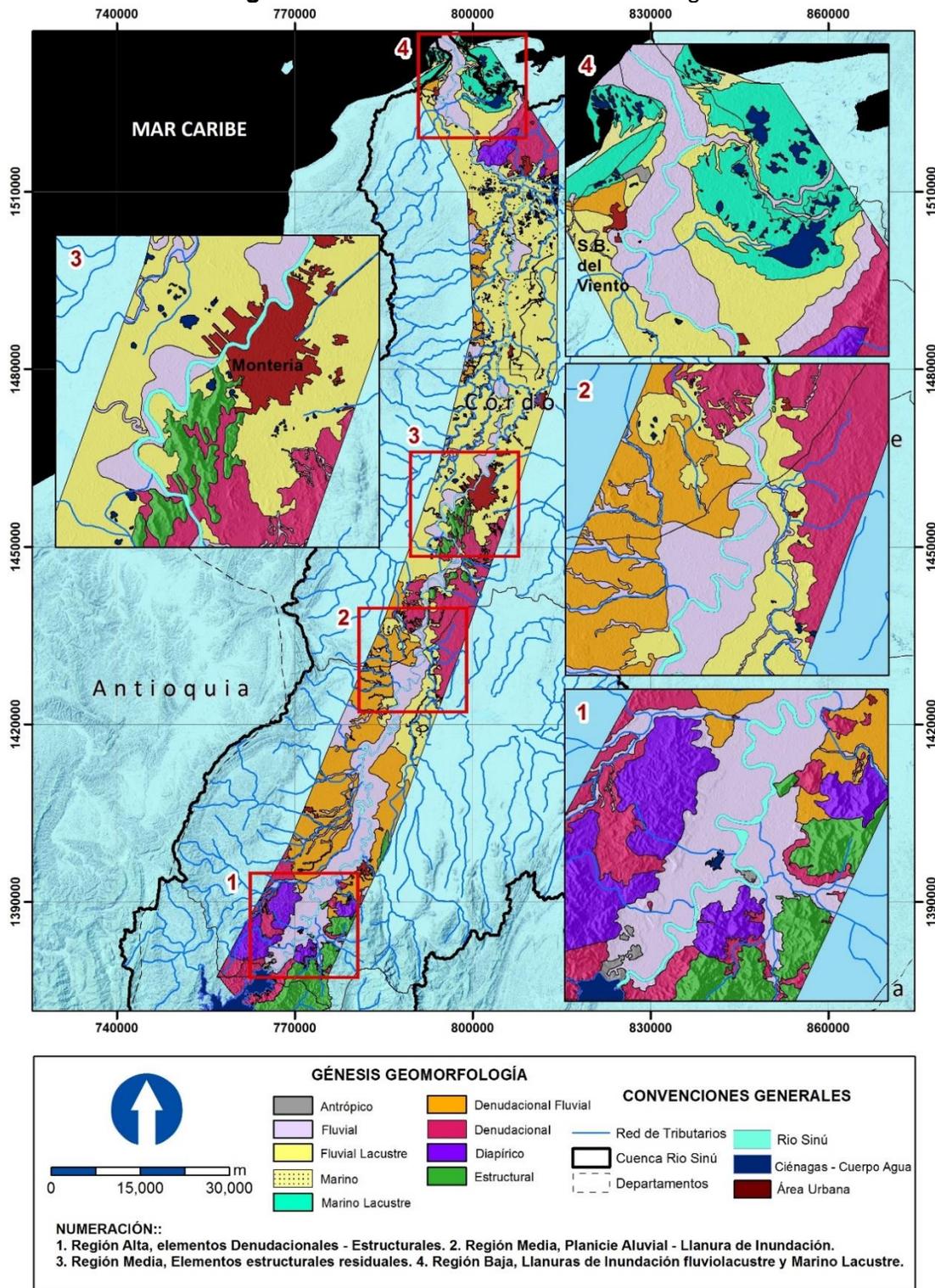


4. Geomorfología Fluvial y Resistencia a la Erosión Hídrica Fluvial

En este capítulo se describen las unidades geomorfológicas encontradas en el área de estudio a partir de su génesis y evolución. Cubriendo el objetivo de la caracterización de geoformas presentes en la dinámica fluvial del río Sinú. Este capítulo se encuentra acompañado de la cartografía geomorfológica del área de estudio (Mapa anexo), como aporte sustancial al conocimiento del río Sinú. El área de estudio geomorfológico abarca el mismo alcance espacial de la geología antes estudiada, apreciando elementos que se expanden más allá del alcance fluvial del río.

El río Sinú y el área de estudio pertenece a las estribaciones de la cordillera occidental por las Serranías de San Jerónimo y Abibe, también las conforman las planicies aluviales y desarrolladas por el río Sinú (Vargas 2005). Se presentan unidades de origen antrópico (2.61%), fluvial (21.35%), fluvial lacustre (39.06%), marino (0.17%), marino lacustre (3.35%), denudacional fluvial (14.94%), denudacional (14.96%), diapírico (0.77%), estructural (2.79%). Se resalta la participación del origen fluvial lacustre por su presencia significativa, debido a la formación de un sistema cenagoso amplio que acompaña el flujo del río Sinú en el área de estudio (Ver **Figura 4-1**). Las condiciones fluviales se encuentran relacionadas al flujo del río Sinú y a las corrientes menores presentes en el área de estudio, la actividad y diferentes elementos se encuentran identificados en este origen formador (Cartografía Anexa Geomorfología).

Figura 4-1 Unidades Génesis Geomorfología



Fuente: Autor

Las condiciones fluviales y fluvial lacustres dominan los elementos de origen formador de las unidades superando la mitad de la superficie estudiada (**Figura 4-1**). Las unidades con procesos denudacionales se asocian a las formaciones rocosas, ya ubicadas en la parte alta y media del área de estudio, sin embargo se resaltan las unidades estructurales en el sector medio, cercano a la ciudad de Montería, donde se relacionan estas unidades como estructuras residuales a los procesos denudacionales que las rodean (Ver **Numeral 3, Figura 4-1**).

Las llanuras de inundación se diferencian en el sector de formación de delta para el río Sinú, por una parte se encuentra la llanura de inundación fluvio lacustre que termina en esta región y aparece la llanura de inundación marino lacustre, esta última resultado de los procesos flujo marino y al mismo tiempo depósitos en condiciones salobres.

Como resultado del génesis identificado en el área de estudio se presentan las unidades geomorfológicas del río Sinú en la **Tabla 4-1**, con coherencia de las unidades, símbolo y color a la cartografía anexada.

Tabla 4-1 Unidades Geomorfológicas Río Sinú (Área de Estudio)

PROVINCIA	SUBPROVINCIA	GENESIS	SIMBOLO	COLOR	GEOMORFOLOGIA	ÁREA	DISTRIBUCIÓN
					UNIDAD	(Km2)	(%)
CUENCA DEL RIO SINÚ	VALLE DEL RIO SINÚ	Antrópico	Arb		Botaderos de escombros	1.11	0.04
			Arca		Canal	2.21	0.09
			Areu		Embalse de Urra	2.80	0.11
			Areuci		Cubeta de inundación Embalse Urra	0.14	0.01
			Aria		Instalaciones antrópicas	1.01	0.04
			Arp		Instalaciones piscícolas	1.27	0.05
			Arpu		Presa Embalse Urra	0.21	0.01
			Aru		Zonas urbanas	56.22	2.26
		Fluvial	Fscm		Lecho mayor río Sinú	143.03	5.75
			Fscm_ca		Cauce Activo	34.82	1.40
			Fscm_cab		Barra	3.70	0.15
			Fscm_cai		Isla Fluvial	0.99	0.04
			Fscm_da		Dique Aluvial	3.76	0.15

PROVINCIA	SUBPROVINCIA	GENESIS	SIMBOLO	COLOR	GEOMORFOLOGIA	ÁREA	DISTRIBUCIÓN	
					UNIDAD	(Km2)	(%)	
			Fscm_ma		Meandros abandonados	17.54	0.71	
			Fscm_mac		Meandros activos	3.28	0.13	
			Fscm_mal a		Lagunas en meandros abandonados	1.00	0.04	
			Fscm_vdr		Vegas de divagación reciente	139.83	5.62	
			Ftz1		Terrazas aluviales bajas	58.21	2.34	
			Ftz2		Terrazas altas	16.02	0.64	
			Fvcme		Valles aluviales menores	108.61	4.37	
			Fluvial Lacustre	Fslca		Cauce menor conector de ciénagas	344.36	13.85
				Fslcf		Ciénaga fluviolacustre	6.47	0.26
				Fslc		Cubeta de llanura de inundación	19.44	0.78
				Fslla		Llanura de inundación	600.86	24.17
			Marino	Msb		Barras de arena costera	4.12	0.17
		Marino Lacustre	Mls_cs		Ciénaga salobre	55.24	2.22	
			Mls_c		Cubeta de inundación de ciénaga salobre	12.29	0.49	
			Mls_lla		Llanura de inundación	15.74	0.63	
		SERRANIAS DE SAN JACINTO Y ABIBE	Denudacion Fluvial	Dfpa		Planicie aluvial	366.32	14.73
				Dfcab		Abanicos o conos de deyección	5.20	0.21
			Denudacion	Drm		Remoción en masa	112.13	4.51
				Dcb		Colinas bajas denudadas	32.99	1.33
				Dlad		Laderas altamente denudadas	10.91	0.44
				Dlp		Relieve de pie de laderas	85.87	3.45
				Dcr		Colinas denudadas residuales	85.79	3.45
				Dcd		Relieve de cerros o colinas denudadas	23.21	0.93
		Dci		Relieve de colinas irregulares	21.05	0.85		

PROVINCIA	SUBPROVINCIA	GENESIS	SIMBOLO	COLOR	GEOMORFOLOGIA	ÁREA	DISTRIBUCIÓN
					UNIDAD	(Km2)	(%)
		Diapírico	Dpa		Formas de domos diapíricos anulares	17.14	0.69
			Dpdr		Colina diapírica radial denudada	1.93	0.08
		Estructural	Scr		Cerros o colinas estructurales residuales	21.97	0.88
			Scs		Relieve estructural concéntrico	23.42	0.94
			Sci		Relieve de cerros o colinas estructurales irregular	23.99	0.97

Fuente: Unidades Vargas (2005), ajustadas y complementado al área de estudio Autor.

4.1 Unidades Geomorfológicas

El río Sinú encuentra variedad de formas diferentes al paso por diferentes condiciones, en este acápite se explican las unidades obtenidas y su identificación, basados en la cartografía obtenida.

4.1.1 Formas de Origen Antrópico

Estas unidades corresponden a los elementos identificados que presentan mayor importancia en el paisaje del área de estudio, botaderos de escombros, canales artificiales de riego y control de crecimiento de las zonas cenagosas, el propio embalse de Urra y su cubeta de inundación, las instalaciones antrópicas y piscícolas; por último se identifican las zonas urbanas a través del área de influencia.

4.1.2 Formas de Origen Fluvial

En esta categoría se encuentran las geformas asociadas al flujo en diferentes épocas del río Sinú. De igual forma contiene los valles aluviales menores de cauces que fluyen en el sistema fluvial del área de estudio. En la **Tabla 4-2** se presenta la identificación de las unidades y su descripción.

Tabla 4-2 Unidades de Origen Fluvial

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Fscm	Lecho mayor río Sinú	Este lecho representa la máxima zona por donde el cauce puede divagar, evidenciando zonas de antiguos cauces, dejando sus antiguos escarpes como evidencia; en él también se encuentran contenidos antiguos meandros. Su amplitud varía dependiendo de la variabilidad propia que ha tenido el cauce, este contiene el lecho de vegas de divagación reciente y los elementos que este a su vez envuelve (Figura 4-2). Su alcance horizontal es mayor para las zonas del primer tramo de estudio y desaparece en algunas condiciones del segundo tramo (Figura 4-2) (Tramos ver, Figura 3-1)
Fscm_vdr	Vegas de divagación reciente	Este lecho se define a partir de la movilidad del cauce del río en los últimos 50 años, conteniendo el cauce activo del río (Figura 4-2). En esta unidad se presenta la mayoría de meandros abandonados y activos, al igual que los rastros de vegas de divagación. Se incluyen las lagunas de meandros. Su amplitud es variable, llegando a superar los 3800m en sus partes de mayor amplitud (primer tramo) y desapareciendo por el control estructural y patrón de linealidad del cauce en el segundo tramo de estudio (Ver control rocoso, Figura 3-1).

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Fscm_ma	Meandros abandonados	Se observan con formas semicirculares, resultada del cierre y abandono de diferentes cauces activos (Figura 4-2). Se presentan sobre el lecho de divagación reciente y los más antiguos en el lecho mayor, son la evidencia de la movilidad y dinámica del cauce, se concentran sobre la primera sección del área de estudio.
Fscm_mac	Meandros activos	Presentan las mismas formas semicirculares a los meandros abandonados, pero se diferencian por la reactivación intermitente debido al cauce activo, el cual todavía genera flujo en algunas condiciones de altos caudales, hasta generar su cierre total (Figura 4-2).
Fscm_mala	Lagunas en meandros abandonados	Son superficies de agua, en meandros que acaban de sufrir su procesos de cierre y estrangulación (Vargas 2008), por cambio en la dirección del cauce activo (Figura 4-2).
Fscm_da	Dique aluvial	Esta estructura de forma alargada y rectilínea (Vargas 2008) se presenta al borde del cauce activo en cualquiera de sus bancas, corresponde al control natural del flujo del río, separando principalmente el cauce de las llanuras de inundación que bordean el sistema fluvial (Figura 4-2). En el río Sinú se distinguen sobre las zonas relacionadas con las llanuras de inundación, que aparecen en mayor medida a partir del sistema rocoso al sur de Montería, con una tendencia a su costado occidental, debido a la fuerte intervención del sistema en su costado oriental. Estas unidades ejercen un control notorio en el sistema de ciénagas cerca de la ciudad de Lórica.
Fscm_ca	Cauce activo	Este representa el cuerpo de agua central en un tiempo determinado, se caracteriza por su flujo constante. Este cauce activo representa al río Sinú a través de toda el área de estudio. Presenta un patrón variado en su

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
		comportamiento, sinuoso a partir de la salida del embalse y durante todo el primer tramo, llegando al control rocoso al sur de Montería (Figura 4-2). El paso por el sistema rocoso y el control urbano (Montería), se convierte en un cauce activo lineal y estable hasta Lorica donde el patrón se modifica de nuevo en la entrada de su Delta (Tema profundizado en el capítulo de Dinámica Fluvial).
Fscm_cab	Barra	Estas se caracterizan por depósitos de sedimentos en las riberas del cauce activo, por cambios en los regímenes de flujo. Son de carácter temporal y pueden migrar a diferentes lados (Vargas 2008) como respuesta a los cambios de forma y régimen hídrico del propio cauce (Figura 4-2). Se identifican sobre el cauce activo, en el patrón de mayor sinuosidad del río Sinú, principalmente en el primer tramo del sistema fluvial.
Fscm_cai	Isla fluvial	Estas se forman por el proceso de depósitos en el cauce activo, se caracterizan por encontrarse en periodos más largos sobre el flujo, sin embargo su carácter también puede ser temporal y migratorio dependiendo de los regímenes del río (Figura 4-2). Se presentan islas fluviales sobre el cauce activo del río Sinú, con mayor presencia en el tramo de mayor sinuosidad, entre la salida del embalse y el centro poblado de Tierralta.
Ftz1	Terrazas aluviales bajas	Se definen terrazas a depósitos más antiguos, que se encuentran fuera del lecho mayor del río, estas se componen principalmente de material heterométrico dispuesto en capas o lentes (Vargas 2008). Las terrazas

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Ftz2	Terrazas altas	en el río Sinú se encuentran asociadas a las formaciones rocosas evidenciadas, principalmente sobre el sector del embalse de Urra y el último sector en cercanía a la ciudad de Lórica, La Doctrina y las llanuras de inundación marino – lacustres (Figura 4-2).
Fvcme	Valles aluviales menores	Esta unidad está comprendida por los lechos recientes de divagación, depósitos de las corrientes menores, que generan flujo suficiente para el transporte y depósito de sedimentos (Figura 4-2). En el área de estudio se presentan corrientes menores que entregan sus aguas sobre el cauce del río Sinú, principalmente sobre la margen izquierda del cauce en el sector de la planicie aluvial y terrazas que permiten el gradiente para el flujo de la corriente.

Fuente: Autor

4.1.3 Formas de Origen Fluvial Lacustre

Estas geoformas responden a procesos combinados de flujo superficial de agua (fluvial) y depósitos de cuerpos de agua estáticos (lacustre), que se incorporan en el área de estudio del río Sinú, como extensiones plano-cóncavas que permiten la interacción entre mismos cuerpos de agua (ciénagas) y el flujo del cauce activo del río Sinú, en periodos húmedos normales de su régimen, como en condiciones extremas (fenómenos regionales niño o niña). En la **Tabla 4-3** se describe cada una de las unidades planteadas bajo este origen.

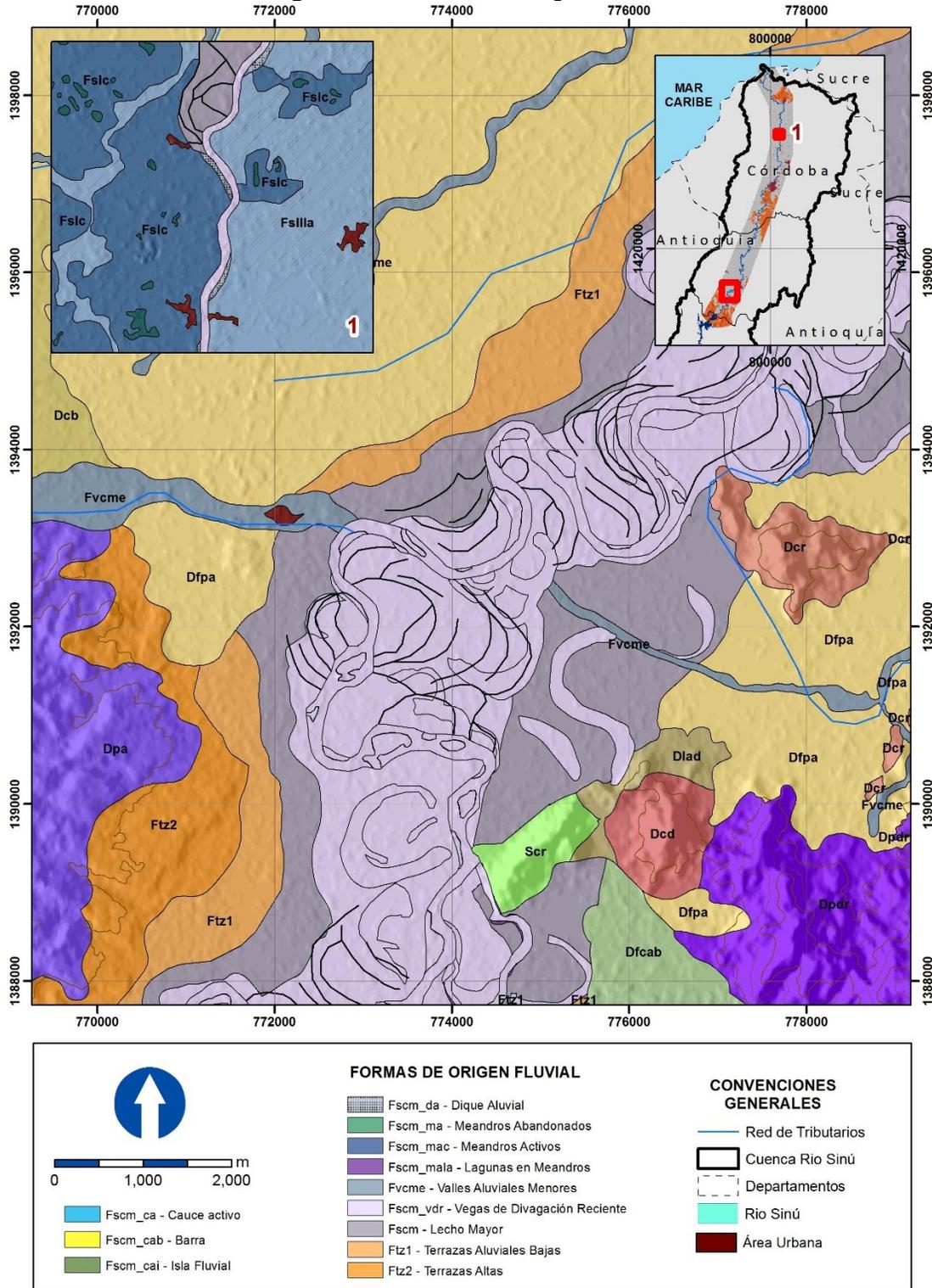
Tabla 4-3 Unidades de Origen Fluvial Lacustre

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Fslca	Cauce menor conector de ciénagas	En el sistema de ciénagas se forman cauces sinuosos, que intercomunican cubetas de inundación en la llanura de inundación y sus cuerpos de agua (Figura 4-3). En el sistema de ciénagas que se identifican antes de llegar a la ciudad de Lórica, en el costado derecho del cauce activo se identifican los principales cauces menores conectores, entre los diferentes cuerpos de agua.
Fslcf	Ciénaga fluvio-lacustre	En esta categoría se han identificado los cuerpos de agua dulce permanente sobre las cubetas de inundación identificadas (Figura 4-3). EL mayor complejo es identificado en las ciénagas de Lórica en la parte baja del área de estudio.
Fslc	Cubeta de llanura de inundación	Presentan formas plano – cóncavas (Vargas 2008), en donde se estima el llenado máximo de las ciénagas en periodos de mayor humedad (Figura 4-3). Estas geoformas se distribuyen a través de toda la llanura de inundación. Sin embargo su densidad decrece sobre el costado oriental del río Sinú, pasada la ciudad de Montería, debido a la canalización del sistema de llanura (Canal, unidad identificada en el mapa de geomorfología anexo), con el cual se ha permitido el llenado de estas unidades para actividades económicas tradicionales (ganadería y cultivos).

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
FsIIIa	Llanura de inundación	<p>Se define esta unidad por zonas bajas con formación plano-cóncava (Vargas 2008), las cuales contienen las cubetas de inundación y sus cuerpos de agua. Esta formación regula las zonas de ciénagas identificadas al igual que el flujo del cauce mayor, por periodos normales húmedos o periodos extremos (Figura 4-3). Esta unidad presenta conectividad hidráulica a través de canales con el cauce activo del río Sinú, esto se evidencia sobre el centro poblado de Lórica en el sentido oriental con la Ciénaga Grande, Ciénaga de Sincé (K233+000) y aguas más abajo con el sistema de ciénagas al costado occidental del cauce (K236+500) (Ciénaga de Bordón, Charco Corrales).</p>

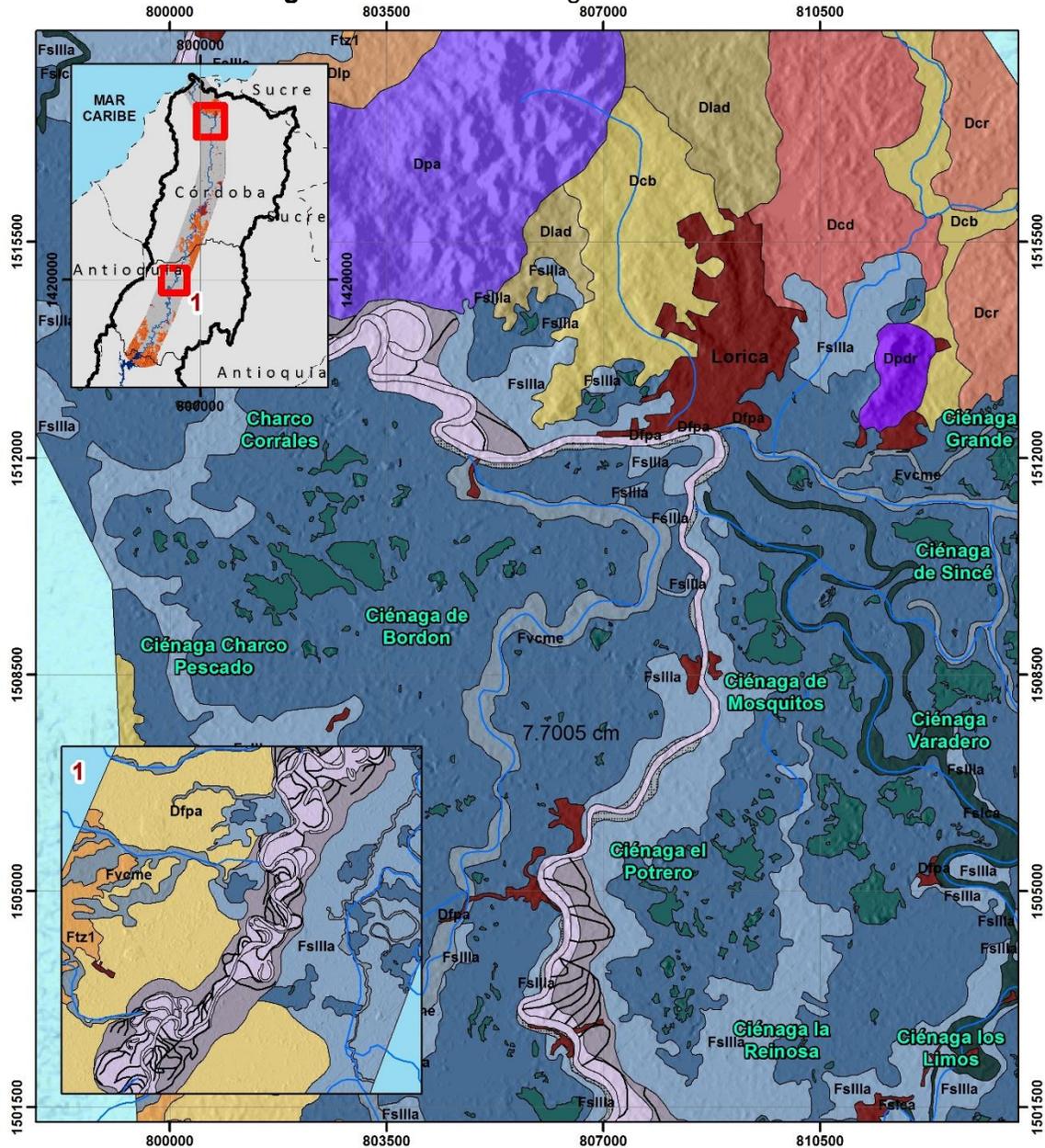
Fuente: Autor

Figura 4-2 Formas de Origen Fluvial



Fuente: Autor

Figura 4-3 Formas de Origen Fluvioacustre



DESCRIPCIÓN:
Figura principal: Llanura de inundación y sus elementos sector de Lorica
Ciénaga Grande. Detalle No 1: Cambio Planicie Aluvia a Llanura de inundación

FORMAS DE ORIGEN FLUVIOACUSTRE

- Fsica - Cauce Menor Conector de Ciénagas
- Fsicf - Ciénagas Fluvioacustres
- Fsic - Cubeta de Llanura de Inundación
- Fslla - Llanura de Inundación

CONVENCIONES GENERALES

- Red de Tributarios
- Cuenca Río Sinú
- Departamentos
- Río Sinú
- Área Urbana

Fuente: Autor

4.1.4 Formas de Origen Marino y Marino Lacustre

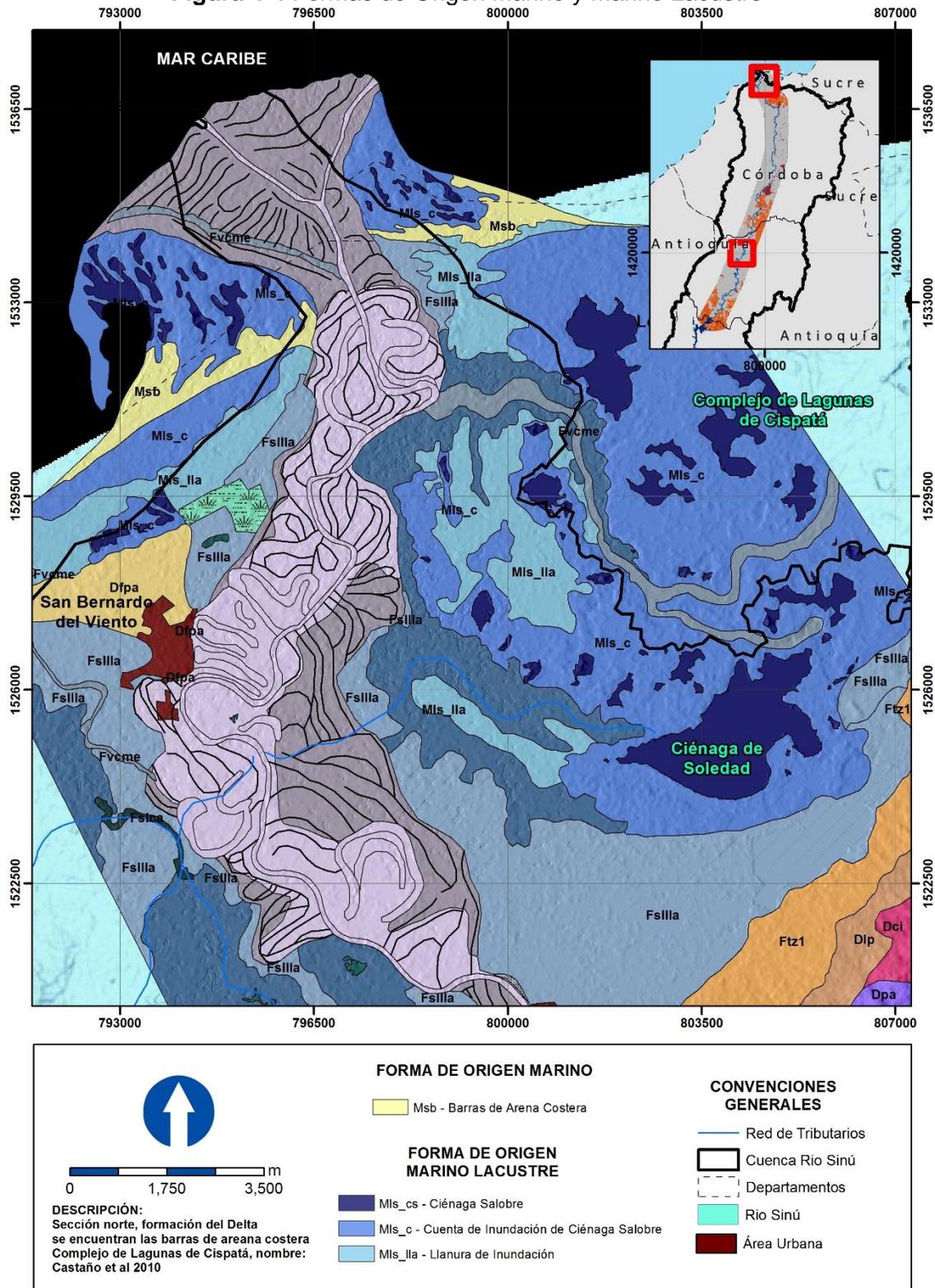
Se definieron por la influencia marina en sus procesos de formación. Desarrolladas a partir del oleaje propio del mar y la influencia sinérgica de procesos de marea y sedimentación (lacustre) (**Tabla 4-4**).

Tabla 4-4 Unidades de Origen Marino y Marino Lacustre

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Msb	Barras de arena costera	Comprenden formas de barras por depósitos de arena costera, debido a la acción del oleaje marino (Figura 4-4). Se presentan en el delta del río Sinú, asociado al crecimiento del delta, por los sedimentos fluviales entregados por el cauce activo del río Sinú.
Mls_cs	Ciénaga salobre	Se define esta unidad como los cuerpos de agua que se encuentran sobre las cubetas de inundación y las llanuras de inundación marino lacustres (Figura 4-4). Estas unidades se encuentran en la sección baja del área de estudio en el delta del río Sinú, en su costado oriental. Se identifica la ciénaga de Soledad, para el complejo de lagunas de Cispatá (Castaño <i>et al</i> 2010). Se resalta su cobertura permanente de manglar arbóreo en las zonas de menor profundidad.
Mls_c	Cubeta de inundación de ciénaga salobre	Estas unidades representan la forma plano-cóncava máxima de llenado de las ciénagas salobres. Se encuentran al interior de las llanuras de inundación marino lacustres (Figura 4-4).
Mls_lla	Llanura de inundación	Representan las zonas bajas influenciadas por los cambios de mareas, como los mares de levass o fuertes oleajes. Esta unidad cobija las cubetas y ciénagas salobres formadas en la parte externa del delta del río Sinú (Figura 4-4).

Fuente: Autor

Figura 4-4 Formas de Origen Marino y Marino Lacustre



Fuente: Autor

4.1.5 Formas de Origen Denudacional Fluvial y Denudacional

Para los procesos de génesis denudacional fluvial, se comprenden los de movimientos torrenciales de sedimentos como en los abanicos, seguido por la planicie aluvial del río Sinú, la cual se establece en las primeras condiciones no rocosas del área de estudio, encontrando su cambio de forma con las llanuras de inundación fluvio lacustres y marino lacustres en la parte baja.

Las formas con desarrollo a partir de procesos denudacionales, responden a las secciones rocosas del área de estudio para el río Sinú (**Figura 3-1**). Los procesos identificados responden a diferentes grados denudacionales y la resistencia propia de las rocas para desarrollar estas geoformas. Se describieron unidades con procesos de remoción en masa (Vargas 2005) hasta geoformas de relieves de colinas y cerros denudados e irregulares. En la **Tabla 4-5** se describen cada una de las unidades encontradas para el área de estudio del río Sinú.

Tabla 4-5 Unidades de Origen Denudacional Fluvial y Denudacional

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Dfpa	Planicie aluvial	Se define como una gran extensión de terreno plano de materiales fluviales o aluviales (Vargas 2005). Su identificación se expandió en el área de estudio hasta el K81+000 aguas abajo del embalse, donde se inicia la diferenciación de las zonas bajas de la llanura de inundación fluvio lacustre. La planicie de inundación se expande a través del costado occidental del río Sinú hasta el K115+000 donde se inicia el afloramiento rocoso de la sección media (sur de Montería) (Numeral 1, Figura 4-3) (Figura 4-5), diseccionada por los valles menores que entregan sus aguas al lecho mayor del río Sinú o a su llanura de inundación. La planicie aluvial se presenta por

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
		debajo de las unidades de terrazas bajas identificadas entre las ciudades de Montería y Lórica.
Dfcab	Abanicos o conos de deyección	Se desarrollan a la salida de flujos de corrientes intramontanos, con capacidad de transporte de sedimentos en régimen torrencial (Vargas 2005). Se localizan sobre la sección de afloramiento rocoso del embalse, asociado a los valles menores identificados en el costado oriental del cauce en los K25+000 y K38+000 (Figura 4-5).
Drm	Remoción en masa	Corresponden a flujos y movimientos de rocas altamente meteorizadas al sur del área de estudio sobre el área de influencia del embalse (Vargas 2005) (Figura 4-5).
Dcb	Colinas bajas denudadas	Esta unidad presenta un relieve de colinas bajas de forma irregular (Vargas 2005). Esta unidad se presenta en las condiciones de menor elevación en los afloramientos rocosos identificados en la sección del embalse, media y baja del área de estudio (Figura 4-5).
Dlad	Laderas altamente denudadas	Laderas con procesos denudacionales naturales y antrópicos (Vargas 2005). Se distribuyen sobre los afloramientos rocosos en el área de estudio, entre las unidades de colinas bajas denudadas (Figura 4-5).
Dlp	Relieve de pie de laderas	Compuestas generalmente por depósitos coluviales hacen parte del relieve característico en las partes distales de las cadenas de cerros (Vargas 2005). Estas se identificaron sobre las cadenas de cerros en el embalse de Urra y sobre la cadena rocosa que limita con la llanura de inundación marino lacustre, en la sección final del área de estudio (Figura 4-5).
Dcr	Colinas denudadas residuales	Estas colinas sobresalen de manera conspicua sobre relieves planos (Vargas 2005) como la planicie aluvial del río Sinú. Se identifican sobre el KM41+000 en la

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
		terminación de la formación rocosa del embalse e inicio de la planicie aluvial y en el K120+200 asociado a los afloramientos rocosos del sector medio del área de estudio, en una cadena de colinas alargadas, rodeada por colinas bajas denudacionales (Figura 4-5).
Dcd	Relieve de cerros o colinas denudadas	Se identifica esta unidad debido a colinas con laderas lisas poco disectadas (Vargas 2005). Para el sector de roca en el embalse se encuentran asociadas a los cerros diapíricos identificados, en la parte media y baja rocosa del área de estudio se asocian a las condiciones de mediana elevación y con características lisas (Figura 4-5).
Dci	Relieve de colinas irregulares	Se encuentra constituido por un complejo de colinas y cerros irregulares, que se establecen en el área de estudio para las formaciones de mayor elevación al occidente del embalse y reaparecen en la sección rocosa de la parte baja asociada a la formación Brecha de Cispata (Figura 4-5).

Fuente: Autor

4.1.6 Formas de Origen Diapírico y Estructural

Las unidades diapíricas se han identificado como procesos existentes por trabajos de escalas inferiores, como los desarrollados por Geotec (2003), estos se encuentran asociados a sistemas tectónicos y domos o volcanes de lodos presentes en la región del Cinturón de San Jacinto (Vargas 2005).

En el área de estudio se presentan sobre la cadena rocosa asociada al embalse de Urra, inicio del área de estudio de la presente investigación. Las unidades estructurales aparecen con alto grado de denudación para la asociación al río Sinú y cumplen una función de control identificada sobre los márgenes del cauce activo en los sectores medio

(sur de Montería) del parea de -estudio y en el sector bajo en la ciudad de Lorica, para el margen derecho del cauce.

En la **Tabla 4-6** se relacionan las unidades con origen Diapírico y Estructural trazadas para área de investigación.

Tabla 4-6 Unidades de Origen Diapírico y Estructural

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Dpa	Formas de domos diapíricos anulares	Se distinguen por los rasgos anulares en los cerros que las componen (Vargas 2005). Se presentan sobre la parte occidental del área rocosa en la región del embalse de Urra. De igual forma se observa esta formación en la parte baja del área de estudio sobre la formación rocosa que acompaña la población de Lorica, con unidad en mayor estado de denudación (Figura 4-5).
Dpdr	Colina diapírica radial denudada	Su patrón característico de rasgos alrededor en un domo, identifica claramente su posición en el costado oriental del embalse de Urra, contiguo a las unidades de cerros y colinas estructurales (Figura 4-5).
Scr	Cerros o colinas estructurales residuales	Colinas que se observan sobresalientes en el relieve plano de la planicie de inundación o formaciones denudacionales más avanzadas. Se distingue una formación alargada culminando el sector rocoso del embalse en dirección del flujo natural del cauce. Estas mismas estructuras de mayor grado de compactación se encuentran asociadas a la formación San Cayetano apareciendo de nuevo en la sección media de componente rocoso al sur de Montería. Estas unidades acompañan el relieve concéntrico en formas longitudinales (Figura 4-5).
Scc	Relieve estructural concéntrico	Esta unidad responde a un patrón que contornea sus estructuras, con un mayor grado de resistencia. Se

SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
		observa una clara estructura en la primera sección rocosa del embalse a su costado derecho. Seguido a ello se presentan pequeñas unidades concéntricas aisladas y acompañadas por formaciones de menor resistencia sobre la sección rocosa de la sección media al sur del área de Montería, acompañando el control estructural sobre el cauce activo del río Sinú (Figura 4-5).
Sci	Relieve de cerros o colinas estructurales irregulares	Esta unidad se ubica en el embalse de Urra en la sección de mayor elevación para el área de estudio, asociada a la mayor resistencia en el tipo de roca, por la composición litológica de la formación Cansona (Figura 4-5).

Fuente: Autor

4.2 Resistencia de los materiales a la Erosión Hídrica Fluvial

Esta clasificación se presenta a partir de la constitución litológica de las unidades geológicas encontradas a través del área de estudio. Realizando un mayor énfasis sobre las unidades que intervienen de manera directa sobre el flujo del río Sinú, depósitos y unidades de roca que ejercen control directo. En la **Tabla 4-7** se presenta la relación de la resistencia a la erosión hídrica fluvial y su descripción por el tipo de material.

Se categorizan tres tipos de material. Rocoso por su efecto en el flujo, actuando como elemento estructural. Para el material antrópico se tuvieron en cuenta los elementos de obras asociadas al embalse, como su propia construcción y los depósitos de escombros. Los materiales en depósitos se caracterizan por su grado de compactación y su composición litológica.

Para los elementos en depósitos, se obtuvo el comportamiento predominante de resistencia, debido a la variabilidad existente de los depósitos de manera horizontal y

vertical. El comportamiento mencionado se evidencia en el cauce activo del río Sinú sobre la región de Tierralta (K40+000), donde conglomerados de color grisáceos se observan cubiertos por depósitos de arenas medias a finas de color crema (**Fotografía 4-1** y **Fotografía 4-2**). Esta última unidad corresponde a los depósitos de vega de divagación reciente, en la cual su proceso de formación se encuentra directamente ligado al comportamiento del río Sinú y sus cambios de flujo.

En la **Fotografía 4-1** se observa el comportamiento de los depósitos, con erosión variable. Por su parte en la **Fotografía 4-2** se encuentra a detalle la diferencia vertical de los depósitos, con procesos de desplome para las arenas medias a finas superiores.

Fotografía 4-1 Depósitos de Planicie Aluvial



Fotografía 4-2 Diferencia Vertical en los depósitos



Fuente: Autor

Tabla 4-7 Clasificación Resistencia a la Erosión Hídrica

MATERIAL	SIMBOLO	CATEGORIA DE RESISTENCIA	UNIDADES
ROCA	R_ma	Muy Alta	Rocas muy duras de composición silíceo tipo chert, poco meteorizadas. Estas condiciones se presentan en el margen derecho del río Sinú, sobre la formación Cansona, la cual presenta

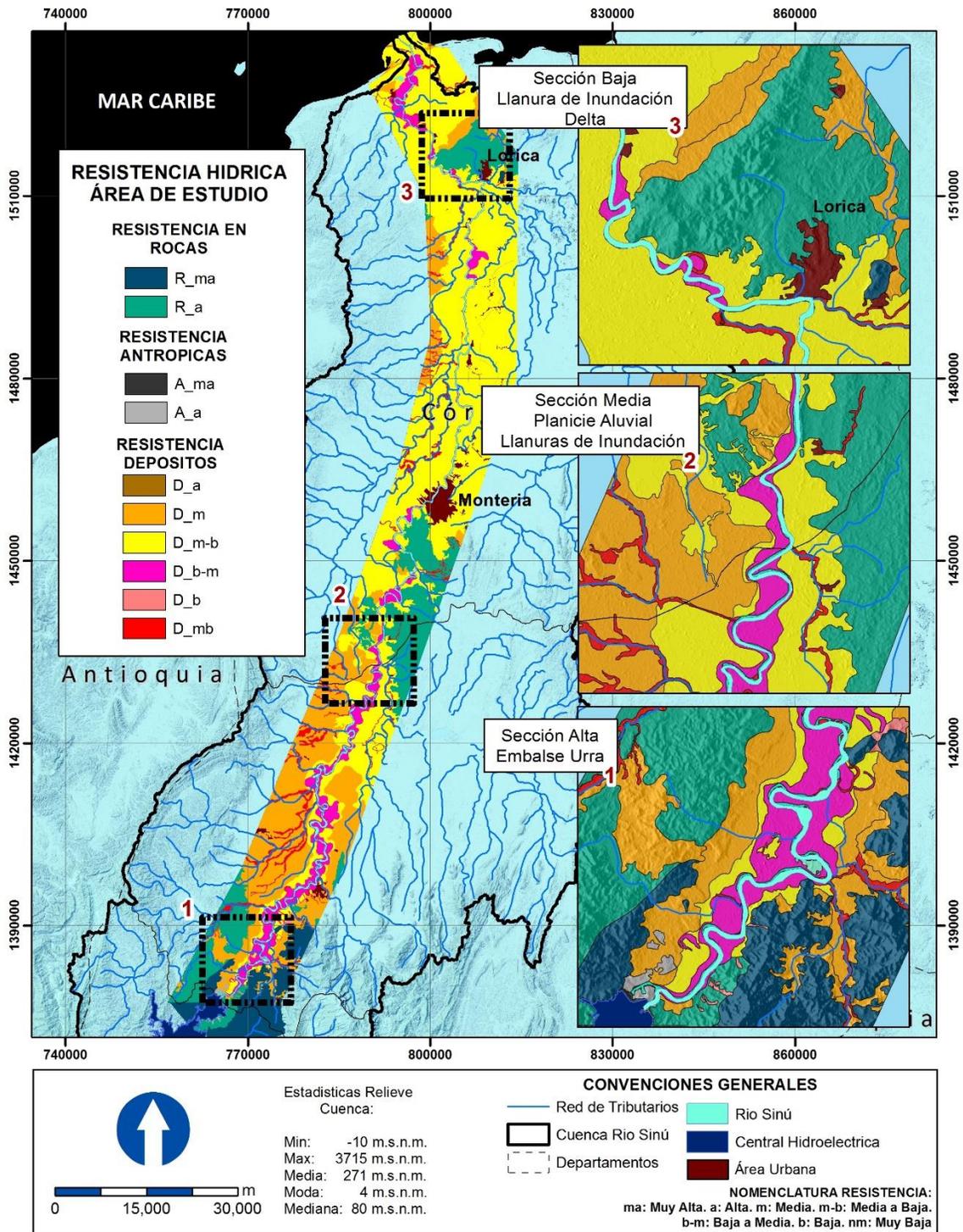
MATERIAL	SIMBOLO	CATEGORIA DE RESISTENCIA	UNIDADES
			un control estructural evidente en el K26+000 (Anexo Cartografía Geológica).
	R_a	Alta	Se presentan rocas de alta resistencia compuestas por conglomerados arenosos, areniscas y lutitas de dureza media. En esta categoría se presentan las demás formaciones rocosas descritas, con origen terciario y presentes en tres sectores principales a través del área de estudio (Parte alta, media y baja Figura 3-1). Su control por resistencia es evidente en la disminución del movimiento horizontal de la corriente.
ANTRÓPICO	A_ma	Muy Alta	Se define en esta categoría la estructura del embalse, por sus propiedades de resistencia al flujo.
	A_a	Alta	Se tienen para esta unidad los elementos de botaderos de escombros, las instalaciones antrópicas, los canales artificiales identificados.
DEPÓSITOS	D_a	Alta	Parea esta categoría se encuentran los depósitos propios del embalse de Urra debido a la resistencia que les otorga la misma estructura.
	D_m	Media	Para esta categoría se observan los depósitos de tipo aluvial con mayor grado de compactación debido a

MATERIAL	SIMBOLO	CATEGORIA DE RESISTENCIA	UNIDADES
			<p>mayor tiempo de formación, se incluyen los depósitos de terrazas altas, bajas, fluviotorrenciales y planicie aluvial. Esta categoría se distribuye en una superficie de mayor alcance en el área de estudio (planicie aluvial), cubriendo las laderas y relieves finales de las estructuras de roca en donde se presentan las terrazas altas y bajas.</p>
	D_m-b	Media a Baja	<p>Esta categoría se diferencia de su homóloga siguiente, por presentar depósitos más antiguos, lo cual le confiere mayor compactación y resistencia. En esta categoría se encuentran los depósitos del lecho mayor del río Sinú, los cuales se distribuyen en forma consistente con la vega de divagación y la movilidad del cauce del río, de esta manera los depósitos presentan mayor amplitud en condiciones de menor control.</p>
	D_b-m	Baja a Media	<p>En esta categoría se encuentran los depósitos de vega de divagación reciente del río Sinú e incorporando los depósitos de cauces abandonados. Estos depósitos se caracterizan por variabilidad vertical en sus depósitos (Fotografía 4-1 y</p>

MATERIAL	SIMBOLO	CATEGORIA DE RESISTENCIA	UNIDADES
			Fotografía 4-2). Se distribuyen a través de toda el área de estudio con mayor amplitud de sus depósitos en las condiciones de mayor movilidad horizontal y menor control estructural rocoso.
	D_b	Baja	Son constituidos por depósitos coluviales, fuera del lecho mayor del río Sinú, los cuales se caracterizan por ser fragmentos de rocas en una matriz poco compactada. Se localizan sobre la sección alta del área de estudio en las condiciones norte de la población de Tierralta, en dirección del embalse. Sobre la formación cansona de muy alta resistencia.
	D_mb	Muy Baja	Esta propiedad la tienen los depósitos del cauce activo del río Sinú, sus playas, barras e islas fluviales. Debido a ser los elementos más actuales y de menor compactación. En esta categoría también se relacionan los sedimentos de los meandros activos, que responden a flujos en periodos de aguas altas y las corrientes menores que se encuentran en el paisaje. Su presencia se establece a través de toda el área de estudio, por el recorrido del río Sinú.

Fuente: Vargas (2005), complementado Autor.

Figura 4-6 Comportamiento Resistencia a la Erosión Hídrica



Fuente: Autor

El resultado de la resistencia a la erosión hídrica se presenta en la **Figura 4-6**, con los comportamientos de las unidades en el área de estudio. Como en la distribución geológica (**Figura 3-1**), se diferencian los elementos rocosos de los depósitos por su mayor grado de resistencia y el control que esta propiedad ejerce sobre el flujo del cauce, este comportamiento es más considerable en los elementos rocosos de la sección media y final del cauce del río.

Se observa la diferencia de resistencia para las unidades de depósitos de terrazas, planicie aluvial (D_m) y los depósitos por llanura de inundación (fluvio-lacustre y marino-lacustre, D_m-b). Los primeros se extienden desde el embalse con sus terrazas altas y bajas, pasando a una planicie de mayor extensión que involucra corrientes menores, sin procesos de inundación periódica. El cambio de resistencia se presenta en la aparición de depósitos por inundación, como se muestra en el **Numeral 2, Figura 4-6**, depósitos de menor compactación por la continua dinámica de la llanura de inundación.

Los depósitos con resistencia media a baja de las llanuras de inundación se comportan de manera regional para el área de estudio desde la sección rocosa media hasta la desembocadura de la corriente, donde se encuentran grandes áreas de inundación y ciénagas en este sistema hídrico.

Los depósitos más recientes (D_b-m) de las vegas de divagación y el cauce actual (D_mb) varían en función de la dinámica propia de su cauce, con lo cual se observan grandes glóbulos de resistencia baja a media en el primer tramo del área de estudio (Sección rocosa del embalse a la segunda sección rocosa parte media) y una disminución marcada casi al tamaño del cauce a partir de la ciudad de Montería, hasta pasar el control estructural en la ciudad de Lorica, ampliando de nuevo sus glóbulos de depósitos en la formación deltaica de la corriente. Este comportamiento evidencia régimen diferente en el desarrollo del cauce fluvial en el área de estudio.