`	A`
Cerete	1307503	Turipana	AM	20	1979-2003	809026	1470563	1218	27,3	1743,5	525,8	0,0	30,2	0,0	-18,1	C1	d	A`	a`
Cienaga oro	1307502	El Salado	CO	40	1964-2003	834734	1477827	1327	27,9	1789,6	462,3	0,0	25,8	0,0	-15,5	C1	d	A`	a`
Chima	1307501	Chima	CO	20	1973-2003	831176	1503658	1244	27,4	1750,7	506,7	0,0	28,9	0,0	-17,4	C1	d	A`	a`
San Bernardo del Viento	1308503	San Bernardo del Viento	CO	22	1964-2003	792815	1527818	1357	27,2	1733,6	441,8	65,5	25,5	3,8	-11,5	C1	d	A`	a`
Sahagun	2502517	Colomboy	CO	125	1973-2003	843833	1459352	1461	27,2	1727,7	348,2	81,1	20,2	4,7	-7,4	C1	d	A`	a`
Mutata	1201501	Villarteaga	CO	132	1972-2003	734660	1304933	5064	25,9	1524,2	0,0	3540,2	0,0	232,3	232,3	A	r	A`	a`
Mutata	1114501	Bajira	CO	150	1985-2003	714420	1308736	3839	27,1	1715,8	54,8	2177,9	3,2	126,9	125,0	A	r	A`	a`
Lorica	1308502	Lorica	CO	30	1964-	809247	1516668	1226	27,3	1743,4	517,7	0,0	29,7	0,0	-17,8	C1	d	A`	a`
Lorica	1308501	Doctrina	CP	20	1968-	800105	1520403	1310	27,6	1771,3	471,7	10,8	26,6	0,6	-15,4	C1	d	A`	a`
Puerto Escondido	1204502	Cristo Rey	CO	15	1973-	763305	1494783	1421	27,7	1776,1	430,0	74,4	24,2	4,2	-10,3	C1	d	A`	a`
Monteria	1306502	Maracayo	CO	25	1979-	801463	1422649	1365	26,8	1692,9	408,1	80,0	24,1	4,7	-9,7	C1	d	A`	a`
Valencia	1304501	Jaraguay	CO	70	1966-1988	779359	1409845	1178	27	1712,3	534,7	0,0	31,2	0,0	-18,7	C1	d	A`	a`
Tierralta	1303501	Puerto Nuevo	CP	145	1965-1991	757101	1371225	2047	26,6	1675,6	141,6	513,3	8,5	30,6	25,6	B1	r	A`	a`

Municipio	Código	Estación	Tipo	Elev	Años de uso	Long.	Lat.	Precip.	Temp.	ETP	Déficit	Exceso	I_a	I_h	I_m	Letras Clasif. Climática			
						(m)	(m)	(mm)	(°C)	(mm)	(mm)	(mm)				1ª	2ª	3ª	4ª
Planeta Rica	2501501	Centro Alegre	CO	170	1973-	825225	1394885	1680	27,8	1785,9	355,4	81,4	20,2	4,6	-7,5	C1	d	A´	a´
Planeta Rica	2502519	Planeta Rica	CO	90	1974-1993	832673	1420672	1481	27,4	1750,8	360,6	91,1	20,6	5,2	-7,2	C1	d	A´	a´
Ayapel	2502515	Ayapel	CO	22	1969-2003	884059	1411285	2309	27,7	1776,7	316,1	848,5	17,8	47,8	37,1	B1	a, w	A´	a´
Montelibano	2502516	Hda. Cuba	CO	50	1973-2003	852724	1376348	2384	27,1	1726,6	242,4	899,8	14,0	52,1	43,7	B2	r	A´	a´
Montelibano	2501006	Uré	PM	200	1974-1993	839781	1354265	2926		1494,2	68,3	1499,6	4,6	100,4	97,6	B4	r	A´	a´
Puerto Libertador	2501001	Puerto Libertador	PM	55	1986-2003	825111	1365382	2479		1726,6	131,0	883,1	7,6	51,1	46,6	B2	r	A´	a´
Sampues	2502527	Uni. Sucre	AM	160	1984 - 1998	856851	1509089	1348	26,8	1689,2	395,4	54,2	23,4	3,2	-10,8	C1	d	A´	a´
San Marcos (Sucre)	2502504	Arpto. La Florida	CP	30	1983-2002	878670	1453705	2136	28	1807,4	411,4	739,6	22,8	40,9	27,3	B1	a, w	A´	a´

Con el fin de generar un mapa de tipos climáticos, cuyo parámetro de medida es el índice hídrico (I_m) y corresponde a la primera letra de la clasificación, se trazaron líneas de iso-índice hídrico para todo el Departamento de Córdoba y se limitaron a la cuenca del Río Sinú. El valor de estas varía entre (-15) y 95 y sirvieron como limite de las zonas climáticas. Esto quiere decir que en la cuenca se tienen seis tipos de clima:

- **Clima semiseco** (I_m entre -20 y 0): toda la cuenca baja del río Sinú desde su desembocadura en la boca de Tinajones hasta aproximadamente los limites de los municipios de Montería y Tierralta.
- **Clima Semihúmedo** (I_m entre 0 y 20): Esta comprendido entre el area que va desde la parte norte del perímetro urbano del Municipio de Tierralta hasta el inicio del embalse Urrá.
- **Clima ligeramente húmedo** (I_m entre 20 y 40): Este tipo de clima se encuentra comprendido en el área que va desde el inicio del Embalse Urrá hasta la confluencia del Río Sinú con el Río Esmeralda.
- **Clima Moderadamente húmedo** (I_m entre 40 y 60): Esta comprendido entre el área que va desde la confluencia del Río Esmeralda hasta la parte sur del Municipio de Tierralta.
- **Clima Húmedo** (I_m entre 60 y 80): Se encuentra en el área que va desde la parte sur del Municipio de Tierralta hasta la parte Noroccidental del Municipio de Ituango en el Departamento de Antioquia.
- **Clima Muy húmedo** (I_m entre 80 y 100): Esta comprendido en el área que se encuentra ubicada en lo más alto de la cuenca del Río Sinú entre las cotas 1600 y 3300 m.s.n.m en el Municipio de Ituango Departamento de Antioquia.

Esta clasificación climática se muestra en el capítulo de cartográfia.

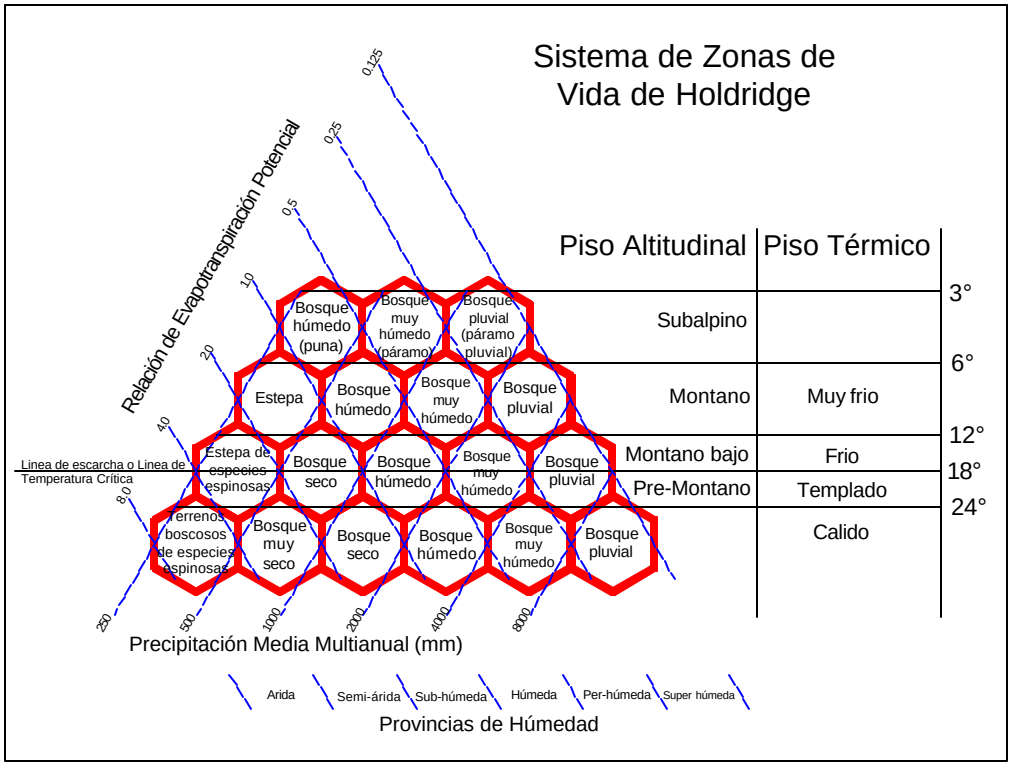
3.1.4 Zonas de Vida de Holdridge

La Zona de Vida puede definirse como una unidad climática natural en que se agrupan diferentes asociaciones correspondientes a determinados ámbitos de temperatura, precipitación y humedad.

El dasónomo estadounidense Leslie R. Holdridge, después de trabajar varios años en la región caribe, desarrollo una metodología en la que asignando parámetros de biotemperatura y precipitación se podían encontrar los limites entre las unidades superiores de la vegetación. En 1947 Holdridge publicó un diagrama de clasificación de zonas de vida mundiales, el cual con las subsiguientes

modificaciones (realizadas por el mismo Holdridge en 1967) se ha aplicado a muchos países del trópico. Ver diagrama de Holdridge en la Figura No. 3.

Figura No. 3 Esquema de clasificación de Zonas de Vida de Holdridge.



Como medida de **calor** se utiliza la biotemperatura media anual, que es la suma de las biotemperaturas promedio diarias (calculadas sumando las temperaturas horarias sobre 0^o hasta 30^o de cada día y dividiendo entre 24). La biotemperatura indica los ámbitos de variación dentro de los cuales hay una vida vegetativa activa.

El segundo factor climático para determinar zonas de vida es la **precipitación**. El valor que se utiliza para este factor es el total promedio anual de agua expresado en milímetros que cae de la atmósfera, ya sea como lluvia, nieve o granizo. Este valor siempre se calcula con base en el promedio de totales de muchos años de observación, en tanto que la precipitación tiende a variar bastante de un año a otro. El agua que se condensa directamente de la vegetación o en el suelo, como el rocío, no se incluye en el cálculo de la precipitación.

El tercer y último factor climático importante que determina los límites de la zona de vida es la humedad. La humedad esta determinada básicamente por la precipitación, sin tener en cuenta otras fuentes de humedad. El valor que sirve adecuadamente para representar la humedad es la denominada "**relación de evapotranspiración potencial**". La evapotranspiración potencial ETP es la cantidad teórica de agua que la vegetación natural madura de un área devolvería a la atmósfera. El valor para la relación de ETP se determina dividiendo la ETP anual en milímetros entre el valor de la precipitación total anual en milímetros.

3.1.4.1 Isotermas

Como se anoto anteriormente, la determinación de las zonas de vida requiere del parámetro de la biotemperatura. Esta última requiere registros de temperatura por hora. En el caso de la cuenca del río Sinú no se cuenta con dicha información. Por esta razón como medida de temperatura se utiliza la temperatura media multianual registrada en estaciones climatológicas distribuidas en gran parte de la cuenca y del Departamento. Dichas estaciones se encuentran relacionadas en la Tabla No. 9 y su ubicación se puede apreciar en el volumen cartografico.

Tabla No. 9 Estaciones climatológicas empleadas para la elaboración de las curvas isotermas

Municipio	Codigo IDEAM	Estacion	Tipo	Elevación (msnm)	Años de uso	Longitud (m)	Latitud (m)	Precipitación (mm)	Temp (°C)
Tierralta	1301503	Campo bello	CP	78	1990-2003	762637	1374884	2792,1	27
Tierralta	1302503	La despensa	CO	160	1990-2003	755222	1363856	2078,2	26,8
Monteria	1307505	Uni.Cordoba	AM	15	1979-2003	803497	1465056	1342,7	27,3
Monteria	1305503	Galan	CO	30	1979-2003	790580	1450365	1256,3	27,1
Cerete	1307503	Turipana	AM	20	1979-2003	809026	1470563	1217,9	27,3
Cienaga oro	1307502	El Salado	CO	40	1964-2003	834734	1477827	1327,3	27,9
Chima	1307501	Chima	CO	20	1973-2003	831176	1503658	1244,1	27,4
San Bernardo del Viento	1308503	San Bernardo del Viento	CO	22	1964-2003	792815	1527818	1357,1	27,2
Sahagun	2502517	Colomboy	CO	125	1973-2003	843833	1459352	1460,6	27,2
Lorica	1308502	Lorica	CO	30	1964-	809247	1516668	1225,7	27,3
Lorica	1308501	Doctrina	CP	20	1968-	800105	1520403	1310,4	27,6

Municipio	Codigo IDEAM	Estacion	Tipo	Elevación (msnm)	Años de uso	Longitud (m)	Latitud (m)	Precipitación (mm)	Temp (°C)
Puerto Escondido	1204502	Cristo Rey	CO	15	1973-	763305	1494783	1420,5	27,7
Monteria	1306502	Maracayo	CO	25	1979-	801463	1422648	1364,7	26,8
Valencia	1304501	Jaraguay	CO	70	1966-1988	779359	1409844	1177,6	27
Planeta Rica	2501501	Centro Alegre	CO	170	1973-	825224	1394885	1679,6	27,8
Tierralta	1303501	Puerto Nuevo	CP	145	1965-1991	757101	1371224	2047,3	26,6
Planeta Rica	2502519	Planeta Rica	CO	90	1974-1993	832673	1420672	1481,4	27,4
Ayapel	2502515	Ayapel	CO	22	1969-2003	884058	1411285	2309,3	27,7
Montelibano	2502516	Hda. Cuba	CO	50	1973-2003	852723	1376347	2384	27,1
Sampues (Sucre)	2502527	Uni.Sucre	AM	160	1984-1998	856850	1509089	1348	26,8
Caucasia	2625504	Cacaoteras del dique	CP	55	1980-1999	885800	1374408	2772	27,7
San Marcos	2502504	Aeropuerto la Florida	CP	30	1983-2002	878670	1453704	2135,7	28

Con base en la temperatura media registrada en estas estaciones se elaboró un mapa de isotermas medias multianuales es decir líneas de igual temperatura media anual sobre todo el Departamento de Córdoba y luego se delimitaron a la cuenca del río Sinú. La herramienta empleada para generar las Isotermas fue el software Surfer 7.0. Con este se pueden crear superficies 3D a partir de coordenadas *xyz* de puntos localizados en una determinada área.

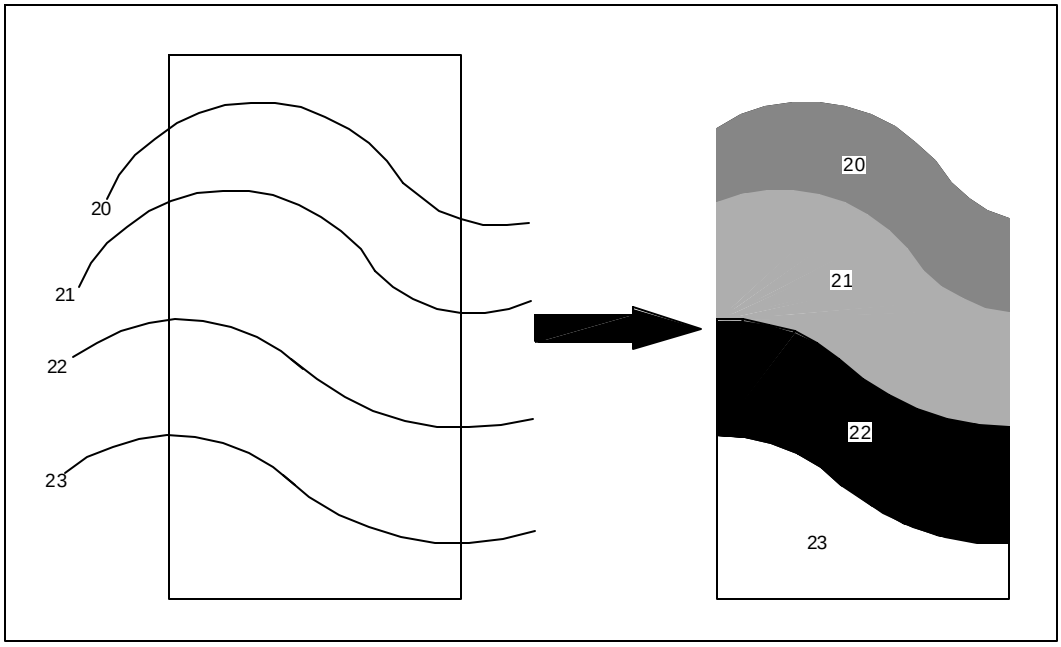
El procedimiento llevado a cabo para generar las isotermas fue el siguiente:

1. Generación un archivo en formato hoja de cálculo (*.xls) con la información de cada estación climatológica: coordenada *x* ➔ Longitud[1], coordenada *y* ➔ Latitud, coordenada z ➔ temperatura media anual.
2. Generación de una superficie 3D con Surfer en el cual la elevación esta representada por la temperatura media anual.
3. Generación de curvas de nivel a partir de esta superficie.

[1] Coordenadas planas con origen Bogotá utilizando la proyección de Gauss.

4. Transformación de líneas isotermas en polígonos de igual valor de temperatura media anual tal como se muestra en la Figura No. 4.
5. Estructuración de este mapa como Tema de polígonos en ArcView[2] asociándolo a su respectiva tabla de atributos.

Figura No. 4 Proceso de transformación de iso-líneas en polígonos con igual valor del parámetro considerado



Las curvas de nivel en este caso son las isotermas medias anuales para la cuenca del río Sinú. Ver volumen cartografico.

Cabe anotar que las estaciones climatológicas no cubren en su totalidad la cuenca. Estas están ubicadas sobretodo en la parte media y baja. Las que se encuentran en la parte alta, se localizan en el municipio de Tierralta en inmediaciones del Embalse de Urrá. Entre este sitio y el Alto de Paramillo (lugar de nacimiento del río Sinú) no existen estaciones climatológicas.

[2] ArcView es una herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el manejo de información georreferenciada. Este permite al usuario generar, almacenar, consultar, analizar, transformar y desplegar información localizada de modo que se constituya en un soporte para la toma de decisiones.

Para tener un cubrimiento de isotermas sobre toda la cuenca se utilizó el hecho reportado en la literatura (Van der Hammen et al., 1995) en el cual se plantea que hay un descenso de temperatura a una tasa aproximadamente constante a medida que se asciende a zonas de páramo como esta. El valor del gradiente de temperatura es de 0.69°C por cada 100 metros. De esta manera, en el archivo de estaciones mencionado en el paso No. 1 se incluyeron estaciones ficticias en las cuales la temperatura fue calculada en función de la elevación y aplicando dicho gradiente.

Adicionalmente se determinaron las zonas de Pisos Térmicos para la cuenca del río Sinú. Esto se hizo tomando como información de entrada el mapa producto de las isotermas (paso No. 5) y combinando polígonos adyacentes cuya temperatura estuviera dentro del mismo piso térmico considerado, así:

Tabla No. 10 Pisos Térmicos y rangos de temperatura asociados

Piso Térmico	Rango de Temperatura (°C)
Muy Frío	6 – 12
Frío	12 – 18
Templado	18 – 24
Cálido	24 – 36

El mapa de Pisos Térmicos se puede apreciar en el volumen cartografico.

En la parte más alta de la cuenca (nacimiento del río Sinú en el páramo de Paramillo) se encuentra una zona pequeña de piso térmico Muy Frío. Mas abajo, en el municipio de Ituango (Antioquia), se tiene piso térmico Frío. El piso térmico Templado ocupa una pequeña parte del norte del municipio de Ituango y la parte sur del municipio de Tierralta bordeando la serranía de Abibe.

El resto de la cuenca, es decir desde la parte alta del Embalse de Urrá hasta la desembocadura del río Sinú al Mar Caribe en la boca de Tinajones se encuentra dentro de la zona de piso térmico Cálido con una temperatura media de 27°C.

3.1.4.2 Isoyetas

Para la elaboración de las curvas isoyetas para la cuenca del río Sinú se siguió un procedimiento similar al seguido para las isotermas.

En este caso se utilizaron registros de precipitación de estaciones climatológicas y pluviométricas. Dichas estaciones se encuentran relacionadas en la Tabla No. 11 y su ubicación se puede apreciar en el volumen cartografico.

Tabla No. 11 Estaciones climatológicas y pluviométricas empleadas para la elaboración de las curvas isoyetas.

Municipio	Codigo IDEAM	Estacion	Tipo	Elevación (msnm)	Años de uso	Longitud (m)	Latitud (m)	Precipitación (mm)	Fuente
San Marcos	2502504	Aeropuerto la Florida	CP	30	1932-	878670	1453705	1637	Ingeominas
Monteria	1308504	Aeropuerto los garzones	SS	20	1974-	805341	1466892	1268	Ingeominas
San Andres de Sotavento	1307045	Aguas mohosas	PM	75	1988-2003	844047	1514669	1394,6	Ideam
Monteria	1306002	Buenos aires	PM	55	1965-2003	814341	1428123	1495,4	Ideam
Caucasia	2625504	Cacaoteras del dique	CP	55	1968-	885800	1374409	2772	Ingeominas
San Carlos	1307012	Callemar	PM	95	1963-	825449	1450205	1585	Ingeominas
Tierralta	1306003	Caramelo	PM	60	1965-	799550	1406059	1526	Ingeominas
San Carlos	1307011	Carrizal	PM	40	1963-2003	816281	1452088	1470,6	Ideam
Cerete	1307005	Cerete	PM	20	1963-2003	810886	1476087	1272,3	Ideam
Lorica	1307024	Cerro Bahia	PM	50	1974-2002	805600	1520374	1487,8	Sig Pafc
Chima	1307501	Chima	CO	20	1973-2003	831176	1503658	1244,1	Ideam
Cienaga de Oro	1307006	Cienaga de oro	PM	25	1958-2003	829218	1474162	1503,7	Ideam
Sahagun	2502517	Colomboy	CO	125	1973-2003	843833	1459352	1460,6	Ideam
Cerete	1307014	coroza N 1	PG	1439	1974-	816355	1468685	1439,7	Sig Pafc
San Carlos	1307019	coroza N 2	PM	1385	1974-2002	814512	1466849	1385,1	Sig Pafc
Lorica	1307021	Cotorra	PM	20	1979-2002	812789	1490832	1478	Sig Pafc
Puerto Escondido	1204502	Cristo Rey	CO	15	1984-2002	763305	1494783	1420,5	Ideam
Lorica	1308501	Doctrina	CP	20	1968-	800104	1520402	1310,4	Ideam
San Bernardo del Viento	1307001	El Limón	PM	3	1964-2003	796460	1524110	1543,3	Sig Pafc
Cienaga oro	1307502	El Salado	CO	40	1964-2003	834734	1477827	1327,3	Ideam
Lorica	1307025	El Trapiche	PM	4	1979-2003	801946	1522237	1374,2	Sig Pafc
Monteria	1305503	Galan	CO	30	1979-2002	790580	1450365	1256,4	Ideam
Caucasia	2502037	Hda la Moneda	PM	30	1970-	906031	1381736	3332	Ingeominas
Monteria	1307023	Horizonte	PM	1456	1974-2002	803480	1461368	1456,3	Sig Pafc
Sahagun	2502072	Jobo el Tablon	PM	130	1973-	856636	1448243	1660	Ingeominas

Municipio	Codigo IDEAM	Estacion	Tipo	Elevación (msnm)	Años de uso	Longitud (m)	Latitud (m)	Precipitación (mm)	Fuente
Monteria	1307026	Lamas 3	PM	1400	1978-2002	805297	1457671	1400,8	Sig Pafc
San benito abad	2502075	Las Tablitas	PM	60	1973-	880607	1488729	1436	Ingeominas
Monteria	1305003	Loma verde	PM	100	1965-2003	770290	1432026	1414,6	Ideam
Lorica	1308502	Lorica	CO	30	1984-2002	809246	1516668	1225,7	Ideam
Caceres	2624006	Manizales	PM	75	1970-2003	852664	1357910	2713,4	Ideam
Monteria	1306502	Maracayo	CO	25	1984-2003	801463	1422649	1364,7	Ideam
Monteria	1307015	Mocari	PG	1303	1974-2002	803497	1465056	1303,4	Sig Pafc
Momil	1307002	Momil	PM	20	1973-2003	823895	1514755	1422,6	Ideam
Monteria	1307027	Monteria	PM	1429	1974-	799801	1459541	1429,1	Sig Pafc
Monteria	1307034	Palma de vino	PM	1442	1978-2002	810801	1457645	1442,9	Sig Pafc
Turbo	1202001	Pueblo Bello	PM	80	1972-	740753	1406367	1488	Ingeominas
Tierralta	1303501	Puerto Nuevo	CP	145	1965-1991	757101	1371225	2105	Ideam
San Pelayo	1307003	Sabana Nueva	PM	20	1973-2002	807289	1490858	1376,6	Sig Pafc
Monteria	1307028	sabanal	PM	1444	1978-	810827	1463178	1444,8	Sig Pafc
Sahagun	2502014	Sahagun	PM	60	1958-2003	849418	1481458	1373,3	Ideam
Monteria	1306001	San antero	PM	75	1973-2003	805220	1441073	1433	Ideam
San Pelayo	1308001	San Antonio	PM	50	1965-2003	792564	1479865	1405,6	Sig Pafc
San Bernardo del Viento	1308503	San Bernardo del Viento	CO	22	1964-2002	792815	1527818	1357,3	Ideam
San Carlos	1307009	San Carlos	PM	60	1964-	821842	1464973	1653	Ingeominas
Monteria	1305001	Sta Lucia	PM	120	1965-	785190	1472526	1461	Ingeominas
San Carlos	1307010	Sta Rosa	PM	140	1963-2003	830984	1457558	1602,9	Ideam
Monteria	1307029	Tampa	PM	1439	1978-	816249	1444712	1439,1	Sig Pafc
Tierralta	1303001	Tierralta	PM	100	1959-2003	781132	1396525	1656,1	Sig Pafc
Santiago de tolu	1309007	Tolu	PM	2	1958-	835014	1544212	1386	Ingeominas
Cerete	1307503	Turipana	AM	20	1960-2002	809026	1470563	1217,7	Ideam
Monteria	1307505	Uni.Cordoba	AM	15	1979-2003	803497	1465056	1342,7	Ideam
Sampues	2502527	Universidad de Sucre	AM	160	1983-	856851	1509089	1201	Ingeominas
Tierralta	1303003	Urra 1	PG	78	1983-1996	762637	1374884	2187,4	Sig Pafc
San antero	1307044	Villa marcela	PM	40	1988-2003	816610	1524009	1392,3	Ideam
Chinú	2502073	Chinú	PM	125	1974-1993	854985	1499877	1347,8	Ideam
Montelíbano	2501008	Pica Pica	PM	100	1975-1993	823329	1380141	2010,0	Ideam
Montelíbano	2501010	San Fco Rayo	PM	160	1974-1993	810494	1387569	1794,4	Ideam
Montelíbano	2501006	Uré	PM	200	1974-1994	839781	1354265	2737,5	Ideam
Pto Libertador	2501001	Pto Libertador	PM	55	1989-2002	825111	1365382	2400,4	Ideam
Planeta Rica	2501501	Centro Alegre	PM	170	1974-1993	825225	1394885	1462,5	Ideam
Planeta Rica	2502155	Planeta Rica	PM	90	1959-1973	836352	1422502	1597,6	Ideam
San Marcos	2502147	Hda El Torno	PM	60	1983-2002	891478	1440764	2051,6	Ideam
Pueblo Nuevo	2502071	Cintura	PM	25	1974-2002	869407	1424233	2049,6	Ideam
Ayapel	2502078	Cecilia	PM	20	1974-2002	895117	1427850	2696,2	Ideam
Buenavista	2502101	Buenavista	PM	110	1974-2002	845455	1400342	2299,8	Ideam
Caucasia	2502053	La Ilusión	PM	60	1970-2001	887652	1379935	2781,2	Ideam
Caucasia	2502139	Caucasia	PM	70	1961-2001	876616	1376276	2561,4	Ideam

Municipio	Codigo IDEAM	Estacion	Tipo	Elevación (msnm)	Años de uso	Longitud (m)	Latitud (m)	Precipitación (mm)	Fuente
Ayapel	2502515	Ayapel	CO	22	1969-2003	884059	1411285	2309,3	Ideam
Montelíbano	2502516	Hda Cuba	CO	50	1973-2003	852723	1376348	2384,0	Ideam
Canalete	1204002	Canalete	PM	40	1973-1993	764968	1465259	1346,1	Ideam
Pto Escondido	1204001	Jaramagal	PM	90	1974-1993	765032	1476326	1347,3	Ideam
San Pelayo	1307020	Corocito	PM	20	1979-1998	810913	1481620	1243,0	Ideam
Arboletes	1204501	Arboletes	CO	4	1972-2003	742982	1470925	1730,5	Ideam

Con base en la precipitación media registrada en estas estaciones se elaboró un mapa de isoyetas medias multianuales es decir líneas de igual precipitación media anual sobre todo el Departamento de Córdoba y luego se delimitaron a la cuenca del río Sinú.

El procedimiento detallado fue el siguiente:

1. Generación un archivo en formato hoja de cálculo (*.xls) con la información de cada estación climatológica o pluviométrica: coordenada *x* ➔ Longitud, coordenada *y* ➔ Latitud, coordenada z ➔ precipitación media anual.
2. Generación de una superficie 3D con Surfer en el cual la elevación esta representada por la precipitación media anual.
3. Generación de curvas de nivel a partir de esta superficie.
4. Transformación de líneas isoyetas en polígonos de igual valor de precipitación media anual tal como se muestra en la Figura No. 4.
5. Estructuración de este mapa como Tema de polígonos en ArcView asociándolo a su respectiva tabla de atributos.

Las curvas de nivel en este caso son las isoyetas medias anuales para la cuenca del río Sinú. Ver volumen cartografico.

Una vez mas los registros de estaciones pluviométricas no cubren la parte mas alta de la cuenca. Con el fin de que las isoyetas generadas tengan influencia sobre toda la cuenca del río Sinú se utilizó el documento Hidrología de Antioquia (Smith et al, 1997) elaborado por la Universidad Nacional de Medellín en el cual se encuentran trazadas las isoyetas para el departamento de Antioquia. Fue así como en el archivo de estaciones mencionado en el paso No. 1 se incluyeron estaciones ficticias en las cuales la precipitación fue extraída de dicho manual. De esta manera no solo se asegura que las isoyetas cubran la parte alta de la cuenca (sur del departamento de Córdoba) sino que también se logra una homogenización con las isoyetas del departamento de Antioquia.

3.1.4.3 Relación de ETP

Con el fin de incluir el tercer parámetro para delimitar zonas de vida de Holdridge se generaron para todo el Departamento curvas de iso-relación ETP y se definieron a la cuenca del Río Sinú. Esto se hizo a partir de los registros históricos de precipitación de estaciones pluviométricas o climatológicas y de los valores calculados de ETP en estaciones climatológicas (ver capítulo 3.1.3.1 Evapotranspiración Potencial). Con estos datos se determinaron valores de relación ETP media anual para cada una de las estaciones consideradas (ver Tabla No. 1). En la elaboración de las curvas iso-relación ETP para la cuenca del río Sinú se siguió un procedimiento similar al seguido para las isotermas e isoyetas, explicado anteriormente:

1. Generación un archivo en formato hoja de cálculo (*.xls) con la información de cada estación climatológica o pluviométrica: coordenada *x* ➔ Longitud, coordenada *y* ➔ Latitud, coordenada z ➔ relación ETP media anual.
2. Generación de una superficie 3D con Surfer en el cual la elevación esta representada por la relación ETP media anual.
3. Generación de curvas de nivel a partir de esta superficie.
4. Transformación de líneas iso-relación ETP en polígonos de igual valor de relación ETP media anual tal como se muestra en la Figura No. 4.
5. Estructuración de este mapa como Tema de polígonos en ArcView asociándolo a su respectiva tabla de atributos.

Las curvas de nivel en este caso son las líneas de iso-relación ETP medias anuales para la cuenca del río Sinú. Ver volumen cartografico.

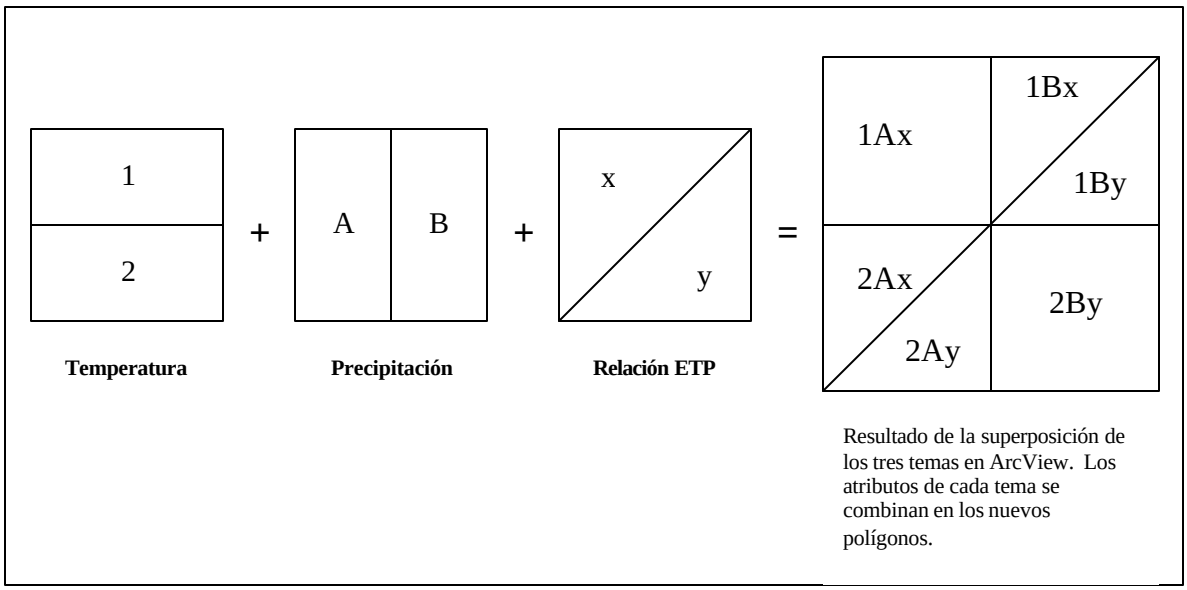
3.1.4.4 Delimitación de Zonas de Vida de Holdridge

Una vez se tenían los parámetros de entrada para determinación de zonas de vida (temperatura media anual, precipitación media anual y relación ETP media anual) estructurados en forma de polígonos de igual valor del parámetro en consideración, se procedió a efectuar una superposición de estos tres mapas temáticos en ArcView.

El resultado de dicha operación es una combinación de los diferentes polígonos que cada Tema presentaba antes de la superposición. De esta forma cada nuevo

polígono preserva los atributos originales de los polígonos que lo formaron (ver ejemplo en la Figura No. 5).

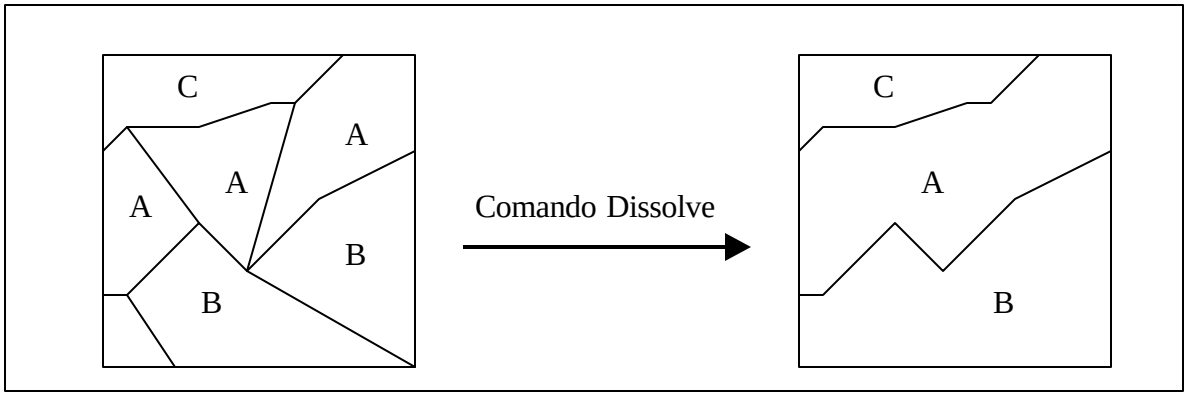
Figura No. 5 Ejemplo de superposición de mapas temáticos en ArcView.



Posteriormente se llevo a cabo un análisis de operaciones lógicas y condicionales entre los atributos de cada nuevo polígono con el fin de determinar la zona de vida a la cual pertenecía dicho polígono con base en el diagrama de Holdridge mostrado en la Figura No. 3. Esta clasificación se guardo en un atributo denominado 'Zona de Vida'.

Por último se utilizó el comando 'Dissolve' en ArcView (ver ejemplo en la Figura No. 6) con el fin de unir en uno solo polígonos que tenían en común el atributo 'Zona de Vida' y que compartían alguna frontera.

Figura No. 6 Ejemplo de la utilización del comando 'Dissolve' en ArcView.



De esta forma los resultados obtenidos para la cuenca del río Sinú muestran que en la parte baja y media desde la desembocadura en la boca de Tinajones hasta aproximadamente unos 12 km aguas arriba del municipio de Tierralta (El Toro) la clasificación de zona de vida es de 'Bosque Seco' (Temperatura>24^{o}C, Precipitación entre 1000 y 2000 mm y relación ETP entre 1.0 y 2.0 – parámetros del diagrama de Holdridge).

Desde este punto hasta la confluencia del Río Tigre con el Río Sinú la zona se ha clasificado como 'Bosque Húmedo' (Temperatura>24^{o}C, Precipitación entre 2000 y 4000 mm y relación ETP entre 0.5 y 1.0).

Desde la desembocadura del Río Tigre a la desembocadura del Río Sinucito en el Departamento de Antioquia la clasificación es de 'Bosque muy Húmedo Premontano' (Temperatura entre 18 y 24^{o}C, Precipitación entre 2000 y 4000 mm y relación ETP entre 0.25 y 0.50).

Desde este punto hasta aproximadamente 2 Km aguas arriba del nacimiento del Río Sinucito la clasificación de zona de vida es de 'Bosque muy Húmedo Montano Bajo' (Temperatura entre 12 y 18°C, Precipitación entre 2000 y 4000 y relación ETP entre 0.25 y 0.50).

Por último en la parte más alta de la cuenca del río Sinú (Antioquia) hay una muy pequeña zona clasificada como 'Bosque Pluvial Montano' (Temperatura entre 6 y 12^{o}C, Precipitación entre 2000 y 4000 mm y relación ETP entre 0.125 y 0.25).

Finalmente las zonas de vida obtenidas de esta forma fueron armonizadas con los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de los municipios de Turbo, San Pedro

de Urabá y Arboletes (Antioquia) los cuales limitan al este con la parte occidental de la cuenca del río Sinú. Para estos municipios, el POT determina que las zonas que lindan con Córdoba y que están sobre la Serranía de Abibe son de 'Bosque Húmedo' y no de 'Bosque Seco' como fue determinado en este análisis. Por esta razón las zonas que se ubican hacia el oeste y noroeste del municipio de Valencia hasta los limites de los municipios de Montería con San Pedro de Urabá se clasificaron como 'Bosque Húmedo'.

El resultado final de las zonas de vida se puede apreciar en el Volumen Cartografico

3.2 GEOLOGIA

La cuenca del Río Sinú ha sido estudiada desde tiempo atrás por varias entidades gubernamentales con el objetivo de trazar directrices que apunten al ordenamiento y uso sostenible de sus recursos naturales. Durante la fase de recopilación y análisis bibliográfico se tomó como base en primera instancia el estudio elaborado en 1985 por el CIAF denominado "Plan para la ocupación del espacio físico de la cuenca del río Sinú" desarrollado principalmente en la parte media y baja de la cuenca, el cual comprendió un levantamiento fotogeológico, geomorfológico y fisiográfico a escala 1.100.000 de toda la zona. La información analizada y recopilada de este estudio sirvió para profundizar y complementar otras fuentes consultadas, particularmente en lo relacionado con la espacialización y diferenciación de las unidades cuaternarias.

Un segundo estudio integral de la cuenca correspondió al Proyecto SIG-PAFC realizado en 1996 por la subdirección de Geografía del IGAC, el cual utilizó la metodología de unidades ecológicas del paisaje buscando hacer un análisis integral y holístico de la cuenca en su parte media y baja. Si bien se intentó integrar los diferentes componentes del medio natural, algunos aspectos fueron vistos en forma muy generalizada y con deficiencias en su georeferenciación.

3.2.1 Estudios Geológicos Anteriores

A nivel de estudios estrictamente geológicos, la región ha sido estudiada parcialmente desde la década de los 40[3] por los siguientes autores:

- Royo y Gómez, en 1943 realiza un trabajo sobre la Geología Económica del entonces Departamento de Bolívar.

- Shell Cóndor, entre 1954 y 1957 presenta un primer mapa fotogeológico del Cuadrángulo F-8.

- Bürgl, en 1956 estudia los carbones y calizas de la Serranía de San Jerónimo.

- Oppenheim, en 1957 presenta un bosquejo geológico general de la Cuenca del Sinú.

[3] Dueñas, H., Duque – Caro, Geología del Cuadrángulo F-8, Planeta Rica Boletín Geológico Volumen 24 No.1, pág.11, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico – Mineras INGEOMINAS, Bogotá, 1981.

- De Porta, en 1961 publica un trabajo de la Formación Ciénaga de Oro como contribución a la palinología del Terciario del norte de Colombia.

- Duque en 1973, en su guía de Geología del Área de Montería presenta un bosquejo general de la zona, y en 1978 realiza una interpretación geotectónica de la región noroccidental colombiana.

De otra parte desde 1964 el INGEOMINAS ha venido estudiando y trabajando diferentes aspectos de la geología de la costa caribe. Es así como se realizan en la década de los 70 los levantamientos geológicos de los Cuadrángulos E-8 Sincelejo y D-8 Arjona. Posteriormente en 1981 Dueñas, H. y Duque – Caro, presentan la Geología del Cuadrángulo F-8, Planeta Rica con su respectivo mapa a escala 1:125.000, en el cual se espacializa el sector nororiental de la cuenca del Río Sinú.

En 1997 el INGEOMINAS a través de la recopilación de estudios y cartografías anteriores (COLPET,1969; CIAF,1985; GEOMINAS,1986; AMBIENTEC,1986; ECOPETROL,1994 y estudios de INGEOMINAS entre otros), presenta el Mapa Geológico de Córdoba a escala 1:250.000 y su memoria explicativa (2001). Este mapa fue el resultado de la actividad cartográfica e investigativa llevada a cabo durante más de setenta años y en especial a partir de la década del 70, cuando a través de los trabajos de exploración para hidrocarburos y levantamientos sistemáticos, llevados a cabo por las compañías petroleras e INGEOMINAS[4].

Mas recientemente el INGEOMINAS ha realizado esfuerzos de investigación con el objetivo de obtener una cartografía geológica 1:100.000 del Noroccidente Colombiano; es así como se inició a mediados de los 90 con personal propio y consultores externos el Proyecto Estudios Geológicos de la Región Caribe, cuyo objetivo principal fue el de proveer mapas geológicos regionales, esenciales para la evaluación de recursos hídricos, minerales y para la identificación de amenazas geológicas que pudieran afectar la población y las obras civiles de infraestructura.

De acuerdo con lo anterior, se llegó a obtener una cartografía geológica detallada de la parte media y baja de la Cuenca. Un primer resultado de este proyecto se presentó en 1999 con la publicación de la Plancha Geológica 43 - 43 bis “San Antero – San Bernardo del Viento” bajo la dirección del Geólogo Rodolfo Barrera Olmos. En 2001 el mismo Barrera en conjunto con el geólogo Jairo Clavijo Torres presentan la Geología de las Planchas 44 “Sincelejo” y 52 “Sahagún”.

[4] González, Humberto – Londoño, Ana, Memoria Explicativa del Mapa Geológico del Departamento de Córdoba, pág.13, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico – Mineras INGEOMINAS, Bogotá, 2001

De la misma forma la firma GEOTEC LTDA contratada por el INGEOMINAS en 1996, presentó en 2003 el estudio titulado "Geología de los Cinturones Sinú – San Jacinto" que abarca las planchas a escalas 1.100.000: 50 "Puerto Escondido", 51 "Lorica", 59 "Mulatos", 60 "Canalete", 61 "Montería", 69 "Necoclí", 70 "San Pedro de Urabá", 71 "Planeta Rica", 79 "Turbo" y 80 "Tierralta".

De las planchas citadas anteriormente la Cuenca del Río Sinú abarca parcialmente territorio sobre las planchas 50, 60, 70, 71 y 80 y cubre en su totalidad las planchas 51 y 61. Aunque GEOTEC hizo un estudio detallado desde el punto de vista petrográfico y paleontológico, en algunos sectores de las planchas 60, 70 y 80 se observan incoherencias en la base cartográfica, en la georeferenciación de las unidades estratigráficas y en el empalme con las planchas presentadas directamente por el INGEOMINAS (43 – 43 bis, 41 y 51).

Las deficiencias en la georeferenciación guardan relación con la cobertura parcial que el IGAC tiene sobre el Departamento de Córdoba, para lo cual en el presente estudio se complementó y actualizó con imágenes de radar y de satélite, así como con verificación con GPS de algunos sitios particulares.

3.2.2 Geología regional:

En el departamento se encuentran distintas unidades estratigráficas que conforman la geología a continuación en la tabla No.12 se mencionan cada una de las unidades con sus características mas importantes:

Tabla No. 12 Unidades Estratigráficas

ESTRATIGRAFIA				AUTOR	LITOLOGIA	EDAD	AFLORAMIENTOS IMPORTANTES	AMBIENTE
Cuenca de Urabá	Formación Uva (Pgu)			Haffer, 1967	Secuencia de limolitas grises calcáreas con intercalaciones menores de arcillolitas de color gris, calizas detríticas de areniscas calcáreas.	Oligoceno – Mioceno Inferior	Localizada en la parte superior del Río Uva en el departamento de Choco.	
Cordillera Occidental	Grupo Cañasgordas	Formación Barroso (Ksvb)		Álvarez y Gonzáles, 1978.	Rocas volcanicas afaníticas porfiríticas y derrames macizos.	Campaniano-Maastrichtiano.	en la Central. Afloran en la Cordillera Occidental, al occidente del Río Cauca y se extienden hacia el sur del departamento de Córdoba. Toman su nombre del Río Barroso, afluente del Río San Juan, en la región de Salgar, Departamento de Antioquia (ÁLVAREZ Y GONZÁLEZ, 1978).	ambiente marino profundo
		Lodolitas silíceas asociadas(Kslb)						
		Formación Penderisco	Miembro Urrao (Ksu)	Gonzáles, 1997.	Limolitas y arcillolitas con intercalaciones de capas de grauvacas y conglomerados.	Albiano- Campaniano Maastrichtiano.	Aflora al sur del Departamento de Córdoba, en límites con el de Antioquia y se extiende hasta la desembocadura del Río Sucio en el Río San Jorge	Ambiente turbidítico con pendiente suave.
			Miembro Nutibara (Ksn)		Rocas biogénicas, Chert y calizas micríticas, limolitas silíceas, arcillolitas grauvacas y silos de diabasas.	Cretácico superior-Paleoceno.	Aflora al suroeste del departamento como una franja alargada que se extiende desde el Departamento de Antioquia	Ambiente marino profundo.
	Volcánico de la equis (Ksvx)			Calle y Salinas, 1986	Basaltos, andesitas, aglomerados, brechas y tobas con algunas coladas de lavas ácidas y localmente limolitas y chert.	Paleógeno Inferior.	Flanco occidental de la Cordillera Occidental, Batolito de Mandé.	Arco volcánico.

	ESTRATIGRAFIA			AUTOR	LITOLOGIA	EDAD	AFLORAMIENTOS IMPORTANTES	AMBIENTE
Cordillera Central.	Complejo Cajamarca (Pzcc)			Maya y Gonzáles 1995.	Esquistos micáceos intercalados con cuarcitas, localmente mármoles, gneises y cuerpos lenticulares de anfibolitas.	Varían entre 345 y 55 millones de años.	Como complejo regionalmente tiene límites tectónicos: al oriente el Sistema de Fallas de Otú-Pericos y al occidente, separándolo de las rocas de la Cordillera Occidental, la Falla Cauca-Almaguer.	
Cinturón del Sinú.	Formación Maralú (Pgom)			Haffer, 1967.	Secuencia predominantemente arcillosa y localmente limosa y micacea.	Oligoceno – Mioceno inferior.	Quebrada Maralú, Kilómetros al este de la población de Santa Clara al noreste de Montería.	Ambiente próximo al borde continental.
	Formación Floresanto (Ngmf)			Oppenhein, 1957.	Areniscas calcáreas de color gris localmente con conglomerados y areniscas conglomeráticas.	Mioceno Inferior - medio	Quebrado Floresanto, al sureste de Montería.	Deltáico.
	Formación Pajui			Haffer, 1967.	Areniscas con matriz arcillosa calcárea con algunas zonas conglomeráticas y de guijos.	Mioceno medio - alto	Quebrada Pajui al occidente de Tierra Alta.	Ambiente batial superior a Neritico.
	Formación Corpa.			Haffer, 1967.	Lodolitas y arcillolitas de color crema al gris, meteorizado, Hacia la base predominan conglomerados intercalados con areniscas gruesas.	Mioceno superior – Plioceno.	Río Corpa al noroccidente de montería.	Abanicos Aluviales.
Cinturón de San Jacinto	Anticlinorio de San Jerónimo	Ultramafitas	Peridotitas de Planeta Rica (Kspp).	Dueñas y Duque, 1981.	Peridotas y en menor proporción dunitas, localmente trasformados en serpentinitas y asociados con rocas volcánicas básicas y gabros.	Jurásico-Cretácico superior	Sur Occidente de Planeta Rica.	Corteza Oceánica emplazada como complejos ofiolíticos.
			Ultramafitas de Cerro matoso.	Naciones Unidas, Ingeominas, 1975.	Peridotitas piroxénicas.	Jurásico-Cretácico superior	Cerro matoso Sur-occidente del departamento de Cordova.	Corteza Oceánica emplazada como complejos ofiolíticos.
			Ultramafitas de Uré.	Naciones Unidas, Ingeominas, 1976.	Cuerpos peridotíticos, Hazburgitas, serpentinitas, dunitas y piroxenitas.	Jurásico-Cretácico superior	Uré al sur del departamento de Cordova.	Corteza Oceánica emplazada como complejos ofiolíticos.

ESTRATIGRAFIA				AUTOR	LITOLOGIA	EDAD	AFLORAMIENTOS IMPORTANTES	AMBIENTE
		Basaltos de Nuevo Paraíso (Ksbnp)		Dueñas y Duque, 1981.	Rocas basálticas toleiticas.	Cretácico.	Región de Nuevo paraíso al sur de Medio Rancho, cerca de los cuerpos de peridota en la zona de planeta Rica.	Volcánico oceanico.
		Formación Cansona (Ksc)		Wood, 1940 en Butler, 1941.	Rocas volcánicas basálticas y peridotitas ocasionalmente con costras ferruginosas e intercalaciones de chert.	Coniaciano, Campaniano, Maastrichtiano.	Las capas de chert que afloran cerca de San Antero, Cherts de San Sebastián (MARTIN, 1914, en: ANDERSON, 1929) se consideran como parte de esta unidad.	Rocas volcánicas básicas de ambiente oceánico marino abisal.
		Formación San Cayetano (Pgsc)	Miembro areniscas de Trementino.	Dueñas y Duque, 1981.	Areniscas grauváquicas intercaladas con niveles arcillosos, conglomerados polimícticos areniscas y feldespáticas.	Cretácico tardío ?	Región de Trementino y Arroyo Grande en la parte central del departamento de Córdoba.	Origen marino ambiente abisal.
			Miembro Conglomerado del Curial.	Dueñas y Duque, 1981.	Secuencia conglomerática, areniscas conglomeráticas.	Paleoceno tardío – Holoceno temprano.	San Carlos, lomas de Morrocoy.	Ambiente marino profundo que hacen parte de facies turbidíticas.
		Formación la Tampa (Pget)		Duque Et al, 1983.	Lodolitas silíceas y calizas compactas	Eoceno medio	Aflora en la carretera Montería-Planeta Rica.	
		Formación Cienaga de oro (Pgoco)		Duque, 1973.	Areniscas y shales	Eoceno superior – Oligoceno.	En la carretera Montería-Planeta Rica,	Aguas salobres de ambientes deltáicos.
		Formación el Carmen (Ngmc)		Notestein, 1929.	Lodolitas grises con intercalaciones de capas finas de areniscas y lodolitas.	Mioceno Inferior	en la carretera Montería-Planeta Rica, entre las localidades de Los Cerros y la Hacienda La Almagra.	condiciones marinas entre 200 y 600 m de profundidad (DUEÑAS Y DUQUE, 1981).

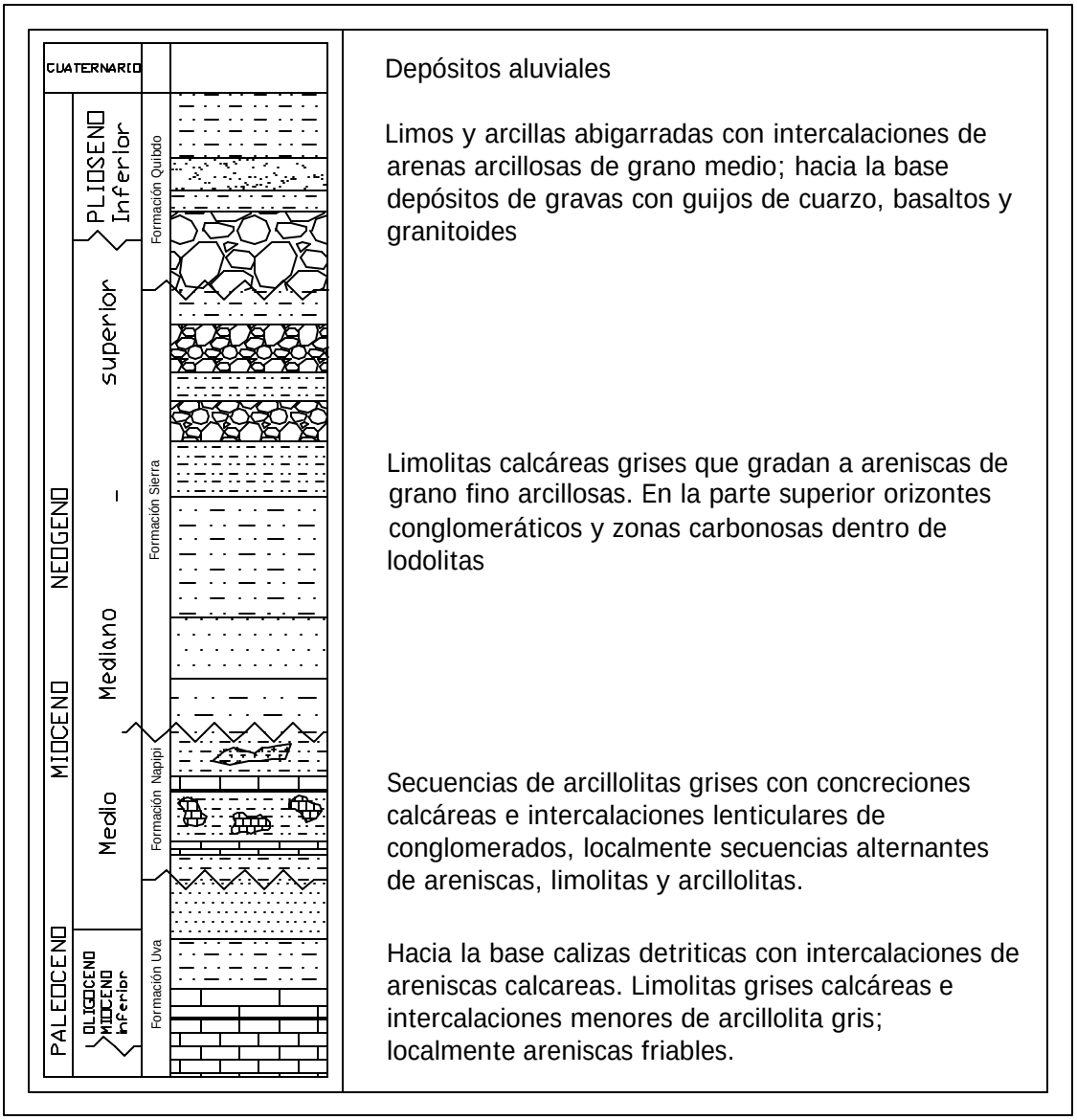
ESTRATIGRAFIA				AUTOR	LITOLOGIA	EDAD	AFLORAMIENTOS IMPORTANTES	AMBIENTE
		Formación Cerrito (Ngmpc)		Werenfels, 1926.	Areniscas con intercalaciones de Calizas y shales	Mioceno superior-Plioceno – Pleistoceno.	Población cerrito Suroeste de Sincelejo.	Ambiente marino con profundidades menores de 600 metros para la parte basal de la unidad y condiciones marino someras continentales para la parte superior.
		Grupo Sincelejo	Formación Sincelejo (NgQpsi)	Inicialmente fue definida como "Sincelejo Sandstone" por Werenfels (1926), como Formación sincelejo fue definida por Kassem et al. (1967)	Es una unidad predominantemente arenosa, en su parte inferior consta de shales grises claros, localmente con capas de areniscas; su parte media y superior están constituidas por areniscas de grano medio a grueso, ligeramente conglomeráticas, de color amarillo a gris claro, con ocasionales fragmentos de troncos silicificados.	Plioceno	Aflora en la parte nororiental del departamento como una franja alargada norte-sur que desaparece gradualmente bajo los depósitos del Río San Jorge en la zona de Ayapel, hacia el sur del departamento	Ambiente fluviolacustres
			Formación Morroa ()	Cáceres y De Porta (1972)	Areniscas de color blanco-amarillento con ocasionales intercalaciones de capas de grava y nódulos de arenisca de igual composición que el cuerpo que las contiene. Las capas de arcillolita son de color pardo, moteadas, grises con venillas de yeso	Plioceno	Morroa en el Departamento de Sucre	Ambiente fluviolacustres
			Formación Betulia (Qb)	Kassem et al. (1967)	Arcillolitas plásticas, de color gris claro, con intercalaciones de sedimentitas poco consolidadas, areniscas friables, ferruginosas, compuestas por cuarzo y líticos de chert.	Plioceno	Aflora al suroriente del departamento (en: BARRERA, 1995).	Ambiente fluviolacustres
	Anticlinorio de San Jacinto Sur	Formación Tolú Viejo (Pgetv).		Duque (1968)	está constituida hacia la base por areniscas conglomeráticas y hacia el techo por calizas arrecifales.	Eoceno superior	Municipio de Tolú Viejo.	ambiente de formación en aguas tropicales poco profundas con influencia de condiciones arrecifales (DUQUE, 1968).

	ESTRATIGRAFIA		AUTOR	LITOLOGIA	EDAD	AFLORAMIENTOS IMPORTANTES	AMBIENTE
Cuaternarios	Terrazas aluviales (Qtc).			Unidad conformada por los depósitos aluviales antiguos principalmente de los ríos Sinú y San Jorge y algunos de sus afluentes	Cuaternario	Río Sinú, San Jorge y afluentes	Fluvial
	Depósitos aluviales (Qal).	Depósito de Valencia.	CIAF, 1985	gravas finas con cantos de arcosas, lutitas y conglomerados polimícticos con intercalaciones de capas de arcilla de color gris en las cuales se encuentran troncos de árboles en proceso de descomposición	cuaternario	Municipio de valencia	Fluvial
		Depósito de Montería	CIAF, 1985	Depósitos del río Sinú donde se encuentran las principales poblaciones del departamento, es la zona de mayor desarrollo agropecuario de la región.	Cuaternario	desde el Corregimiento de Santa Isabel hasta la población de El Vidrial, al norte de Montería.	Fluvial
		Depósito de San Bernardo del Viento.	CIAF, 1985	Depósito aluvial que se caracteriza por presentar zona de pantanos y sectores donde aún se conservan las antiguas orillas del Río Sinú	Cuaternario	Se extiende desde el occidente de la población de Madera hasta el perfil de la costa.	Fluvial
		Depósito del Río Manso.		Constituido por los rellenos aluviales del Río Manso	Cuaternario	Localizado al sur del departamento en las cabeceras del Río Sinú	Fluvial
		Otros depósitos.		depósitos aluviales formados por el Río San Jorge y sus tributarios; limos y arcillas que forman zonas amplias de planicies bajas, sujetas a inundaciones, especialmente en la zona entre Buenavista y Caucasia, en los límites con el Departamento de Antioquia.	Cuaternario	Al sur del departamento se encuentran los depósitos aluviales formados por el Río San Jorge y sus tributarios	Fluvial

	ESTRATIGRAFIA		AUTOR	LITOLOGIA	EDAD	AFLORAMIENTOS IMPORTANTES	AMBIENTE
		Depósito de Canalete.	ZAPATA YZULUAGA, 1991	corresponde a la llanura aluvial antigua del Río Canalete y sus tributarios, compuesta por material areno-arcilloso, con predominio de la fracción arena	Cuaternario	Está localizado al sur y sureste de Puerto Escondido	Fluvial
	Terrazas marinas (Qtm).		ZA-PATA Y ZULUAGA, 1991	fragmentos de areniscas, limolitas y conglomerados retrabajados, recubiertos por conchas y presencia de corales	Holoceno	Cerca a las poblaciones de Puerto Escondido, Los Córdobas, Santander de La Cruz, El Cedro, Moñitos y San Antero- El Porvenir.	Origen marino
	Depósitos marinos recientes de Playa (Qmp).			Corresponden a depósitos conformados por los sedimentos acumulados a lo largo de la línea de costa, debido a fenómenos de erosión y arrastre de material por las corrientes marinas y oleaje. Están constituidos por material heterogéneo como cuarzo, líticos de chert, limolitas, areniscas, conglomerados, restos de conchas y corales.		playas de Moñitos, San Bernardo del Viento y Punta Rey	

Dentro de la geología regional se encuentra explicada la geología de la cuenca del Urabá que no esta presente dentro de la cuenca del Río Sinú, por tal razón a continuación se muestra la columna estratigráfica generalizada de las unidades presentes en esta cuenca.

Figura 7. Columna generalizada de la cuenca del Urabá. Tomada del INGEOMINAS, 2001



.

3.2.3 Geologia local de la cuenca hidrografica del rio sinú

Las unidades roca que afloran en la cuenca hidrográfica del río Sinú y que hoy conforman su marco geológico se formaron en ambientes geotectónicos diferentes y en épocas distintas, por lo tanto, su evolución en espacio y tiempo en cada caso tiene características particulares. Las unidades que afloran hacen parte de cinturones terciarios del noroccidente colombiano, de la terminación septentrional de la Cadena Andina centro-occidental y de la Cuenca de Urabá; su evolución estuvo controlada tanto por los diferentes ciclos sedimentológicos como por sus estilos estructurales, que le imprimieron a cada uno de ellos características diferentes, lo que hace posible separarlos en dos grandes grupos, los cinturones Sinú y San Jacinto.

3.2.3.1 CORDILLERA OCCIDENTAL

Esta cordillera constituye la ramificación occidental de la cadena de Los Andes en su extremo septentrional. En su terminación norte se divide en tres ramales denominados serranías de Abibe, San Jerónimo y Ayapel. Al occidente limita con las cuencas del Atrato y Urabá y al este con la Cordillera Central a lo largo del valle del Río Cauca. Litológicamente, está conformada en su extremo norte por rocas cretácicas volcánicas y volcano - sedimentarias, que conforman parte del basamento de las cuencas sedimentarias del caribe colombiano. Estas unidades corresponden al Complejo Cañasgordas y al Volcánico de La Equis.

Grupo Cañasgordas.

El Grupo Cañasgordas (ÁLVAREZ Y GONZÁLEZ, 1978), fue definido en la parte norte de la Cordillera Occidental, en el Departamento de Antioquia, para describir el conjunto de rocas volcánicas básicas con sedimentitas relacionadas (Formación Barroso) y rocas sedimentarias areno-arcillosas, calizas y limolitas silíceas que las suprayacen (Formación Penderisco) y asignadas al Cretácico Superior

Formación Barroso (Ksvb y Kslb)

Corresponden a las rocas volcánicas del grupo Cañasgordas que afloran en la cordillera occidental. Esta unidad está constituida principalmente por rocas volcánicas afaníticas-porfiríticas y derrames macizos (Ksvb); consta principalmente de basaltos y andesitas de color verde producto de la alteración de los minerales máficos originales. Hacia el techo se encuentran facies piroclásticas asociadas con

sedimentitas silíceas. Las rocas basálticas son de color gris oscuro, a veces amigdaloides, compuestas por plagioclasa cálcica, piroxeno y magnetita (GONZÁLEZ, 1997).

Esta formación se encuentra suprayacida por las sedimentitas de la Formación Penderisco y en contacto fallado con las rocas metamórficas de la Cordillera Central; en algunos sectores hacia el sur se encuentra cubierta en discordancia, por los sedimentos de las formaciones Amagá y Combia (GONZÁLEZ, 1997)

Lodolitas silíceas asociadas (Kslb)

Unidad conformada por chert de color gris a negro, con laminación fina plana, localmente ondulada; se encuentran además limolitas silíceas y ocasionalmente areniscas líticas de color gris oscuro a negro. Estratigráficamente esta unidad se encuentra ubicada hacia el techo de la Formación Barroso. La presencia de lavasalmohadilladas y lentes de chert indican un ambiente marino profundo para la génesis de esta unidad (GONZÁLEZ, 1997). La composición química de las rocas volcánicas indica un magma original de composición toleítica, que en contacto con el ambiente de formación sufrió un proceso de espilitización con transformación de la mineralogía primaria en la actual, típica de las "rocas verdes" de fondos oceánicos.

Formación Penderisco

Rocas predominantemente sedimentarias del Grupo Cañasgordas que afloran en la parte axial y el flanco occidental de la Cordillera Occidental (ÁLVAREZ Y GONZÁLEZ, 1978). Dadas las características litológicas que presenta esta unidad, se divide en dos miembros: Miembro Urrao (areno-arcilloso) y Miembro Nutibara calcáreo-lidítico).

❖ *Miembro Urrao (Ksu):*

Denominado informalmente miembro areno-arcilloso. Está constituido por limolitas y arcillolitas con algunas intercalaciones de capas de grauvacas y conglomerados y cambios laterales en la secuencia con predominio de la fracción gruesa sobre la fina. Aflora al sur del Departamento de Córdoba, en límites con el de Antioquia y se extiende hasta la desembocadura del Río Sucio en el Río San Jorge

❖ *Miembro Nutibara (Ksn):*

Este nombre se utiliza para agrupar las rocas biogénicas o químicas finas como chert y calizas micríticas que hacen parte del Grupo Cañasgordas, denominado informalmente miembro calcáreo- lidítico (GONZÁLEZ, 1997). Aflora al suroeste del departamento como una franja alargada que se extiende desde el Departamento de Antioquia; limitada al este por los sedimentos terciarios del Cinturón Sinú (DUQUE, 1984a) y al oeste por la Falla de Uramita. Está constituido principalmente por chert y calizas con intercalaciones locales de limolitas silíceas, arcillolitas, grauvacas y silos de diabasas (GONZÁLEZ, 1997), hacia la base se encuentran interestratificadas con bancos de chert mientras que hacia el techo predominan calizas con intercalaciones delgadas de limolitas, chert y grauvacas.

3.2.3.2 CINTURÓN SINÚ

Esta unidad estructural se localiza al este del Bloque del Chocó (DUQUE, 1990a) en su extremo oriental y comprende los anticlinorios de Abibe-Las Palomas y Turbaco en la zona continental, y la plataforma y talud continentales del área fuera de costa; según Duque (1980) al oriente está limitado del Cinturón de San Jacinto por el Lineamiento del Sinú. Geográficamente este cinturón comprende la cuenca del Río Sinú en el Anticlinorio de Abibe-Las Palomas, hasta la línea de costa en el departamento y se extiende hacia el norte formando el Anticlinorio de Turbaco. Está constituido por rocas con edades que van desde el Oligoceno hasta los sedimentos aluviales y marinos recientes

- **Formación Maralú (Pgom)**

Unidad litológica definida por Haffer (1967) como una secuencia predominantemente arcillosa y localmente limosa y micácea. Su localidad tipo se encuentra en la Quebrada Maralú, 3 Km. al este de la población de Santa Clara al noroeste de Montería. Esta unidad fue estudiada por Haffer y Beattie (1959), al sur de la cuenca en las cabeceras del Río Naín. Litológicamente está constituida por arcillolitas grises, macizas, con algunas interestratificaciones de limolitas y areniscas; localmente las arcillolitas son limosas y micáceas; algunos niveles de margas localizados al norte del departamento, los contactos, inferior y superior son aparentemente normales. En esta región, es suprayacida por areniscas de la Formación Floresanto (HAFFER, 1967). La fauna de foraminíferos encontrada en esta unidad permite asignarla al Oligoceno- Mioceno inferior (HAFFER, 1967; DUQUE Y GUZMÁN, 1991).

- **Formación Floresanto (Ngmf)**

Definida por el grupo de geólogos de Sinú Oil Company (OPPENHEIM, 1957). La sección tipo de esta unidad se encuentra en la Quebrada Floresanto al suroeste de Montería. Consta hacia la parte inferior de capas gruesas de areniscas calcáreas de color gris de grano fino-medio, localmente con conglomerados y areniscas conglomeráticas, denominadas por Haffer (1967). El espesor aproximado es de 2.600 m y su contacto con las formaciones infra y suprayacente es normal (HAFFER, 1967) La asociación litológica predominante representa la parte superior de la facies deltáica en un sistema progradante, caracterizado por canales migratorios que fueron cubiertos por depósitos lagunares. La presencia de caliche indica períodos de quietud, durante los cuales el material queda expuesto a condiciones subaéreas con alguna inestabilidad. La fauna encontrada, según Haffer (1967), indica el Mioceno inferior-medio, mientras que para Duque (1990b) sería más representativa del Mioceno inferior.

- **Formación Pajuil (Ngmp)**

Haffer (1967) denomina Formación Pajuil a las sedimentitas que afloran en la Quebrada Pajuil al occidente de Tierralta, hacia la parte superior de la cuenca del Río Sinú en el Departamento de Córdoba, está constituida en su parte inferior por areniscas con matriz arcillosa-calcárea de grano medio, de color pardo-gris azuloso, intercaladas con arcillas azul-grisáceas, la parte superior de la formación está constituida por arcillolitas de color gris-azuloso que reemplazan progresivamente las areniscas (HAFFER, 1967). La microfauna encontrada indica una edad Mioceno medio alto (HAFFER, 1967; DUQUE, 1990b).

Formación Corpa (Ngmpco)

Nombre dado por Haffer (1967) a las capas de sedimentitas que afloran en el Río Corpa al noroccidente de Montería, constituidas por lodolitas - arcillolitas de color crema - gris, meteorizadas, pobremente estratificadas; forman colinas redondeadas con pendientes suaves. El espesor total de la unidad varía entre 2.000 y 4.000 m, aunque no han sido medidas secciones completas de ella (HAFFER, 1967). El contacto inferior de esta unidad es inconforme en la parte alta de la cuenca del Río Sinú, pero normal hacia el centro de la cuenca (HAFFER, 1967). Las características litológicas sugieren una depositación en abanicos aluviales que se originaron por un rápido levantamiento en el sur y pueden considerarse como evidencia de un importante evento tectónico a finales del

Terciario. La posición estratigráfica y la relación con las unidades infra y suprayacentes permiten asignar esta formación al Mioceno superior-Plioceno (HAFFER, 1967; INGEOMINAS-ECOPETROL, 1994).

3.2.3.3 CINTURÓN DE SAN JACINTO

Unidad estructural localizada adyacente a la plataforma y limitada al oriente y al occidente por los lineamientos estructurales de Romeral y Sinú respectivamente. Estructuralmente está conformado por los anticlinorios de San Jerónimo, San Jacinto Sur y Luruaco, este último localizado fuera del departamento. Aunque estructuralmente los anticlinorios de San Jerónimo y San Jacinto Sur son similares, litológicamente presentan ciertas diferencias ya que en el primero afloran unidades más antiguas que constituyen el basamento en la cuenca del Terciario en el Caribe Colombiano.

Unidades litoestratigráficas del Anticlinorio de San Jerónimo

Litológicamente este anticlinorio está constituido por rocas pelágicas del Cretácico Superior, con algunas intercalaciones de flujos basálticos a veces asociados con intrusivos máficos y ultramáficos. Sobre estas capas del Cretácico Superior se encuentra una secuencia de turbiditas del Terciario inferior, Formación La Tampa, y las formaciones Ciénaga de Oro, El Carmen, Cerrito y Betulia del Paleógeno Superior-Neógeno.

Peridotitas de Planeta Rica (Kspp)

Nombre asignado por Dueñas y Duque (1981) para los cuerpos de peridotita que afloran al sur-occidente de Planeta Rica. Estos cuerpos están constituidos por peridotitas y en menor proporción por dunitas, localmente transformados en serpentinitas y asociados con rocas volcánicas básicas y gabros.

Ultramafitas de Cerro Matoso (Ksucm)

Nombre asignado al cuerpo ultramáfico que aflora en el área de Cerro Matoso al sureste del departamento (NACIONES UNIDAS-INGEOMINAS, 1975). Forma el Cerro Matoso, de donde recibe su nombre. Es un cuerpo de forma ovalada, con su dimensión mayor en dirección noroeste, con una extensión de 2.500 m y una longitud de 1.700 m en su dimensión menor. Estas rocas al meteorizarse producen suelos residuales con alta concentración en níquel denominados saprolitos verdes (DURANGO, 1988).

Ultramafitas de Uré (Ksuu)

Nombre utilizado para designar los cuerpos de rocas ultramáficas que afloran en el área de Uré al sur del Departamento de Córdoba (NACIONES UNIDAS-INGEOMINAS, 1976). Estas rocas se encuentran alineadas tectónicamente, con dirección norte sur, a lo largo de la Zona de Falla de Romeral. Estos cuerpos están constituidos principalmente por harzburgitas, serpentinitas, dunitas y piroxenitas, (que han sufrido proceso de serpentinización variable). Son de colores verde oscuro, muy fracturados, deformados, con presencia de cristales de piroxeno, que han sido transformados por alteración a bastita (INGEOMINAS-ECOPETROL, 1994) y en general presentan un proceso avanzado de serpentinización y lateritización; estos procesos son excluyentes entre sí.

La asociación de estos cuerpos ultramáficos con gabros y rocas volcánicas básicas de afinidad oceánica indicaría que podrían corresponder a corteza oceánica, emplazada en forma sólida como fragmentos ofiolíticos a lo largo de fallas inversas profundas. Álvarez y González (1978) consideran las rocas ultramáficas asociadas con el sistema Romeral como parte de complejos ofiolíticos y como tales corteza oceánica emplazada tectónicamente. Gabros con estas asociaciones han sido datados en el rango Jurásico-Cretácico superior (RESTREPO et al., 1991), edad que se considera para la corteza oceánica involucrada, mientras que el emplazamiento tectónico sería del Cretácico tardío-Paleógeno, a través de fallas reactivadas durante el Neógeno que originaron localmente cabalgamientos sobre unidades más recientes.

Basaltos de Nuevo Paraíso (Ksbnp)

Unidad definida por Dueñas y Duque (1981) para designar las rocas basálticas que afloran en la región de Nuevo Paraíso, al sur de Medio Rancho, cerca a los cuerpos de peridotita en la zona de Planeta Rica, que forman colinas bajas suaves y onduladas. La unidad está constituida por basaltos de composición toleítica, de textura porfirítica con matriz microcristalina y una Intensa alteración y formación

de costras superficiales de óxidos de hierro. Localmente se encuentran intercalados con cuerpos diabásicos y tobas (DUEÑAS Y DUQUE, 1981). La asociación espacial y tectónica de esta unidad con peridotitas y serpentinitas plantea la posibilidad de que estas rocas hagan parte de una secuencia ofiolítica desmembrada tectónicamente (DUEÑAS Y DUQUE, 1981) de edad cretácica (TOUSSAINT, 1996) similar a la asignada a las rocas basálticas de la Cordillera Central (complejos Quebradagrande y Amaime).

Basaltos indiferenciados (Kb)

En la parte alta del Río Manso se ha identificado con base en imágenes de satélite y de radar un cuerpo de aproximadamente 50 Km^2 que ha sido interpretado con base en su expresión morfológica como rocas basálticas. Estratigráficamente podrían ser correlacionados con los Basaltos de Nuevo Paraíso que afloran en la Cuenca del Río San Jorge.

Formación Cansona (Ksc)

Conjunto de rocas volcánicas básicas de ambiente oceánico, con intercalaciones lenticulares delgadas de chert y localmente suprayacidas por limolitas silíceas en capas delgadas, como para limolitas de color crema que pasan transicionalmente a chert con algunas venas de calcita, agrupadas por Dueñas y Duque (1981) como Formación San Cayetano Inferior. Las capas de chert que afloran cerca de San Antero, Cherts de San Sebastián (MARTIN, 1914, en: ANDERSON, 1929) se consideran como parte de esta unidad. Las características estratigráficas y composicionales, así como la presencia de abundante pirita y la asociación de jasperoides, al norte del departamento, indican un ambiente reductor exhalativo con condiciones propicias para la precipitación de hierro y manganeso y formación de jasperoides, proceso asociado con el vulcanismo generador de magmas basálticos en ambientes oceánicos que da origen a las rocas volcánicas asociadas con los sedimentos. La fauna de amonites encontrada en algunas concreciones calcáreas, así como la microfauna en los chert, indica condiciones marinas abisales con profundidades entre 2.000 y 4.000m (DUEÑAS Y DUQUE, 1981). Por su relación con los cuerpos de peridotita y rocas basálticas, se considera que estas rocas podrían hacer parte de una secuencia ofiolítica. La fauna encontrada indica edades del Coniaciano-Campaniano-Maastrichtiano (DUQUE, 1972).

Formación San Cayetano (Pgsc)

Nombre asignado por Chenevart (1963) a la alternancia de limolitas y areniscas finas en secuencias granodecrecientes que afloran en los Montes de María (Departamento de Bolívar); Duque (1972) considera que esta unidad corresponde a la facies de turbiditas del Ciclo Cansona.

Miembro Areniscas de Trementina

Esta unidad aflora en la región de Trementino y Arroyo Grande en la parte central del departamento, y forma el núcleo del Anticlinal de San Jerónimo, en la región de Montería-Tres Piedras y al este del Municipio de Lorica. Está constituida por areniscas grauváquicas de grano medio-conglomeráticas, de color crema-amarillo, mal seleccionadas, friables, con cemento arcilloso, compuestas por fragmentos de cuarzo, líticos de chert, rocas volcánicas, pórfidos, tonalitas, lodolitas, micas (moscovita, biotita), intercaladas con niveles arcillosos. Esta unidad, con base en la fauna encontrada, ha sido asignada al Paleoceno, aunque no es información suficiente ya que puede ir hasta el Cretácico tardío. Se correlaciona con la Formación Tuchín (DUQUE, 1968; CUELLAR, 1982 in: CIAF, 1985).

Miembro Conglomerado de El Curial

Esta unidad fue definida por Dueñas y Duque (1981) para referirse a una secuencia eminentemente conglomerática que aflora en la parte noroccidental de la cuenca Está conformado hacia la base por areniscas conglomeráticas finas, con estratificación gradual (DUEÑAS Y DUQUE, 1981), compuestas por líticos de rocas volcánicas y metamórficas; hacia el techo la unidad es conglomerática; afloran conglomerados matriz soportados, de composición heterogénea, compuestos por cantos redondeados a subredondeados de rocas verdes, pórfidos, granodioritas y chert; algunos de estos conglomerados están poco consolidados, son friables con matriz areno-arcillosa. Dentro de los conglomerados se presentan algunas intercalaciones de arcillolitas y areniscas de grano fino (CIAF, 1985).

Formación La Tampa (Pget)

Esta unidad fue definida por Duque et al. (1983) como una secuencia de lodolitas silíceas y calizas compactas de color gris que aflora en la carretera Montería-Planeta Rica. Suprayace a las rocas turbidíticas de la Formación San Cayetano y con base en foraminíferos ha sido considerada como del Eoceno medio (DUQUE et al., 1983)

Formación Ciénaga de Oro (Pgoco)

Nombre asignado por Duque (1973) para una secuencia de areniscas y shales que afloran en la carretera Montería - Planeta Rica. Es una formación arenosa a conglomerática principalmente con intercalaciones de estratos arenosos, calcáreos, shales carbonosos y carbón. Las areniscas son abirragadas, con concentración de óxidos de hierro. Esta unidad es discordante sobre la Formación San Cayetano y es suprayacida en paraconformidad por la Formación El Carmen. Presenta cambios faciales, especialmente en dirección sur-norte, ya que en la parte sur del departamento, su base la constituyen conglomerados, areniscas y shales, localmente con mantos de carbón y al norte calizas arrecifales que descansan discordantes sobre los conglomerados de El Curial de la Formación San Cayetano. Los palinoformos concentrados en los niveles carbonosos de esta formación, indican aguas salobres de ambientes deltáicos para la depositación de estos sedimentos en la parte sur. La parte basal de esta formación fue datada por Dueñas (1986) como del Oligoceno inferior, con base en palinomorfos encontrados en diferentes pozos. Otras asociaciones de polen sugieren que esta parte es del Eoceno superior-Oligoceno, mientras que para el techo las asociaciones palinológicas indican el Mioceno inferior (DUEÑAS, 1986).

Formación El Carmen (Ngmc)

Este nombre fue utilizado por Notestein (1929) para denominar una secuencia de lodolitas grises oscuras con ocasionales intercalaciones de capas finas de areniscas y limolitas (INGEOMINAS- ECOPETROL, 1994); posteriormente fue denominada Formación Porquero por Chenevart (1963). Duque (1972) utilizó este nombre para agrupar las facies arcillosas de la sección Carmen Zambrano. Esta formación suprayace en paraconformidad la Formación Ciénaga de Oro e infrayace en inconformidad a la Formación Cerrito (DUEÑAS Y DUQUE, 1981). La microfauna encontrada indica el Mioceno inferior y condiciones marinas entre 200 y 600 m de profundidad (DUEÑAS Y DUQUE, 1981).

Formación Cerrito (Ngmpc)

Esta unidad fue nominada por Werenfels (1926) como Formación El Cerrito, constituida por una secuencia de areniscas que varían de amarillo a gris, con intercalaciones de calizas y shales, altamente fosilífera y un espesor aproximado de 1.200 m que afloran en la población de El Cerrito al suroeste de Sincelejo. Posteriormente fue redefinida por Cáceres y De Porta (1972 en: De PORTA, 1974) precisando su estratigrafía. Dueñas y Duque (1981) utilizan el nombre de Formación Cerrito para referirse a esta unidad en la zona de Planeta Rica. Suprayace en inconformidad la Formación El Carmen e infrayace discordantemente

al Grupo Sincelejo (Secuencia continental) (DUEÑAS Y DUQUE, 1981). Las características de esta formación sugieren un ambiente marino con profundidades menores de 600m para la parte basal de la unidad y condiciones marinas someras-continentales para la parte superior (DUEÑAS Y DUQUE, 1981). La fauna de moluscos encontrada indica el Mioceno inferior para el área tipo (De PORTA, 1962); para Duque (1967), por comparación con la sección Carmen Zambrano, esta formación puede ser más joven que el Mioceno (Plioceno); se han encontrado foráminiferos tanto en la base como en el techo que indican el Mioceno superior-Plioceno-Pleistoceno los cuales apoyan la idea de que esta formación es más joven de lo que se ha planteado (DUEÑAS Y DUQUE, 1981).

Grupo Sincelejo

Nombre asignado por Dueñas y Duque (1981) para agrupar la secuencia de rocas continentales que afloran en los departamentos de Córdoba y Sucre. Los cambios faciales rápidos que presenta esta secuencia, la hacen divisible en tres unidades que Kassem et al. (1967) denominaron Sincelejo, Morroa y Betulia (Figura 26).

- **Formación Sincelejo (NgQpsi)**

Inicialmente fue definida como "Sincelejo Sandstone" por Werenfels (1926), para referirse los sedimentos poco consolidados que afloran en Sincelejo (De PORTA, 1962). Posteriormente, Kassem et al. (1967) denominan estas rocas como Formación Sincelejo. Es una unidad predominantemente arenosa, pero en su parte inferior consta de shales grises claros, localmente con capas de areniscas; su parte media y superior están constituidas por areniscas de grano medio a grueso, ligeramente conglomeráticas, de color amarillo a gris claro, con ocasionales fragmentos de troncos silicificados (DUEÑAS Y DUQUE, 1981).

- **Formación Morroa**

Definida por Cáceres y De Porta (1972) como una secuencia de "areniscas que alternan con arcillas de color marrón" (en: De PORTA, 1974); toma su nombre de la población de Morroa en el Departamento de Sucre. Litológicamente está constituida por areniscas de color blanco-amarillento con ocasionales intercalaciones de capas de grava y nódulos de arenisca de igual composición que el cuerpo que las contiene. Las capas de arcillolita son de color pardo, moteadas, grises con venillas de yeso. El espesor aproximado es de 200 m (De PORTA, 1974), pero no aflora en el departamento.

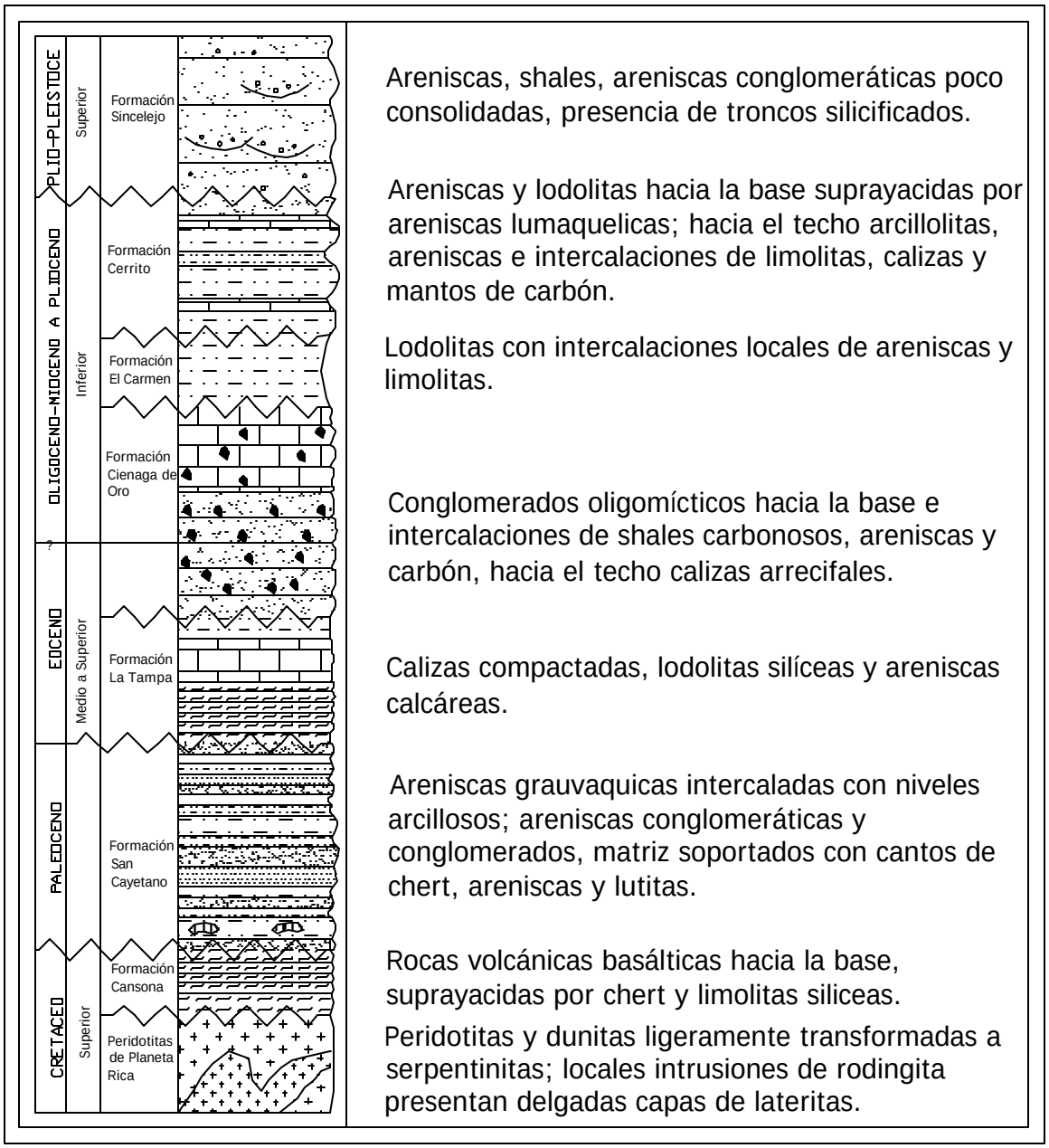
- **Formación Betulia (Qb)**

Nombre asignado por Kassem et al. (1967) para una secuencia de sedimentos fluvio - lacustres que afloran al suroriente del departamento (en: BA-RRERA, 1995). Forma extensas planicies. Está constituida por arcillolitas plásticas, de color gris claro, con intercalaciones de sedimentitas poco consolidadas, areniscas friables, ferruginosas, compuestas por cuarzo y líticos de chert (BARRERA, 1995). Los afloramientos de esta unidad son escasos y donde los hay, las rocas están profundamente meteorizadas, y han generando suelos de coloración rojiza que corresponderían a la superficie de erosión Planeta Rica (PAGE, 1986).

Origen y edad: Este grupo, con base en la fauna y flora encontradas, se ha considerado como originado en un ambiente fluvio-lacustre y por su posición estratigráfica, que suprayace a la Formación Cerrito, y la fauna asociada a los troncos silicificados, se le ha asignado al Plioceno (DUEÑAS Y DUQUE, 1981).

A continuación se encuentra explicada la columna estratigráfica generalizada del anticlinorio de San Jerónimo.

Figura 8. Columna estratigráfica generalizada del anticlinorio de San Jerónimo, tomado del INGEOMINAS, 2001



Unidades litoestratigráficas del Anticlinorio San Jacinto Sur

Las unidades roca que afloran en el sector del departamento limitadas estructuralmente por el Anticlinorio San Jacinto Sur (DUQUE 1984 a,b) tienen características litológicas y bioestratigráficas similares a las descritas en el sector del Anticlinorio de San Jerónimo, con excepción de las formaciones La Tampa y Ciénaga de Oro, que sólo aparecen en el de San Jerónimo y la Formación Tolú Viejo que está restringida al de San Jacinto.

Formación Tolú Viejo (Pgetv)

Esta unidad fue definida por Duque (1968) en el municipio de Tolú Viejo; está constituida hacia la base por areniscas conglomeráticas y hacia el techo por calizas arrecifales. Werenfels (1926) La secuencia está constituida hacia la base por areniscas conglomeráticas cuarzosas y hacia el techo por calizas arrecifales de color crema, interestratificadas con lodolitas grises que gradan hacia el sur a areniscas calcáreas similares a las de la Formación Ciénaga de Oro; es común encontrar en las rocas de esta unidad fragmentos de conchas de bivalvos, además de foraminíferos, radiolarios y corales (INGEOMINAS-ECOPETROL, 1994). Yace discordantemente sobre la formación San Cayetano, y marca el hiato del Eoceno inferior (INGEOMINAS-ECOPETROL, 1994) e infrayace en contacto discordante con la Formación El Carmen (DUQUE, 1968). La fauna de microforaminíferos encontrada indica un ambiente de formación en aguas tropicales poco profundas con influencia de condiciones arrecifales (DUQUE, 1968). Werenfels (1926) asigna esta unidad al Eoceno superior, con base en la fauna. Duque (1968) le asigna la misma edad con base en la asociación lodolitas. Las características litológicas, así como la fauna encontrada, permiten correlacionarla con la Formación La Tampa y la parte inferior de la Formación Ciénaga de Oro, así como con las formaciones Chengue, Maco y San Jacinto en el Anticlinorio de San Jacinto y con las formaciones Arroyo de Piedra y Pendales en el Anticlinorio de Luruaco (INGEOMINAS-ECOPETROL,1994).

3.2.3.4 CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios, tienen una continuidad regional, cubren gran parte de la zona de estudio y se describen de una manera conjunta para toda a cuenca.

Depósitos Marinos

Localizados al occidente de la cuchilla de Cispatá, Barrera (1999) observó antiguas terrazas marinas. Dichas terrazas consisten en remanentes de antiguos arrecifes franjeantes de coral de hasta dos metros de diámetro donde predominan restos de corales scleractinia bien preservados dentro de arenas limosas. Esta terraza forma un cuerpo alargado de aproximadamente 12 Km de longitud por 2 Km de ancho sobre el pie de la cuchilla.

Depósitos marinos recientes de Playa

Corresponden a depósitos conformados por los sedimentos acumulados a lo largo de la línea de costa, debido a fenómenos de erosión y arrastre de material por las corrientes marinas y oleaje. Están constituidos por material heterogéneo como cuarzo, líticos de chert, limolitas, areniscas, conglomerados, restos de conchas y corales. Cerca al Municipio de Moñitos se presentan terrazas de diferentes alturas conformadas por sedimentos de playa, cubiertas por vegetación, así como salientes coralinos de varios metros de altura (Punta de Piedra). En las diferentes playas es posible encontrar geoformas particulares como dunas, algunas ya cubiertas por vegetación, como producto de la acumulación de sedimentos transportados por el viento).

Depósitos aluviales antiguos, recientes y fluviolacustres del Río Sinú y sus afluentes

Debido a su amplia distribución dentro de la cuenca, su descripción se ha dividido de la siguiente manera.

Depósito del Río Manso

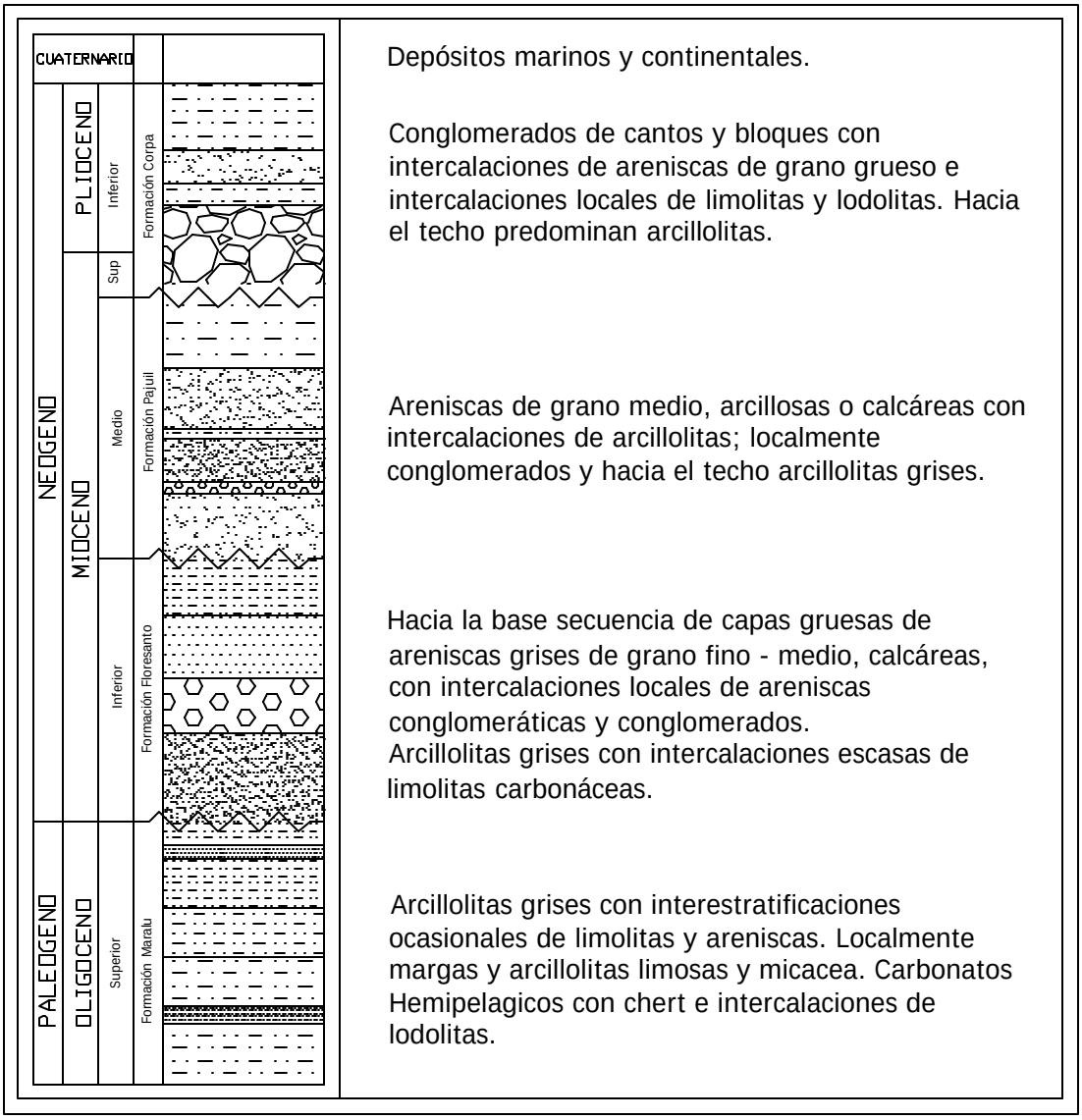
Localizado al sur del departamento en las cabeceras del Río Sinú y constituido por los rellenos aluviales del Río Manso. Se caracteriza tanto por su extensión como por su expresión morfológica. (INGEOMINAS, 2001)

Otros depósitos

Al sur del departamento se encuentran los depósitos aluviales formados por el Río San Jorge y sus tributarios; están constituidos principalmente por limos y arcillas que forman zonas amplias de planicies bajas, sujetas a inundaciones, especialmente en la zona entre Buenavista y Caucasia, en los límites con el Departamento de Antioquia. La parte centro-norte del departamento está conformada por depósitos lacustres, generados por la Ciénaga Grande de Momil,

mientras que hacia el oriente éstos están asociados con la Ciénaga de Ayapel (INGEOMINAS, 2001)
A continuación se encuentra explicada la columna estratigráfica generalizada del cinturón del Sinú.

Figura 9. Columna generalizada de la cuenca hidrográfica del Río Sinú. tomado del INGEOMINAS, 2001



3.2.4 Geologia estructural

La cuenca hidrográfica del río Sinú está localizada en las tierras bajas del Caribe, donde las principales estructuras presentan tendencia norte y siguen o coinciden con antiguas zonas de deformación. La estructura básica de la región es la de un prisma de acreción adherido al continente durante el Cenozoico, como resultado de la convergencia de la placa oceánica del Caribe, en su sector suroccidental, y la placa continental de Sur América, en su borde noroccidental (DUQUE, 1979, 1980, 1984b; TOTO Y KELLOG, 1992). A partir de las divisiones regionales, se describen los elementos estructurales mayores enmarcados en las siguientes regiones, definidas con base en sus características estratigráficas y estructurales. La información geológica y estructural disponible, permite establecer diferencias fundamentales entre los cinturones fragmentados del Sinú y San Jacinto (DUQUE, 1980).

3.2.4.1 Cinturón del Sinú

Definida por Duque (1979-1980) como parte de una cuña sedimentaria acrecida al Terreno Sinú-San Jacinto, adyacente al Cinturón de San Jacinto y separado de éste por el lineamiento estructural del Sinú. Corresponde litológicamente a un conjunto de rocas sedimentarias con edades que varían entre el Oligoceno y Plioceno (DUQUE, 1980).

3.2.4.2 Cinturón de San Jacinto

Esta unidad estructural (DUQUE, 1979) marca el límite oriental del Terreno Sinú-San Jacinto y está localizada adyacente a la zona de plataforma. Con base en la orientación de las estructuras presentes y las características estratigráficas, este cinturón puede ser dividido en cuatro segmentos cuyos límites corresponden a lineamientos con dirección W-NW. En general, las fallas principales en este cinturón tienen dirección NS - N 5° E y son de cabalgamiento con vergencia hacia el occidente. Las fallas NNE son principalmente de rumbo con desplazamiento sinestral (INGEOMINAS-ECOPETROL, 1994).

3.2.4.3 Cordillera Occidental

La parte septentrional de la Cordillera Occidental marca el límite del Departamento de Córdoba con el de Antioquia y en ella se encuentra el nacimiento de los ríos principales del área. El basamento oceánico de esta cordillera presenta evidencias de una fase de tectogénesis a finales del Cretácico o principios del Terciario (TOUSSAINT, 1978). Las zonas de fallas principales tienden hacia el norte: la zona de falla del Cauca sigue a lo largo del Valle del Río Cauca, la zona de falla de Tucurá, se interna en la Cordillera Occidental y las fallas de Murrí - Mutatá y Murindó que parten de la cordillera y en su extremo norte siguen por el borde occidental de la misma. Las fallas de esta cordillera tienen dirección noroeste a noreste (PAGE, 1986).

3.2.4.4 FALLAS

El mayor rasgo estructural en el área del departamento lo constituyen las fallas de distinta naturaleza y edad, que afectaron las diversas unidades litológicas, desde el Paleozoico temprano en la Cordillera Central y desde el Cretácico tardío hasta el Cenozoico en los demás elementos estructurales que conforman la geomorfología dela cuenca.

Zona de Falla Tucurá.

Descrita inicialmente por Hubach (1930) como Falla Tucurá, en la zona del mismo nombre. Esta estructura alinea los ríos Esmeralda y Sinú; al norte, en la Serranía de Abibe, la falla se encuentra cubierta por sedimentos terciarios; en la región de Tucurá forma escarpes de hasta 4 m de altura en las terrazas aluviales del Río Sinú. Se considera con un grado de actividad bajo a moderado (PAGE, 1986).

Falla El Ebano.

Falla de rumbo con dirección aproximada N 80 W a E-W con desplazamiento sinestral, localizada al noroeste del departamento cerca a la población de El Ebano de donde recibe su nombre (CHEVRON, 1986).

Falla Punta Mangle.

Localizada en la Costa Caribe en la zona de El Cedro. Deforma la terraza marina del Holoceno Superior; el grado de actividad es bajo a moderado con tasa de desplazamiento de 4 mm/año (PAGE, 1986).

Falla de Pacheco.

Localizada al nororiente de la población de Batatá. Su orientación es N 70° W; afecta un tramo del Río Sinú y provoca un cambio de dirección. Al norte cerca a la población de Las Piedras se localiza la Falla Nicaragua con dirección N 30° W, que trunca el flanco oriental del Anticlinal de Jaraguay (CIAF, 1985).

Falla La Ceniza.

Localizada al occidente de la población de Villanueva; su dirección inferida es N 20° E (CIAF, 1985).

- ***Falla La Ceiba.***

Localizada al este de la Quebrada Lisetas, su dirección es NNE y define en este sector el contacto entre las formaciones San Cayetano Superior y Ciénaga de Oro (INGEOMINAS, 1986).

- ***Falla Bolívar.***

Se extiende desde la Cordillera Central hasta las tierras bajas del Caribe con dirección N 10-20° E y una longitud de 450 km. Hace parte de la Zona de Falla Cauca; pasa al oriente del Alto de Murrucucú y al oeste de Planeta Rica. Hacia el centro del departamento se convierte en una franja de aproximadamente 15 km consistente en varias trazas de fallas discontinuas, cuyo grado de actividad es probablemente bajo (PAGE, 1986).

- ***Falla Sardina.***

Falla con dirección NNE, que se extiende desde aproximadamente la Quebrada La Piedra hasta la Quebrada El Rayo, donde se une con la Falla San Francisco. Al parecer se trata de una falla basculante, la cual permite que aflore la Formación El Carmen y además se presentan repeticiones en la estratigrafía de las formaciones carboníferas (INGEOMINAS, 1986).

- ***Falla de Manchego.***

Localizada al suroeste del Municipio de San Carlos; es una falla de cabalgamiento con rumbo norte e inclinación hacia el este que pone en contacto rocas sedimentarias de las formaciones San Cayetano Inferior y Superior (Miembro Conglomerado de El Curial) (DUEÑAS Y DUQUE,1981).

- ***Falla de El Curial.***

Localizada al norte del departamento con dirección aproximada N 10° E y una extensión de 5 km. Corta las rocas sedimentarias de las formaciones Ciénaga de Oro y San Cayetano Superior (Conglomerado de El Curial) (DUEÑAS Y DUQUE, 1981).

- ***Falla de La Vara.***

Localizada al oeste de la población de Medio Rancho. Su dirección predominante es norte-sur y muestra cabalgamiento hacia el este. Pone en contacto sedimentitas cretácicas y paleógenas (CIAF, 1985).

- ***Zona de Falla Romeral.***

Definida inicialmente por Grosse (1926) como Sobrescurrimiento de Romera. En el departamento se extiende a lo largo de la parte superior del Río San Jorge, en la margen oriental de la Serranía de San Jerónimo y en cercanías a Montelíbano, Planeta Rica (PAGE, 1986). Al norte de Colombia, en la zona Caribe, las fallas que hacen parte de este sistema forman ramales anastomosados subparalelos. Algunas de estas fallas muestran desplazamientos en el Cuaternario con deslizamiento oblicuo y hundimiento al este (PAGE, 1986). La Falla Cauca-Almaguer, que hace parte de este sistema, marca el límite occidental entre las rocas metamórficas más occidentales de la Cordillera Central y las rocas volcánicas básicas del Barroso en la Cordillera Occidental; fue denominada por Grosse (1926) como Falla Cauca Oeste y Falla Sabanalarga por Álvarez et al. (1971).

- ***Falla de Ciénaga de Oro.***

Localizada en la región de Ciénaga de Oro con una dirección N-S y buzamiento al este. Es una falla de cabalgamiento que afecta rocas sedimentarias de la Formación San Cayetano Superior, Miembro Conglomerado de El Curial (DUEÑAS Y DUQUE, 1981).

- ***Falla Laguneta.***

Localizada hacia el Corregimiento de Laguneta. Su dirección es NW-SE y desplaza el contacto entre las formaciones El Carmen y Cerrito (DUEÑAS Y DUQUE, 1981).

- ***Falla La Ye.***

Falla con dirección predominante este-oeste localizada cerca al sitio de La Ye. Afecta sedimentitas de las formaciones Cerrito y Sincelejo.

3.2.4.5 LINEAMIENTOS

Los lineamientos definidos en el área del departamento corresponden, en gran parte, a características topográficas producidas por cambios litológicos o a cambios estructurales y a efectos tectónicos en zonas donde el basamento no aflora por encontrarse fosilizado por los sedimentos de las formaciones del Neógeno y depósitos cuaternarios, el más notorio es el de Romeral, con dirección N o N 20° E reconocido por Barrero et al. (1969) hacia el sur, en el Departamento de Antioquia. Lineamientos de dirección N 55° W limitan la Depresión Tectónica de Sucre (DUQUE, 1980).

Lineamiento del Sinú

Este accidente estructural define el límite occidental del Cinturón de San Jacinto y lo separa del Cinturón del Sinú. Hacia el sur del departamento, en la región del Alto Sinú, corresponde a la Falla de Tucurá en el sentido de Hubach (1930), identificada y caracterizada como de cabalgamiento con buzamiento al este; pone en contacto rocas cretácicas de la Cordillera Occidental con rocas del Plio-Pleistoceno del Cinturón del Sinú. Hacia el norte, su expresión morfológica y sus características estructurales están enmascaradas por terrenos planos y cenagosos del Cuaternario, posiblemente suprayacentes. En el sur controla el curso del Río Sinú, con una orientación preferencial NNE.

Lineamiento de Betancí

Rasgo geomorfológico que se extiende a la altura de la Ciénaga de Betancí, con dirección noroeste-sureste y el cual se puede continuar desde la población de Nueva Esperanza hasta el Río Sinú; morfológicamente se nota un levantamiento del bloque sur (CIAF, 1985)

3.2.4.6 PLIEGUES

Sinclinal de José Manuel

Esta estructura está localizada en los alrededores de las poblaciones de Pajonal y José Manuel de Altamira, en la parte noroccidental de la cuenca; con una dirección aproximada N35°E; en los flancos de la estructura afloran arenitas y conglomerados de la Unidad Moñitos (Ngmn).

Anticlinal de Campana

Se localiza al noroccidente de la cuenca, su eje tiende a seguir el curso del Arroyo San Mateo al occidente de El Campano, con una orientación N40°E, corresponde a una estructura estrecha, en cuyo núcleo afloran rocas de la Unidad Campano (Ngca).

- *Sinclinal El Polvero*

Presenta una dirección N40E afectando rocas de la Formación Floresanto en la región de Arroyo El Polvero al suroccidente de Lorica.

- *Sinclinal La Lucha*

Se localiza al occidente de Montería en el sector de La Lucha – San Luis. El sinclinal corre paralelo al oriente de la Falla La Mora, afectando rocas de las unidades Pajuil Inferior y Superior.

- *Sinclinal del Cachaco o Jaraguay*

Localizado al centro-occidente de la cuenca con dirección N20°E, que afecta a las rocas de la Unidad Pajuil Inferior, Superior y a la Formación Corpa, la cual constituye el núcleo de la estructura. Se evidencia a lo largo de la carretera Valencia – San Pedro de Urabá**.**

- *Anticlinal de Jaraguay*

Localizado al noroeste del Corregimiento Las Piedras, cerca a la Quebrada Jaraguay sobre rocas de la Unidad Pajuil Inferior; uno de sus flancos está cubierto por depósitos aluviales (CIAF, 1985).

- *Sinclinal de Tucurá*

Estructura amplia y simétrica, presenta dirección N-S con cabeceo al NW y es limitada por las fallas del Billete y La Resbalosa localizadas al suroccidente de Tierralta

- *Anticlinal de Toluviejo*

Presenta una longitud de 30 km, dentro de la cuenca transcurren solo 5 Km y se localiza en cercanías del Caserío de Molina. Varía en dirección de N30E a N45E. Su núcleo está constituido por areniscas, lodolitas y conglomerados de la Formación San Cayetano. (Clavijo y Barrera, 2001[8])

- *Sinclinal de Caracolí*

Aflora al nororiente de la cuenca, entre los anticlinales de Toluviejo al occidente y Tuchín al oriente. Afecta a las rocas de la Formación San Cayetano. Tiene una longitud de 7 km. (Clavijo y Barrera, 2001[8])

- *Anticlinal de Tuchín.*

Su trazo pasa por el Corregimiento de Tuchín, presenta una longitud de 14 km y una dirección NNE similar a la del Sinclinal de Caracolí. Afecta rocas de la Formación San Cayetano. (Clavijo y Barrera, 2001[8])

- *Sinclinal de Sincelejo*

Estructura de 12 km de longitud aproximada y dirección SSW-NNE, observable al sur y norte de Sincelejo. (Clavijo y Barrera, 2001[8])

- *Anticlinal de Sacana*

Su trazo se localiza al norte de Momil en los alrededores de la localidad de Sacana, en la vía Sabaneta - Coveñas; afecta estratos de las formaciones San Cayetano y Chalán - Toluviejo. (Barrera, 1999[9])

- *Anticlinal de El Hueso*

Se localiza al norte de la cuenca, en los alrededores de la población de Hueso, en la vía Sabaneta – Coveñas en el núcleo afloran las facies de liditas de la Formación San Cayetano. (Barrera, 1999[9]).

- *Anticlinal del Níspero*

Se localiza en la parte septentrional de la cuenca, al suroccidente de la población de Hueso; corresponde a una estructura alargada, fallada en su flanco occidental cuyo eje tiene una dirección preferencial N40°E. En su núcleo afloran las arenitas y lodolitas de la Formación San Cayetano. (Barrera, 1999[9]).

- *Anticlinal de El Tributo*

Localizado en el extremo norte de la cuenca al sur de San Antero a parte central del área (cuadrícula H8), su eje pasa por la región de El Tributo, al sur de San Antero. Su rumbo general es N40°E, y afecta estratos arenosos de la Formación San Cayetano. (Barrera, 1999[9]).

- *Sinclinal de Aserradero*

Se localiza al suroccidente de la población de Aserradero, en la vía Sabaneta - Coveñas, al norte de la cuenca. Se presume que se extiende por una longitud de aproximadamente cinco kilómetros con un rumbo aproximado N40°E. Este pliegue afecta rocas de las formaciones Chalán - Toluviejo y Floral - Carmen. (Barrera, 1999[9]).

- *Sinclinal de El Tributo*

Esta estructura tiene una tendencia paralela al anticlinal de El Tributo, al sur de San Antero. Afecta estratos de la Formación San Cayetano y su rumbo general es N40°E. (Barrera, 1999[9]).

- *Sinclinal de Leticia*

Está situado al suroccidente de San Antero, al oriente de la cuchilla de Cispatá; es una estructura amplia, cuyos flancos están limitados por callamientos longitudinales que exponen rocas diferentes, su flanco occidental presenta buzamientos entre 26º y 50º, y está afectado por la Falla de Cispatá, mientras que el flanco oriental varía desde buzamientos de 12º hasta 80º; está limitado por la Falla de Nuevo Agrado. (Barrera, 1999[9]).

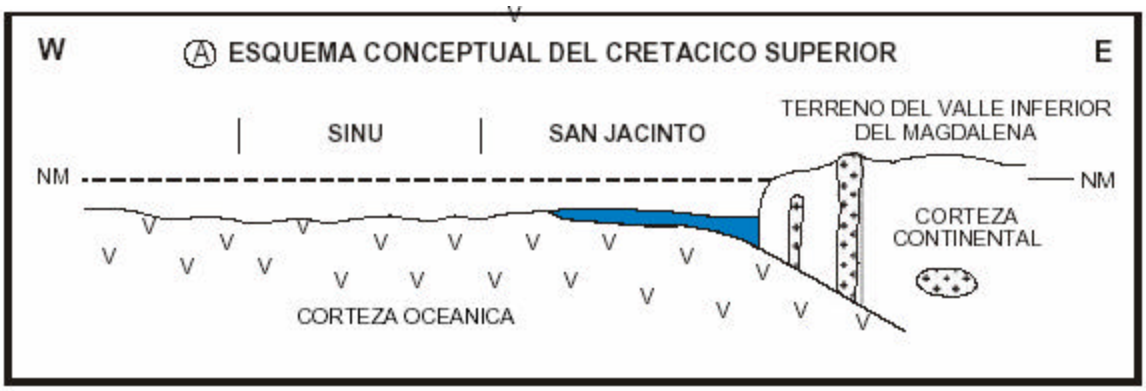
3.2.5 Geología histórica

La evolución geológica y la configuración geomorfológica actual del área de estudio están relacionadas con las del Noroccidente Colombiano, como parte del sector septentrional del continente suramericano y su límite con la región del Caribe y Centroamérica. Teniendo en cuenta que las rocas más antiguas encontradas y datadas dentro de la cuenca pertenecen al Cretáceo superior, la evolución geológica se presenta a partir de esta edad. Tomado del INGEOMINAS, 2001

3.2.5.1 Cretácico Superior – Paleoceno

La región durante el Campaniano - Maastrichtiano consistía al oriente en un área emergida de plataforma, representada por la actual Cordillera Central, constituida por metamorfitas (Complejo Cajamarca) y rocas ígneas ácidas sujetas a erosión, separados a través de la sutura de Romeral de un área occidental sumergida (Cuenca del Sinú) donde se presentaba una sedimentación predominante de sílice que dió origen a los cherts de la Formación Cansona. Los sedimentos se depositaron sobre una superficie conformada por peridotitas, gabros y basaltos con remanentes de corteza oceánica, generadas en un centro de expansión. (Figura No.10).

Figura No.10 Sección durante el Cretáceo Superior. (Fuente: GEOTEC, 2003)



Durante su emplazamiento las unidades ofiolíticas fueron fragmentadas, metamorfizadas y sufrieron mezcla estructural con secuencias de arco volcánico, Basaltos de Nuevo Paraíso. Estas rocas representan un ambiente oceánico, que contrasta con el continental, situado al este y cuyo límite correspondería al Lineamiento de Romeral, una antigua sutura de tipo cabalgamiento (Toussant y Restrepo, 1988 en González, 2001[2]).

Hacia el sur, en las estribaciones septentrionales de la Cordillera Occidental (Departamento de Antioquia), se emplazan rocas básicas de la Formación Barroso, con intercalaciones de sedimentos silíceos, localmente con fósiles del Cretácico superior (Etayo et al., 1980; Etayo, 1989 en González, 2001[2]). Sobre las rocas de la Formación Barroso se encuentran sedimentitas del Miembro Urrao de la Formación Penderisco; este conjunto corresponde a sedimentitas de origen turbidítico, principalmente proximales, representados por los conglomerados, areniscas conglomeráticas, areniscas arcósicas y líticas, y turbiditas distales representadas por las areniscas finas, limolitas y arcillolitas limosas que corresponderían a un ambiente de cuenca ante-arco. El Miembro Nutibara está compuesto por estratos pelágicos y hemipelágicos silíceos y carbonatos del Cretácico superior a Paleoceno (Álvarez y González, 1978 en González, 2001[2]).

Las rocas volcánicas de La Equis hacen parte de un arco volcánico con tendencia calco-alcalina, suprayacidas por piroclastitas sobre las cuales se depositan, en discordancia, los sedimentos marinos de la Cuenca de Urabá. En los niveles sedimentarios intercalados con las vulcanitas se han encontrado fósiles que indican edades post-Coniaciano, posiblemente Campaniano (Calle y Salinas, 1986 en González, 2001[2]). Esta edad corresponde a la de las rocas y es diferente a la de acreción a la Cordillera Occidental, la cual seria mucho más joven, posiblemente Mioceno (Duque, 1990 en González, 2001[2]).

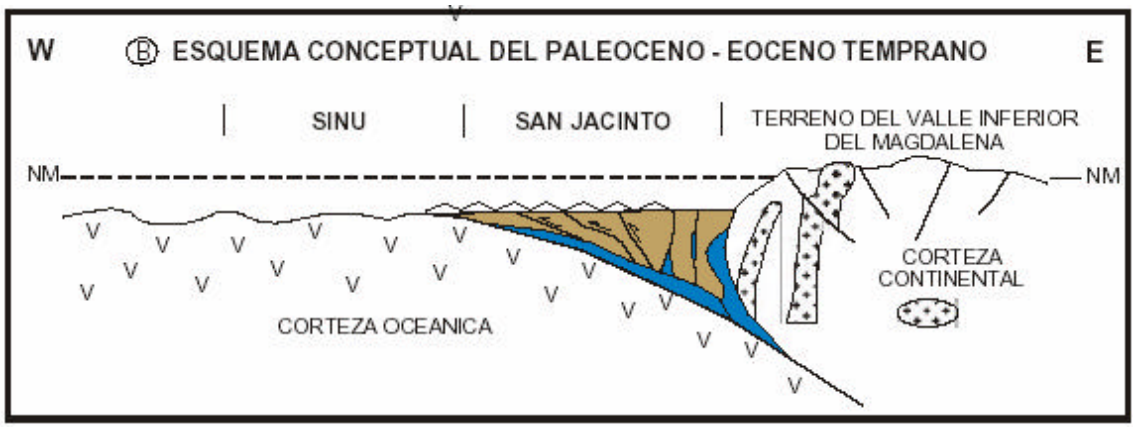
Es factible pensar que el primer evento tectometamórfico en la Cordillera Occidental se produjo durante el Cretácico temprano, evento que permitió la génesis de las secuencias ofiolíticas sobre la corteza oceánica en la que se encuentran sedimentitas fosilíferas que indican esta edad en Buriticá (Etayo et al., 1980 en González, 2001[2]); posteriormente se produjo otro evento marcado por obducción que permitió la amalgamación de la Cordillera Occidental con la Cordillera Central durante el principio del Cenomaniano (Toussaint, 1996 en González, 2001[2]). Este conjunto, como unidad, sufre a lo largo de finales del Cretácico y durante el Cenozoico desmembramiento y dispersión debido a la tectogénesis cretácica tardía y al desarrollo de los movimientos de rumbo dextrales que afectaron todo el occidente colombiano.

3.2.5.2 Paleoceno - Eoceno Medio

A finales del Cretácico y comienzos del Paleógeno, la interacción de las dos cortezas produjo un fuerte plegamiento y fracturamiento de la corteza oceánica, la cual permitió el levantamiento, a niveles superiores, de las rocas provenientes de

los complejos ofiolíticos; mientras la región marginal a la plataforma se profundizaba (**Figura No.11**).

Figura No. 11. Sección durante el Paleoceno – Eoceno temprano.



(Fuente:GEOTEC, 2003)

De otra parte como consecuencia de un incremento en la velocidad hundimiento de la corteza oceánica sobre la continental, se producen intrusiones de materiales máficos y tonalitas dentro de los sedimentos cretáceos. Adicionalmente, la fuerte pendiente de la plataforma favoreció la acumulación de turbiditas de aguas profundas (Formación San Cayetano), inicialmente con el depósito de sedimentos gruesos con bloques de rocas ígneas ácidas y básicas; al disminuir la intensidad de los movimientos, los sedimentos gruesos pasan gradualmente a una secuencia de arenas micáceas y arcillas (Formación San Cayetano).

El área de plataforma y la Cordillera Central continuaron como áreas emergidas; luego se produjo un vulcanismo submarino el cual correspondería con la etapa inicial del levantamiento del cinturón fragmentado de San Jacinto (Duque, 1980 en González, 2001[2]), activo hasta el Eoceno medio, y de su acreción al sector norte de Colombia. El vulcanismo se registra por la sedimentación silícea de aguas profundas y el depósito de material tobáceo de los denominados Chert de Candelaria en la región del Sinú. (GEOTEC, 2003[5]).

[5] GEOTEC LTDA, Geología de los Cinturones Sinú – San Jacinto – Memoria Explicativa, pág.29-128, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico – Mineras INGEOMINAS, Bogotá, 2003.

3.2.5.3 Eoceno Medio - Eoceno Superior

Las evidencias estratigráficas y estructurales en el norte de Colombia y las consideraciones basadas en la similitud entre las sucesiones faunísticas de Colombia, Ecuador y Perú sugieren la presencia, en esta región de un hiato de carácter regional post Paleoceno inferior y pre Paleoceno medio.

Al finalizar el depósito de las turbiditas de la Formación San Cayetano, movimientos laterales compresionales dieron lugar al emplazamiento del complejo ofiolítico y de la corteza oceánica involucrada (Ultramáficas y Basaltos de Nuevo Paraíso), así como al plegamiento de las secuencias sedimentarias relacionadas. Durante este movimiento orogénico se produjo el levantamiento y plegamiento de la Cordillera Occidental y del Cinturón de San Jacinto en su extremo septentrional.

En este mismo periodo mientras el cinturón de San Jacinto se acreciona a la corteza continental, se produce un salto de la zona de subducción (Surco de Romeral) hacia el occidente, ubicándose en el borde occidental del Cinturón de San jacinto o surco del Sinú. Este hecho es lo que se ha llamado orogenia Pre-andina (Van Der Hammen,1958 en CIAF, 1985[6])

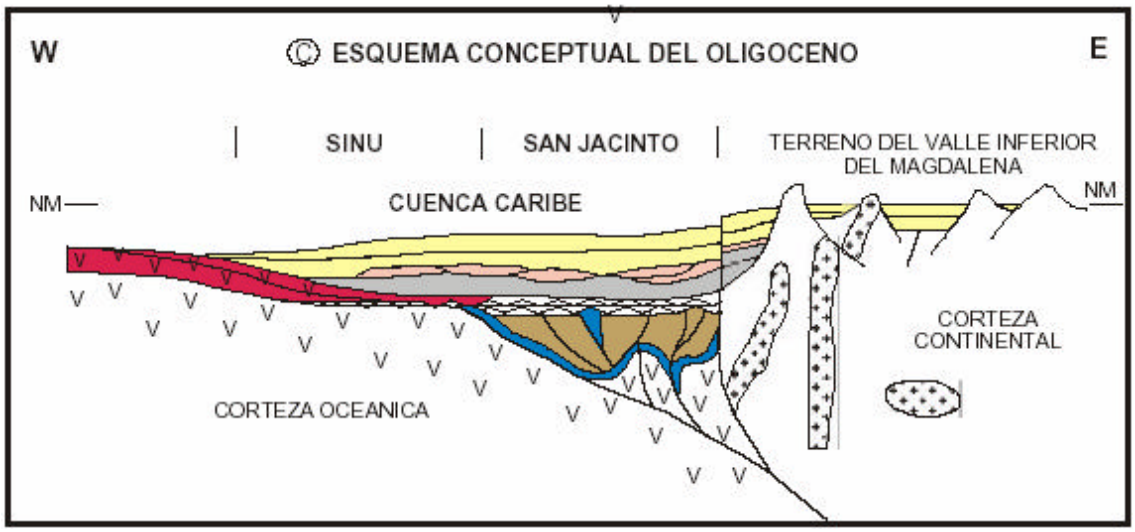
3.2.5.4 Eoceno Superior – Oligoceno

Al Finalizar el ciclo orogénico pre-Andino se presenta un nuevo periodo de estabilidad. Los movimientos del Eoceno medio modelan la Cuenca del San Jorge y el mar inicia una invasión progresiva desde el norte y el occidente, permitiendo la depositación de las calizas de la Formación Tolú Viejo – Chalán al norte (Cinturón de San Jacinto), y al occidente la Formación La Risa (Cinturón del Sinú); pasando hacia el sur y oriente el desarrollo de facies deltáicas (manglares y pantanos bajos) de la Formación Ciénaga de Oro (arenas con intercalación de carbones). Al mismo tiempo y mas hacia el oriente, el mar alcanzaba las partes más bajas a lo largo del margen de la plataforma (Duque, 1980 en González, 2001[2]).

A finales del Oligoceno, la sedimentación es más profunda con el depósito de sedimentos arcillosos de la Formación Maralú (Cinturón del Sinú) y arcillas de profundidades medias correspondientes a la Formación El Carmen – Floral (Cinturón de san Jacinto). (Figura No.12).

[6] CIAF. Estudio básicos de un plan de ocupación del espacio, fotogeología, geomorfología, recurso agua, fisiografía-pedología. Bogotá, 1985.

Figura No.12. Sección durante el Oligoceno. (Fuente:GEOTEC, 2003)



3.2.5.5 Mioceno Inferior - Mioceno Medio

Entre el Oligoceno tardío y el Mioceno temprano se produce una fase tectónica como consecuencia de un aumento en los esfuerzos compresionales sobre las márgenes de la plataforma, lo cual produce un basculamiento de ésta hacia el occidente y un nuevo levantamiento del Cinturón de San Jacinto (Duque, 1984 en González, 2001[2]).

La paleogeografía del flanco occidental del Cinturón de San Jacinto se caracteriza por la emergencia total de las partes que habían permanecido sumergidas hasta el Mioceno temprano; mientras al occidente, en el Cinturón del Sinú continuó la sedimentación pelágica con el depósito de los sedimentos de las Formaciones Pavo, Campano y Floresanto.

3.2.5.6 Mioceno Medio

Duque (1972, 1984 en González, 2001[2]) plantea una perturbación tectónica entre el Mioceno temprano y el Mioceno tardío, que ha sido documentada además en otras áreas del norte de Colombia y Sur América (Haffer, 1967; Van Houten, 1976; Kellogg, 1981 en González, 2001[2]). Dicha perturbación tectónica puede estar relacionada con el apilamiento tectónico (acreción) durante el Mioceno Medio del

núcleo centroamericano a la cordillera Occidental conformando el llamado Arco de Dabeiba (Duque – Caro,1989 [7]) o Terreno Cañasgordas (Etayo, F. 1983 [8]).

3.2.5.7 Mioceno Superior – Plioceno

La región noroccidental de Colombia se caracteriza durante este tiempo por una mayor inestabilidad como consecuencia de esfuerzos compresionales laterales (Orogenia Andina). La sedimentación era de alta energía, turbiditas con derrumbes y deslizamientos en gran escala y por lo tanto un gran aporte de sedimentos incrementado por el levantamiento de las áreas adyacentes. La sedimentación en la llanura abisal, al occidente del Cinturón de San Jacinto y a lo largo del Surco del Sinú, fue turbidítica con gran aporte terrígeno, como lo indican las formaciones Cerrito en el Cinturón de San Jacinto y Pajuil y Corpa en el Cinturón del Sinú.

El lado occidental del Anticlinorio de San Jerónimo presenta sedimentos plegados y fallados, mientras que en el oriente no aparecen fracturados en grandes bloques. Duque (1990, en González, 2001[2]) indica que existe una inconformidad en el Plioceno superior marcada por el contacto entre los sedimentos y las secuencias sedimentarias transicionales a continentales.

3.2.5.8 Plioceno – Pleistoceno

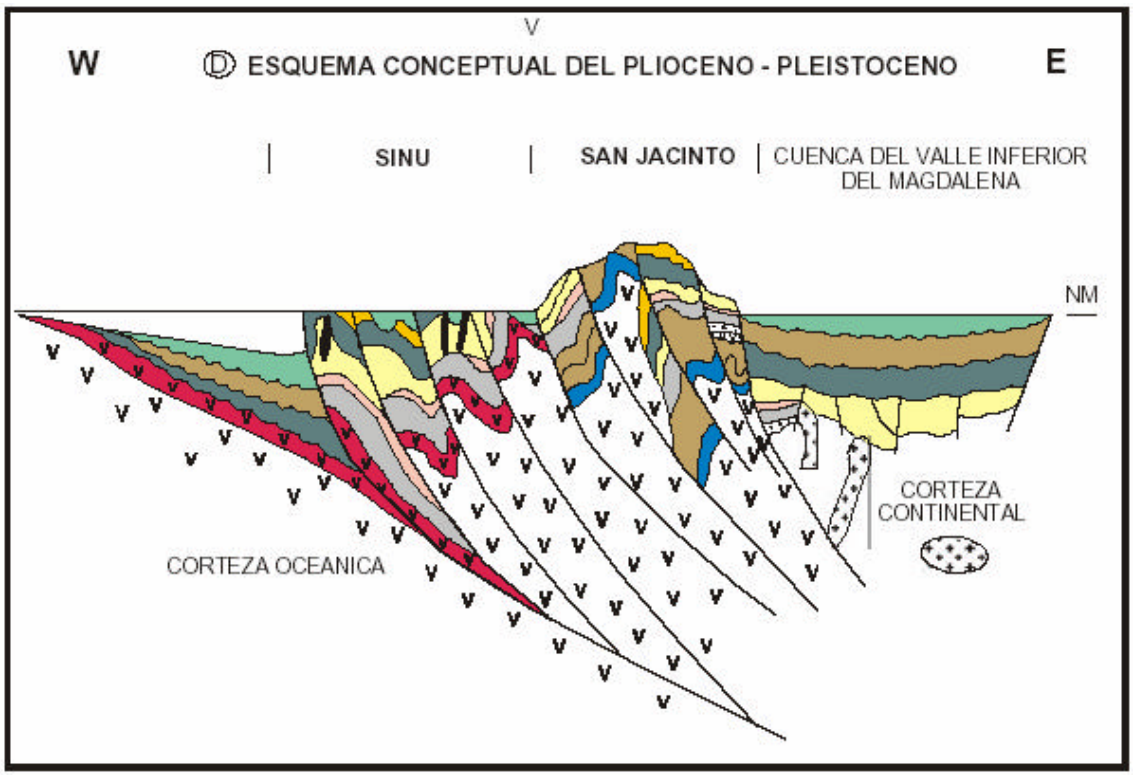
Este tiempo corresponde al desarrollo del episodio orogénico más importante de Los Andes Colombianos (Van Der Hammen, 1958; Irving, 1971 en González, 2001[2]) que produjo fenómenos de plegamiento y fallamiento transcurrente (Duque, 1980 en González, 2001[2]) tales como:

- Vulcanismo de lodo en la franja de sedimentos acumulados en el Surco del Sinú: el cinturón es levantado y deformado inicialmente con cambio en su batimetría; se produce un salto en la zona de subducción con la formación del Surco de Colombia o de Bolívar a lo largo del margen occidental.
- Estrechamiento del Cinturón del Sinú en su extremo meridional e inflexión estructural en su parte media.
- Levantamiento y plegamientos en el Cinturón del Sinú, asociados con cierres estructurales en S a lo largo del flanco oriental. (Figura No.13)
- Plegamientos en el Cinturón de san jacinto y movimientos transcurrentes en el Sistema Romeral.

[7] DUQUE – CARO, H. El Arco de Dabeiba: Nuevas aportaciones al conocimiento del noroccidente de la Cordillera Occidental. V Congreso Colombiano de Geología. Tomo I : 108 - 126. Bucaramanga. 1989
[8] ETAYO, F. et al. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia. Publicación Geológica Especial Ingeominas, 14 (I): 1-235. Bogotá, 1983

- Emergencia sin plegamiento de la cubierta sedimentaria del área de plataforma.

Figura No.13 Sección durante el Plioceno - Pleistoceno. (Fuente:GEOTEC, 2003)



3.2.5.9 Pleistoceno – Holoceno

El ciclo sedimentario de este tiempo se inició con una sedimentación marina en las porciones sumergidas del Cinturón del Sinú. Esta sedimentación principalmente de facies de carbonatos estaba constituida por arenas, calizas arrecifales, shales y algunos conglomerados. Al finalizar el ciclo de inestabilidad de la Orogenia Andina se produce un nuevo periodo de estabilidad, durante el cual se depositaron los sedimentos continentales del Grupo Sincelejo, que rellenan la cuenca del Río San Jorge y el extremo nororiental de la Cuenca del Río Sinú.

El Cinturón del Sinú continuó emergiendo tanto por compresión lateral como por la alta presión dentro de él; este fenómeno hizo que el vulcanismo y plutonismo de lodo, causa principal de la deformación del cinturón, siguiera hasta hoy. Durante este periodo es posible que como resultado de la interacción en la dirección de

esfuerzos de las Placas de Nazca, Caribe, Suramericana e incluso la Placa de Cocos, se halla producido importantes movimientos de rumbo reflejados en las fallas NW identificadas sobre el Cinturón del Sinú y que al combinarse con otros sistemas de rumbo relacionados con la Falla de Romeral y la Falla de Murrucucú (Etayo, F. 1983[6]), permitieron la formación de cuencas de tracción o depresiones tectónicas, dentro de las cuales la Cuenca del Río Manso en el Alto Sinú podría estar clasificada.

Los depósitos de costa afuera y los que conforman las terrazas de playa y la cubierta de las islas que bordean el margen continental del Pleistoceno a Holoceno, están relacionados con la evolución tectónica y sedimentaria de los sedimentos marinos someros, depositados en pequeñas cuencas formadas como consecuencia del diapirismo del Plioceno (Duque, 1984 en González, 2001[2]). Las dataciones C14 de las terrazas marinas, localizadas al sur del Golfo de Morrosquillo (Page, 1986 en González, 2001[2]), indican un rango entre 2.000 y 5.100 a.c aún para terrazas de 36 m de altura sobre la marea alta.

La configuración del actual Cinturón de San Jacinto registra una historia desde el Cretácico tardío hasta el Pleistoceno mientras que el Cinturón del Sinú registra su historia a partir del Oligoceno hasta el Holoceno, donde la deformación diapírica tuvo lugar entre el Mioceno medio y el Plioceno temprano. La historia tectónica de la cuenca, conformada hoy por los terrenos Sinú - San Jacinto, es resultado de una combinación compleja de fuerzas regionales: la convergencia de placas del Caribe, Nazca y Suramérica y el diapirismo inducido por gravedad, que han actuado hasta épocas recientes y se manifiestan hoy en día por algunas evidencias neotectónicas (Page, 1986 en González, 2001[2]) y un vulcanismo de lodo activo.

3.2.6 Conclusiones

- La caracterización geológica presentada es el resultado de la recopilación y del análisis objetivo de la información geológica regional y de su integración al marco geográfico de la Cuenca del Río Sinú, cumpliendo de esta forma con los objetivos trazados por el POMCA del Río Sinú.

- La historia geológica de la Cuenca del Río Sinú y su dinámica estructural actual es el fruto de la interacción desde el Cretácico a la fecha de las placas tectónicas del Caribe, Suramericana, Nazca y de la consecuente acreción de terrenos aloctonos a la esquina noroccidental de Suramérica, fenómeno que ha originado dentro del área de estudio, la ocurrencia de cuencas de sedimentación con ambientes marinos y continentales, así como el desplazamiento periódico de la línea de subducción hacia el occidente, con la formación de paleo surcos y cinturones o provincias estructurales, las cuales constituyen sólo en épocas relativamente recientes una unidad geomorfológica - estructural homogénea con evolución similar.

- La Cuenca del Río Sinú está conformada estructuralmente por parte de los cinturones de San Jacinto y del Sinú y la terminación septentrional de la Cordillera Occidental. Estos a su vez están limitados por lineamientos geomorfológicos o grandes zonas de falla como son la Falla de Uramita, el Lineamiento del Sinú y el Lineamiento de Romeral – Cauca. Los tres sistemas estructurales determinan los patrones estructurales internos de la cuenca como son Fallas de cabalgamiento con dirección NNE asociadas a fallas transcurrentes NW a EW sobre los cinturones del Sinú y San Jacinto. De la misma forma los plegamientos están representados por sinclinales amplios y simétricos combinados con anticlinales cortos y estrechos.

- En la parte alta de la cuenca (estribaciones de la Cordillera Occidental), las estructuras son más complejas con direcciones dominantes NW y NE a N-S, producto de la interacción de la Falla de Uramita y el Sistema Cauca – Romeral, así como de los terrenos geológicos adyacentes. Dicha interacción ha favorecido la ocurrencia de cuencas estructurales de tracción tipo pull-apart, representada en la Cuenca del Río Sinú por la depresión estructural del Río Manso.

- Desde el punto de vista estratigráfico, las unidades descritas y especializadas se subdividieron de la siguiente forma: Formación Penderisco del cretácico

Superior con sus Miembros Urrao (Ksu) y Nutibara (Ksn) sobre el área de la Cordillera Occidental, catorce unidades terciarias sobre el Cinturón del Sinú definidas y/o redefinidas por GEOTEC (2003) y nueve formaciones (Cretácico – Terciario) sobre el Cinturón de San Jacinto (Anticlinorios de San Jerónimo y San Jacinto Sur).

- Debido a los numerosos cambios faciales presentes al interior de cada unidad crono estratigráfica, se requieren efectuar estudios geológicos más detallados enfatizando el ambiente de formación y análisis faciales para cada unidad. De la misma forma se plantea que las áreas prioritarias de investigación corresponden a la parte alta de la cuenca y la divisoria de aguas con las Cuencas del San Jorge y Urabá. Dichos estudios servirán para mejorar y completar el modelo geológico de la cuenca, tanto en el aspecto estratigráfico como tectónico regional.

- A nivel de recursos mineros, se destacan como fuentes de materiales para agregados pétreos las formaciones Cansona, San Cayetano, Chalán, Cerrito y Sincelejo en el Cinturón de San Jacinto, las unidades Chert de Candelaria, Areniscas de Manantial, Brechas de Cispatá, Moñitos y Arenas Monas para el Cinturón del Sinú y depósitos aluviales en general. Como material ornamental las calizas de la Formación Chalán – Toluviejo son la principal fuente abastecedora de la región.

- En cuanto a impactos ambientales sobre el componente geoesférico, se destaca el impacto generado por las explotaciones mineras, las cuales en su gran mayoría no cuentan con planes de manejo para las canteras activas, así como de planes de abandono y recuperación paisajística para canteras abandonadas. De esta forma estas zonas constituyen las principales fuentes de sedimentos en la parte media y baja de la cuenca, inhabilitándolas para otros usos potenciales incluso el de reforestación.

- Un segundo impacto generado por el hombre radica en la intervención que se ha hecho sobre la dinámica fluvial con la obstrucción de paleocauces, taponamiento de arroyos, construcción de diques, relleno de humedales, etc. Lo anterior además de afectar la dinámica fluvial y el medio biótico está contribuyendo a la desestabilización de orillas del Río Sinú y procesos de erosión remontante en los afluentes secundarios. Tal problemática conlleva a diseñar proyectos estratégicos no solo de estabilización puntual de sitios afectados por socavación sino de estabilización geotécnica de microcuencas y corredores globales del Río.

- Teniendo en cuenta que la mayoría de planes de ordenamiento territorial municipal han sido aprobados, es necesario ajustar en dichos planes las nuevas directrices trazadas por el POMCA, no solo a nivel rural sino urbano, en aspectos tales como dinámica fluvial y lacustre en sectores urbanos, manejo de fuentes de materiales, rellenos sanitarios y escombreras municipales.

3.2.7 Bibliografía

[1] **Dueñas, H., Duque – Caro, Geología del Cuadrángulo F-8, Planeta Rica**. Boletín Geológico Volumen 24 No.1, pág.11, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico – Mineras INGEOMINAS, Bogotá, 1981.

[2] **González, Humberto – Londoño, Ana, Memoria Explicativa del Mapa Geológico del Departamento de Córdoba**. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico – Mineras INGEOMINAS, Bogotá, 2001.

Citas Internas:

- *ÁLVAREZ, E. Y GONZÁLEZ, H., 1978. Geología y geoquímica del Cuadrángulo I-7 (Urrao). Ingeominas. Informe 1761, 347 p. Mapa a escala 1:100.000. Medellín.*
- *ÁLVAREZ, J., RICO, H., VÁSQUEZ, H. Y HALL, R., 1971. Mapa geológico del Cuadrángulo H-8 (Yarumal) y parte del H-7 (Ituango). Escala 1:100.000. Ingeominas. Bogotá.*
- *BARRERO, D., ÁLVAREZ, J. Y KASSEM, T., 1969. Actividad ígnea y tectónica de la Cordillera Central durante el Meso-Cenozoico. Boletín Geológico Ingeominas, 18(1-3):145-173.Bogotá.*
- *BONINI, W., HARGRAVES, R. Y CHAGAN, R., 1984. The Caribbean - South American Plate Boundary and Regional Tectonics. Geological Society of America. Memoir 162, 421 p. Boulder*
- *BOURGOIS, J., GLACON, G., GONZÁLEZ, H., PARRA, E. Y TOUSSAINT, J., 1983. Edades Paleoceno y Eoceno inferior en la parte norte de la Cordillera Occidental de Colombia. Conferencia Geológica del Caribe, Memorias, 370 p. Cartagena.*
- *CALLE, B Y SALINAS, R., 1986. Geología y geoquímica de la Plancha 165 (Carmen de Atrato). Ingeominas. Informe 1987, 140 p. Medellín.*
- *CHENEVART, CH., 1963. Les dorsales transverses anciennes de Colombie et leurs homologues d'Amerique Latine. Eclogae Geol. Helvetiae, 52 (2): 907-927. Basel.*
- *CHEVRON OVERSEAS PETROLEUM INC., 1986. Northwestern Colombia geology. Informe inédito. ECOPETROL. Bogotá.*
- *CORREA, L. Y MARTÍNEZ, Z., 1993. Caracterización geológica de la Formación Cerrito en la zona de Sahagún-Planeta Rica (Córdoba) para generar ideas que sirvan de base en el control de la calidad del agua subterránea. Tesis de grado Facultad de Ciencias. Universidad Nacional. 182 p. Medellín.*

- *De PORTA, J., 1962. El Terciario Superior en los alrededores de Sincelejo, Informe 1407. Ingeominas. Bogotá.*
- *DUQUE, H., 1967. Informe bioestratigráfico preliminar de los cuadrángulos E-8 y D-8. Informe 1522, Servicio Geológico Nacional. Bogotá.*
- *---------- , 1968. Observaciones generales a la bioestratigrafía y geología regional en los departamentos de Bolívar y Córdoba. Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander, 24: 71- 87. Bucaramanga.*
- *----------, 1972. Ciclos tectónicos y sedimentarios del norte de Colombia y sus relaciones con la paleoecología. Boletín Geológico Ingeominas, 19 (3): 23-68. Bogotá.*
- *---------- , 1979. Major structural elements and evolution of northwestern Colombia. In: J. S. Watkins, L. Montadert y P. W.: Dickerson (editors); Geological and Geophysical investigations of Continental Margins. American Association Petroleum Geologists. Memoir 29: 329-351. Tulsa*
- *----------, 1980. Geotectónica y evolución de la región noroccidental colombiana. Boletín Geológico Ingeominas, 23 (3): 4-37. Bogotá.*
- *---------- , 1984a. Structural style, diapirism and accretionary episodes of the Sinú-San Jacinto terrane, Southwestern Caribbean border land. En: W.E. Bonini, R: B: Hargraves, and R Shagan (editors). The South American-Caribbean Plate boundary and regional tectonics. Geological Society of America Memoir 162, : 303-316. Boulder*
- *---------- , 1984b. Estilo estructural, diapirismo y episodios de acrecimiento del terreno Sinú San Jacinto en el noroccidente de Colombia. Boletín Geológico Ingeominas, 27 (2): 1-29. Bogotá.*
- *---------- , 1989. El Arco de Dabeiba: Nuevas aportaciones al conocimiento del noroccidente de la Cordillera Occidental. V Congreso Colombiano de Geología. Tomo I : 108 - 126. Bucaramanga.*
- *---------- , 1990a. El Bloque Chocó en el noroccidente Suramericano: Implicaciones estructurales, tectonoestratigráficas y paleogeográficas. Boletín Geológico Ingeominas, 31 (1): 49-71. Bogotá.*
- *---------- , 1990b. Neogene stratigraphy, paleooceanography and paleobiogeography in northwest South America and the evolution on the Panamá seaway. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 77: 203-234.*
- *DUQUE, H., PAGE, W. Y CUÉLLAR, J., 1983. General geology, geomorphology and neotectonics of northwestern Colombia. (Southwestern Caribbean borderland). 10th Caribbean Geological Conference. Field Trip C. Cartagena.*
- *DUQUE, H. Y GUZMÁN, G., 1991. III Simposio Geología regional costa norte. Ingeominas. Bogotá.*

- *ETAYO, F., 1989. Campanian to Maastritchtian fossils in the northeastern - western Cordillera, Colombia. Geología Norandina, 11: 23-31. Bogotá.*
- *ETAYO, F., GONZÁLEZ, H. Y ÁLVAREZ, E., 1980. Mid-Albian ammonites from northern Western Cordillera, Colombia. Geología Norandina, 2: 25-30. Bogotá.*
- *GEOMINAS, 1986. Prefactibilidad minera del Alto San Jorge. Informe inédito. Mapa Geológico, escala 1:200.000. Medellín.*
- *GÓMEZ, CAJIAO y ASOCIADOS CIA. LTDA., 1976a. Urrá I, mapa geológico preliminar de embalse, escala 1:2.500. Bogotá.*
- *GROSSE, E., 1926. El Terciario Carbonífero de Antioquia. D. Reimer, 361 p. Berlín.*
- *HAFFER, J., 1967. On the geology of the Urabá and northern Chocó regions, northwestern Colombia. Colombian Petroleum Company, COLPET. Gr-251. Bogotá.*
- *HAFFER, J. Y BEATTIE, D., 1959. On the geology of Urabá (Northwest Colombia). Mobil Informe inédito. Bogotá.*
- *HUBACH, E., 1930. Informe geológico de Urabá. Boletín de Minas y Petróleos, 4 (19-20): 26-136. Bogotá.*
- *INGEOMINAS, 1988. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1.500.000. Bogotá.*
- *INGEOMINAS-ECOPETROL, 1994. Geología de superficie del área Sinú-San Jacinto Valle Inferior del Magdalena. Mapa geológico escala 1:250.000. Santa Fe de Bogotá.*
- *IRVING, E., 1971. Evolución estructural de Los Andes más septentrionales de Colombia. Boletín Geológico Ingeominas, 19 (2): 1-90. Bogotá.*
- *KASSEM, T., CÁCERES, C. Y CUCALÓN, I., 1967. Geología del Cuadrángulo E-8 (Sincelejo). Servicio Geológico Nacional. Bogotá.*
- *KELLOGG, J., 1981. The Cenozoic basament tectonics of the Sierra de Perijá, Venezuela and Colombia. Ph D. Thesis: Princeton University, 230 p.*
- *NOTESTEIN, F., 1929. Report on tertiary section near Carmen, departament of Bolivar, Colombia. Texas Petroleum Company, internal geological report N° 70.*
- *PAGE, W., 1986. Geología sísmica y sismicidad del noroeste de Colombia. Informe de la Woodward- Clyde preparado para ISA. 156 p y anexos, Medellín.*
- *TOTO, E. y KELLOGG, J., 1992. Structure of the Sinú-San Jorge fold belt-an active accretionary prism in northern Colombia. Journal of South America Earth Sciences, 5 (2): 211-222.*
- *TOUSSAINT, J., 1996. Evolución geológica de Colombia. Cretácico. Tomo III. Universidad Nacional, 277 p. Medellín.*

- *TOUSSAINT, J., Y RESTREPO, J., 1988. Son alóctonos Los Andes Colombianos?. Revista ICNE. Universidad Nacional, 1: 17-41. Medellín.*
- *VAN der HAMMEN, T., 1958. Estratigrafía del Terciario y Maastrichtiano continentales y tectogénesis de Los Andes Colombianos. Boletín Geológico, Instituto Geológico Nacional, 6 (1-3): 67-128. Bogotá.*
- *VAN HOUTEN, F., 1976. Late Cenozoic volcaniclastics deposits, Andean foredeep, Colombia. Geological Society of America Bulletin, 87: 481-495.*
- *WERENFELS, A., 1926. Una sección estratigráfica a través del Terciario de Tolúviejo, Colombia. Eclog. Geol. Helvet., 20 (1). Basel*

[3] **GEOTEC LTDA, Geología de los Cinturones Sinú – San Jacinto – Memoria Explicativa**, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico – Mineras INGEOMINAS, Bogotá, 2003.

Citas Internas:

- *CÁCERES, C.; DE PORTA, J. 1972. Contribution a la géologie de la Serranía de San Jacinto entre Toluviejo et Chalán Colombie. S.A.C.R.S. Soc. Géol France. Paris.*
- *CHENEVART, C. H. 1963. Les dorsales transverses anciennes de Colombie et leurs homologues d'Amerique Latine. Ecl. Geol. Helvetiae, 56(2):907-927. Basel.*
- *De PORTA, J. 1974. Léxique Stratigraphique International. Amérique Latine, Colombie (deuxime partie), Tertiaire et Cuaternaire. Centr. Nat. Rech. Sci., 5(4b):1- 643 p. París.*
- *DUQUE CARO, H. 1968. Observaciones generales a la bioestratigrafía y geología regional en los departamentos de Bolívar y Córdoba. UIS, Bol. Geol., 24: 71-87. Bucaramanga.*
- *HAFFER, J. 1963. On the Stratigraphic of the Upper Sinú - Upper San Jorge Region, Northwestern Colombia. Col. Petro. Comp., Informe GR-302. Bogotá.*
- *INGEOMINAS. 1994. Geología de superficie del área de Sinú-San Jacinto - Valle inferior del Magdalena. Informe para Ecopetrol, 93 p. Bogotá.*

[4] **CIAF. Estudio básicos de un plan de ocupación del espacio, fotogeología, geomorfología, recurso agua, fisiografía - pedología**. Bogotá, 1985.

Citas Internas:

- *DUQUE CARO, H. 1968. Observaciones generales a la bioestratigrafía y geología regional en los departamentos de Bolívar y Córdoba. UIS, Bol. Geol., 24: 71-87. Bucaramanga.*
- *VAN der HAMMEN, T., 1958. Estratigrafía del Terciario y Maastrichtiano continentales y tectogénesis de Los Andes Colombianos. Boletín Geológico, Instituto Geológico Nacional, 6 (1-3): 67-128. Bogotá.*

[5] **DUQUE – CARO, H. El Arco de Dabeiba: Nuevas aportaciones al conocimiento del noroccidente de la Cordillera Occidental.** V Congreso Colombiano de Geología. Tomo I : 108 - 126. Bucaramanga. 1989.

[6] **ETAYO, F. et al. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia.** Publicación Geológica Especial Ingeominas, 14 (I): 1-235. Bogotá, 1983.

[7] **GONZÁLEZ, H. Mapa Geológico de Antioquia, memoria explicativa**. Escala 1:400.000. Ingeominas, informe 2199, 232p. Santa Fe de Bogotá, 1997.

[8] **Clavijo, J.; Barrera, R. Geología de las planchas 44 y 52, Sincelejo - Sahagún.** INGEOMINAS. Bogotá. 2001.

Citas Internas:

- *KASSEM, T.; CÁCERES, C.; CUCALÓN, I. 1967. Geología del Cuadrángulo E-8 Sincelejo (inédito) Serv. Geol. Nal. Bogotá.*
- *READING, H. 1982. Sedimentary environments and Facies. Elsevier, 316 p. New York.*
- *WILSON, J. L. 1975. Carbonate Facies and Geologic History. Springer-Verlag, 471 p. Berlin.*

[9] **Barrera, R. Geología de la Plancha 43-43 bis San Antero – San Bernardo del Viento Memoria Explicativa**, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico – Mineras INGEOMINAS, Cartagena, 1999.

Citas Internas:

- *DUQUE-CARO, H. 1968. Observaciones generales a la bioestratigrafía y geología regional en los departamentos de Bolívar y Córdoba. UIS, Bol. Geol., 24: 71-87. Bucaramanga.*

- *DUQUE-CARO, H. 1979. Major structural elements and evolution of northwestern Colombia. En: Watkins, J. S.; Montadert, L.; Dickerson, P. W. (eds.). Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 29:329-351.*
- *DUQUE-CARO, H. 1980. Geotectónica y evolución de la región noroccidental colombiana. Ingeominas, Bol. Geol., 23(3):4-37.*
- *WERENFELS, A. 1926. A stratigraphical section through the Tertiary Toluviejo, Colombia. Ecl. Geol. Helv., 20(1):79-83. Basel.*

[10] Villota, H. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos. Centro Interamericano de Fotointerpretación. CIAF, Bogotá 1981.

3.3 GEOMORFOLOGIA

El presente documento constituye el estudio geomorfológico preliminar de la cuenca hidrográfica del río Sinú. Representa una de las variables de los diversos estudios que servirán para el análisis y modelamiento del espacio geográfico que sustentarán el proceso de formulación de la propuesta de zonificación ecológica de la región.

La clasificación y descripción de los diversos relieves ha sido determinado teniendo en cuenta las formas externas del paisaje (morfografía), origen y evolución (morfogénesis), y medida de ciertos rasgos (morfometría). Bajo estos parámetros el presente estudio está orientado a contribuir con el análisis de los relieves sujetos a las diferentes amenazas que se pueden presentar en la región por movimientos en masa, inundaciones y susceptibilidad sísmica.

Esta versión preliminar ha sido desarrollada tomando como base el análisis de las imágenes de satélite y fotografías aéreas. Para la interpretación se ha utilizado una escala de trabajo de 1:100000. Antes de su elaboración se ha realizado un reconocimiento de campo a nivel exploratorio, que ha permitido identificar algunas unidades geomorfológicas en las zonas adyacentes a los ejes viales comprendidos entre Tierralta en la zona alta de la cuenca hasta la zona norte en el municipio de San Antero. Resta identificar y definir algunas unidades geomorfológicas, que han sido extrapoladas y delimitadas en esta versión por medio de imágenes de satélite y que corresponden a la zona alta de la cuenca.

La región de la cuenca del río Sinú se encuentra ubicada en el sector noroccidental de Colombia, limitada al este por la cuenca hidrográfica del río San Jorge y el Departamento de Sucre; al oeste y sur por el Departamento de Antioquia y al norte por el mar Caribe, posee una extensión aproximada de 1.395244 Ha.

Los grandes procesos formadores de relieve ocurridos en la región están vinculados con los eventos tectónicos, material litológico y a las modificaciones bioclimáticas generadas desde el inicio de su aparición. Las condiciones morfológicas como la inestabilidad, vulnerabilidad y riesgo, han condicionado el uso y ocupación del territorio de la cuenca hidrográfica del río Sinú. Bajo estas características las poblaciones orientan y desarrollan sus actividades con riesgo latente, especialmente por las inundaciones periódicas que se presentan, cuando las actividades socioeconómicas se desarrollan en zonas de riesgo o vulnerables se

aceleran los procesos morfodinámicos influyendo en forma negativa en el desarrollo sostenible de la región.

La morfogénesis de la cuenca se ha manifestado bajo la influencia de dos procesos formadores del relieve, el primero originado por fuerzas endógenas correspondientes a fases tectónicas de levantamiento, hundimiento y plegamiento, las cuales dieron lugar al nacimiento a zonas de gran altitud; éstas se presentan especialmente en la zona alta de la cuenca (Montañas irregulares), depresiones intramontañosas y la llanura depresionada. El segundo está relacionado con los intensos procesos denudativos, los cuales modelaban las zonas relativamente altas, generando depósitos que han sido transportados por los sistemas fluviales originados durante el levantamiento andino.

La clasificación geomorfológica se basó en la metodología de análisis de terreno del Instituto Internacional para el Estudio Aeroespacial y Ciencias de la Tierra, ITC (1986), cuyos niveles fueros comparados con la terminología utilizada por Hugo Villota del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, (1992) en clasificaciones fisiográficas, para implementarse en el presente estudio.

Las geoformas se clasificaron según su origen, con este criterio se identificaron ambientes de formación variados que gradan desde esencialmente marinos, aluviales, denudativos, estructurales y mixtos con edades que no superan los 5000 años antes del presente, según estudios realizados, Aguirre (1994)

En la tabla No.15 se resumen las unidades geomorfológicas de la zona con su correspondiente codificación en el mapa.

3.3.1 Objetivo General

El estudio Geomorfológico tiene como objetivo clasificar las unidades geomorfológicas e identificar los diversos procesos geodinámicos que interactúan, como base para el análisis y modelamiento de la Cuenca Hidrográfica del Río Sinú, de cara al proceso de formulación de la propuesta de Zonificación Ecológica Económica.

3.3.2 Materiales y Metodos

3.3.2.1 Materiales

Para la elaboración del estudio geomorfológico de la cuenca hidrográfica del río Sinú se han utilizado como base los siguientes materiales:

- Mapas topográficos o cartas nacionales levantados por el Instituto Geológico Agustín Codazzi (IGAC), DANE e INGEOMINAS, a escala 1:100 000 del año 1999.

- Imágenes de satélite Landsat de los años 2001 al 2003. A continuación se presentan las imágenes que han sido utilizadas:

Tabla No. 13. Imágenes de Satélite utilizadas para interpretación geomorfológicas de la cuenca hidrográfica del río Sinú

SATÉLITE	IMAGEN	FECHA	GEOREFERENCIACIÓN Y SINERGISMOS
Landsat TM7	1054	Febrero 2001	Geospatial
Landsat TM7	1055	Noviembre 2001	Geospatial
Landsat TM7	954	Febrero 2003	Geospatial
Landsat TM7	955	Febrero 2003	Geospatial

- Fotografías aéreas de años recientes, seleccionándose de acuerdo a la escala de trabajo (1:100.000) las que se encuentran a una escala aproximada a la del estudio:

Tabla No. 14. Fotografías áreas empleadas para la fotointerpretación de la unidades geomorfológicas de la cuenca del río Sinú

VUELO	FOTOS	REGION	ESCALA APROXIMADA
R610	097_ 125	Cienaga de Betancí-Tierralta	1:25000
C2030	059_084	Cienaga de Oro- San Carlos	
C1643	225_239	San Andrés de Sotavento	
C1645	001_008	San Andrés de Sotavento	1:100000
C1643	244_248 250_253	Cienaga de Oro	
C1715	155_169	Sincelejo-Sampues-San Andrés de Sotavento-Sahagun	
R610	069_094 097_125	Cienaga de Betancí- Tierralta-Montería	
M142	2732_2741 2748_2755	Cienaga de Oro-Las Palmitas	
FV83	125_143	Montería	
C1643	142_169	Cienaga de Oro	

VUELO	FOTOS	REGION	ESCALA APROXIMADA
FV86	013_019	Municipio de Montería-caserío e Campano	1:15200
C1880	132_133	San Antero	
C1689	041_050	Bajo Grande	
C1880	089_104	Cienaga de Oro-Chimá-Momil	
M1169	21326_21355	Moñitos-Montería-Valencia-Tierralta	
C1719	028_032	La Doctrina-Lorica	
M1386	41430_41436	Cereté-Purísima-Cienaga Grande	
C1719	010_021	San Bernardo del Viento- José Manuel	1:50000
C1719	036_046	San Antero - Cereté	

3.3.2.2 METODOS

Para la elaboración del presente estudio se tuvieron en consideración los siguientes aspectos:

- Recopilación de la información de estudios realizados por Instituciones públicas como el CIAF, IGAC, SIG PAFC e instituciones privadas.

- Fotointerpretación y chequeo simultáneo de la zona de trabajo. Reconocimiento a nivel exploratorio de los diferentes relieves encontrados en la cuenca.

- Interpretación de las imágenes de satélite a escala de trabajo 1:100000, utilizando distintas combinaciones multiespectrales de las bandas, lo que permitió esbozar el mapa geomorfológico y constatar las unidades con el reconocimiento de campo. El análisis se efectuó mediante observaciones del espaciamiento y profundización de la disección (morfometría), textura, color, así como también la altura relativa con nivel de de base local y la inclinación (pendiente) de las diferentes geoformas.

- Análisis de los datos colectados en el campo y procesamiento en gabinete.

- Confección del mapa geomorfológico preliminar: transferencia de las unidades de teledetección interpretadas a la cartografía base, elaborándose una mapa geomorfológico a escala 1:100.000.

- Procesamiento del mapa geomorfológico bajo sistemas de información geográfica utilizándose el software Arcview 3.3.

3.3.3 Descripcion de las unidades geomorfologicas de la cuenca hidrografica del rio sinu

La tabla No. 15 muestra las unidades geomorfologicas definidas para la cuenca hidrografica del río Sinú.

Tabla No. 15. Unidades geomorfológicas de la cuenca hidrográfica del río Sinú cartografiadas a escala 1:100000

GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	CODIGO	PROCESOS GEOMORFICOS ACTIVOS
Geoformas Marinas	Delta Antiguo	Diques	AA1	Sedimentación marina
		Basines	AA2	
		Marismas	AA3	Sedimentación marina, inundaciones frecuentes
	Delta Actual	Llanura Deltaica	AB4	Sedimentación deltáica, procesos de progradación
		Marismas	AB3	Sedimentación marina, inundaciones frecuentes
		Barras De Playa	AB6	Sedimentación marina
	Cordones y Terrazas	Barras De Playa	AC6	
		Marismas	AC3	Sedimentación marina, inundaciones frecuentes
Geoformas Fluvio Lacustres	Llanura Inundable Lacustre	Diques Y Basines	BD9	Erosión laminar ligera, sedimentación fluvio - lacustre
		Basines	BD2	Sedimentación fluvio - lacustre
		Diques	BD1	Erosión laminar ligera
		Terrazas	BD10	
Geoformas Aluviales	Llanura Aluvial Reciente	Diques Y Basines	CE9	Erosión laminar ligera, inundaciones frecuentes
		Basines	CE2	Inundaciones periódicas y frecuentes sedimentación aluvial
		Diques	CE1	Erosión laminar ligera
		Terrazas	CE10	
		Orillares o Barras de Meandro	CE11	Erosión aluvial, Inundaciones periódicas y frecuentes
		Depositos Aluviales	CE14	Erosión aluvial
	Llanura Aluvial Antigua	Basin	CF2	Erosión aluvial
		Orillares O Barras De Meandro	CF11	Erosión laminar ligera
		Diques	CF1	

GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	CODIGO	PROCESOS GEOMORFICOS ACTIVOS
Geoformas Colinadas Estructurales - Denudativas	Colinas	Colinas Ramificadas Con Cimas Redondeadas A Planas	DG13	Procesos de erosión hídrica, remoción en masa
		Colinas Ramificadas Laderas Quebradas Cimas Angulares	DG16	Deslizamientos pequeños, solifluxión plástica y erosión laminar ligera
		Colinas Ramificadas con Laderas Concavo Convexas	DG15	Deslizamientos locales, solifluxión plástica, erosión laminar ligera y moderada
	Lomas	Lomas Aisladas	DH19	Solifluxión liquida y plástica, erosión laminar ligera
		Laderas Concavo - Convexas con Cimas Redondeadas a Planas	DH18	
		Laderas Quebradas a Escarpadas con Cimas Angulares a Subangulares	DH17	
	Monoclinal	Laderas Quebradas a Escarpadas con Cimas Angulares a Subangulares	DK17	
		Laderas Concavo - Convexas Con Cimas Redondeadas A Planas	DK18	Deslizamientos pequeños, solifluxión plática y erosión laminar ligera
		Laderas Concavo-Convexas Cimas Redondeadas A Subredondeadas	DK22	Deslizamientos pequeños, solifluxión plática y erosión laminar ligera
Geoformas Colinadas Denudativas	Colinas	Colinas Ramificadas Con Cimas Redondeadas A Planas	EG13	Procesos de erosión hídrica, remoción en masa
		Colinas Ramificadas Laderas Quebradas Cimas Angulares	EG16	
		Colinas Aisladas	EG21	
	Lomas	Laderas Concavo - Convexas Con Cimas Redondeadas A Planas	EH18	Solifluxión liquida y plástica, erosión laminar ligera
		Laderas Quebradas A Escarpadas Con Cimas Angulares A Subangulares	EH17	
		Lomas Aisladas	EH20	
		Lomas Ramificadas	EH19	
		Laderas Concavo-Convexas Cimas Redondeadas A Subredondeadas	EH22	

GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	CODIGO	PROCESOS GEOMORFICOS ACTIVOS
Geoformas Colinadas Denudativas	Superficies De Aplanamiento	Nivel Inferior	S1	Erosión laminar y en surcos, moderada a severa, reptación y algunos deslizamientos
		Nivel Intermedio	S2	
		Nivel Superior	S3	
Geoformas De Montaña Estructural-Denudativo	Monoclinal	Laderas Quebradas	GK25	Procesos tectónicos, erosión hídrica y remoción en masa
		Laderas Quebradas A Escarpadas Con Cimas Angulares A Subangulares	GK17	
		Laderas Concavo - Convexas Con Cimas Redondeadas A Subredondeadas	GK18	
		Chevron	GK23	
		Laderas Escarpadas	GK24	
		Laderas Quebradas Con Valles Abiertos	GK27	
	SINCLINAL	Laderas Quebradas A Escarpadas Con Cimas Angulares A Subangulares	GL17	
		Laderas Concavo - Convexas Con Cimas Redondeadas A Subredondeadas	GL18	
		Chevron	GL23	
		Laderas Quebradas	GL25	
		Laderas Escarpadas	GL24	
Geoformas De Montaña Denudativas	Montañas Irregulares	Laderas Quebradas A Escarpadas Con Cimas Angulares A Subangulares	HN17	Deslizamientos rotacionales, solifluxión liquida y plástica, erosión laminar y en surcos ligera y moderada
		Laderas Concavo - Convexas Con Cimas Redondeadas A Subredondeadas	HN18	
		Valles Abiertos Con Laderas Quebradas	HN27	
		Valles Profundos Y Estrechos Con Laderas Quebradas	HN26	

3.3.3.1 GEOFORMAS DE ORIGEN ALUVIAL:

Este grupo de geoformas depende principalmente de la carga de sedimentos de la corriente la cual es controlado por la pendiente, la velocidad y el suministro de sedimentos; la extensión y naturaleza del área de captación, que incluye la geología, relieve, clima, suelos y cobertura vegetal, así como la superficie y la forma de la hoya; finalmente también depende del régimen hidrológico, o sea lo concerniente a las velocidades, cantidades y dirección del flujo de agua, amen de sus variaciones del tiempo.
De lo anterior resultan dos clases principales de corrientes agradacionales: una trenzada y otra meandrica además de las formas transicionales e incluso los cauces rectilíneos. Sin embargo, sobre este tópico se observa que el río Sinú a lo largo de su recorrido muestra diferentes formas de canales, en función a sus relaciones con gradientes locales y suministro y calibre de sedimentos. Tanto cambien el gradiente, el suministro y calibre de la carga, también cambiará la forma del canal.

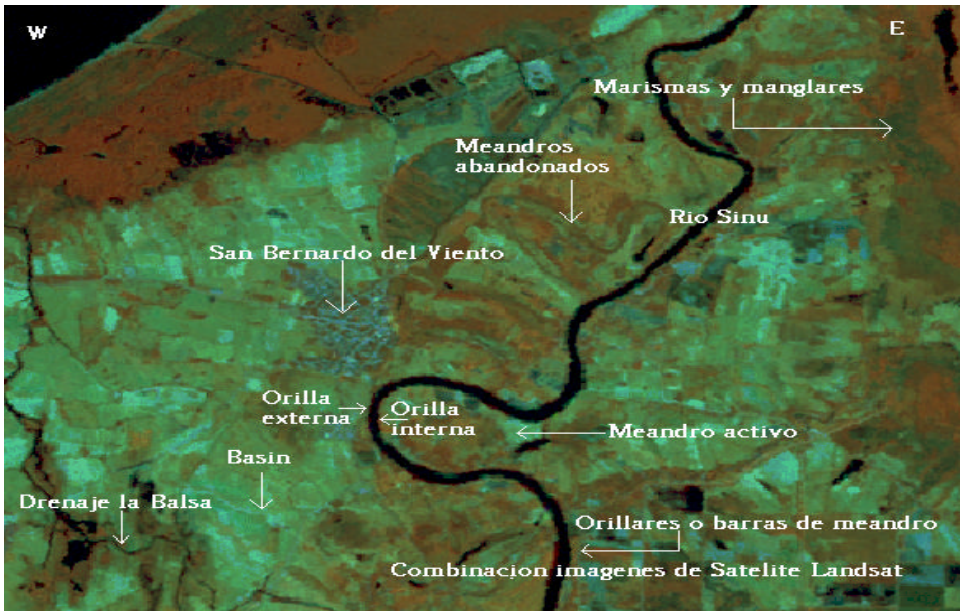
La dinámica del río Sinú está indicada claramente por las geoformas que se han producido por el cambio continúo de su canal a lo largo y ancho de la cuenca como consecuencia del fenómeno de la avulsión. Los procesos geomorfológicos asociados a la dinámica fluvial del río Sinú varían a lo largo del recorrido del cauce actual debido a la configuración geológica - estructural y a la variación de la energía de la corriente, lo que condiciona la capacidad erosiva del río cambiando la configuración paisajística que va desde llanuras de desborde en la región media de la cuenca hasta orillares y cinturones meándricos en San Bernardo del viento (ver figura 14)

Para la discusión de las geoformas aluviales encontradas en la cuenca del río Sinu se tuvo en cuenta su localización espacial a lo largo del cauce, desde la parte alta hasta la desembocadura en el mar en el sitio conocido como Tinajones, mostrándose la siguiente configuración:

Tabla No. 16. Clasificación de las geoformas aluviales de la cuenca hidrográfica del río Sinú

GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	NOMENCLATURA
GEOFORMAS ALUVIALES	LLANURA ALUVIAL RECIENTE	BASINES	CE2
		DIQUES	CE1
		TERRAZAS	CE10
		ORILLARES O BARRAS DE MEANDRO	CE11
		OTROS DEPOSITOS ALUVIALES	CE14
	LLANURA ALUVIAL ANTIGUA	ORILLARES O BARRAS DE MEANDRO	CF11
		DIQUES	CF1
		BASINES	CF2

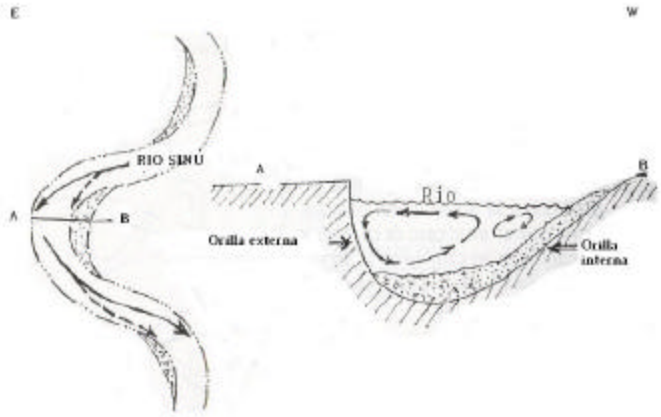
Figura No. 14. Combinación imágenes de Satélite Landsat. Obsérvese la distribución de las diferente geoformas asociadas a la actividad fluvial del río Sinú en la parte baja de la cuenca. Sector de San Bernardo del viento



3.3.3.1.1 LLANURA ALUVIAL RECIENTE

Aquí se hace referencia a la llanura aluvial abierta localizada a considerable distancia de las zonas de erosión como cordilleras, serranías, altiplanicies, o bien a la llanura intermontana enmarcada por vertientes estables y escasamente erosionables, circunstancias que determinan una relación de carga de sedimentos inferior a la capacidad de transporte de la corriente.

Figura No. 15. Vista en planta y sección transversal A – B de un meandro en el sector de San Bernardo del Viento



La llanura aluvial reciente o actual se localiza a ambas márgenes del río Sinú, éstas geoformas varían dependiendo de la dinámica de la corriente. Desde el extremo sur y hasta La isla, comprendida entre los caños Medio y Mireya en el delta de Tinajones, el comportamiento del río presenta características de llanura aluvial de desborde con elementos como ciénagas, cubetas de desborde, diques, en esta zona el río presenta un patrón sinuoso con amplitud constante, desde La isla hacia el norte, el río se encuentra bordeado por elementos como orillares y meandros abandonados que denota un intenso proceso de meandrificación mediante la erosión y sedimentación simultaneas en sus propias orillas; la sedimentación en la orilla externa – A – de cada meandro, mas o menos en equilibrio con la sedimentación en la orilla interna – B – (ver figura No.15), aunque también presenta unos pocos elemento de llanura de desborde

Normalmente la corriente de un meandro se mueve con un patrón helicoidal con una considerable elevación de la superficie del agua contra la orilla externa o cóncava, determinada por la fuerza centrífuga. Así, en cada curva se originan dos

componentes de la corriente, uno de velocidad aguas abajo que se lanza con fuerza contra la orilla externa, y otro mas débil que se dirige hacia la orilla interna.

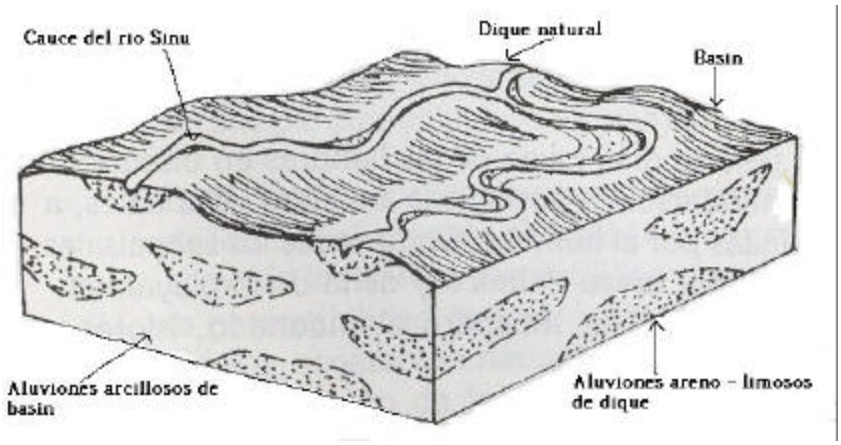
Este tipo de flujo produce el socavamiento, desplome y erosión de la margen externa de cada meandro y depositación en la banca interna en lugares como Tierralta, Lorica, San Bernardo del Viento y la Doctrina entre otros

El doble proceso de erosión – sedimentación suele ser poco activo cuando el caudal y la carga de sedimentos suele ser escaso; en cambio, este alcanza su máxima eficiencia cuando el nivel de las aguas se aproxima a su tope, sin salirse del cauce. Bajo el predominio de los procesos anteriores la llanura aluvial actual meandrica está caracterizada por los siguientes rasgos morfológicos:

- **Basines CE2**: esta unidad de subpaisaje es la unidad más amplia del plano inundable, localizada atrás del dique natural, con extensión hacia los taludes de las terrazas o hacia los piedemontes, o márgenes externas de las superficies de aplanamiento, su topografía plano cóncava favorece el estancamiento tanto de aguas de desborde del río Sinú, como de las aportadas por pequeños tributarios intermitentes y de las mismas lluvias, lo cual facilita a su vez la decantación de las partículas mas finas.

Aquí se distinguen dentro de la cuenca hidrográfica del río Sinú dos porciones bastantes definidas de basines, una que podría definirse como cubeta de desborde, o sea el basin alto, en donde las aguas de desborde se desplazan un cierto periodo de tiempo. La porción mas baja corresponde a la cubeta de decantación, en donde las aguas se estancan por largos periodos o aún en forma permanente, constituyendo ciénagas como la ciénaga grande de Lorica y otras de menor importancia localizadas en la margen izquierda de la cuenca (ver figura No.16).

Figura No. 16. Sección transversal profunda a través de una llanura de desborde



- **Diques CE1**: Es la parte mas alta del plano inundable y la que primero se seca pasada la inundación; se localizan a lado y lado del cauce principal del río Sinú y algunos afluentes como caño Bugre, Aguas prietas, caño el espino y caño Tigre entre otros como franjas estrechas y alargadas, de forma convexa a plano convexa, forma que toma debido a las partículas mayores que allí se han depositado, ocupando un mayor volumen en comparación con las mas finas de otras posiciones (basines). Debido a la sedimentación diferencial y a la distinta magnitud de los desbordamientos, en el dique natural prevalecen suelos con granulometría gruesa y franco gruesa..esta característica sumada a la forma del terreno le comunican a los suelos una buena a moderada condición de drenaje; las fluctuaciones del nivel freático sólo alcanzan las capas mas profundas

- **Terrazas depositacionales CE10**: Geoforma que completa la morfología de la llanura aluvial meandrica, localizadas a ambas lados del plano inundable y originados por repetitivos descensos del nivel de base de erosión, bien por ascensos distróficos regionales o si no por incidencia climática global (eras glaciales) aquí domina en principio la erosión vertical que conduce a la incisión de la corriente dentro de sus propios sedimentos. no obstante al acercarse a un nuevo perfil de equilibrio, el cauce se ensancha y se inicia una nueva etapa de sedimentación. Arriba quedan los niveles de terraza y abajo el naciente plano inundable, cada terraza está separada de los demás por un escarpe o un talud de terraza, cuya altura es indicativa de un mayor o menor incisión de la corriente.

- **Orillares o barras de meandro CE11**: corresponden a geoformas cóncavo – convexas, alargadas y curvadas, a modo de patrones de surcos y camellones de diversa amplitud y desnivel, que se forman en la orilla interna de los meandros mediante la depositación de sucesivas capas de aluviones relativamente gruesos (arenas y limos) sustraídos del lecho por un flujo lateral subsuperficial. Después de la inundación, la áreas cóncavas suelen quedar cubiertas con aguas estancadas que decantan sus aluviones más finos, comunicándoles un aspecto de pantanos estrechos y alargados. Son fácilmente reconocibles en fotografías aéreas e imágenes de satélite gracias a su contraste que exhiben

- **Otros depósitos aluviales CE14**: Corresponden a las geoformas producidas por la dinámica de los afluentes al río Sinú y se presentan como pequeñas terrazas y barras de cauce, que por su tamaño y debido a la escala del estudio se agruparon en una solo unidad geomorfológica, estas unidades se encuentran en muchos sectores como al este de la cuenca, a la altura del corregimiento de Bajo Grande muy incisados, que al observarlos en imagen de satélite o fotografías aéreas se ven como varios eventos de depositación (Terrazas incisadas y no incisadas).

3.3.3.1.2 LLANURA ALUVIAL ANTIGUA:

Caracterizada por presentar un interdigitamiento con la llanura aluvial reciente, ésta no presenta unos limites precisos, por lo que existen elementos arquitectónicos comunes y algunos superpuestos, en general se presentan geoformas asociadas a la antigua actividad del río Sinú, espacialmente se extiende como llanuras extracordilleranas al occidente del canal actual y con aparente continuidad en el caño la balsa.
Este paisaje se puede observar desde la Vereda Las Cañas hasta la altura de San Bernardo del Viento, presenta como elementos esencial el paleocauce, alrededor del cual se distribuyen otras geoformas como diques y basines:

- **Basin CF2**: se caracterizan por ser geoformas antiguas mas alejadas del paleocauce, con extensión hacia los taludes de las terrazas, la base de los piedemontes o, también, hasta las márgenes externas de la llanura actual. estas geoformas presentan en contraste con los basines de la llanura actual

una gran presencia de sedimentos finos depositados allí por la actividad antigua de aguas de desborde del río Sinú.

Figura No. 17. Basin ubicado en la margen oriental del río Sinu, en el sector de Lorica.



- **Orillares o barras de meandro CF11**: Aledaños al paleocauce se observan estas geoformas donde varias generaciones pueden reconocerse en la llanura aluvial mediante fotografías aéreas gracias a su contraste tonal que exhiben los surcos y camellones.

- **Diques CF2**: En la actualidad estas paleogeoformas se encuentran poco preservadas debido a las condiciones climáticas de la cuenca, la dinámica fluvial y en especial a la actividad antrópica, en general son poco elevados y se encuentran cubiertos por un bosque vigoroso.

3.3.3.2 GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIO LACUSTRE

Se tratan de geoformas construidas por la actividad fluvio – lacustre especialmente en la cuenca media del río Sinú, espacialmente se extienden como llanuras inundables lacustres, cuyas corrientes reciben de las relieves circundantes una elevada carga de sedimentos en suspensión y también algo de lecho (arenas y muy pocas o ningunas gravas). Aquí ya no existe el equilibrio entre los procesos de sedimentación y erosión que caracteriza a las llanuras meandricas, pues el primero prevalece sobre el segundo en un grado medio.

Cuando, en el primer caso, la corriente rebosa sus orillas durante los periodos de aguas altas(o de crecidas), laminas de agua de diferente altura abandonan el

cauce y se extienden lateralmente hacia la llanura produciendo una sedimentación diferencial de su carga en suspensión, como resultado de la repentina reducción de su velocidad y poder de transporte. Los aluviones mas gruesos se depositan primero cerca de los caños Aguas Prietas, El Espino, y Chimacitol entre otros, originando los diques naturales; luego los sedimentos medianos y a mayor distancia los materiales mas finos que se extienden y decantan sobre la porción más amplia y cóncava de la llanura fluvio – lacustre, conocida como basin o zona se estancamiento de aguas.

Dentro de la cuenca hidrográfica del río Sinú se identificaron la siguientes unidades geomorfológicas ubicadas especialmente en su parte media.

Tabla No. 17. Clasificación de las geoformas fluvio – lacustres de la cuenca hidrográfica del río Sinú.

GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	NOMENCLATURA
GEOFORMAS FLUVIO LACUSTRES	LLANURA INUNDABLE LACUSTRE	DIQUES Y BASINES	BD9
		BASINES	BD2
		DIQUES	BD1
		TERRAZAS	BD10

3.3.3.2.1 LLANURA INUNDABLE LACUSTRE:

Estas geoformas de origen lacustre se originan en las zonas donde ocurren sucesivas inundaciones, las cuales van llenándose con sedimentos mas finos. Se presenta en las zonas inmediatas a la influencia del río Sinú, con limite en las llanuras aluviales en las zonas mas altas, también se localiza alrededor de las ciénagas (Ver figuras No. 18 y 19)

- **Diques y basines BD9**: Esta unidad que se cartografió dada la escala de trabajo 1:100000 y el tamaño de la unidad, es una categoría en la cual no se observan en las fotografías aéreas, ni en las imágenes de satélite elementos tipo dique y basines de origen aluvial independientes y se encuentran entremezclados como una solo unidad geomorfológica. Corresponden a geoformas originadas por procesos geomórficos en llanuras aluviales de desborde y se encuentran ubicadas en la parte media de cuenca a la altura de la ciénaga grande de Lorica.

- **Basin BD2**: Zona de estancamiento de aguas ubicadas detrás de los diques , que reciben sedimentos de origen lacustre, especialmente finos como arcillas, limos y materia orgánica, de acuerdo a su relieve se pueden dividir en

cubetas de decantación y cubetas de desborde; las cubetas de decantación, mejor conocidas como ciénagas, se presentan bien definidas en la cuenca media del río Sinú, donde su extensión es relevante y los aportes hídricos de los paleocauces son evidentes; hacia la cuenca baja pierden su predominio, sin embargo la presencia de las zonas bajas, con vegetación de pantano, asociada a inundaciones esporádicas permite correlacionarlos con cubetas de desborde. La génesis de estos subpaisajes es esencialmente aluvial, sin embargo vale anotar algunas zonas de basines ubicados sobre cordones litorales antiguos que han sido socavados por la corriente del Sinú como al norte de la Doctrina

- **Diques BD1**: corresponden a geoformas ubicados en las márgenes de los caños de Aguas Prietas, El Espino, y Chimacitol entre otros forma convexa a plano convexa, los cuales dan una condición de buen drenaje

- **Terrazas BD10**: Estas geoformas de origen lacustre se originaron principalmente por los repetitivos descensos del nivel del agua de la ciénaga Grande de Lorica a causa de cambios climáticos o por el cambio del nivel base de erosión de los caños asociados a este sistema lacustre o del río Sinú

Figura No. 18. Geoformas asociadas a la actividad fluvio – lacustre del río Sinú en la cuenca media. Imagen de satélite Landsat. Combinación de bandas 4, 5 y 7.

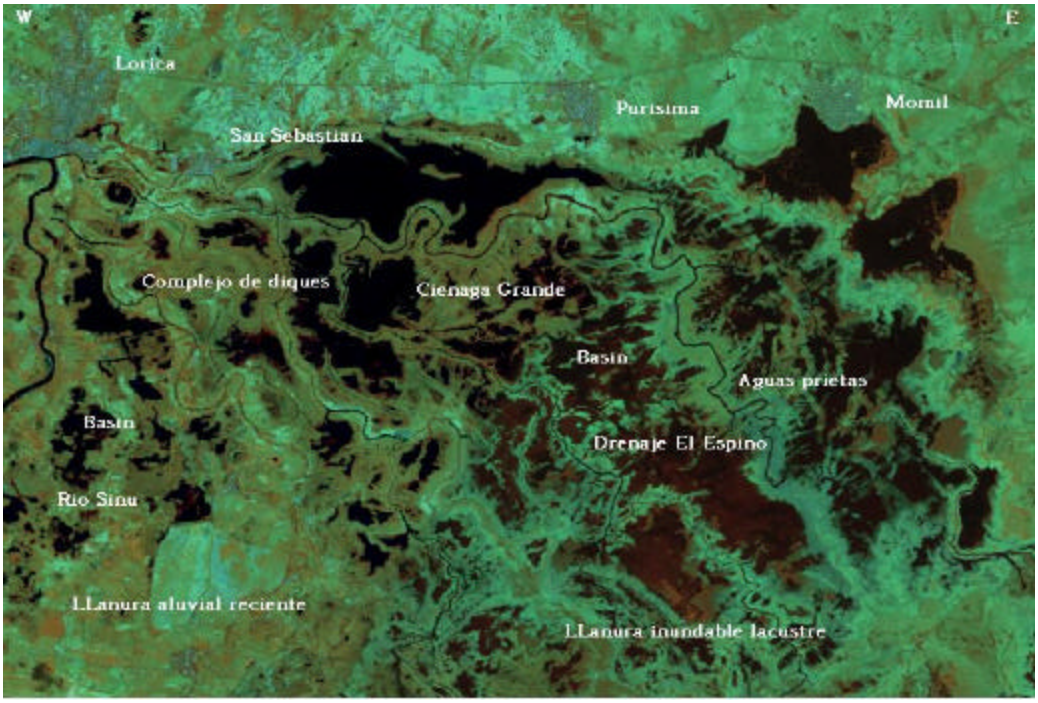


Figura No. 19 Fotografía aérea de la cuenca media del río Sinú, sector de Lorica. Obsérvese las diferentes geoformas asociadas a la dinámica fluvio – lacustre



3.3.3.3 GEOFORMAS DE ORIGEN MARINO:

El volumen de los derrubios producidos por la demolición de acantilados y demás costas altas e irregulares, no siempre es considerable y suficiente para construir nuevas geoformas, y ello se comprueba por el hecho de que estas sólo son amplias en aquellas costas de áreas continentales, a donde llegan caudalosos ríos cargados de aluviones. Cuando no existe esta fuente de materiales o es muy escasa, las geoformas litorales de acumulación sin escasas y pequeñas. Por tal razón deben tenerse en cuenta en el ambiente costero los aportes fluviales y marinos, pero también deben tenerse en cuenta algunos aportes cólicos y aquellos provistos por organismos (corales y manglares). Entre los paisajes de acumulación litoral de la cuenca del río Sinú se mencionan:

Tabla No. 18 Clasificación de las geoformas marinas de la cuenca hidrográfica del río Sinú

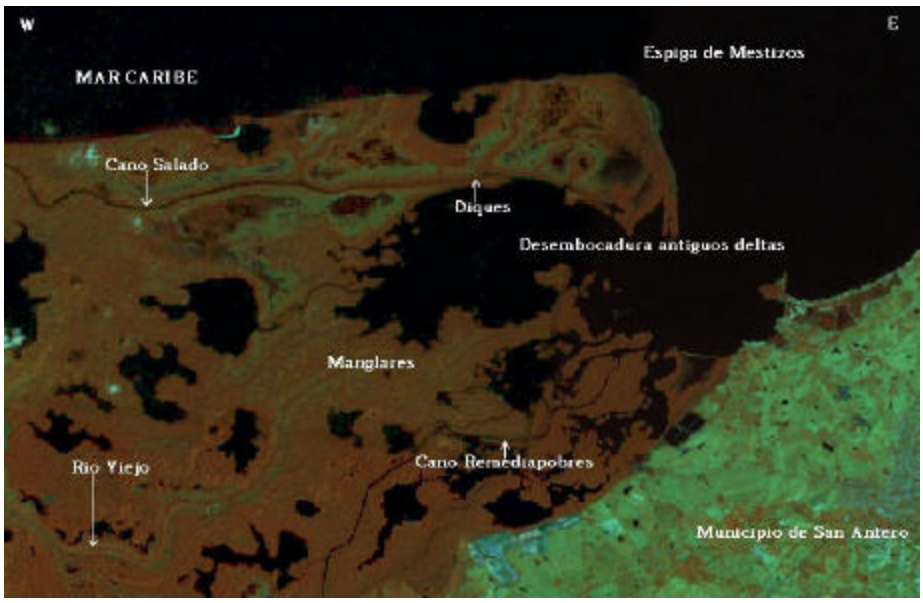
GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	NOMENCLATURA
GEOFORMAS MARINAS	DELTA ANTIGUO	DIQUES	AA1
		BASINES	AA2
		MARISMAS	AA3
	DELTA ACTUAL	LLANURA DELTAICA	AB4
		MARISMAS	AB3
		BARRAS DE PLAYA	AB6
	CORDONES Y TERRAZAS	BARRAS DE PLAYA	AC6
		MARISMAS	AC3

3.3.3.3.1 DELTA ANTIGUO:

Gran paisaje localizado al nororiente de la zona de estudio en el cual se observan la interacción de los procesos marinos actuales y fluvio - marinos antiguos y definido como una asociación de geoformas relacionadas por los procesos deltáicos del río Sinú.

El río Sinú conformaba un delta tipo estuario sobre la bahía de Cispata antes de 1938, allí el río Sinú desembocaba a través de un sistema de brazos distributarios, encerrados por un espigon, como lo registran mapas de la época que se encuentran en el centro de investigaciones marinas de la CVS; mapas de 1762 muestran al río Sinú desembocando a través de la punta de Mestizos, el canal principal se asocia con el caño salado (Guhl, 1975; Roberson, 1989 en Aguirre, 1994) (Ver figura No. 20)

Figura No. 20 Espiga Mestizos. Paleodesembocadura del río Sinú. Nótese la distribución de las geoformas asociadas a la antigua actividad deltáica y a los actuales procesos marinos



- **Diques AA1**: paisaje asociado a la actividad de las corrientes distributarias del delta antiguo de Cispata, se definen camellones de desigual altura, que pueden estar afectados en grados diversos por las mareas, actualmente debido al cambio de l curso del río, estos canales menores se han colmatado de sedimentos finos, los cuales están siendo dragados a por procesos cuaternarios. Los diques mas relevantes en la zona de estudio se asocian al Caño Sicará y al caño Grande.

- **Basines AA2**: Zonas deprimidas, esencialmente cubetas de desborde que presentan vegetación de pantanos; estas geoformas se ubican aledañas a la llanura actual del río Sinú.

- **Marismas AA3**: corresponden a zonas bajas ubicadas por debajo del nivel de los diques que se asocian con antiguas cubetas de desborde y decantación del sistema fluvial del Sinú en su desembocadura sobre la bahía de Cispata. Actualmente estas áreas se encuentran cubiertas por extensas llanuras de manglar afectadas en grados diversos por el sistema de mareas, siendo las mas influenciadas las que se encuentran cercanas al mar

3.3.3.3.2. DELTA ACTUAL

Corresponde a una protuberancia se parada de la línea de costa que se forma cuando un sistema aluvial desemboca en una cuenca llevando sedimentos con una velocidad mayor a la cual pueden ser redistribuidos por los procesos de la cuenca (olas, mareas y corrientes litorales).

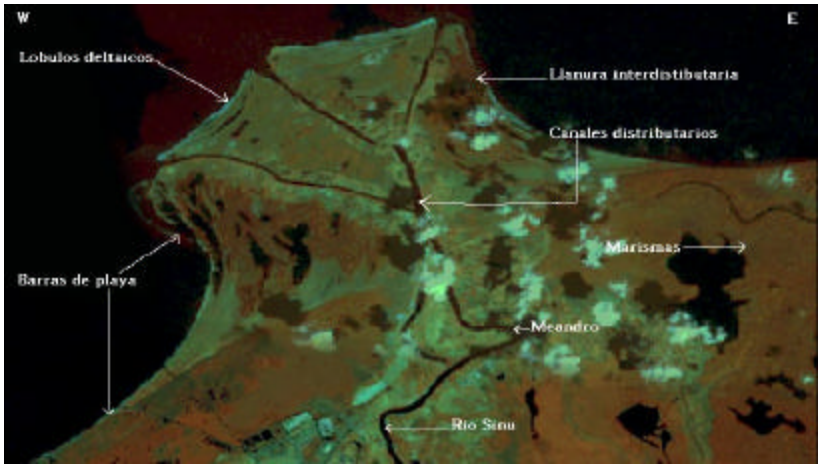
Actualmente el río Sinú conforma en su desembocadura al mar caribe un delta tipo lobulado, donde predomina el avance de los sedimentos hacia el mar debido a una alta carga fluvial o a cuencas con mareas débiles. De la costa occidental del caribe, esta es la geoforma que posee las tasas de sedimentación más altas, INGEOMINAS (1996), según Roberson, aproximadamente 0.73km^2/año

El delta de Tinajones presenta un canal central dividido en tres bocas, conocidas de occidente a oriente como Corea, Del Medio y Mireya; los cuales no han sido permanentes a lo largo de su evolución.

Las características de los sedimentos depositados en los deltas atraen colonos que se apropian de las tierras emergidas continuamente para establecer sus cultivos, en la zona de Tinajones el principal producto recolectado es el arroz, estos sembrados están ubicados hacia los márgenes de los diques

- **Llanura deltáica AB4**: esta geoforma se puede dividir en dos partes: la llanura aluvial deltáica que corresponde prácticamente a un sistema fluvial con los mismos subambientes, la llanura deltáica inferior en las que pueden distinguirse canales distributarios y llanuras interdistributarios. Los canales distributarios presentan una relleno que en su parte inferior corresponden a sedimentos fluviales, mientras que su parte superior corresponden a sedimentos marinos. En la boca del distributario se forma una barra en la que se da la interacción de los procesos marinos y los procesos fluviales. Las áreas interdistributarias se presentan las bahías y marismas. (Ver figura No.21).

Figura No.21 Geoformas asociadas a la actividad deltáica actual del río Sinú. Obsérvese la posición de los diferentes elementos arquitectónicos. Imagen de satélite Landsat, combinación de las bandas 4,5 y 7.



- **Marismas AB6**: corresponden a áreas bajas y pantanosas , encerradas por flechas litorales, barras de playa o rebordes deltáicos, que resultan del relleno con materiales finos (arcilla, lodo, limo y materia orgánica) y las cuales alcanzan con frecuencia varios Km. de ancho. Son geoformas de carácter fluvio marino, fisiográficamente comparables a una cubeta de decantación, caracterizadas por ser formas dinámicas equilibradas que no se secan en condiciones naturales normales. El fango procedente de la deriva litoral o de los depósitos de marea se acumula cuando se equilibra el nivel de la marea; la depositación es mecánica pero, a la decantación normal se agrega la influencia de la floculación de coloides, cuando el agua contiene altas concentraciones de cationes Ca^{++} y H^{+}. En la región del San Bernardo del viento crece una vegetación particular sobre los marismas: el mangle (Rizophora mangle), árbol de las largas raíces que crece en aguas salobres y que precisamente usa esas raíces pivotantes para atrapar los sedimentos transportados por las corrientes de marea. A menudo suele darse el nombre de Manglares a las áreas de marismas que contienen bosques de tales especies.

- **Barras de playa AB7:** se presentan como cordones litorales en forma de gancho que se curvan en dirección de la deriva litoral, están adheridas a tierra firme por un extremo, a diferencia de las islas barreras. Se pueden identificar hacia la porción oriental y occidental del delta de Tinajones (Ver figura No. 20)

3.3.3.3.3 CORDONES Y TERRAZAS

Corresponden a geoformas de acumulación marina o lacustre debidas principalmente a la deriva de los materiales erosionados e acantilados y/o de sedimentos aportados por los ríos que llegan al mar, por la acción de las corrientes litorales que resultan de la refracción de las olas oblicuas

- **Barras de playa AC7**: morfológicamente las barras de playa constituyen un complejo de camellones y depresiones a largadas, paralelas a la línea de la rivera, de sección transversal ondulada, conformadas por arenas bien seleccionadas y capitas de limos que tienden a acumularse en áreas cóncavas. En las antiguas se acomoda al microrelieve, con mejor desarrollo en los camellones debido a su mejor drenaje.

  Las zonas de cordones litorales (antiguas islas barrera)actúan de forma disímil; las zonas de cordones antiguos se ven influenciados por la erosión antrópica de pendiente del uso y manejo de los suelos en las diversas actividades agropecuarias; los cordones litorales actuales con influencia marina están sometidos a erosión y sedimentación, la erosión se evidencia en pequeñas playas, como en el extremo occidental del delta de Tinajones, allí los rasgos como taludes erosivos de 30 a 40 centímetros evidencian procesos de erosión marina, sin embargo la sedimentaciones es el proceso más importante, ya que la conformación integral del delta de Tinajones y playas como las del venado en san Bernardo del Viento en las épocas reciente y actual, son símbolos inequívocos de este proceso acumulativo (Ver figura No. 22)

- **Marismas AC3**: son zonas bajas, encerradas por las islas barreras o cordones litorales, se forman al sur del caño Salado y conforman un sistema homogéneos con las marismas del antiguo delta de Cispata

Figura No. 22 Región noroccidental de la cuenca hidrográfica del río Sinu, cerca al delta de Tinajones. Detállese la distribución de las antiguas y recientes barras de arena paralelo a la línea de costa



3.3.3.4 GEOFORMAS COLINADAS ESTRUCTURALES DENUDATIVAS:

Estas geoformas hacen referencia a una elevación natural del terreno, de menor altura que una montaña, cuyas laderas presentan una inclinación promedio superior al 16%(FAO, 1968) y divergen en todas las direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular. Pueden reconocerse colinas altas, medias y bajas en relación a un nivel base local común. Estas geoformas son el resultado de procesos de denudación por los cuales pasa una región dando como morfología final superficies planas y que representa la prolongación hacia tierra del nivel de base regional.

Las colinas estructurales denudativas en la cuenca del río Sinú están asociadas principalmente a formaciones geológicas terciarias emergidas por procesos orogénicos, caracterizados por la presencia de subpaisajes controlados estructural y Litológicamente.

Los procesos geomorfológicos están asociados a remociones en masa localizadas, erosión hídrica y antrópica; son comunes la solifluxiones plásticas como terracetas, surcos, cárcavas en poca cantidad.

Dentro de la cuenca hidrográfica del río Sinú se identificaron las siguientes geoformas colinadas estructurales denudativas, las cuales se ubican en casi todas los lugares de la zona de estudio:

Tabla No. 19 Clasificación de las geoformas colinadas estructurales denudativas de la cuenca hidrográfica del río Sinú

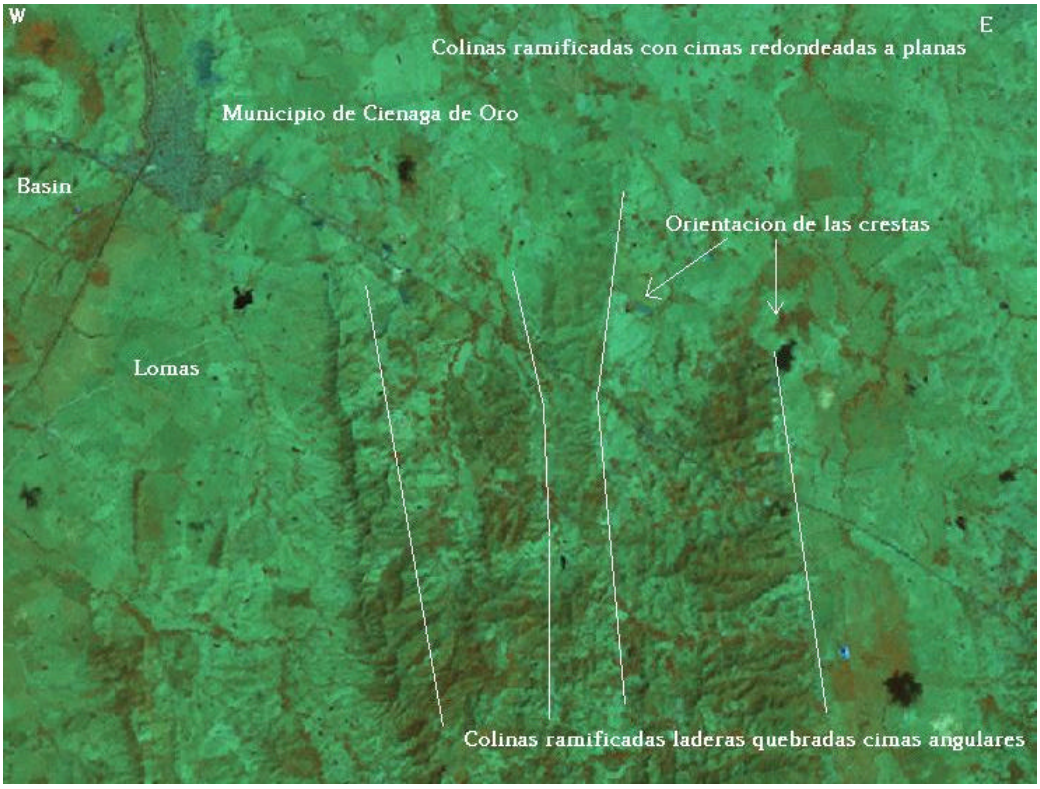
GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	NOMENCLATURA
GEOFORMAS COLINADAS ESTRUCTURALES - DENUDATIVAS	COLINAS	COLINAS RAMIFICADAS CON CIMAS REDONDEADAS A PLANAS	DG13
		COLINAS RAMIFICADAS LADERAS QUEBRADAS CIMAS ANGULARES	DG16
		COLINAS RAMIFICADAS CON LADERAS CONCAVO CONVEXAS	DG15
	LOMAS	LOMAS AISLADAS	DH19
		LADERAS CONCAVO - CONVEXAS CON CIMAS REDONDEADAS A PLANAS	DH18
		LADERAS QUEBRADAS A ESCARPADAS CON CIMAS ANGULARES A SUBANGULARES	DH17
	MONOCLINAL	LADERAS QUEBRADAS A ESCARPADAS CON CIMAS ANGULARES A SUBANGULARES	DK17
		LADERAS CONCAVO - CONVEXAS CON CIMAS REDONDEADAS A PLANAS	DK18
		LADERAS CONCAVO-CONVEXAS CIMAS REDONDEADAS A SUBREDONDEADAS	DK22

3.3.3.4.1. COLINAS

Corresponden a estructuras residuales formadas principalmente por depósitos del terciario superior, según su elevación varían entre cimas y planos de nivelación de aguas, se subdividen en bajas y altas; las bajas tienen una altura por debajo del os 50 m; las colinas altas tienen una altura entre 50 y 250 m. divergen en todas las direcciones a partir de la cima, relativamente estrecha, siendo su base casi circular, en esta categoría las colinas presentan estructuras geológicas claras como estratos y en algunos casos se presenta plegamiento. De acuerdo a su desarrollo denudativo, características morfológicas de pendientes y cimas, las colinas de la cuenca hidrográfica del río Sinu se pueden clasificar de la siguiente forma:

- **Colinas ramificadas con cimas redondeadas a planas DG13**: estas geoformas se caracterizan por ser las mas avanzadas dentro de esta categoría en el proceso de denudación, se caracterizan por presentar una cima casi redondeada, laderas de forma cóncavo – convexas, algunas muestran incipientes estructuras geológicas como pliegues, diaclasas y fallas, dentro de la cuenca se localizan especialmente alrededor de la represe de URRA y al oriente de la cuenca media del Sinú.
- **Colinas ramificadas laderas quebradas cimas angulares DG16:** Corresponden a geoformas que se encuentran en un estado de denudación joven y presentan cimas subangulares a angulares y ladera quebradas que aun conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos de denudación, concretamente hacen referencia a colinas de plegamiento en rocas especialmente sedimentarias consolidadas que conforman un relieve de crestas paralelas separadas por depresiones igualmente paralelas, que se prolongan siguiendo un rumbo rectilíneo, sinuoso o en zigzag noreste.

Figura No. 23 Geoformas presentes cerca al casco urbano del municipio de Cienaga de Oro, obsérvese la orientación de las crestas de las colinas denudativas estructurales allí presentes.



- **Colinas ramificadas con laderas cóncavo convexas DG15**: corresponden a otra forma de denudación joven de las formaciones terciarias presentes en la cuenca, se caracterizan por presentar cimas que van desde agudas hasta circulares o redondeadas con laderas cóncavo – convexas en la mayoría de los casos o quebradas en otras, presentan algunos rasgos de las estructuras geológicas iniciales (Ver figura No. 23).

Figura No. 24 Colinas ramificadas con laderas cóncavo convexas. Municipio de Sahagun



3.3.3.4.2. LOMAS

Corresponden a elevaciones del terreno de similar altura que las colinas, pero con cimas mas amplias, redondeadas y alargadas y gradientes entre 8% y 16% y por lo general se encuentran asociadas dentro de la cuenca a las geoformas montañosas y colinadas conformando series lineales, de carácter estructural, plegado y denudativo

Muchas de estas geoformas corresponden a la degradación de paisajes anteriores y otras tienen un origen depositacional

- **Lomas aisladas DH19:** corresponden a geoformas no muestran una dirección clara, ya que provienen de antiguas llanuras agradacionales, o sino del aplanamiento diferencial de anteriores geoformas montañosas, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales, morfológicamente presenta una relación de distancia mayor en su base que en su altura, las laderas son de forma cóncava -convexa y se presentan de forma aislada en compañía de colinas denudativas.

- **Laderas cóncavo - convexas con cimas redondeadas a planas DH18:** corresponden a un grupo de lomas con cimas predominantemente redondeadas y planas, la cuales indican un estado de evolución paisajística de madurez avanzada, donde se relucieron los niveles interfluviales, en algunos

sectores estas lomas parecen separadas por algunos valles estrechos colmatados, de fondo plano y plano – cóncavo.

- **Laderas quebradas con cimas angulares a subangulares DH17:** Corresponden a pequeñas lomas con algunas estratificaciones que en su parte mas alta forman cimas subangulares y en algunos de sus flancos laderas o costados quebrados, en general son muy escasas y se presentan en la parte alta de la cuenca como remanentes de formaciones montañosas.

3.3.3.4.3. MONOCLINAL

constituido por estratos alternos de diferente constancia, como p.e. areniscas y arcillositas o shales, dispuestos en la ladera estructural en un patrón escalonado de lajas triangulares o chevrones labrados por la escorrentía, que ascienden hasta la propia cumbre y que en conjunto configuran una red de drenaje angular o trellis. El buzamiento de la ladera estructural es variable de unas unidades a otras; pero no en todos los casos superior a 10º; en cambio el escarpe, como en todos los paisajes monoclinales, es más abrupto y a menudo irregular por las cornisas que forman los estratos más consistentes.

Algunas veces los espinazos se presentan prácticamente recostados sobre la ladera estructural inferior de crestas monoclinales abruptas, apenas separados de estás por depósitos coluviales, en cuyo caso suele denominárseles como laderas monoclinales crestadas, en las que no se destaca un escarpe bien definido.

- **Laderas quebradas a escarpadas con cimas angulares a subangulares DK17:** corresponde a un paisaje monoclinal constituido por estratos alternos de diferente consistencia, como p.e. arenisca y arcillositas o shales, dispuestos en la ladera por un patrón escalonado de lajas triangulares o chevrones labrados por la escorrentía, que ascienden hasta la propia cumbre y que en conjunto configuran una red de drenaje angular o trellis, el buzamiento de la ladera estructural es variable de unas unidades a otras, pero en todo los casos superior a 10º; en cambio el escarpe, como en todos los paisajes monoclinales, es abruto y a menudo irregular por las cornisas que conforman los estratos mas consistentes

- **Laderas cóncavo - convexas con cimas redondeadas a planas DK18:** Subpaisaje caracterizado por pequeñas colinas monoclinales con laderas cóncavo convexas y cimas redondeadas formadas como resultado de una etapa de evolución denudativa madura, se localizan en la parte sureste de la

cuenca en su parte alta, por lo general estas geoformas corresponden a los remanentes de montañas estructurales presentes en este sector al cual se le asocia un drenaje tipo tretis y subparalelo.

- **Laderas cóncavo-convexas cimas redondeadas a subredondeadas DK22:** de similar génesis que el subpaisaje anterior se presentan las colinas con laderas cóncavo – convexas con cimas redondeadas y con algunos vestigios de estratificación monoclinal en un patrón aislado, es decir, sin presentar una continuidad de geoformas asociadas espacialmente, se localizan hacia la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Sinú y hacia el norte de Purísima.

3.3.3.5 GEOFORMAS COLINADAS DENUDATIVAS:

En esta categoría de gran paisaje se incluyen aquellas elevaciones del terreno que no hacen parte de cordilleras, una altura y morfología actuales no dependen de plegamiento de rocas de la corteza, ni tampoco del volcanismo sino exclusivamente de los procesos exógenos degradacionales determinados por el agua y el viento, con fuerte incidencia de las geoformas colinadas denudativas cubren amplias superficies de la cuenca hidrográfica del río Sinu sin mostrar una dirección clara, ya que provienen de la erosión de antiguas llanuras agradacionales, o sino del aplanamiento diferencial de las anteriores cordilleras , determinado por la acción prolongada de los procesos denudacionales. A menudo las colinas y lomas aparecen separadas por algunos valles estrechos colmatados, de fondo plano y plano – cóncavo.

La profundización de los cauces de los ríos no es tan marcada, como tampoco lo es relieve resultante. Aquí el sistema fluvial sigue un modelado dendrítico, con segmentos mas homogéneos en cuanto a longitud y profundidad, pero con diferencias en su densidad y en la forma y amplitud de los interluvios, según la predominancia de materiales algo consistentes y permeables como arenas, gravas, etc. (densidad alta e interluvios estrechos). En todos los casos pero a diferente velocidad, el avance de la denudación muestra en la madurez temprana una topografía de fuertes ondulaciones. En la madurez avanzada el paisaje se torna colinado, con cimas estrechas y concordantes; posteriormente se reducen los niveles interfluviales, se redondean y configuran una superficie de lomeríos, dentro de esta configuración se encontraron las siguientes geoformas colinadas denudativas en la cuenca hidrográfica del río Sinú:

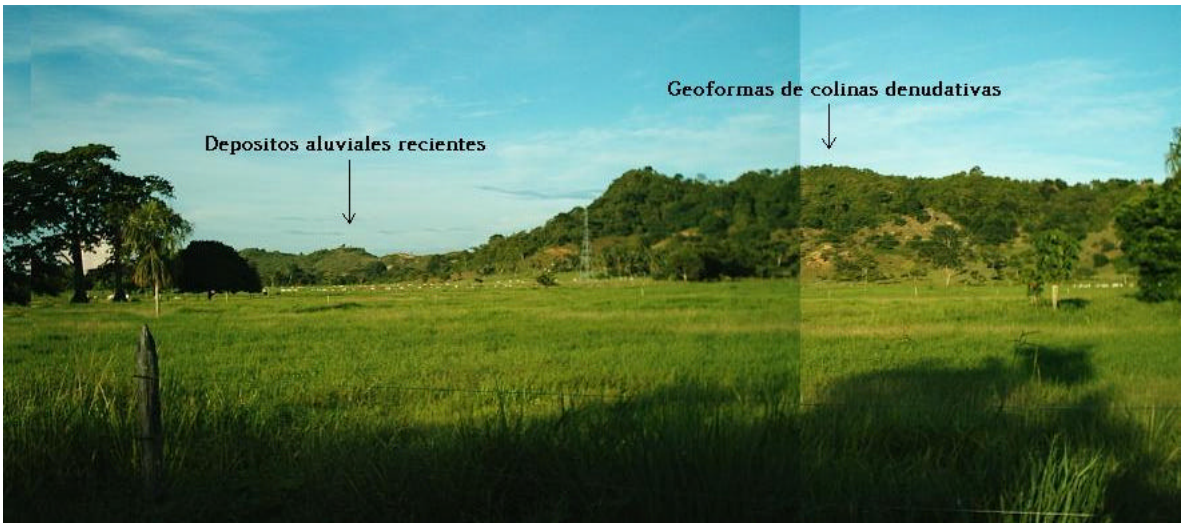
Tabla No.20 Clasificación de la unidades geoformas colinadas de origen denudativo de la cuenca hidrográfica del río Sinú

GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	NOMENCLATURA
GEOFORMAS COLINADAS DENUDATIVAS	COLINAS	COLINAS RAMIFICADAS CON CIMAS REDONDEADAS A PLANAS	EG13
		COLINAS RAMIFICADAS LADERAS QUEBRADAS CIMAS ANGULARES	EG16
		COLINAS AISLADAS	EG21
	LOMAS	LADERAS CONCAVO - CONVEXAS CON CIMAS REDONDEADAS A PLANAS	EH18
		LADERAS QUEBRADAS A ESCARPADAS CON CIMAS ANGULARES A SUBANGULARES	EH17
		LOMAS AISLADAS	EH20
		LOMAS RAMIFICADAS	EH19
		LADERAS CONCAVO-CONVEXAS CIMAS REDONDEADAS A SUBREDONDEADAS	EH22
	SUPERFICIES DE APLANAMIENTO	NIVEL INFERIOR	S1
		NIVEL INTERMEDIO	S2
		NIVEL SUPERIOR	S3

Figura 25 Subpaisajes de Colinas denudativas presentes en el sector de Buenos Aires – Las Cruces. Cuenca media del río Sinú, margen izquierda



Figura No. 26 Margen izquierda del río Sinú sector de Buenos Aires, cuenca media



3.3.3.5.1. COLINAS:

En este grupo de geoformas se incluyen aquellas elevaciones del terreno que hacen parte de las formaciones montañosas, cuya altura y morfología actuales, como se mencionó antes no dependen de plegamiento de rocas de la corteza sino de los procesos exógenos degradacionales determinados por el agua y el viento, con fuerte incidencia de la gravedad, aquí no se alcanzan a observar estructuras de plegamientos, ni diaclasas o fallas antiguas gracias a la denudación actual, estas estructuras residuales son formadas principalmente por depósitos terciarios y presentan un drenaje de tipo detrítico muy denso en algunos sectores como al occidente de la cuenca en su parte media, posiblemente por el alto contenido de material arcilloso. Los principales tipos de colinas denudativas presentes en la cuenca hidrográfica del río Sinú son:

- **Colinas ramificadas con cimas redondeadas a planas EG13:** Este tipo de colinas denudativas diverge en todas las direcciones a partir de la cima, relativamente estrecha, siendo su base casi circulas, se presentan laderas largas cóncavo – convexas que agravan los efectos de la escorrentía, presentan un drenaje de tipo detrítico con valles poco profundos y abiertos, la pendiente en estas colinas es moderada.

- **Colinas ramificadas laderas quebradas cimas angulares EG16:** los cauces principales son ensanchados y en algunos casos son sinuosos, bastante profundos, con laderas empinadas. Los tributarios son mas estrechos , en formas de V, cortos y mas rectos, separados por interfluvios agudos y subagudos, mientras que los arroyos de cabecera son muy cortos y con ramificación en forma de pinza

Figura No.27 Colinas ramificadas con laderas quebradas y cimas angulares a subangulares



- **Colinas aisladas EG21:** corresponden a geoformas remanentes en forma de media naranja con cimas que van desde redondeadas a planas, sus laderas son predominantemente cóncavo – convexas, a estas se asocian valles en forma de V muy amplios y poco profundos, el drenaje predominante en estas geoformas es detrítico que grada levemente a subparalelo en algunos sectores

3.3.3.5.2. LOMAS:

Estas geoformas cubren amplias superficies sin mostrar una dirección clara ya que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales, o sino del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras y serranías, determinado por la acción prolongada de los procesos denudativos:

Figura No.28 Imagen de las lomas encontradas en el municipio de San Antero



- **Laderas cóncavo - convexas con cimas redondeadas a planas EH18:** Geoformas caracterizadas por presentar una morfología mas amplia, redondeadas y alargadas y gradientes entre 8% y 16%, sus cimas se muestran de forma redondeada a plana, el drenaje asociado a este tipo de geoformas corresponde a una clase detrítica que varía a subparalelo en algunos sectores, dando lomas con laderas cóncavo – convexas y cimas redondeadas a planas con valles medianamente incisados, amplios y en forma de V que por lo general se encuentran asociados dentro de la cuenca a las geoformas montañosas y colinadas.

Figura No. 29 Geomorfología del Municipio de San Antero. Obsérvese la unidad de lomas que están en contacto con la región de los marismas en el antiguo delta del río Sinú.



- **Laderas quebradas a escarpadas con cimas angulares a subangulares EH17 y EH22:** Lomas caracterizadas por presentar pequeños vestigios de plegamientos, lo que imprime en estas geoformas unas laderas quebradas con cimas angulares a subangulares, en general este tipo lomas corresponden a los últimos remanentes de formaciones especialmente terciarias encontradas en la cuenca, que por su tamaño y altura son clasificadas como lomas.

- **Lomas aisladas EH20:** Caracterizadas de igual formas que las lomas con laderas cóncavo – convexas con cimas redondeadas a planas, solo que se hallan distribuidas espacialmente como cuerpos aislados separados por planicies o superficies de aplanamiento.

- **Lomas ramificadas EH19:** Lomas que se desprenden en varias direcciones de rumbo a partir de una cima en común, se caracterizan por tener laderas alargadas de forma cóncavo – convexas, separadas por valles amplios y poco profundos en forma de V, se localizan especialmente en ambas márgenes de la cuenca media del río Sinú como cuerpos remantes, acompañadas de geoformas colinadas estructurales y denudativas en un estado de evolución paisajística madura.

3.3.3.5.3. SUPERFICIES DE APLANAMIENTO:

Se trata de una unidad genética de relieve compleja que abarca los variados paisajes resultantes del proceso de aplanamiento relativo de anteriores cordilleras y serranías, determinado por un trabajo prolongado y con frecuencia policíclico de los agentes degradacionales de cualquier índole.
Muchos sectores de la región se presentan, no tanto como planicies altas sino mas bien como colinas con cimas concordantes a una misma altura. Esto bien puede ser interpretado como el resultado de la disección de un nivel, antes de que fuera aplanado por una evolución que queda por definir.

Woodward – Clyde Consultans (1982) consideran que se pueden distinguir dos superficies de erosión, una superior llamada Manso – Tomate y otra, mas baja, denominada Planeta Rica, en este estudio tales superficies se indican como superficies de aplanamiento inferior, en el resto de la cuenca se hablará de niveles superiores, intermedios e inferiores.

- **Superficie de aplanamiento niveles superiores S3:** Todo conjunto de relieves, cualquiera sea su altura relativa, muestra un determinado paisaje en su culminación, en muchos casas, las cimas son irregulares, con picos y pasos muy contrastados, cerros o lomas aisladas, o al contrario formas mas macizas pero sin organización llamativa. En otras situaciones, y es el caso de ciertas áreas de la región del presente estudio, resaltan en el paisaje porciones de terreno que parecen haber sido alguna vez arrasadas y posteriormente entalladas por las quebradas y sus afluentes, conservándose sin embargo entre éstos algunos rasgos del paisaje original aplanado.

- **Superficie de aplanamiento niveles intermedios S2:** Sus características son similares a las descritas para las áreas de aplanamiento, sin embargo se sitúan mucho mas debajo de las anteriores en el paisaje local y, donde se pudieron observar no se presenta una meteorización tan profunda, aunque sus suelos rojos pueden ser profundos, en general muestran una inclinación general hacia la depresión del Sinú o eje del valle principal que drena el sector donde se encuentran.

- **Superficies de aplanamiento niveles inferiores S1:** Entre los paisajes antes descritos y las llanuras del Sinú y de sus afluentes se interpone con frecuencia una morfología característica a la cual se propone llamar Superficie de Santa Lucia. Santa Lucia es una población situada al noreste de Montería, en la margen izquierda del río Sinú , cerca del limite superior de un fragmento

de esta superficie , la cual se inclina suavemente (memos de 1%) hacia la planicie del río Sinú. Lo mismo hacen todas la unidades señaladas en le mapa anexo con el símbolo S1. una ligera disección posterior a su desarrollo inicial ha podido modificar algo su aspecto localmente, pero su relativa continuidad deja opinar que, se presentaba como un solo conjunto, que rodeaba dos grandes depresiones en el centro de las cuales se presentan ahora las ciénagas de Betancí, grande y otras áreas pantanosas asociadas. Una semejante distribución, concéntrica y, a primera vista con poca variación de altitud, hace pensar en un origen relacionado con un extenso cuerpo de agua, lacustre o quizás comunicado con el mar abierto (V. Khobzi, 1970).

3.3.3.6 GEOFORMAS DE MONTAÑA ESTRUCTURAL- DENUDATIVO:

En este grupo se incluyen las montañas cuya altura y forma se deben a plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por procesos de denudación. Concretamente hacen referencia a las montañas de plegamiento en rocas sedimentarias consolidadas , las que conforman un relieve de crestas paralelas separadas por depresiones igualmente paralelas, que se prolongan linealmente siguiendo un rumbo rectilíneo, sinuoso o en zig zag, prácticamente sin ramificaciones laterales.

En la cuenca del río Sinú se muestran estas geoformas en su parte alta como continuación del sistema cordillerano que viene desde el sur del continente, tales geoformas se describen en la siguiente tabla: